

E6 HELLTUNNELEN – HELLSTRANDA
SILINGSRAPPORT KOMPENSASJONSOMRÅDER

PlanID: 5036 E6 Helltunnelen – Hellstranda, endring

09.05 25

Nye Veier AS | Kjøita 6
4630 Kristiansand
nyeveier.no

Prosjekt nr.:	Nye Veier: 12003875, Rambøll: 1350057430
Oppdragsgiver:	Nye Veier AS
Dokumentnummer:	NV50E6SV-YML-RAP-4007

Revisjonsoversikt

Revisjon	**Dato**	**Utarbeidet av**	**Kontrollert av**	**Godkjent av**
00	20.06.2025	VKR/Rambøll	EGL/Henning Larsen	EOH/Rambøll

Endringsoversikt

Revisjon	**Endringsbeskrivelse**

Forord

E6 på strekningen fra Helltunnelen til Hellstranda er en del av hovedforbindelsen mellom Ranheim og Værnes. Nye Veier har ansvar for planlegging og utbygging av denne strekningen. Det aktuelle planområdet ved Hellstranda ligger i Stjørdal kommune.

På vegne av Nye Veier har Rambøll/Henning Larsen utarbeidet en silingsrapport som skal dokumentere hvilke områder som er egnet til å gjenskape tapt bløtbunnsareal som følge av utvidelse av E6 til 4-felt på strekningen. I rapporten blir områdene omtalt som kompensasjonsområder.

Silingsrapporten inngår som en del av grunnlaget for utarbeidelse av reguleringsplan med konsekvensutredning for E6 Helltunnelen – Hellstranda. Den nye reguleringsplanen har i utgangspunktet mål om å redusere utfylling i sjø. Det er imidlertid ikke mulig å unngå utfylling i sjø helt.

Hensikt med foreliggende rapport er å komme fram til kompensasjonsområder med tilhørende tiltak som på en best mulig måte kompenserer for tapt bløtbunnsareal som følge av vegutbyggingen.

Informasjon om planarbeidet legges ut på kommunens og Nye Veiers hjemmeside:

Stjørdal kommune: www.stjørdal.kommune.no
Nye Veier: www.nyeveier.no

Kontaktinformasjon:
Nye Veier – Jan Olav Sivertsen, +47 915 46 871, jan.olav.sivertsen@nyeveier.no
Rambøll – Elisabeth Osmark Herstad, +47 902 45 636, elisabeth.herstad@ramboll.no

Innhold

1 Sammendrag 5

2 Innledning 20

2.1 Bakgrunn for planarbeidet 20
2.2 Mål for prosjektet 21
2.3 Mål for rapport 21
2.4 Relevant gjeldende lovverk 22
2.5 Medvirkning 26

3 Metodikk 27

3.1 Tiltak for å unngå og begrense vesentlig skadevirkning 27
3.2 Aktuelle tiltak for å istandsette eller kompensere for vesentlig skadevirkninger 29
3.3 Ytterligere begrensende tiltak som bør gjennomføres i anleggsfasen 31

4 Områdebeskrivelse 31

4.1 Historisk utvikling av området 32
4.2 Dybdeforhold 34
4.3 Hydrauliske og hydrologiske forhold i området 35

5 Kunnskapsgrunnlag økosystemer 40

5.1 Marin naturtype bløtbunnsområder i strandsonen 40
5.2 Terrestriske naturtyper 46
5.3 Rødlistede arter 49
5.4 Funksjonsområder til sjøørret og laks 51
5.5 Funksjonsområder fugl 55
5.6 Oppsummering 58

6 Silingsprosess og -kriterier 62

6.1 Silingsprosessen 62
6.2 Silingskriterier 65

7 Kompensasjonsområder som siles ut i tidlig fase 76

7.1 Vurdering av tidligere foreslåtte kompensasjonsområder i NTNU sin rapport 76
7.2 Andre foreslåtte kompensasjonstiltak ifm medvirkningsmøter 98
7.3 Andre utbedrende tiltak 101

8 Gjenstående kompensasjonstiltak 108

8.1 Restaurering av gammelt elveløp (full åpning under flystripa) 109
8.2 Restaurering av gammelt elveløp (rør under flystripa) 130
8.3 Flytting av molo ved Hellstranda 143

9 Sammenstilling og anbefaling 161

9.1 Sammenstilling 161
9.2 Anbefaling 170

Referanser 172

Vedlegg 1: Modellering af påvirkning som følge af udbygning af E6 (NV50E6SV-YM-RAP-4014) 182

1 Sammendrag

Gjeldende reguleringsplan for Hellstranda (plan-id 2-072 – E6 Helltunnelen – Hellstranda) lar seg ikke gjennomføre på grunn av konsekvenser for naturmiljøet i sjø. I tidligere faser av prosjektet er det konkludert med at bløtbunnsarealet ved Hellstranda har høy verdi som beiteområde for laksefisk, herunder spesielt sjøørret, både veteraner og smolt. Utfylling i sjø vil medføre direkte bortfall av bløtbunn, og dermed vil tilgjengelig beiteareal for laksefisk bli redusert.

I dialog med Stjørdal kommune er det derfor bestemt at det skal startes opp en ny planprosess og lages en ny reguleringsplan for området. Hensikten med ny reguleringsplan er minst mulig utfylling, og dermed en kraftig reduksjon av arealbeslag i sjø i forhold til gjeldende reguleringsplan.

Miljødirektoratets tiltakspyramide (se figur 3-1 på side 27) har vært styrende for hvordan prosjektet har jobbet for å komme fram til utforming av vegtiltaket, turvegen og friluftsområdet ved Hellstranda. Ut fra den metodikken er det avdekket hvor mye vi kan unngå eller begrense utfyllingen i sjø ved å endre på utformingen av vegen, turvegen og friluftsområdet i gjeldene reguleringsplan. For det gjenstående arealet har vi så vurdert tiltak som kan fungere som istandsetting eller kompensering for det området som går tapt som følge av bygging av veg, turveg og friluftsområde på Hellstranda.

Konklusjonen fra utredningene er at dimensjonerende hastighet for vegen reduseres fra 110 km/t til 90 km/t som medfører at det kan benyttes noe krappere kurvatur for å svinge vegen hurtigere inn på land fra den nye tunnelen. Videre så er det en kombinasjon av veg- og turvegalternativ på utfylling som vil gi minst mulig fotavtrykk samtidig som det bevarer og opprettholder dagens habitat. Utfyllingsbehovet er redusert med 70 %, fra 52 500 m^2 til 16 000 m^2, sammenlignet med gjeldende reguleringsplan. Dette betyr at i forhold til gjeldende reguleringsplan så vil en ny reguleringsplan begrense behovet for utfylling i sjø vesentlig, og det er tilstrebet å unngå og begrense skadevirkningene i henhold til tiltakspyramiden. For Hellstranda vil det nye tiltaket føre til at av de 16 000 m^2 vil et areal på ca. 9 500 m^2 med bløtbunn gå tapt.

Det er krav om å erstatte det tapte bløtbunnsarealet med et nytt areal som har tilsvarende habitatkvalitet og har minst like stort areal (lik for lik). Miljødirektoratet skriver i sin veileder [3] at:

«Lik for lik innebærer at kompensasjonsarealet inneholder det samme naturmangfoldet som går tapt. Det vil si at kompensasjon gjelder de samme artene, naturtypene og økosystemene.»

Det er utarbeidet flere forslag til områder i tilknytning til Stjørdalselva sitt utløpsområde som kan ha potensial til å erstatte tapt bløtbunnsareal, som for eksempel tiltakene foreslått i NTNU Vitenskapsmuseet sin rapport fra 2020 [1], men også andre kompensasjonstiltak som har blitt diskutert. I tillegg er det i forbindelse med medvirkningsmøtene (se kapittel 2.5) med ulike myndigheter og aktører kommet fram andre tiltak som ikke har den hensikt å kompensere for tapt bløtbunnsareal, men som kan forbedre miljøet på andre steder i tilknytning til vassdraget. Disse er beskrevet i kapittel 7.3. Rapporten går ikke videre inn på disse tiltakene, siden prosjektet har som mål å finne et område som er egnet for å erstatte tapt bløtbunn ved Hellstranda.

NTNU Vitenskapsmuseet sin rapport fra 2020 [1] belyste fire ulike områder i tilknytning til utløpsområdet som kan ha potensial til å erstatte tapt areal ved Hellstranda (se figur 1-1).

1) Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa.
2) Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa.
3) Omgjøring av deler av Langøra sør til våtmarksområde.
4) Omlegging av elveutløpet ved å anlegge en ny molo fra Billedholmen.



Figur 1-1: Forslag til områder i tilknytning til Stjørdalselvas utløp som kan ha potensiale til å erstatte tapt bløtbunnsareal ifm. utfylling ved Hellstranda (blå farge. Gul farge viser utfyllingsområder ved gjeldende reguleringsplan. Ny reguleringsplan vil ha en betydelig redusert utfylling. Figur fra [1] som er modifisert med tilleggsvurderingene.

Kompensasjonstiltaket «Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa» kan vurderes som to varianter, der man ser på:

- full åpning under flystripa med avstenging av dagens elveutløp ved Hellstranda som alternativ 1)
- en rørløsning under flystripa der man beholder utløpsområdet ved Hellstranda som alternativ 6).

I forbindelse med tiltak som kan bidra til å forbedre vannutskiftning i det gamle elveløpet på nordsiden av flystripa er det også sett på en variant med rør gjennom Langøra nord.

I tillegg til disse 4 ulike alternativene, har prosjektet (Nye Veier og Rambøll) sett på et annet tiltak i tilknytning til området:

1) Flytting av eksisterende molo.

For å kunne komme fram til hvilke av tiltakene som er best egnet for å kunne kompensere for det tapte bløtbunnsområdet med funksjon som beiteområde for sjøørret ved Hellstranda, er det utarbeidet et sett med silingskriterier som alternativene vurderes opp mot. Silingskriteriene består av et sett med økologiske kriterier som har som mål å vurdere om tiltaket vil oppfylle prosjektet sitt mål ved å erstatte tapt beiteområde for sjøørret, samt vurdere om det vil være store konsekvenser på funksjonsområder til sjøørret og fugl i nærliggende områder, samt påvirkning på naturtyper og rødlistede arter i området. Dette omtales som steg 1 av silingsprosessen. I tillegg er det utarbeidet et sett med silingskriterier som ser på samfunnsøkonomi, -sikkerhet samt prosessrisiko. Dette omtales som steg 2 av silingsprosessen. Silingskriteriene er beskrevet i kapittel 6. Tabell 1-1 oppsummerer silingskriteriene og skala for vurdering av steg 1 og steg 2 kriterier er framgår av tabell 1-2.

Ut fra måloppnåelsen av silingskriteriene anbefales det hvilket kompensasjonstiltak som bør utføres. Dette tiltaket vil sammen med tiltaket for veg, turveg og friluftsområdet konsekvensvurderes og danne grunnlaget for tiltakene som vil inngå i den nye reguleringsplanen. Anbefaling er gitt i kapittel 9.

Tabell 1-1 Silingskriterier benyttet i silingsprosessen.

	Silingskriterier	Beskrivelse
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet	Kompensasjonsområdet må ha umiddelbar nærhet til utløpet av Stjørdalselva.
	Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret	Kompensasjonsområdet må ha tilsvarende eller lik økologisk funksjon som det området som går tapt.
	Kompensasjonsområdets areal	Kompensasjonsområdet må ha tilsvarende areal som tapt område.
	Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl	Kompensasjonsområdet må ikke medføre negative endringer/bortfall i funksjonsområder for sjøørret og fugl i området.
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Kompensasjonsområdet må ikke medføre negative endringer for naturtyper og/eller rødlistede arter i området.
	Anleggstid	Kompensasjonsområdet må kunne bygges/etableres innen en periode på < 5 år.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	Nytte sett opp imot kostnader for å anlegge kompensasjonstiltaket. Med nytte menes her nytten for organismene vi etablerer et nytt område for (miljøbetraktning).
	Samfunnssikkerhet	Unngå å etablere et bløtbunnsområde som vil føre til økt konflikt mellom flytrafikk og fugler (*birdstrike*), økt fare for skader i forbindelse med flom og/eller endre forholdene til andre sikkerhetsfaktorer på en negativ måte.
	Prosessrisiko	Prosessen fram til enighet ifm. kompensasjon må ikke forsinke fremdriften vesentlig eller umuliggjøre bygging av 4-felts veg mellom Helltunnelen til Værneskrysset.

Kriterier som inngår i steg 1 av silinga måles opp mot to kategorier – dårligere eller tilfredsstillende/lik. Dersom det er knyttet stor usikkerhet til vurderingene, er dette markert med grå farge. Fargeskala er vist i tabell 1-2.

Tabell 1-2: Skala som anvendes for vurdering av silingskriterier i steg 1.

Ikke tilfredsstillende	Usikker effekt	Tilfredsstillende

Fargeskala som benyttes under steg 2 er vist i tabell 1-3:

Tabell 1-3: Virkningsgrad for å vurdere samfunnsøkonomi, -sikkerhet og prosessrisiko..

Virknings-grad	Samfunns-økonomi	Samfunnssikkerhet	Prosessrisiko
Svært stor negativ virkning	Liten nytte og store kostander.	Uakseptabel risiko – høy sannsynlighet og/eller alvorlig utfall. Det er behov for tiltak som ikke er realistiske/ gjennomførbare for å redusere den avdekkede risikoen.	Risiko for innsigelse som ikke lar seg løse.
Stor negativ virkning	Moderat nytte og store kostnader.	Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det er trolig behov for tiltak som medfører stor kostnadsøkning.	Risiko for innsigelse som lar seg løse med stor forsinkelse.
Middels negativ virkning	God nytte og store kostnader.	Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det er trolig behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning.	Risiko for innsigelse som lar seg løse med noe forsinkelse.
Noe negativ virkning	God nytte og noe kostbart.	Det er avdekket risiko med lite sannsynlighet og konsekvens. Hvis det er behov for tiltak så medfører dette ikke vesentlig kostnadsøkning.	Risiko for innsigelse som lar seg løse med mindre forsinkelse.
Ubetydelig virkning	Liten nytte og liten kostnad.	Antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket.	Lav risiko for innsigelse.
Positiv virkning	God nytte og akseptabel kostnad.	Antatt at risikobildet forbedres av tiltaket.	Ikke aktuelt

Ut fra faglige vurderinger som er lagt fram på flere idédugnader og møter med aktuelle sektormyndigheter har det vært diskutert at en del av de foreslåtte tiltak i sin helhet ikke er gode tiltak for å erstatte tapt bløtbunn på Hellstranda. Områdene som er silt ut er:

2. Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa.
3. Omgjøring av deler av Langøra sør til våtmarksområde.
4. Omlegging av elveutløpet ved å anlegge en ny molo fra Billedholmen.

Etter utsiling av kompensasjonsområder med aktuelle tiltak for å kompensere for bløtbunnsområdet som går tapt på Hellstranda på grunn av vegutbygging gjenstår følgende tiltak:

1. Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa ved åpning under flyplassen.
    a) Full åpning under flystripa
    b) Rørløsning under flystripa
6. Flytting av eksisterende molo på Hellstranda.

I tabell 1-3 er det vist en sammenstilling av vurderingene av de ulike silingskriteriene for å vurdere de ulike kompensasjonstiltakene.

Tabell 1-4 Sammenstilling av de tre gjenstående kompensasjonstiltakene. Tabellen fortsetter på flere sider.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
	Steg 1		
Direkte tilknytting/ nærhet til Stjørdals-elva	Umiddelbar nærhet til Stjørdalselva oppnås. Sjøørret kan vandre fra marint til ferskvann via brakkvann.	Halsøen: De hydrauliske resultatene viser at det ikke vil oppstå brakkvannskvalitet nord for flystripa/i Halsøen. Det fins ingen kunnskap om sjøørret vil ha som vanlig adferd å vandre igjennom et ca. 380 m langt tidevannspåvirket rør.	Umiddelbar nærhet til Stjørdalselva oppnås. Sjøørret kan vandre fra marint til ferskvann via brakkvann.
		Hellstranda: Det vil fortsatt være et brakkvannområde og sjøørret kan svømme fra området til Stjørdalselva, uten å måtte gjennom marint vann.	
Økologisk funksjon som beite-område for sjøørret	I det nye utløpsområdet forventes det at vannmassene vil være dynamiske, det vil si styrt av både tidevann og vannføring i Stjørdalselva.	Halsøen: De hydrauliske resultatene viser at man ikke vil oppnå et brakkvannsområde ved hjelp av 1 – 3 rør under dagens flystripe.	Det forventes at vannmassene vil være dynamiske, det vil si styrt av både tidevann og vannføring i Stjørdalselva.
	I det nye utløpsområdet forventes det tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten.	Halsøen: Det forventes at varmt elvevann vil strømme igjennom rørene om sommeren.	Det forventes tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten.
	I det nye utløpsområdet/Halsøen forventes det god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.	Halsøen: Det forventes det god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.	Det forventes god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.
	I det nye utløpsområdet forventes det høyere strømhastighet og dermed erosjon. Dette fordi elva er kanalisert og vil fortsatt være kanalisert etter en reetablering av elveløpet. Det vurderes dermed at det mest sannsynlig ikke vil oppstå grunne områder, men oppstå djupere renner eller kanaler.	Halsøen: Det forventes lav strømhastighet i området, med unntak av noe høyere lokalt rundt rørene. Det vil fortsatt være grunne områder som tørrlegges ved fjære sjø.	Området i utløpsområdet er i dag robust, det forventes derfor ikke store endringer i sedimentdynamikken, dersom sedimentkarakterstikken beholdes slik den er i dag. Modellresultatene viser at det vil være mulig å bygge opp et bløtbunnsområde til ønsket kote.
		Hellstranda: Området vil være som før.	

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
Kompen-sasjons-områdets areal	Deler av det gamle elveløpet til Stjørdalselva er kanalisert og det forventes økt erosjon. Det er derfor knyttet usikkerhet til om det vil oppstå grunne brakkvannsområder som tørrlegges ved sjø.	Halsøen: Det er ikke regnet på areal i Halsøen siden resultatene viser at det ikke vil oppstå et brakkvannsområde. Tiltaket vil ikke kompensere for tapt bløtbunn. Hellstranda: Ved Hellstranda vil det ikke skje en endring, annet enn at bløtbunnsområdet blir mindre på grunn av vegtiltaket.	Det er antatt at flytting av moloen vil kunne gi 22 000 m^2 på sørsida av ny molo.
Påvirkning på nær-liggende funksjons-områder til sjøørret og fugl	Sjøørret (Halsøen): På grunn av økt erosjon vil området i Halsøen forsvinne. Området har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret fra Stjørdalselva, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda. Det er ikke sett på områdebruken til sjøørret fra Gråelva ved Stjørdal småbåthavn. Sjøørret (Hellstranda og det gamle elveleiet ved Sandfærhus): Overvintringsområdet vil antageligvis forsvinne i sin helhet, og Hellstranda vil ikke lengre ha en funksjon som viktig beiteområde for veteraner og smolt.	Sjøørret (Halsøen, det gamle elveleiet og Hellstranda): Det forventes ikke at tiltaket vil medføre at funksjonsområder for sjøørret blir berørt.	Sjøørret: Den eksisterende djupålen brukes i dag primært som oppholdssted for sjøørretveteraner og smolt. Området nord for moloen brukes som beiteområde, men i mye mindre grad enn området ved Hellstranda. Dette bl.a. fordi det er marint vann, samt mye mer bølgeeksponert. Det har derfor lavere verdi sammenlignet med området ved Hellstranda. Det vurderes at funksjonsområder for sjøørret ikke vil påvirkes negativt ifm. tiltaket, tapet av bløtbunn nord for moloen vurderes å være minimalt i forhold til gevinsten ved å etablere et større bløtbunnsområde sør for moloen.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
	Fugl (Halsøen og det gamle elveleiet ved Sandfærhus): Området ved Halsøen og elveleiet ved Sandfærhus vil bli betraktelig mindre attraktivt for mange fuglearter fordi sedimenter og næringsstoffer blir skylt bort av elva. I dag er områdene er et viktig næringssøkområde for vadere/ender/måker.	Fugl (Halsøen, det gamle elveleiet og Hellstranda): Det forventes at tiltaket har ingen til marginale negative effekter på funksjonsområder for fugl.	Fugl: Området innerst i Stjørdalsfjorden inngår i et større funksjonsområde for flere næringssøkende ender og vadefugler. Det forventes ikke at flytting av molo vil påvirke negativt.
	Fugl (Hellstranda): Området ved Hellstranda sin funksjon for fugler blir minimalt påvirket.		
Påvirkning på nær-liggende naturtyper og rødlistede arter	Naturtyper: Økt erosjon kan medføre at bløtbunnsområdene i det gamle elveleiet og Halsøen blir redusert eller bortfaller. Bløtbunnsområdet ved Hellstranda vil ikke forsvinne, men vil bli et marint område og ikke et brakkvannsområde som det er i dag. Flere terrestriske naturtyper ved Sandfærhus, Langøra sør og Langøra nord kan bli redusert eller forsvinne.	Naturtyper: Det forventes ingen påvirkning.	Naturtyper: Flytting av molo vil medføre et tap på om lag 15 000 m^2 av naturtypen bløtbunnsområde i strandsonen. Tiltaket vil ikke berøre terrestriske naturtyper.
	Rødlistede arter: Rødlistede arter som lever i eller i tilknytning til naturtyper registrert ved Langøra nord og sør, Sandfærhus og Halsøen som kan bli påvirket negativt og i varierende grad forsvinne fra området. For den rødlistede arten Atlantisk laks vil ikke tiltaket ha stor betydning, utover at laksen vil få en mindre endring på vandringsruta mot havet.	Rødlistede arter: Det forventes ingen til marginale negativ påvirkning på rødlistede arter.	Rødlistede arter: Det for ventes ikke at atlantisk laks eller havert vil bli påvirket negativt av tiltaket. Laksen vil oppnå samme fordeler som sjøørreten.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
Anleggstid	Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 3 til 5 år. Dette er uten at det er lagt inn restriksjoner i forhold til miljøhensyn. Det er derfor usikkert om tiltaket vil være så etablert at det fungerer som tenkt innen 5 år.	Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 1–2 år. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle krav for å hensynta miljøet. Det antas at tiltaket kan gjennomføres < 5 år.	Effektiv byggetid er estimert til 12 – 18 måneder, men total anleggstid vil være ca. 1,5 til 2,5 år på grunn av miljøhensyn.
	Steg 2		
Samfunns-økonomi	Ifølge vurderingene i steg 1 så vil ikke tiltaket gi ønsket effekt når det gjelder å kompensere for utfyllingen på Hellstranda. Dette sett opp imot høye investeringskostnader kombinert med store samfunnskostnader ved stenging av flyplassen over en så lang periode, er tiltaket vurdert å ha en svært stor negativ virkning i forhold til samfunnsøkonomi.	Ifølge vurderingene av silingskriteriene i steg 1 så vil ikke tiltaket gi ønsket nytte for alle kategoriene som er vurdert når det gjelder å kompensere for utfyllingen på Hellstranda. Dette sett opp imot høye investeringskostnader kombinert med store samfunnskostnader på grunn av konflikten til driften til Avinor og Forsvaret, er tiltaket vurdert å ha en svært stor negativ virkning i forhold til samfunnsøkonomi.	Silingskriteriene i steg 1 er vurdert å være godt imøtekommet og tilfredsstiller kravene og ønsket måloppnåelse for prosjektet. Kostnadene er imidlertid store på ca. 200-300 mill.kr.
Samfunns-sikkerhet	Det er spesielt risikoene rundt effekten av at flyplassen må stenges i anleggsperioden og at det er stort potensiale for flom med store samfunnskader som medfører at tiltaket vurderes å ha svært stor negativ virkning på samfunnssikkerheten.	Det er spesielt konflikt med Avinors og forsvarets interesser som pregervurderingen av samfunnssikkerheten.	Tiltaket er vurdert til å ha noe Middels negativ virkning på samfunnssikkerheten som medfører at det vi være behov for tiltak som krav til arbeid i sjø for å hindre miljøskader og samarbeid med Avinor og Forsvaret for å hindre konflikter i anleggsperioden. Disse tiltakene er vurdert å medføre noe kostnadsøkning.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
Prosess-risiko	Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger med tanke på blant annet sikkerheten på og rundt flyplassen og konsekvensen av å stenge for flytrafikk. Det er sannsynlig at disse innsigelsene trolig ikke kan bli løst mellom partene og dermed til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert at det er stor sannsynlighet for at det til slutt ikke gis medhold til å gjennomføre dette tiltaket.	Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger. Det er sannsynlig at disse innsigelsene til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert å være usikkert i forhold til om det er mulig å gå medhold til å gjennomføre tiltaket.	Tiltaket ansees som lite konfliktfylt og er i direkte berøring med få interessenter. Det er vurdert at tiltaket har lav risiko for innsigelse som ikke lar seg løse og er vurdert til å ha noe negativ virkning på prosessrisikoen.

Kompensasjonstiltak restaurering av gammelt elveløp

Kompensasjonstiltaket restaurering av gammelt elveløp oppnår direkte tilknytting/nærhet til Stjørdalselva. Ved vurdering av silingskriteriet økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret oppnås bare noen av delkriteriene. Det forventes at det vil oppstå dynamiske vannmasser, varmt elvevann om sommeren og høsten, og det vil bli tilført oksygenrikt vann. Den største risikoen er knyttet til strømhastighet og erosjon. Hydrauliske simuleringer viser at hvis elvevannet ledes under flystripa, vil strømhastigheten øke betydelig i hele elveløpet, og finsedimenter vil bli erodert bort. Over tid vil elveløpet stabilisere seg på en ny dybde. Grunnere sand- og muslingbanker utenfor Stjørdal småbåthavn vil sannsynligvis bli erodert bort, og utløpet vil danne en dypere kanal, som djupålen ved dagens Hellstranda. Høyere erosjonsrisiko langs moloen ved småbåthavnen og industriområdet ved Tangmoen vil føre til dypere kanaler enn tidligere, og elva vil forbli kanalisert uten å danne et naturlig deltaområde. Roligere vannhastigheter og sedimentasjon i utløpsområdet kan derfor ikke forventes.

I tillegg vil funksjonsområder til sjøørret ved både Hellstranda, og det gamle elveleiet påvirkes negativt. Brakkvannsområdet ved Hellstranda vil miste sin funksjon som beiteområde i sin helhet, fordi ferskvann ikke ledes mot Hellstranda i dette kompensasjonstiltaket. Overvintringsområdet ved Sandfærhus vil mest sannsynlig forsvinne på grunn av økt ferskvann og høyere strømningshastighet. Tiltaket vil også påvirke funksjonsområder til fugler. Halsøen vil bli mindre attraktivt for fugl på grunn av at de fine massene vil bli borttransportert. Området ved Sandfærhus vil miste sin funksjon som næringssøkområde, trekklokalitet og rasteplass på grunn av høyere strømningshastighet og tilførsel av mer ferskvann som vil fjerne partikler i mudderfjæra. Området ved Hellstranda vil ikke påvirke funksjonsområder for fugl i stor grad.

Kompensasjonstiltaket vil påvirke naturtypen bløtbunnsområder i strandsonen i det gamle elveleiet ved Sandfærhus, Halsøen, og vestsiden av Langøra nord. Høyere strømhastigheter vil redusere eller fjerne bløtbunnsområder. Bløtbunnsområdet ved Hellstranda vil mest sannsynlig ikke bli påvirket, annet enn at det blir mer marint dersom ferskvannstilførselen stenges av. Terrestriske naturtyper som strandeng ved Sandfærhus og flere verdifulle naturtyper ved Langøra nord kan bli negativt påvirket på grunn av økt erosjon. Rødlistede arter som lever i tilknytning til disse naturtypene vil bli negativt påvirket, spesielt hettemåke, gråmåke, fiskemåke og rødstilk, som vil miste viktige næringssøksområder. Den atlantiske laksen vil kun oppleve mindre endring i sin vandringsrute mot havet.

Innenfor steg 2 er alle silingskriteriene vurdert til å ha svært stor negativ virkning. Tiltaket er veldig kostbart, det er også knyttet stor risiko i forhold til samfunnssikkerhet og det er stor sannsynlighet for at det vil være utfordrende å løse innsigelsene som vil komme ved en slik løsning.

Prosjektet anslås til en kostnad på ca. 2,2 milliarder kroner. Ekstra kostnader relatert til tid, logistikk og avbrudd kan beløpe seg til ytterligere 500 – 800 millioner kroner. Med et tidsperspektiv på 3 til 5 år, må flyplassen stenge i deler av anleggsfasen, noe som vil ha betydelige samfunnskostnader.

Åpningen under flystripa kan ha negativ innvirkning på fuglebestanden, som krever videre risikoanalyse. Brokonstruksjon under flyplassen innebærer høy risiko ved sabotage og påvirker mikroklimaet, noe som kan forstyrre flyplassens daglige drift. Det er flere uakseptable risikoer knyttet til flom, erosjon, isgang og akutt forurensning, som krever omfattende tiltak.

Det er høy sannsynlighet for innsigelser fra Avinor og Forsvaret, som kan forsinke eller forhindre gjennomføring av prosjektet. Samarbeid og ytterligere utredninger vil være nødvendig, men tiltaket vurderes til sannsynligvis ikke å bli godkjent.

Kompensasjonstiltak rør under flystripa

Resultatene viser at det ikke vil dannet et brakkvannsområde i Halsen ved bruk av rørløsninger under flystripa. Marine forhold vil fortsatt dominere området. Det er også knyttet usikkerhet til om sjøørret vil ha som normal adferd å vandre igjennom et om lag 370 m rør. Det fins ingen kunnskap om dette i et tidevannsdominert system. Ved Hellstranda vil det fortsatt være et brakkvannsområde og tilknytning til Stjørdalselva uten at sjøørret må passere marint vann.

Ved vurdering av silingskriteriet økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret oppnår ikke alle delkriteriene måloppnåelse i området ved Halsøen. I Halsøen vil man kunne tilføye elvevann, men ikke oppnå et brakkvannsområde. Det forventes derimot at det vil oppstå vannutskiftning mellom de to områdene Halsøen og det gamle elveleiet ved Sandfærhus, og dermed vil oksygenforholdene i Halsøen kunne forbedres. Det forventes heller ikke økt erosjon, og dermed vil området fortsatt kunne tørrlegges ved fjære sjø. Men siden det ikke blir et brakkvannsområde og det er usikkert om sjøørret vil vandre igjennom røret som vanlig adferd, vil ikke området i Halsøen få funksjon som beiteområde for sjøørret.

Ved Hellstranda vil situasjonen være som i dag, det vil si at alle delsilingskriteriene vil oppnås. Det vil ikke dannes et brakkvannsområde i Halsøen, og bløtbunnsområdet med beitefunksjon ved Hellstranda vil ikke bli større. Dermed vil foreslått kompensasjonstiltak ikke kunne erstatte tapt beiteområde for sjøørret ved Hellstranda. Det forventes ingen påvirkning på funksjonsområder for sjøørret eller fugl ved Halsøen, Sandfærhus eller Hellstranda. Det samme gjelder både naturtyper og rødlistede arter.

I steg 2 av vurderingene er tiltaket vurdert til å ha svært dårlig virkning innen samfunnsøkonomi da tiltaket er kostbart og oppnår ikke full måloppnåelse innen steg 1. Et foreløpig kostnadsoverslag er utarbeidet basert på erfaringstall fra sammenlignbare prosjekter og forutsetninger om boring gjennom ulike massetyper. Med tre rør vil den totale kostnaden variere mellom 150 og 900 millioner kroner avhengig av hvilke masser det bores gjennom. Kostnader knyttet til restriksjoner på grunn av flytrafikk og Forsvarets aktivitet, samt behov for tiltak ved setninger på flyplassen, er ikke inkludert. Tiltaket vil også kreve hyppig vedlikehold på grunn av sedimentering og tetting av rørene. Samfunnsøkonomien for tiltaket vurderes derfor som svært negativ.

Bygging av broene vil kreve stenging av flyplassen og kan medføre risiko for setninger på rullebanen.

Det må påregnes innsigelser fra Avinor og Forsvaret med krav om ytterligere utredninger, spesielt knyttet til sikkerheten på og rundt flyplassen. Disse innsigelsene kan være tidkrevende å løse og kan føre til usikkerhet om tiltaket vil bli godkjent.

Kompensasjonstiltak flytting av molo ved Hellstranda

Kompensasjonstiltaket vil oppnå måloppnåelse i alle silingskriterier i steg 1-vurderinga, med unntak av naturtyper. Oppsummert gjelder at det fortsatt vil være et brakkvannsområde slik at sjøørret kan vandre fritt fra beiteområdet opp til Stjørdalselva uten å måtte passere marint vann. Vannmassene ved Hellstranda vil fortsatt være dynamiske med brakkvann styrt av tidevann og vannføring fra Stjørdalselva. Dette sikrer tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten, samt jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann. Området ved Hellstranda er robust, og det forventes ingen store endringer knyttet til erosjon og sedimentasjon dersom man flytter molo og djupål mot nord, samt etablerer et nytt bløtbunnsområde sør for moloen.

Det forventes ikke påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret eller fugl. Det forventes derimot påvirkning på naturtypen bløtbunn i strandsonen. Området nord for moloen har naturtypen bløtbunnsområde med høy verdi, og flyttingen vil beslaglegge om lag 15 000 m² av dette området. Tiltaket berører ikke terrestriske naturtyper eller terrestriske rødlistede arter. Marine rødlistede arter som atlantisk laks og havert vil ikke bli negativt påvirket, da laksen kun oppholder seg kort i elveosen og havert vanligvis finnes i ytre holmer og skjær.

Flytting av molo og fjerning av eksisterende molo er kostnadsberegnet til ca. 200 – 300 millioner kroner. Silingskriteriene i steg 1 er vurdert å være godt imøtekommet og tilfredsstiller kravene og ønsket måloppnåelse for prosjektet. Kostnadene er imidlertid store slik at virkningsgraden for samfunnsøkonomi er vurdert til være middels negativ.

Ved arbeide i sjø kan det generelt være fare for at flytting av masser kan medføre skade på miljøet. Det må derfor påregnes tiltak for å hindre dette. Arbeidet må utføres ved liten vannføring i elva og i gitte måneder på vinterhalvåret. Både forsvaret og Avinor har interesser i området som vil kreve samarbeid og godkjenning før arbeidet kan gjennomføres for å bevare sikkerheten for flytrafikken og forsvarets interesser.

Tiltaket ansees som lite konfliktfylt og er i direkte berøring med få interessenter. Beredskapshavna til Avinor skal ha kontinuerlig drift og må bli reetablert. Forsvarsbygg eier dagens molo, men har signalisert at en flytting av moloen ikke er konflikt med deres interesser. Det er vurdert at tiltaket har lav risiko for innsigelse som ikke lar seg løse.

Anbefaling

Ny reguleringsplan for Hellstranda medfører en reduksjon i utfylling i sjø på 70 % og 79 % reduksjon av bløtbunnsareal i forhold til gjeldende reguleringsplan. Dette betyr at ny

reguleringsplan vil begrense behovet for utfylling i sjø vesentlig, og det er da tilstrebet å unngå og begrense skadevirkningene samt istandsette eller erstatte tapt bløtbunnsområde i henhold til tiltakspyramiden fra Miljøverndepartementet (figur 3-1).

Ny foreslått løsning vil gi en samlet utfylling på Hellstranda på 16 000 m^2 i sjø. Av dette utgjør bløtbunnområdet 9 500 m^2. Dette området har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret, og det er området det skal kompenseres for.

Etter en samlet vurdering er det anbefalt å konsekvensutrede kompensasjonstiltaket flytting av molo ved Hellstranda (figur 9-1). Av de vurderte løsningene oppnår kompensasjonstiltaket måloppnåelse innenfor de fleste silingskriteriene i steg 1. I tillegg har tiltaket lavest risiko knyttet til samfunnssikkerhet og videre prosess.

Dette tiltaket har også potensiale for å kunne gi mer nytt bløtbunnsområde enn det som går tapt på Hellstranda som følge av veg- og turvegutbygging. Det vil kunne gi ca. 23 000 m^2 nytt bløtbunnsareal på innsiden av moloen og vil således erstatte de 9 500 m^2 som vegbyggingen medfører.

Flytting av molo vil ta ca. 15 000 m^2 av naturtypen bløtbunnsområde i strandsonen som i dag ligger nord for moloen. Dette området har ifølge telemetriundersøkelser gjennomført av NTNU Vitenskapsmuseet ikke like stor verdi som beiteområde for sjøørret som området ved Hellstranda har i dag.

Tabell 9-4 oppsummerer arealbeslag og -gevinst.

Tabell 1-5: Beregning av berørt bløtbunn.

Areal	**Utfylling** [m^2]	**Nytt areal** [m^2]	**Differanse** [m^2]
Bløtbunn Hellstranda	-9 500	22 500	
Bløtbunn i det gamle elveløpet	-1 500		
Sum	**-11 000**	**22 500**	**11 500**
Bløtbunn nord for molo	-15 000		

Samlet vurdering fører derfor til at anbefalingen er:

Alternativet flytting av molo legges til grunn for videre arbeid med reguleringsplan og konsekvensutredning.



Figur 1-2: Illustrasjon av gjenstående kompensasjonstiltak som innebærer en flytting av eksisterende molo nord for Hellstranda. Vegtiltaket er lagt inn ved Hellstranda. Området sees fra dagens utløpsområde inn mot Stjørdalselva. Merk at dette kun er en illustrasjon, nøyaktig utforming molo vil bestemmes på et senere tidspunkt. Bakgrunnskart: [2].



Figur 1-3: Ny vegløsning med gangsti og bølgevern sammenlignet med utfylling i sjø fra gjeldende reguleringsplan vist med rød strek.

2 Innledning

E6-strekningen fra Helltunnelen til Hellstranda er en del av hovedvegforbindelsen mellom Ranheim og Værnes (se figur 2-1). Nye Veier har gjennom Melding til Stortinget 25 fått ansvaret for utbygging av E6 fra Ranheim til Værnes [3]. Vegen skal bygges som firefelts motorveg med doble tunnelløp med en fartsgrense på 110 km/t der det er mulig. Den totale strekningen er 23 km og byggestart var i september 2020. Prosjektet berører Trondheim, Malvik og Stjørdal kommune med egne vedtatte reguleringsplaner. Det aktuelle området ved Hellstranda ligger i Stjørdal kommune og er markert med rød firkant i figur 2-1.

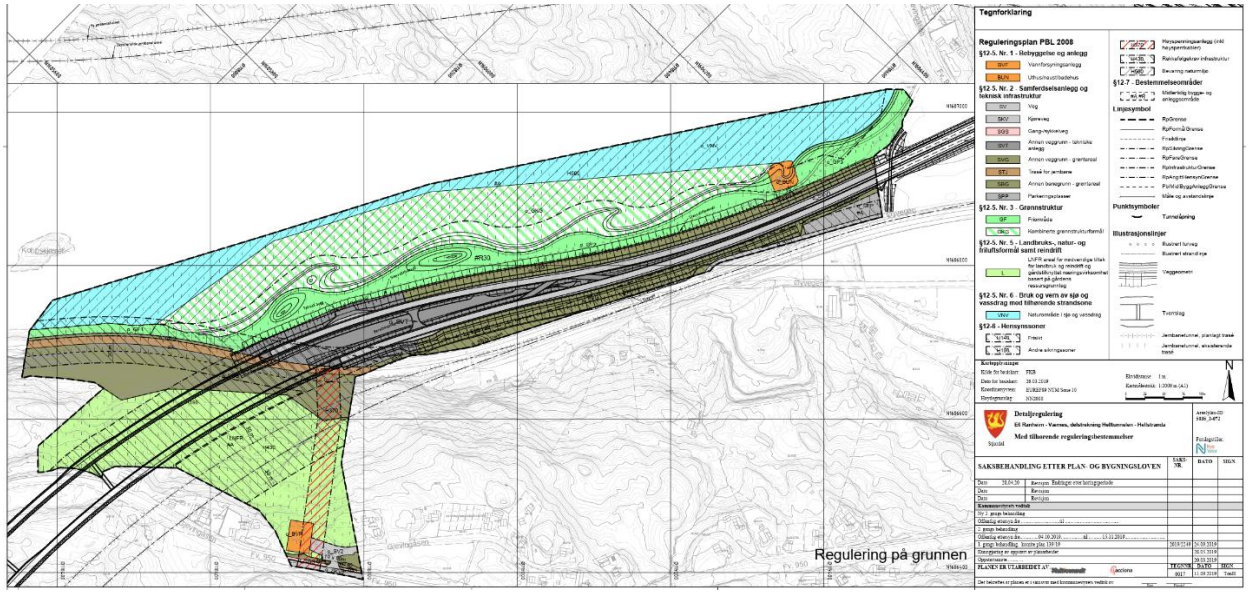


Figur 2-1: Utbyggingsprosjekt E6 Ranheim – Værnes. Omtalt område ved Hellstranda er markert med rød firkant. Illustrasjon av Nye Veier.

2.1 Bakgrunn for planarbeidet

Gjeldende reguleringsplan for Hellstranda (plan-id 2-072 – *E6 Helltunnelen – Hellstranda*) lar seg ikke gjennomføre på grunn av konsekvenser for naturmiljøet i sjø (se figur 2-2). I tidligere faser av prosjektet er det konkludert med at bløtbunnsarealet ved Hellstranda har høy verdi som beiteområde for laksefisk, herunder spesielt sjøørret, både veteraner og smolt [4]. Utfylling i sjø vil medføre direkte bortfall av bløtbunn og dermed vil tilgjengelig beiteareal for laksefisk bli redusert.

I dialog med Stjørdal kommune er det derfor bestemt at det skal startes opp en ny planprosess og lages en ny reguleringsplan for området. Hensikten med ny reguleringsplan er minst mulig utfylling, og dermed en kraftig reduksjon av arealbeslag i sjø i forhold til gjeldende reguleringsplan.



Figur 2-2: Gjeldende reguleringsplan for Hellstranda (plan-id 2-072 – E6 Helltunnelen – Hellstranda).

2.2 Mål for prosjektet

Ved å se samlet på målene til Nye Veier, Nasjonal transportplan og de nye kravene til prosjektet er det utarbeidet resultatmål for prosjektet. Utarbeidelse av reguleringsplan har følgende resultatmål:

1. Unngå eller i størst mulig grad begrense påvirkning på naturmangfold.
2. Hensynta eksisterende friluftsområde på Hellstranda og Billedholmen samt ivareta turveg i strandsonen mellom disse.
3. Anbefalt vegalternativ oppnår Nye Veiers effektmål i størst mulig grad.
4. Det oppnås tillatelse til evt. midlertidig vegløsning slik at oppgradering av eksisterende tunnelløp i Helltunnelen ikke forsinkes.

2.3 Mål for rapport

Det er krav om å erstatte det tapte bløtbunnsarealet med et nytt areal som har tilsvarende habitatkvalitet og har minst like stort areal (lik for lik). Miljødirektoratet skriver i sin veileder [5] at:

> *«Lik for lik innebærer at kompensasjonsarealet inneholder det samme naturmangfoldet som går tapt. Det vil si at kompensasjon gjelder de samme artene, naturtypene og økosystemene.»*

Rapportens mål er derfor å finne områder som er egnet til å gjenskape tapt bløtbunnsareal. Det er i løpet av prosjektets tidligere og nåværende fase identifisert flere mulige områder som kan ha potensiale til å erstatte tapt bløtbunnsareal. Disse områdene omtales her som *kompensasjonsområder*.

Alle foreslåtte kompensasjonsområder skal vurderes, for så å sile ned til et mindre antall. Gjenværende kompensasjonsområder skal så være med i videre planprosess, der de skal konsekvensutredes og bli en del av reguleringsplanen.

2.4 Relevant gjeldende lovverk

Som følge av at ny veg medfører utfylling i sjø er det spesielt to viktige lovgrunnlag som må følges. Disse lovgrunnlagene stiller krav til konkrete analyser og tiltak i utbyggingssaker, Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven) av 2009 og vannforskriften av 2006.

2.4.1 Vanndirektivet og vannforskriften

Vanndirektivet er en del av EØS-avtalen, og ble innført i Norge gjennom forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften) i 2007. Direktivet har som generelt målt at alle vannforekomster minst skal opprettholde eller oppnå "god tilstand" i tråd med nærmere angitte kriterier.

For enkelte "sterkt modifiserte vannforekomster" kan ikke det generelle målet om god tilstand oppnås uten at det går betydelig ut over samfunnsnytten ved inngrepet. Dette kan for eksempel dreie som om enkelte av vassdragene som er utbygd for vannkraftformål. I slike tilfeller settes målet "godt potensial" som innebærer at miljømålet er tilpasset inngrepets samfunnsnyttige formål.

Dersom arbeidet skulle vise at det vil være umulig eller uforholdsmessig kostnadskrevende å nå målet om god tilstand eller godt potensial, gir forskriften anledning til å utsette måloppnåelsen i 6 eller 12 år, eller unntaksvis å vedta mindre strenge miljømål. For slike unntak gjelder nærmere bestemte vilkår knyttet til manglende teknisk gjennomførbarhet, uforholdsmessige store kostnader, krevende naturgitte forhold, eller svært tungtveiende samfunnshensyn.

Vannforskriften har følgende miljømål (§ 4):

> *«Tilstanden i overflatevann skal beskyttes mot forringelse, forbedres og gjenopprettes med sikte på at vannforekomstene skal ha minst god økologisk og god kjemisk tilstand, i samsvar med klassifiseringen i vedlegg V og miljøkvalitetsstandardene i vedlegg VIII.»*

Vannforskriften regulerer i § 10 spørsmål om mindre strenge miljømål, enn det som er angitt i § 4:

> *Når en vannforekomst er så påvirket av menneskelig virksomhet at det er umulig eller uforholdsmessig kostnadskrevende å nå målene i §§ 4 – 7, kan det fastsettes mindre strenge miljømål dersom følgende vilkår er oppfylt:*
>
> *a) de miljømessige og samfunnsøkonomiske behov som denne menneskelige virksomheten tjener, ikke uten uforholdsmessige kostnader kan oppfylles på andre måter som er miljømessig vesentlig gunstigere,*

b) det sikres en best mulig økologisk og kjemisk tilstand for overflatevann og minst mulig avvik fra god kvantitativ tilstand for grunnvann gitt påvirkningene som er til stede, og som ikke med rimelighet kan unngås sett hen til typen av menneskelig virksomhet eller forurensning, og
c) det ikke forekommer ytterligere forringelse av tilstanden i den berørte vannforekomsten.

Fastsettelsen av mindre strenge miljømål og begrunnelsen for den skal fremgå av vannforvaltningsplanen, og skal revurderes hvert sjette år.

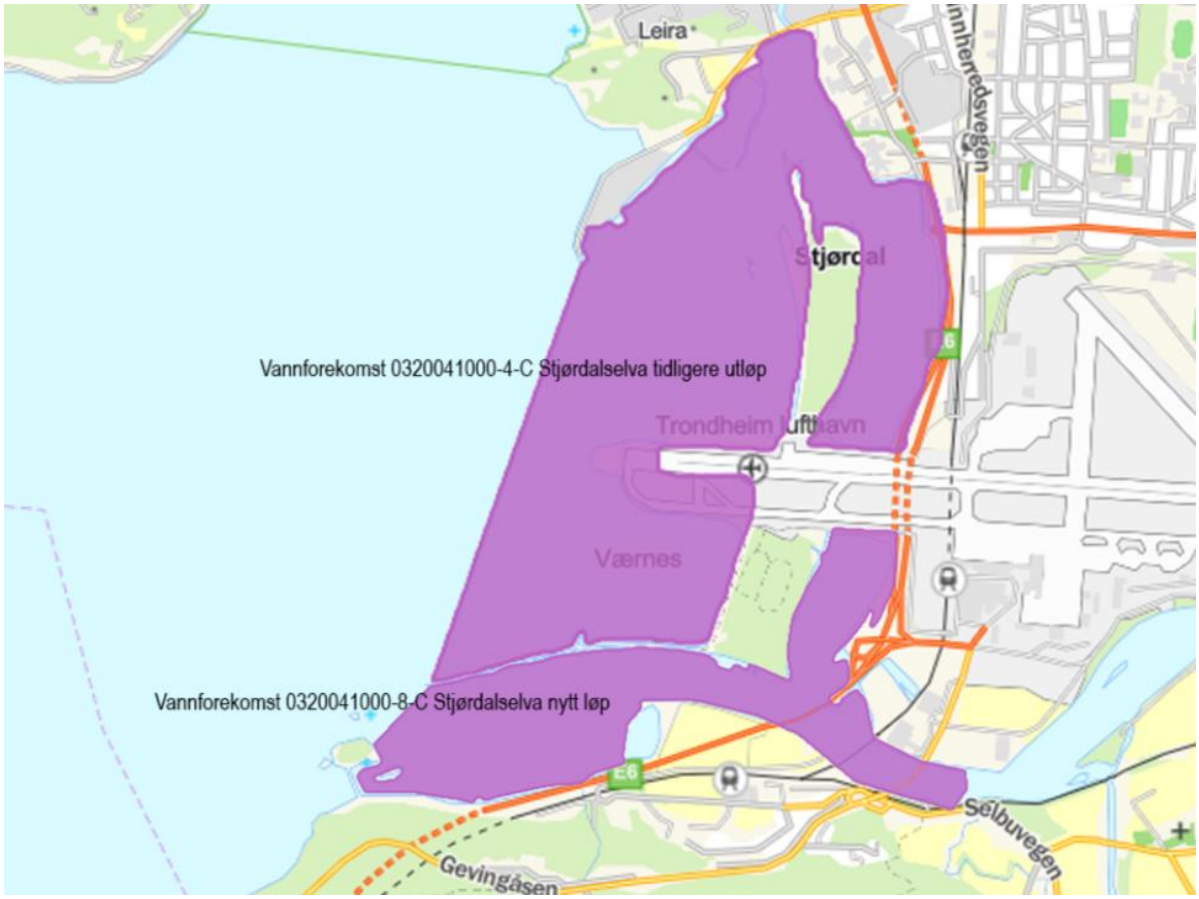
I § 12 om nye aktiviteter eller inngrep heter det blant annet:

«Ny aktivitet eller nye inngrep i en vannforekomst kan gjennomføres selv om dette medfører at miljømålene i §§ 4 – 7 ikke nås eller at tilstanden forringes, dersom dette skyldes:

a) nye endringer i de fysiske egenskapene til en overflatevannforekomst eller endret nivå i en grunnvannsforekomst, eller
b) ny bærekraftig aktivitet som medfører forringelse i miljøtilstanden i en vannforekomst fra svært god tilstand til god tilstand.

I tillegg må følgende vilkår være oppfylt:
a) alle praktisk gjennomførbare tiltak settes inn for å begrense negativ utvikling i vannforekomstens tilstand,
b) samfunnsnytten av de nye inngrepene eller aktivitetene skal være større enn tapet av miljøkvalitet, og
c) hensikten med de nye inngrepene eller aktivitetene kan på grunn av manglende teknisk gjennomførbarhet eller uforholdsmessig store kostnader, ikke med rimelighet oppnås med andre midler som miljømessig er vesentlig bedre.»

Vannforskriften gjelder for tiltak som berører *vannforekomster.* Tiltakene knyttet til ny reguleringsplan for E6 Hellstranda, gjeldende reguleringsplan for E6 Ranheim – Værnes, delstrekning Helltunnelen – Hellstranda, planid 2-072 (28.05.2020) og gjeldende reguleringsplan for E6 Helltunnelen – Værneskrysset, planid 1-255 (19.05.2016) beskriver alle tiltak som berører vannforekomsten «Stjørdalselva nytt utløp (030041000-8-C) (se figur 2-3). Det planlegges å fylle i sjøen på Hellstranda, bygge ny bru over Stjørdalselva og fylle ut i gammelt elveleie i forbindelse med nytt kryssområde på Sandfærhus.



Figur 2-3: Vannforekomst Stjørdalselva nytt utløp 0320041000-8-C, og Stjørdalselva tidligere utløp 0320041000-4-C [6].

Det er påpekt fra Nye Veier til Statsforvalteren i Trøndelag i henvendelse av 19.12.2023 at elveosen er sterkt modifisert (SMVF), og det ble anmodet om at vannforekomsten endres i tråd med dette. I så fall er det vannforskriftens § 5 med miljømål for kunstige og sterkt modifisere vannforekomster som vil gjelde, hvor det heter at vannforekomsten skal beskyttes mot forringelse og forbedres med sikte på at vannforekomsten skal ha minst godt økologisk potensial og god kjemisk tilstand, jfr. klassifiseringen i forskriftens vedlegg V og VIII.

Statsforvalteren gir i svar av 27.06.2024 at *«Problemet er at biologiske kvalitetselementer som brukes i klassifisering finnes for ferskvann og saltvann. Brakkvann er ikke tatt inn i vannforskriften. I elvemunningene vil ferskvannet være sterkt påvirket av saltvann. Dermed vil rene ferskvannsparametere kunne gi misvisende beskrivelse av tilstand. På samme måte er saltvannet sterkt påvirket av ferskvann og marine parametere vil trolig heller ikke gi grunnlag for en god klassifisering.»*

Videre mener Statsforvalteren at *«Miljøgevinsten for Stjørdalselva som nasjonalt laksevassdrag, som sjøørretvassdrag og for biologisk mangfold generelt vil, etter vårt syn, være stor hvis man får koblet bløtbunnsområdene i det nordre elveløpet sammen med Stjørdalselva igjen, men en fullstendig restaurering og tilbakeføring av opprinnelig elveløp er lite sannsynlig. I så måte kan det være riktig at munningsområdene til Stjørdalselva skal stå*

som en SMVF, og at eventuelle framtidige tiltak med å lede vann under flystripa, vil være avbøtende tiltak for å redusere den negative påvirkningen så mye som mulig.» ….. «Men uansett om vannforekomsten blir en SMVF eller ikke, løser ikke det problemet med klassegrenser som ikke er tilpasset vanntypen.»

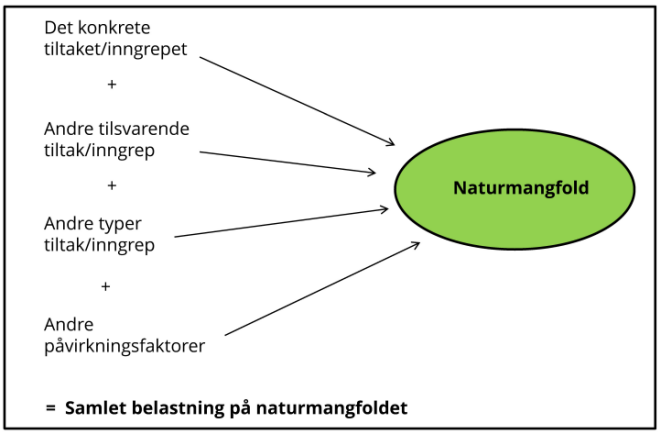
2.4.2 Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven)

Lovens formål er at naturen med dens biologiske, landskapsmessige og geologiske mangfold og økologiske prosesser tas vare på ved bærekraftig bruk og vern, også slik at den gir grunnlag for menneskenes virksomhet, kultur, helse og trivsel, nå og i fremtiden, også som grunnlag for samisk kultur. Målet er at mangfoldet av naturtyper ivaretas innenfor deres naturlige utbredelsesområde og med det artsmangfoldet og de økologiske prosessene som kjennetegner den enkelte naturtype. Målet er også at økosystemers funksjoner, struktur og produktivitet ivaretas så langt det anses rimelig.

Vurderingene som skal gjøres skal basere seg så langt det er mulig på vitenskapelig kunnskap før det treffes en beslutning om tiltaket.

Plan- og bygningslovens bestemmelser innebærer at realistiske og relevante alternativer skal utredes. I denne rapporten vil det konkluderes med hvilke alternativer som skal tas med videre, og hvilke som ikke vurderes som realistisk og relevant.

Naturmangfoldloven stiller krav i § 10 at en påvirkning av et økosystem skal vurderes ut fra den samlede belastningen som økosystemet er eller vil bli utsatt for (se figur 2-4). Geografisk er vurderingen avgrenset til påvirkninger på det naturmangfoldet som befinner seg innenfor tiltakets influensområde. Influensområdet til tiltaket vil i forbindelse med denne reguleringsplanen kunne variere ut fra hvilket fagområde som vurderes. Dette vil utredningene ta hensyn til.



Figur 2-4: Fra Veileder – Naturmangfoldloven kapittel II, Klima- og miljødepartementet [7].

Det følger av § 10 at forvaltningsorganet skal legge vekt på påvirkningsfaktorer som økosystemet «er» eller «vil bli» utsatt for. Dette omfatter tidligere, nåværende og fremtidige påvirkninger. Stjørdal – Værnesregionen har over lang tid vært utsatt for store endringer i arealbruk. Et spørsmål blir da hvor langt man skal gå tilbake i tid når samlede belastninger skal legges til grunn for vurderingene.

Dette avklares i Klima- og miljødepartementets veileder, kapittel 7.5, hvor det heter: «Som hovedregel kan forvaltningen derfor legge til grunn at tidligere inngrep er reflektert i nå-tilstanden.» [7].

Det må imidlertid vurderes om det finnes unntak i dette tilfellet i forhold til tidligere gjennomførte tiltak som ikke er reflekteres i nå-tilstanden. I dette tilfellet betyr at tilnærmingen for vurdering av påvirkning av økosystemene i influensområdet skal legge dette tiltaket til grunn, samt andre kjente tiltak som planlegges gjennomført. Konkret gjelder dette for eksempel resten av byggingen av ny E6 med relevante kompensasjonstiltak, men også realistiske tiltak som Avinor, Forsvaret, Bane Nor og evt. andre måtte ha av fremtidsplaner.

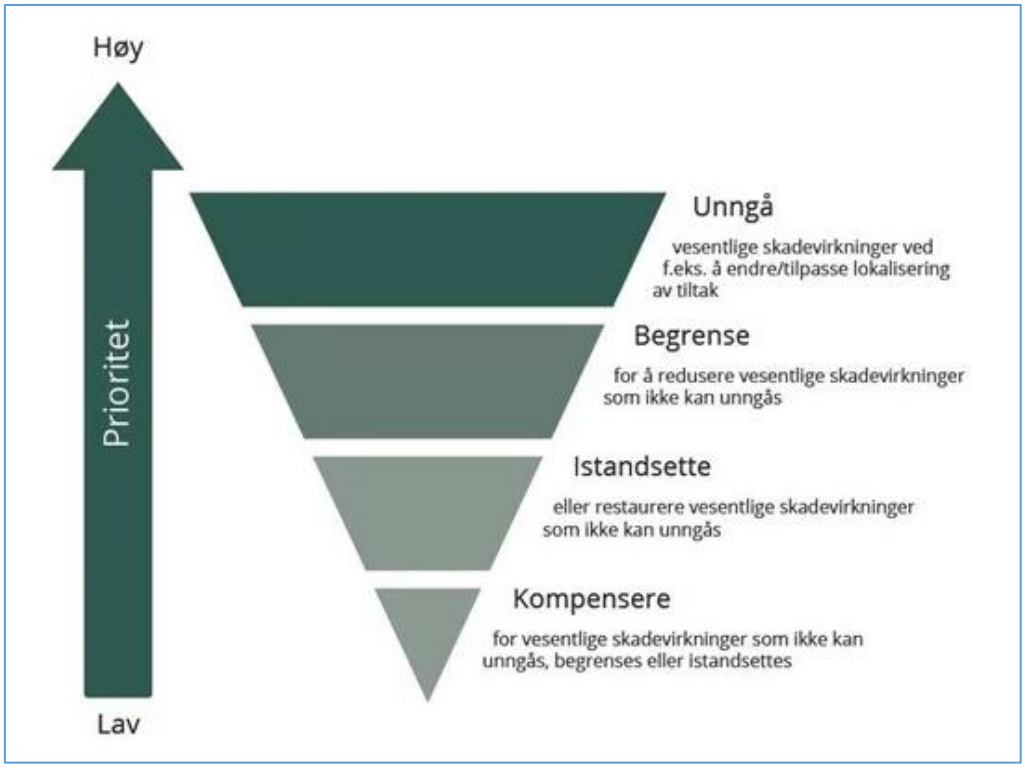
Konsekvensanalysen vil bli gjennomført som del av utarbeidelsen av reguleringsplanen for E6 Helltunnelen-Hellstranda og kompensasjonstiltaket som anbefales her.

2.5 Medvirkning

Det ble i perioden juni 2024 – februar 2025 avholdt medvirkningsmøter med Statsforvalteren i Trøndelag, Fylkeskommunen i Trøndelag (vassdragsmyndigheter), Stjørdal kommune (vannområdekoordinator), Avinor, NVE, Nye Veier (byggherre) og Rambøll/NTNU Vitenskapsmuseet (rådgiver). Ikke alle representanter har vært til stede ved alle 4 møter. Hensikten med møtene var å få en felles forståelse for utredningsmetodikk, området, samt gjennomførbarheten til de ulike tiltakene.

3 Metodikk

Miljødirektoratets tiltakspyramide (figur 3-1) har vært styrende for hvordan prosjektet har jobbet for å komme fram til utforming av vegtiltaket og turvegen ved Hellstranda. Tiltakspyramiden bygger på at man i tidlig planleggingsfase skal utrede alle muligheter for å unngå skadevirkninger på naturmiljøet. Figur 3-1 illustrerer at kompensasjon skal være siste utvei, og at alle andre mulige tiltak først skal være vurdert.



Figur 3-1: Tiltakspyramiden fra Miljødirektoratet sin håndbok M-1941 [8].

Ved bruk av prinsippet i tiltakspyramiden er det jobbet systematisk for å komme fram til en mulig løsning som ivaretar naturmiljø, turveg og ny E6 på best mulig måte. Det er i prosessen utarbeidet et alternativ med minst mulig utfylling i sjø ved å endre på utforming av vegen, turvegen og friluftsområdet som er beskrevet i gjeldene reguleringsplan. For bløtbunnsområdet som går tapt som følge av tiltaket ved Hellstranda er det vurdert tiltak som kan fungere som istandsetting eller kompensering. Kapitlene under beskriver hvordan prosjektet har jobbet med stegene i tiltakspyramiden.

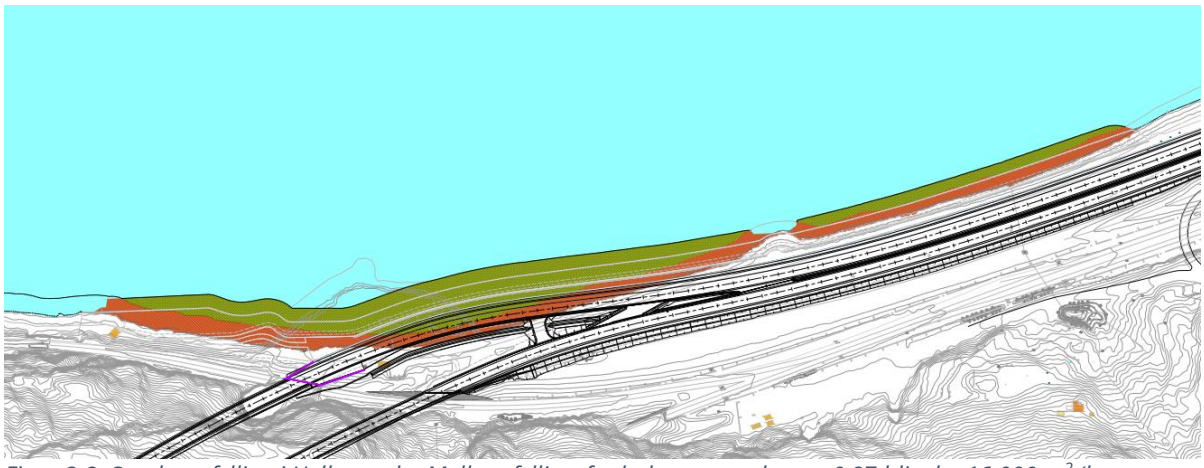
3.1 Tiltak for å unngå og begrense vesentlig skadevirkning

I planarbeidet er det tilstrebet å finne den best mulige løsningen for å minske behovet for utfylling i sjø slik at det er mulig å bevare så mye som mulig av dagens bløtbunnsområde ved Hellstranda. Samtidig må løsningen for ny firefelts E6 med turveg og alle nødvendige installasjoner ivareta hensyn og krav til sikkerhet. Det er flere forhold som bestemmer arealbehovet i sjø i forbindelse med bygging av ny og oppgradering av eksisterende E6. Nytt tunnelløp parallelt med dagens Helltunnel er

allerede drevet og er bygget i henhold til gjeldende reguleringsplan. Dette medfører at tunnelmunningen i nord ender i sjøen ved Hellstranda, og det vil derfor være behov for utfylling i sjø for å kunne ta i bruk tunnelløpet. Selve vegen har krav om hvordan geometrien må utformes for å bli en sikker veg med god framkommelighet. Videre er det krav til støyskjerming og vern for flom og bølger. Turveg mellom Hellstranda og Billedholmen, som i dag er lagt på en steinfylling, skal også opprettholdes [9].

Det er utarbeidet en silingsrapport som ser på ulike veg- og turvegalternativ for ny E6 ved Hellstranda [10]. Som en oppfølging av den er det også utarbeidet et eget notat der det er gjort ytterligere vurderinger knyttet til en løsning med turveg på mur [11].

Konklusjonen fra silingsrapporten [10] er at dimensjonerende hastighet for vegen reduseres fra 110 km/t til 90 km/t som medfører at det kan benyttes noe krappere kurvatur for å svinge vegen hurtigere inn på land fra den nye tunnelen. Videre er det en kombinasjon av veg- og turvegalternativ på utfylling som vil gi minst mulig fotavtrykk og samtidig sikrer friluftsliv best mulig forhold.



Figur 3-2: Samlet utfylling i Hellstranda. Mellom fyllingsfot bølgevern og kote + 0,87 blir det 16 000 m^2 (brunt og grønt område). Av dette er det 9 500 m^2 som utgjør arealet for bløtbunn (grønt område) [9].

Utfyllingsbehovet er redusert med 70 %, fra 52 500 m^2 til 16 000 m^2, sammenlignet med gjeldende reguleringsplan (se figur 2-2 på side 21). Dette betyr at i forhold til gjeldende reguleringsplan så vil nytt forslag ha et vesentlig mindre behov for utfylling i sjø. For Hellstranda medfører dette at av de 16 000 m^2 med utfylling i sjø vil det nye tiltaket føre til at et areal på ca. 9 500 m^2 med bløtbunn går tapt, figur 3-2 illustrerer planlagtutfylling. Utbyggingen medfører utfylling på bløtbunn og arealbeslaget fra utbygging på Hellstranda og Værneskrysset er vist i tabell 3-1.

Tabell 3-1: Beregning av berørt bløtbunn.

Beregning av berørt bløtbunn	Hellstranda	Værneskrysset	Totalt
Totalareal beslaglagt (utenfor kote 0,87) (m^2)	16 000	2 600	18 600
Bløtbunn berørt (m^2)	**9 500**	**1 500**	**11 000**
Beregnet bløtbunn i % av total	59	58	59



Figur 3-3: Ny vegløsning med gangsti og bølgevern sammenlignet med utfylling i sjø fra gjeldende reguleringsplan vist med rød strek.

3.2 Aktuelle tiltak for å istandsette eller kompensere for vesentlig skadevirkninger

De siste nivåene i tiltakspyramiden omhandler istandsetting, og til slutt økologisk kompensasjon. Da det ble forsøkt å realisere gjeldende reguleringsplan (se figur 2-2), ble det utarbeidet en rapport som beskrev mulige istandsettings- og kompensasjonstiltak knyttet til tap av bløtbunn i utløpsområdet til Stjørdalselva [1].

Rapporten påpekte at dersom et istandsettings- eller kompensasjonstiltak skal ha effekt for laksefisk i Stjørdalsvassdraget, må de ha umiddelbar tilknytning til vassdraget. Dette fordi sjøørreten må kunne vandre fritt og uhindret mellom elva og brakkvannsområdet, uten å måtte passere marint vann.

Rapporten belyste fire ulike områder i tilknytning til utløpsområdet (se figur 3-4) som kan ha potensial til å erstatte tapt areal ved Hellstranda:

1) Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa.
2) Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa.
3) Omgjøring av deler av Langøra sør til våtmarksområde.
4) Omlegging av elveutløpet ved å anlegge en ny molo fra Billedholmen.



Figur 3-4: Blå farge viser forslag til områder i tilknytning til Stjørdalselvas utløp som kan ha potensiale til å erstatte tapt bløtbunnsareal ifm. utfylling ved Hellstranda. Gul farge viser utfyllingsområder ved gjeldende reguleringsplan. Ny reguleringsplan vil ha en betydelig redusert utfylling. Figur fra [1] som er modifisert med tilleggsvurderingene.

Kompensasjonstiltaket «Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa» kan vurderes som to varianter, der man ser på:

- full åpning under flystripa med avstenging av dagens elveutløp ved Hellstranda som alternativ 1)
- en rørløsning under flystripa der man beholder utløpsområdet ved Hellstranda som alternativ 6).

I forbindelse med tiltak som kan bidra til å restaurere det gamle elveløpet på nordsiden av flystripa er det også sett på en variant med rør gjennom Langøra nord.

I tillegg til disse 4 ulike alternativene, har prosjektet (Nye Veier og Rambøll) sett på et annet tiltak i tilknytning til området:

5) Flytting av eksisterende molo.

For en mer detaljert beskrivelse av de ulike forslagene vises det til kapittel 7 og 8. I kapittel 7 framkommer det andre tiltak som også har vært diskutert i medvirkningsmøtene og seinere vurdert på et overordna nivå.

For å kunne komme fram til hvilke av tiltakene som er best egnet for å kunne kompensere for det tapte bløtbunnsområdet på Hellstranda, er det utarbeidet et sett

med silingskriterier som alternativene vurderes opp mot. Silingsprosessen og kriteriene er beskrevet i kapittel 6.

Ut fra måloppnåelsen av silingskriteriene anbefales det hvilket kompensasjonstiltak som bør utføres. Dette tiltaket vil sammen med tiltaket for veg, turveg og friluftsområdet konsekvensvurderes, og danne grunnlaget for tiltakene som vil inngå i den nye reguleringsplanen.

3.3 Ytterligere begrensende tiltak som bør gjennomføres i anleggsfasen

Utfyllingsperioden vil pågå over lengre tid, og det vil være naturlig at planlagte avbøtende tiltak vil pågå i hele anleggsfasen og etter avsluttet tiltak der det ansees som nødvendig.

Aktuelle begrensende tiltak kan være:

- Begrensning i tidspunkt for gjennomføring av anleggsaktiviteter knyttet til kritiske aktiviteter for både laksefisk og fugl.
- Kontinuerlig overvåking av voksen laksefisk for å kunne vurdere stressnivå knyttet til anleggsarbeider.
- Overvåking av smoltutvandring for å kunne initiere opphold i anleggsaktiviteter.
- Kontinuerlig overvåking av turbiditet.
- Stikkprøver av vannkvalitet og sediment.
- Tiltak for å hindre partikkel- og plastspredning.
- Tiltak for å hindre spredning av nitrogenforbindelser.

4 Områdebeskrivelse

Kartutsnittet i figur 4-1 viser områder som omtales i rapporten. Området er i dag preget av flere infrastrukturtiltak som Trondheim lufthavn Værnes, Stjørdal småbåthavn, flere bruer over Stjørdalselva, samt nærhet til Stjørdal by.

Hellstranda (1) består av både steinfyllinger og et strandområde som er omtalt som Hellstranda friluftsområde (2). Hele området er langgrunt med sandbunn. Området er avgrenset med molo i nord og Billedholmen (3) mot vest. Det ble ved den tidligere omlegginga ved utløpet til Stjørdalselva i 1957 anlagt en molo fra land over mot Billedholmen som hindrer marint vann i å trenge inn mot Hellstranda. Det gamle elveleiet ved Sandfærhus (4) er delt av flystripa i nord, det er også etablert steinfyllinger

helt sørøst og sørvest i området. Dagens E6 går på østsida av området. Det er en naturlig strandsone både langs vest- og østbredden av det gamle elveleiet [12].



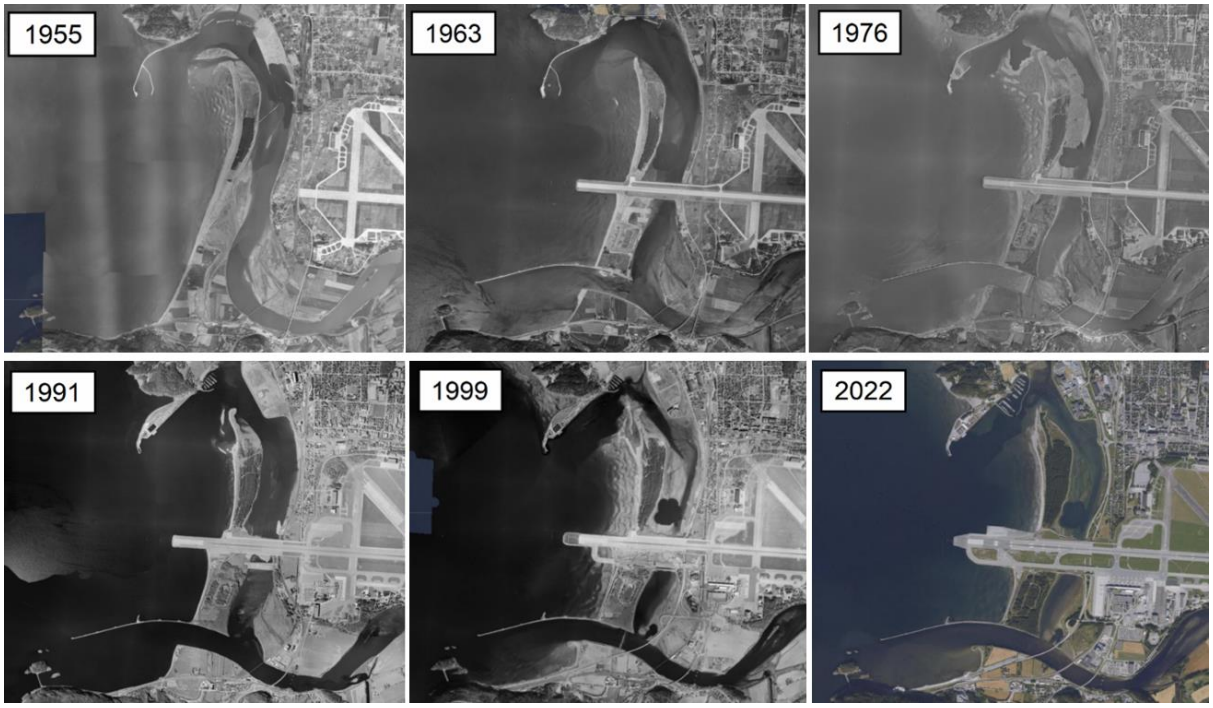
Figur 4-1: Kartutsnitt som viser det nye elveutløpet med molo og området ved Hellstranda (1) med Hellstranda friluftsområde (2) i øst og Billedholmen (3) i vest. Det gamle elveleiet (4) ligger ved Langøra sør (5), flyplass/Trondheim lufthavn Værnes (6) og Sandfærhus (7). Halsøen (8) ligger mellom Langøra nord (9) i vest og Stjørdal (10) i øst. Gråelva (11) munner ut ved Stjørdal småbåthavn (12) og Stjørdalsfjorden (13). Stjørdalselva (14) munner ut ved Hellstranda. Bakgrunnskart: [13].

Det er to elver som kalles Gråelva i området; den ene ligger ved Stjørdal småbåthavn og er vist i kartet over, den andre er et sidevassdrag til Stjørdalselva og munner ut ved Hegra som ligger lengre øst (ikke vist i figur). Elvene blir omtalt som «Gråelva ved Stjørdal småbåthavn» og «Gråelva ved Hegra» i rapporten.

4.1 Historisk utvikling av området

Området har over lengre tid vært preget av omfattende infrastrukturtiltak. Allerede tilbake til 1880-tallet har det vært militæraktivitet på Værnes. Ved starten av 1900-tallet ble det påbegynt flyaktivitet fra området, og under andre verdenskrig ble flyplassen betydelig utvidet av tyskerne.

Fra etterkrigstiden fortsatte utvidelsen av Trondheim lufthavn Værnes. Figur 4-2 viser utviklingen av området fra 1955 fram til 2022, hvor en kan se at det opprinnelige utløpet var nord for flyplassen, og ble endret ifm. forlengelsen av rullebanen på Trondheim lufthavn Værnes i perioden 1955 – 1963. Det ble da laget et nytt utløp ved Hellstranda og etablert en ca. 1 km lang steinmolo.



Figur 4-2: Flyfoto fra 1955, 1963, 1976, 1991, 1999 og 2022. Ortofoto hentet fra Norge i bilder.

I perioden fra 1963 – 1976 ble det etablert en lavvannsterskel (sjetee) i svingen ved det opprinnelige elveutløpet, for å hindre at marint vann trenger langt opp i elva. Terskelen ble også bygget for å tilføre elva en viss motstand, etter at elveløpet ble rettet ut og gjort kortere sammenlignet med det tidligere elveløpet nord for dagens flystripe. Terskelen bidrar derfor også til å regulere dagens flomsituasjon.

I perioden 1976 – 1991 ble marinaen ved Stjørdal småbåthavn etablert like nord for det opprinnelige utløpet til Stjørdalselva. Videre ble det foretatt utfylling i området ved moloen like vest for det opprinnelige elveutløpet, rett ved siden av den nylig etablerte småbåthavna. Fra tilgjengelige flyfotografier kan det videre ses at det i 1991 ble påbegynt etableringen av en bredere landingsbane ved Trondheim lufthavn Værnes.

Senere har området blitt ytterligere utbygget med fyllinger i sjø og med større og mer omfattende vegsystem, inkludert bygging av dagens E6 med bru over Stjørdalselva, som ble bygd i perioden 1988 – 1997. Helltunnelen ble åpnet i 1995. I perioden 1999 – 2022 ble marinaen ved Stjørdal småbåthavn utvidet. Ny Hell jernbanebru ble bygget i 2016.

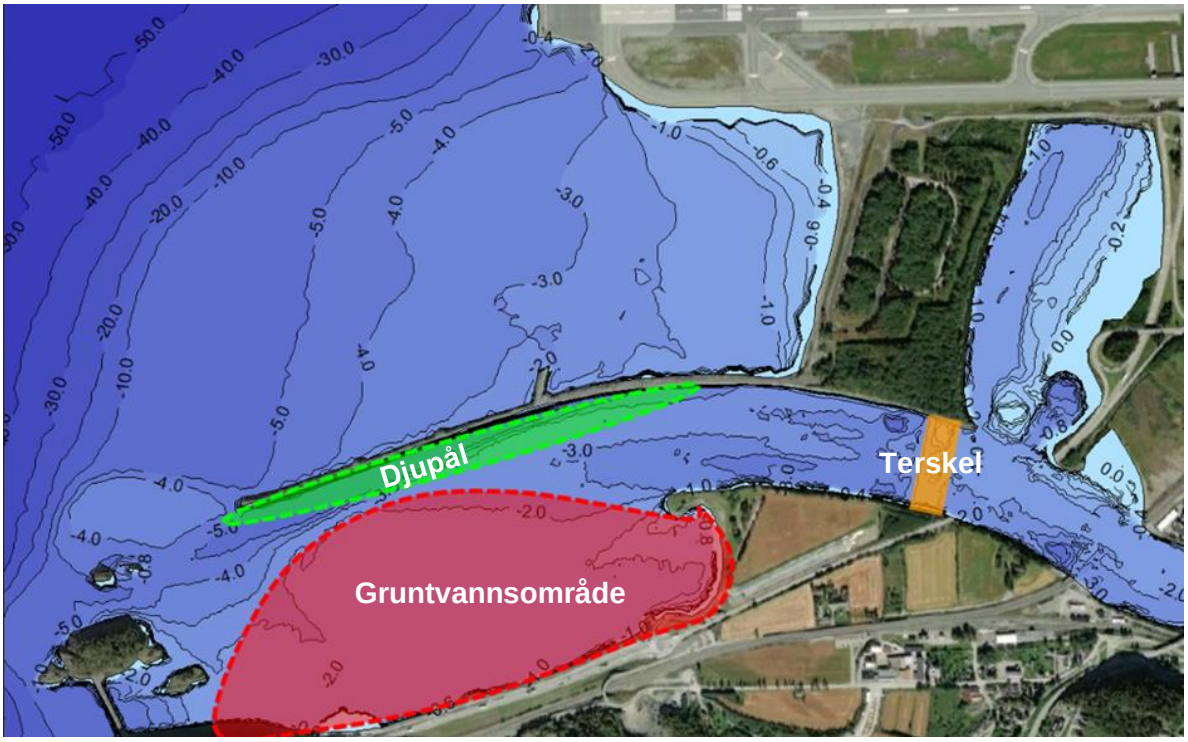
Utbygging av flyplassen og etablering av steinmoloen resulterte dermed i Halsøen våtmarksområde nord for flystripa, Sandfærhus våtmarksområde sør for flystripa, og

nytt elveløp rett fram og ut i Trondheimsfjorden ved Billedholmen, og en badestrand sør for det nye elveløpet (Hellstranda friluftsområde). Rester av det gamle elveleiet eksisterer fortsatt øst for Langøra sør. På grunn av moloen ble det dannet et stort gruntvannsbasseng med brakkvann mellom Billedholmen og Hellstranda.

Moloen ble opprinnelig anlagt i forbindelse med utvidelsen av flyplassen over Stjørdalselva, med tilhørende åpning av nytt utløp gjennom Langøra. Utformingen av moloen baserte seg på simulering av ferskvannsstrømmene, og ble valgt for å unngå ferskvannstilstrømming og mulig isdanning i Muruvik havn (pers. kom., Mads Eirik Hugo Johnsen, NVE).

4.2 Dybdeforhold

Data om dybdeforhold er oppsummert i fagrapport [14]. Figur 4-3 viser dybdeforhold i området ved Hellstranda og i det gamle elveleiet sør for flystripa.

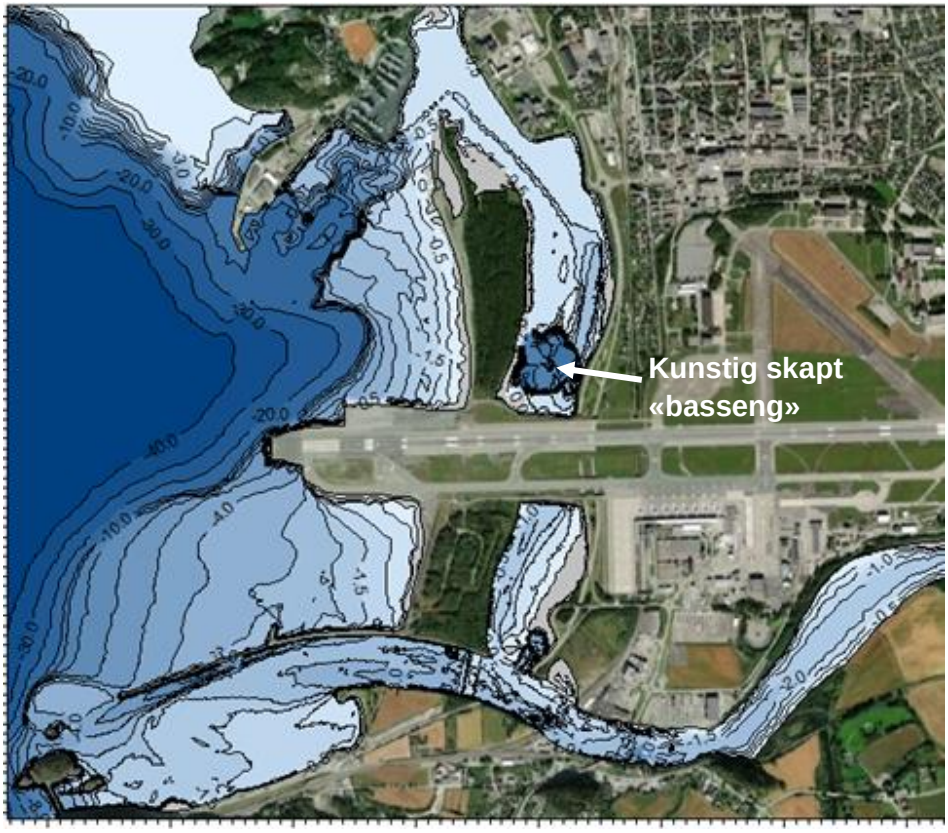


Figur 4-3: Vanndybder ved dagens utløpsområde. Grønn farge viser djupålen, oransje farge viser den kunstig anlagte terskelen, og rosa farge viser omtrentlig størrelse på gruntvannsområdet. Merk at kartet med de ulike fargene ikke viser nøyaktig utbredelse av de ulike områdene. Bakgrunnskart fra [15].

Det gamle elveleiet har vanndybder ned mot ca. 2 m på det dypeste, men stort sett ligger vanndybdene på rundt 0,5 – 1 m. Lavvannsterskelen er vist med oransje farge i figur 4-3. Sør for moloen ligger en djupål (grønn farge i figur 4-3) med vanndybder ned mot ca. 5 m. Djupålen er mest sannsynlig et resultat av erosjon fra Stjørdalselva etter bygging av moloen på 60-tallet.

I området mot Hellstranda, dagens E6 og Hellstranda friluftsområde, ligger et større gruntvannsområde (rosa farge i figur 4-3). Gruntvannsområdet er et resultat av

transport av finere partikler fra elva, kombinert med rolige strømforhold og dermed avsetting av materialet som kommer fra elva.



Figur 4-4: Vanndybder i området nord for flystripa. Bakgrunnskart er fra [15].

Figur 4-4 viser omtrentlige dybdeforhold i hele området. Like nord for flystripa ligger et kunstig skapt «basseng» som er om lag 7 – 9 m dypt. Dette er vist med mørkere blåfarge i figuren over.

4.3 Hydrauliske og hydrologiske forhold i området

Kapitlet beskriver dagens situasjon i området med tanke på strøm-, salinitet- og temperaturforhold. En detaljert beskrivelse kan tas fra hydraulisk fagrapport [14].

4.3.1 Strømforhold

Lokale strømforhold ved Hellstranda og dagens utløpsområde til Stjørdalselva er i stor grad påvirket av vannføring fra Stjørdalselva og tidevannsvariasjoner i Trondheimsfjorden. Ferskvann fra elva og saltvann fra fjorden, samt varierende vanntemperatur fører til at det oppstår tetthetsforskjeller som igjen medfører lagdeling i vannsøylen. Vannmasser som har høyere salinitet og lavere temperatur er generelt tyngre enn vannmasser med lavere salinitet og høyere temperatur. Oppsummert kan man si at de hydrodynamiske forholdene er svært variable i både tid og rom.

Gjentatte ganger om vinteren blir store deler av Hellstranda islagt med tykke isflak. Isen brytes med jevne mellomrom opp, med det resultat at store isklosser strander på strandområdene (se figur 4-5).

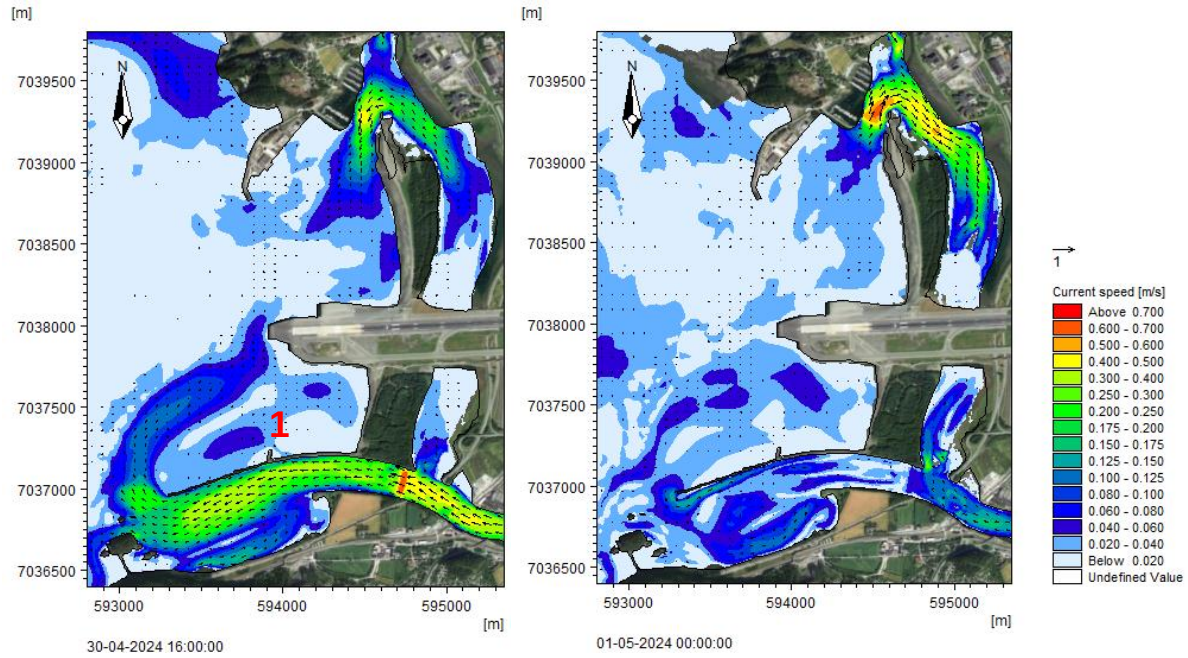


Figur 4-5: Isgang i utløpsområdet til Stjørdalselva, ytterst på tuppen ved Hellstranda friluftsområde, bilde tatt i februar 2023. Foto: Jan G. Davidsen, NTNU. Bildet til høyre er tatt fra området ved Hellstranda friluftsområde og viser Billedholmen og tunneler i bakgrunnen. Foto: Jan G. Davidsen, NTNU, februar 2021.

I tillegg forårsaker flomsituasjoner betydelig høyere strømhastigheter sammenlignet med de normale tidevannsdrevne forholdene, noe som ytterligere bidrar til den lokale dynamikken, og som også forventes å medføre en viss dynamikk i de lokale vanndybdene.

Området nord for moloen ved Hellstranda (markert med rød farge i figur 4-6) er i stor grad preget av marint vann fra Stjørdalsfjorden samt tilførsler av ferskvann fra Stjørdalselva. Lokale strømforhold i det gamle elveleiet nord for flystripa, Halsøen, er påvirket av tidevannsvariasjoner i Trondheimsfjorden, og til en viss grad, ferskvann fra Gråelva ved Stjørdal småbåthavn.

Kart i figur 4-6 viser simulerte strømforhold (gjennomsnitt i vannsøylen) ved to utvalgte tidspunkt, ved henholdsvis avtagende (til venstre) og stigende tidevann (til høyre).



Figur 4-6: Simuleringene viser lokale strømforhold (strømhastighet) i dagens situasjon. Avtagende tidevann til venstre og stigende tidevann til høyre. Vannføringen i begge scenariene tilsvarer en typisk sommerdag. Merk at strømhastigheten er et gjennomsnitt fra alle vanndybder. 1 indikerer området nord for moloen som beskrives i teksten. Bakgrunnskart: [2].

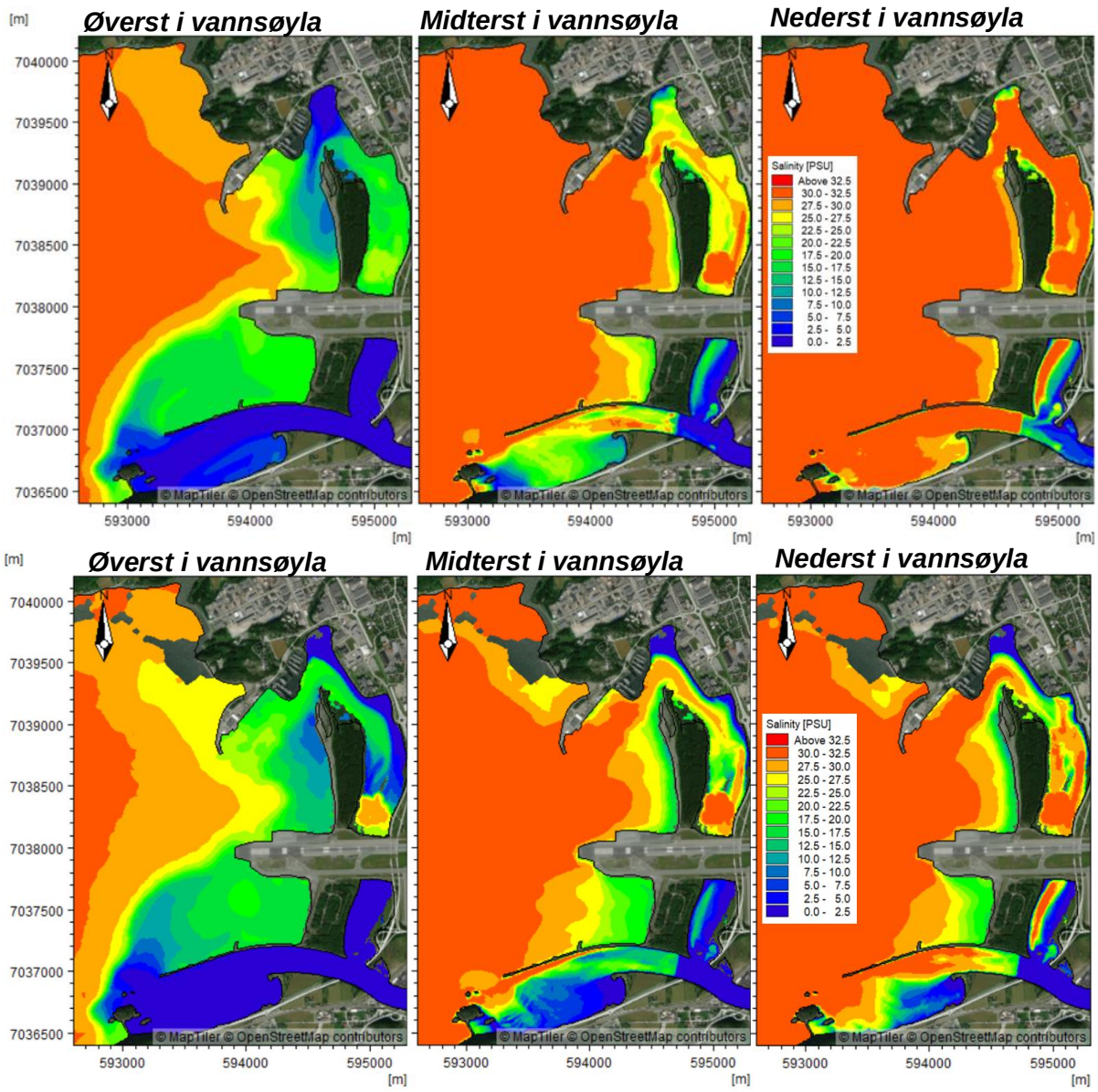
I områdene ved Hellstranda og i det gamle elveleiet mellom Sandfærhus og Langøra sør forventes det stor variasjon i strømhastighet, hastigheten vil variere i løpet av året, men også være forskjellig i de ulike områdene. Den høyeste strømhastigheten forekommer over lavvannsterskelen og i djupålen på sørsida av moloen, og styres av elvevannet. I det gamle elveløpet nord for flystripa, forekommer den høyeste strømhastigheten rett nord for Langøra nord og ved Stjørdal småbåthavn, og styres her hovedsakelig av tidevannet. Det er roligere strømforhold i Halsøen.

4.3.2 Salinitets- og temperaturforhold

Temperatur- og salinitet ved Hellstranda, og i mindre grad området nord for moloen, er avhengig av forhold i Trondheimsfjorden/Stjørdalsfjorden og i Stjørdalselva. I området nord for flystripa er det forhold i Trondheimsfjorden/Stjørdalsfjorden og i Gråelva ved Stjørdal småbåthavn som dominerer.

De hydrauliske resultatene som er brukt som grunnlag i rapporten, er beregnet for et scenario som er *representativ for en typisk sommerdag*. Ved et slikt scenario, er det i modellen forutsatt en salinitet i henholdsvis Trondheimsfjorden på 32 psu (tilsvarende marint vann) og i Stjørdalselva/Gråelva ved Stjørdal småbåthavn på 0 psu (tilsvarende ferskvann). Temperaturdifferansen mellom Trondheimsfjorden og Stjørdalselva er 6 °C, med en forutsatt temperatur i Trondheimsfjorden på 10 °C, og en temperatur i Stjørdalselva på 16 °C. Merk at det i modellen også er sett på flere varianter av temperaturforholdet mellom fjorden og elva, dette kan tas fra den hydrauliske fagrapporten [14].

De tre kartlagene øverst i figur 4-7 viser simulerte salinitetsforhold i tre ulike lag i vannsøyla ved avtagende tidevann. Det vil si at det har vært høy vannstand i Trondheimsfjorden og dermed marint vann ved Hellstranda (oransje og rød farge) som er i ferd med å trekke seg tilbake (det går mot fjære sjø, avtagende vannstand). De tre kartlagene nederst viser motsatt situasjon, her har området ved Hellstranda vært påvirket av elvevann (blå farge) i en lengre periode, da vannstanden i Trondheimsfjorden har vært lav.



Figur 4-7 Variasjon i salinitet ved avtagende (øverst) og stigende (nederst) tidevann. De tre kartlagene viser salinitet i den øverste (til venstre), midterste (i midten) og nederste (til høyre) delen av vannsøyla. Fra hydrologi fagrapport [14].

De simulerte salinitetsforholdene viser også at terskelen, som vist i figur 4-3, i stor grad hindrer marint vann i å komme lengre opp i Stjørdalselva. I den nederste delen av vannsøyla i djupålen sør for moloen observerer man stort sett kontinuerlig marint vann fra Trondheimsfjorden.

Når det gjelder temperaturforhold ved Hellstranda og i det gamle elveleiet sør for flystripa, observeres en viss lagdeling som ved salinitet, men mindre utpreget. Ved avtagende vannstand er temperaturen preget av temperaturforhold i Trondheimsfjorden (kaldere ved en vanlig sommerdag), mens det ved stigende vannstand er preget av temperatur fra Stjørdalselva (varmere ved en vanlig sommerdag). Dette indikerer at det kontinuerlig tilføres sjøvann til området ved flo. I perioder kan temperaturen fra Stjørdalselva være kaldere enn vannet som kommer fra Trondheimsfjorden. Dette kan forekomme både om vinteren og sommeren. Figurer som viser temperaturforhold, kan tas fra hydrologirapporten [14].

5 Kunnskapsgrunnlag økosystemer

Kapitlet beskriver dagens situasjon i området før utbygging av firefelts E6 ved Hellstranda med hensyn til:

- Naturtyper og rødlistede arter.
- Funksjonsområder til sjøørret og fugl.

Informasjon om naturtyper og rødlistede arter er hentet fra databaser som Vannmiljø, Naturbase, Vann-nett, samt rapporter og feltundersøkelser. Det er også gjort ulike feltundersøkelser knyttet til bløtbunnsområder. Informasjon om funksjonsområder til sjøørret og fugl er hentet fra offentlige rapporter, samt igjennom feltundersøkelser.

All informasjon fra undersøkelser i dette prosjektet er detaljert beskrevet i egne fagrapporter, informasjon brukt i denne silingsrapporten er en oppsummering av de viktigste resultatene.

5.1 Marin naturtype bløtbunnsområder i strandsonen

Det er i Miljødirektoratet sin database Naturbase [16] registrert flere forekomster av naturtypen *bløtbunnsområder i strandsonen* i området. Kapitlet er en oppsummering fra befaringer og undersøkelser, samt informasjon i databaser.

5.1.1 Bløtbunnsområder i strandsonen (sør for flystripa)

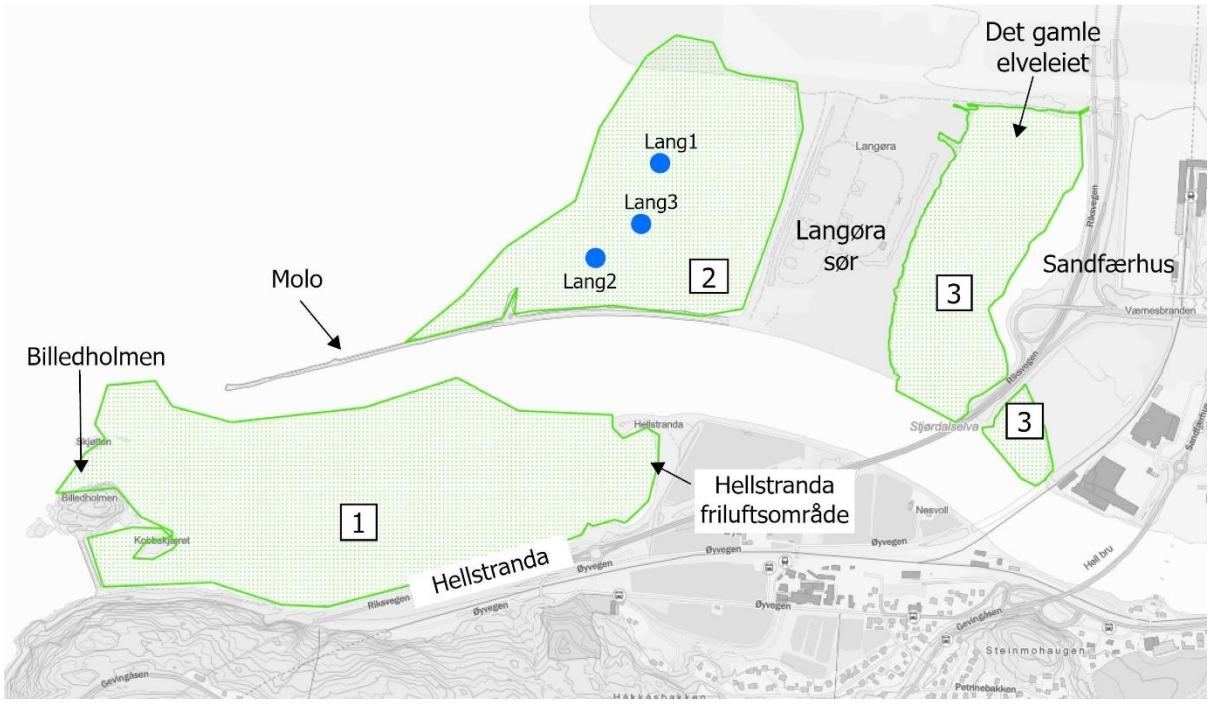
Bløtbunnsområdet ved Hellstranda (BM00120401) og nord for moloen (Vikanbukta-Sandførhus BM00120402) er registrert med verdi *viktig*, mens området i det gamle elveleiet (Vikanbukta-Sandfærhus BM00128480) er registrert med verdi *svært viktig*. Kart i figur 5-1 viser utbredelsen av bløtbunnsområdene.

5.1.1.1 Bunntype, kornfordeling i sediment og oksygenmetning i vannsøylen

Hele området ved både Hellstranda og det gamle elveleiet tilhører hovedtype M4, grunn marin sedimentbunn, og det er registrert 8 ulike grunntyper (dronekartlegging iht. NiN 2.0), [17]. Fordeling av de ulike grunntypene er i stor grad påvirket av eksisterende strømforhold.

Sedimentprøver tatt ut ved Hellstranda og i det gamle elveleiet [18, 19, 20, 21] viser at det er en relativ høy andel av sand (> 63 µm) og mindre av silt og leire ved Hellstranda, og en større andel av silt og leire i det gamle elveleiet. Kornfordeling er i stor grad påvirket av tidligere og nåværende strømforhold ved de ulike områdene. Kornfordelingsanalyser viser at sedimentet nord for moloen har stor andel av sand eller større fraksjoner, og silt- og leireandelen ligger under 10 %.
Sedimentprøver tatt ut ved Hellstranda og i det gamle elveleiet [18, 19, 20, 21] viser at det er en relativ høy andel av sand (> 63 µm) og mindre av silt og leire ved Hellstranda, og en større andel av silt og leire i det gamle elveleiet. Kornfordeling er i stor grad påvirket av tidligere og nåværende strømforhold ved de ulike områdene.

Kornfordelingsanalyser viser at sedimentet nord for moloen har stor andel av sand eller større, og silt- og leireandelen ligger under 10 %.



Figur 5-1: Kart som viser områdene som ligger sør for flystripa. Grønn farge viser registrerte bløtbunnsområder av viktig verdi (1 og 2), og svært viktig verdi (3). Blå punkter (Lang1 til Lang3) viser stasjoner der det ble gjennomført ulike målinger i november 2024. Informasjon om målingene er beskrevet i teksten. Kartutsnitt fra Naturbase [16].

Det er i databasen Vannmiljø [22] registrert flere O_2-målinger på ulike stasjoner ved Billedholmen, Hellstranda og i det gamle elveleiet, og ved ulike tidspunkt [23]. Verdiene tyder på gode oksygenforhold i vannsøylen. Det er ikke gjennomført en klassifisering av verdiene iht. veileder 02:2018 [23].

5.1.1.2 Befaringer

Hellstrandaområdet og området ved det gamle elveleiet er befart med hensyn til makroalger ved flere anledninger [12, 24]. Områdene framstår som veldig artsfattig med funn av en brunalge i slekten *Fucus*, tarmgrønske (*Ulva intestinalis*), samt trådformete brunalger og grønnalger både på steinfyllingene og langs friluftsområdet. Tarmgrønske er en indikasjon på ferskvannstilførsel, og sammen med trådformede grønn- og brunalger kan den være en indikator på økt tilførsel av næringssalter [12].

Figur 5-2 (øverst) viser bilder tatt ved Hellstranda ved en befaring gjennomført av fiskebiologer ved NTNU Vitenskapsmuseet i 2024. Bildet til venstre viser en typisk «leopardbunn». Karakteristisk for «leopardbunn» er at det er vekselsvis områder med stein, tang, annen vegetasjon og sand. Slike områder er viktige for sjøørret, da den her kan jakte på byttedyr slikt som krepsdyr, skalldyr, småfisk og børstemark som trives godt i slike områder med både næring og skjul. Når områdene i tillegg er grunne,

varmes vannmassene her raskere opp om sommeren, noe som gir bedre vekst for både sjøørret og dens byttedyr. Bildet til høyre viser tang og tarmgrønske under vann.

Langs gruntvannsområdet i øst i det gamle elveleiet ble det observert grønne trådalger, og partier av sjøgress (se nederst til venstre i figur 5-2), noe fiskeyngel og småflyndrer, med få organismer synlig på sjøbunnen (ikke vist i figur).

Droneundersøkelse i området nord for moloen viste at sedimentet var tilsynelatende homogent bestående av sandbunn, med noe spredt tare løst på bunnen og spredt forekomst av tomme strandskjell, samt spor fra fjæremark (se nederst til høyre i figur 5-2).



Figur 5-2: Øverst: Bilder fra Hellstranda (sommeren 2024) som viser typisk «leopardbunn» på det langgrunne området med tang (øverst til venstre) og tarmgrønske under vann (øverst til høyre). Foto: Jan G. Davidsen, NTNU Vitenskapsmuseet. Nederst: På østsida av det gamle elveleiet (nederst til venstre) og undervannsbilde med sandbunn fra området nord for moloen (nederst til høyre). Foto: Rambøll, 2022, 2024.

5.1.1.3 Kartlegging av byttedyr for sjøørret ved Hellstranda

Ved Hellstranda er det gjennomført registrering av bunndyr og fisk for å kartlegge mulige byttedyr for sjøørret på dagens bløtbunnsområde [25]. Resultatene viser at de mest tallrike bunndyrgruppene er snegler og rundormer, etterfulgt av fåbørstemark, amfipoder (som også inkluderer marflo) og isopoder. Blant disse er amfipodene og isopodene viktige næringsdyr for sjøørret. Rundormer og fåbørstemark lever mer nedgravd i sedimentet og er mindre tilgjengelig for fisk. Selv om det ikke var stort innslag av mangebørstemark i prøvene er det ved befaring observert spor etter dem, spesielt i indre del av Hellstranda mot Friluftsområdet. Periodevis vil disse om våren være viktig som fiskenæring i forbindelse med sverming, men de kommer også opp til overflaten utenom denne perioden for å beite.

Andre grupper som sandreker og pungreker, som ble funnet i lavere antall, er likevel viktige næringsdyr for fisk fordi de er store og lett tilgjengelige. Det ble målt biomasse på stasjoner ved ca. 2 m dyp og i en avstand på 30 – 40 m fra E6-traseen ved Hellstranda. Total biomasse varierte fra 1 300 til 12 100 mg per m^2 mellom de to stasjonene. Det var også stor forskjell i biomasse for enkelte bunndyrgrupper mellom stasjonene, noe som indikerer stor habitatvariasjon i området.

Av mulige byttedyrfisk ble det påvist 11 arter ved prøvefiske i november 2024, der trepigget stingsild og små individer av lyr var de mest tallrike. Merk at prøvefiske om sommeren nok vil gi et annet resultat med flere småfisk.

5.1.1.4 Kartlegging av torsk

Det er også merket torsk i området. Upubliserte resultater av merket torsk ved Hellstranda (Jan G. Davidsen, pers. kom. Februar 2025) viser at de aktivt brukte marbakken utenfor Billedholmen og selve elvekanalen, mens de i svært liten grad ble observert på Hellstranda og i det gamle elveleiet ved Langøra sør. Dette har stor sammenheng med salinitetsforhold ved Hellstranda og i det gamle elveleiet. Resultatene fra undersøkelsene understreker dermed viktigheten av at kompenserende tiltak ikke må legge til rette for en utvidelse av areal med dypere vannområder med marint vann på bunnen, da dette vil øke tilgjengelig område for torsk. Økt populasjon av torsk i elveosen vil øke beitepresset på spesielt smolt og yngre ørret.

5.1.2 Observasjon av ålegras ved Hellstranda

Ved Billedholmen i utløpsområdet til Stjørdalselva er det i forbindelse med dronebefaring registrert ei ålegraseng (se figur 5-3). I april 2025 ble enga forsøkt avgrenset med drone, men det påpekes at kartlegginga ble gjennomført utenfor vekstsesong og det er dermed knyttet usikkerheter til resultatene. Under dronebefaringa ble ålegrasenga observert som en fin og relativ tett eng, den bestod av noen store patcher med ålegras.

Ålegrasenger er artsrike og verdifulle økosystemer. De danner tredimensjonale levesteder som er svært viktig for mange organismer [26]. De fungerer blant annet som oppvekst- og næringsområde for en rekke fiskearter, inkludert torsk, lyr og sjøørret.

Fiskeyngel benytter ålegras som skjulested og større fisk, som sjøørret, oppsøker ålegras for å jakte. Ålegrasenger bidrar til stabilisering av bløtbunn og fungerer som karbonlagre, og leverer dermed økosystemtjenester knyttet til erosjonskontroll og reduksjon av klimagassutslipp. Tilbakegang og tap av ålegrasenger kan ha betydelige økologiske og økonomiske effekter [27].



Figur 5-3: Omtrentlig avgrensning av ålegraseng registrert med undervannsdrone i april 2025. Merk at dette er utenfor vekstsesong. Nederst til høyre viser et undervannsbilde av enga.

5.1.3 Bløtbunnsområder nord for flystripa

Bløtbunnsområdet (Vikanbukta-Sandførhus BM00120403) som ligger i det gamle elveleiet (Halsøen) og som strekker seg mot Gråelva ved Stjørdal småbåthavn og ned på den vestlige sida av Langøra nord (se figur 5-4), er registrert med verdi *svært viktig.*

5.1.3.1 Kornfordeling og Totalt organisk karbon (TOC) i bunnsubstratet

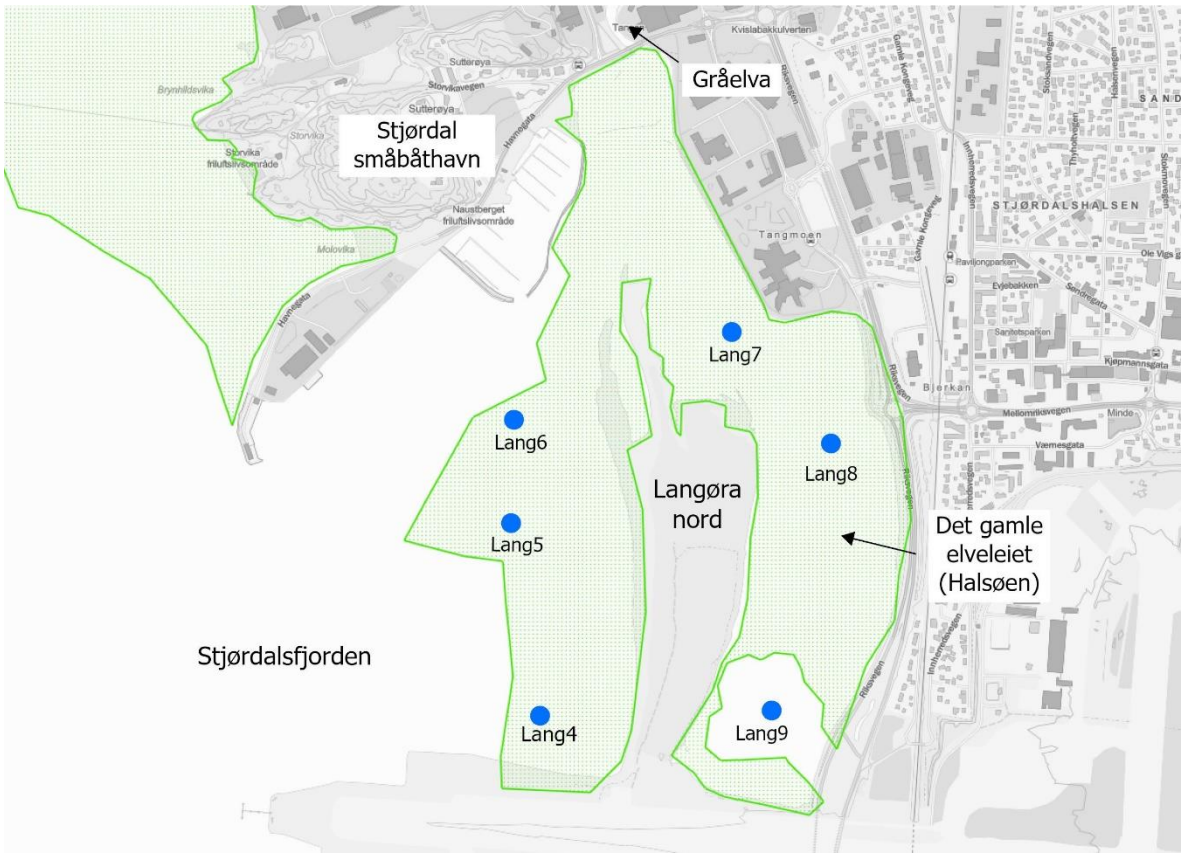
Sedimentprøver tatt ut ved 3 ulike stasjoner ved Halsøen, viser at det er en relativ høy andel av silt- og leirinnholdet (< 63 µm) på ca. 73 – 80 %. Leirinnholdet (< 2 µm) ligger på mellom 6 og 7,5 %. Kornfordeling er i stor grad påvirket av strømforhold. Stasjonsplasseringen er på en gradient fra innerst i Halsøen nærmest flystripa (Lang9), til ut mot utgangen av området, nærmere plassering av Equinor Stjørdal (Lang7) (se figur 5-4).

Totalt organisk karbon (TOC) tatt ved de samme stasjonene som kornfordelingsanalyser, viser TOC-verdier i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse god iht. veileder 02:2018 [23]. Ved prøvetaking om sommeren er det observert H_2S-lukt fra

grabbprøver, noe som indikerer anoksiske forhold ved sjøbunnen (pers. kom. Gaute Kjærstad, NTNU Vitenskapsmuseet).

5.1.3.2 Vannutskiftning mellom Halsøen og Stjørdalsfjorden

Vannets fysiske og kjemiske egenskaper i Halsøen påvirkes av både ferskvannstilførsel fra Gråelva ved Stjørdal småbåthavn og saltvann fra Stjørdalsfjorden. Området mot flystripa er avskåret fra andre vannmasser og derfor vil all vannutskiftning pågå fra nord. Vannutskiftning vil påvirkes av tidevannssyklusen, eventuelt flom i Gråelva ved Stjørdal småbåthavn, samt vær og vind.



Figur 5-4 Kart som viser områdene som ligger nord for flystripa. Grønn farge viser registrerte bløtbunnsområder av svært viktig verdi. Blå punkter (Lang4 til Lang9) viser stasjoner der det ble gjennomført ulike målinger i november 2024. Informasjon om målingene er beskrevet i teksten. Kartutsnitt: [16].

I november 2024 ble det gjennomført oksygen- og saltinnhold-målinger fra de tre sedimentstasjonene som beskrevet over og vist i figur 5-4 (*Lang7 – Lang9*).

Stasjon *Lang9* som ligger nærmest flystripa, viste en oksygenmetning på > 70 % ned til 6 m dyp, og i bunnvannet (6 – 7 m dyp) ble det registrert det verdier mellom 50 og 33 %. Stasjon *Lang8* og *Lang7* viste oksygenmetninger på > 65 %, tilsvarende *svært god* tilstand. Merk at dette er kun data fra én enkeltmåling per stasjon.

Saltinnholdet viste at bunnvannet i Halsøen er av marin karakter, og det øverste vannlaget er ferskvannspreget. Det antas at ved stasjon Lang9, som ligger i det kunstige «bassenget» vil ha dårligere utskiftning, siden marint vann er tyngre i forhold til vann

med lavere salinitet, og dermed vil det ligge «fanget» i dypet. Som ved målinger av oksygenmetning påpekes det her at det foreligger kun er én enkeltmåling per stasjon.

I databasen Vannmiljø [22] er det registrert målinger ifm. avrenning fra flyplassen, med fokus på ulike kjemikalier i sedimentet, som man forventer kan komme fra en flyplass og dens aktiviteter. Det er ikke registrert tidligere målinger av O_2-forhold eller næringssalter i vannsøylen i dette området i vannmiljø-databasen [22].

5.1.3.3 Strandsonebefaringer

Området lengst sør mot flystripa er relativt langgrunt, med observasjoner av tare og tarmgrønske (figur 5-5). Det ble ved en befaring av Rambøll i oktober 2024, observert sterk hydrogensulfidlukt og mulige bakteriekolonier av *Beggiatoa*-typen, som indikerer anoksiske forhold og kan tyde på dårlig vannutskiftning. Langs strandsonen på vestsida av Langøra nord, befart i oktober 2024, ble det observert luktfritt skum, grønn- og brunalger (*Ulva*- og *Fucus*-slekten) og skjellrester. Ved nordspissen dominerer sand og grus, med noe mudder.



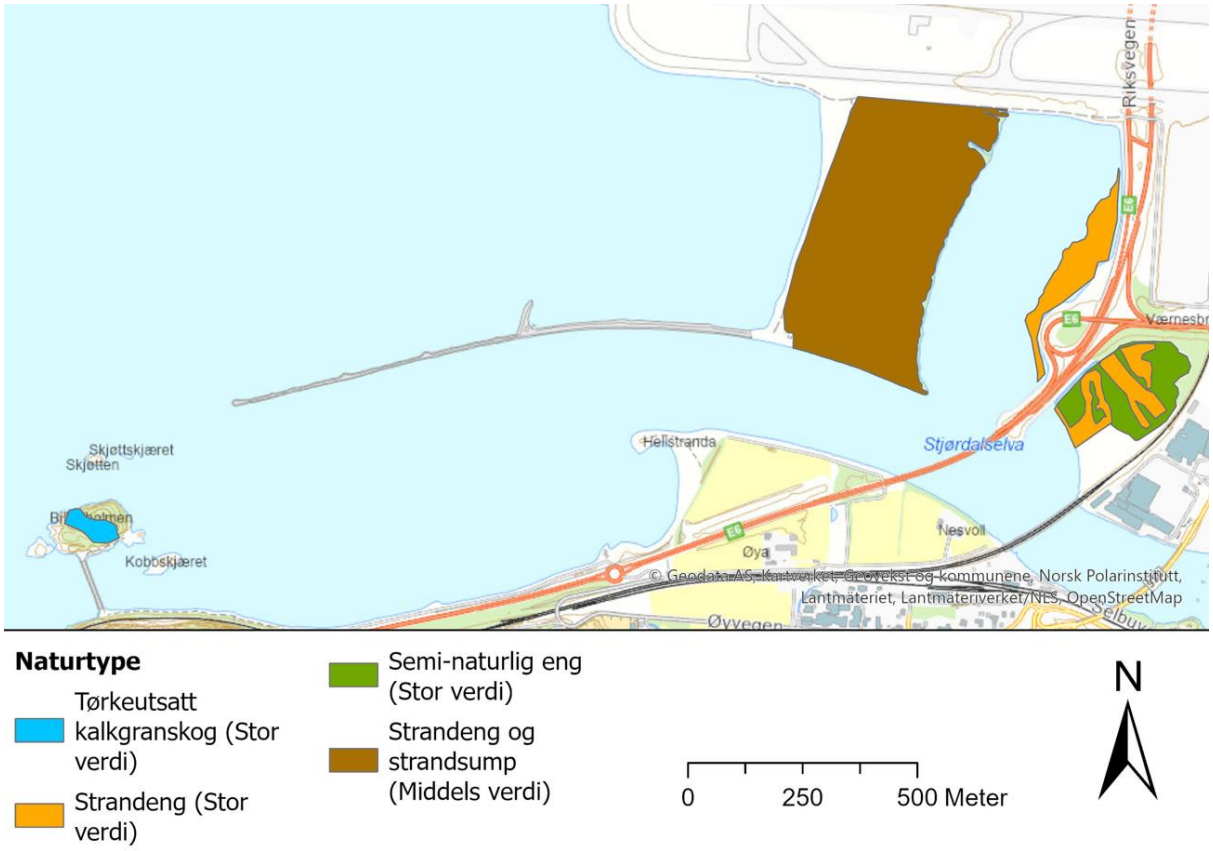
Figur 5-5: Oversiktsbilde tatt fra østsiden av området. Til venstre i bildet vises steinfylling med gjerde som sperrer av til flystripa. Langøra nord mot flystripa. Foto: Rambøll, 11. oktober 2024.

5.2 Terrestriske naturtyper

Det er i flere runder gjennomført naturtypekartlegginger av det terrestriske området, det vil si områder på land. Hele planområdet er naturtypekartlagt etter Miljødirektoratets kartleggingsinstruks, NiN-kartlegging [28], med unntak av Langøra sør som er kartlagt etter DN-håndbok 13 [16]. Vurdering av lokalitetskvalitet er en del av NiN-kartlegging [28], og er basert på lokalitetens tilstand og naturmangfold. Tilstand og naturmangfold er igjen basert på variabler som er spesifikke for hver naturtype, for eksempel størrelse på arealet, mengde habitatspesifikke eller rødlistede arter, fremmedsartsinnslag, og forskjellige typer av menneskelig påvirkning.

5.2.1 Sandfærhus, Langøra sør og Billedholmen

Figur 5-6 viser registrerte terrestriske naturtyper i området, samt verdisetting [8]. På Sandfærhus, både øst og vest for E6, er det *strandenger*, en sårbar (VU) naturtype på norsk rødliste for naturtyper [29]. Strandenger forekommer i fjærebeltet, gjerne på litt beskyttede strender, og består av eng-vegetasjon med gras og urter som tåler saltvannspåvirkning. De oversvømmes regelmessig av sjøvann, og er også ofte påvirket av ferskvanns-sig. Strandengene øst for E6 har moderat lokalitetskvalitet, mens strandengen vest for E6 har høy lokalitetskvalitet. Fordi strandeng er en sårbar naturtype, får den stor verdi uavhengig av lokalitetskvaliteten.



Figur 5-6: Kart som viser terrestriske naturtyper i området [16]. *Området sør for Stjørdalselva ble kartlagt i 2020 av Natur og Samfunn AS, et mindre areal langs E6 ved Bjerkan ble kartlagt i 2024 av COWI AS* [16]*, og Sandfærhus ble kartlagt av Rambøll i 2024* [30]. .

På Sandfærhus øst for E6 er det også *semi-naturlig eng*, en sårbar (VU) naturtype på norsk rødliste for arter [31]. Semi-naturlig eng er engpregede arealer som har blitt til gjennom langvarig hevd (beite eller slått) og vært brukt til jordbruk over lang tid. Området har stor verdi og moderat lokalitetskvalitet.

På Langøra sør er det registrert *strandeng og strandsump* med vurdert middels verdi, kartlagt etter DN-håndbok 13 i 2001, men denne kartleggingen er utdatert [32]. Arealet er ikke kartlagt på nytt etter NiN-systemet. Lokaliteten består i dag av skogsområder og små sumpområder. Naturtypen er viktig fordi vegetasjonen gjerne består av salttålende kravfulle arter med begrenset forekomst, samt at skogsområdene har viktig betydning som hekke- og rasteplass for flere fugler.

På Billedholmen er det en *tørkeutsatt kalkgranskog*, en sårbar (VU) naturtype på norsk rødliste for naturtyper [33]. Tørkeutsatt kalkgranskog er skogsområder dominert av gran i områder med kalkrik grunn. Naturtypen forekommer typisk enten langs tørre rygger, ofte med oppstikkende fjellflater og med mye mose og få kalk-krevende planter, eller i mindre forsenkninger i terrenget hvor det regelmessig siger vann gjennom, ofte frodig og med kalkkrevende planter. Naturtypen har et rikt artsmangfold av planter og insekter. Naturtypen på Billedholmen har stor verdi, men lav lokalitetskvalitet.

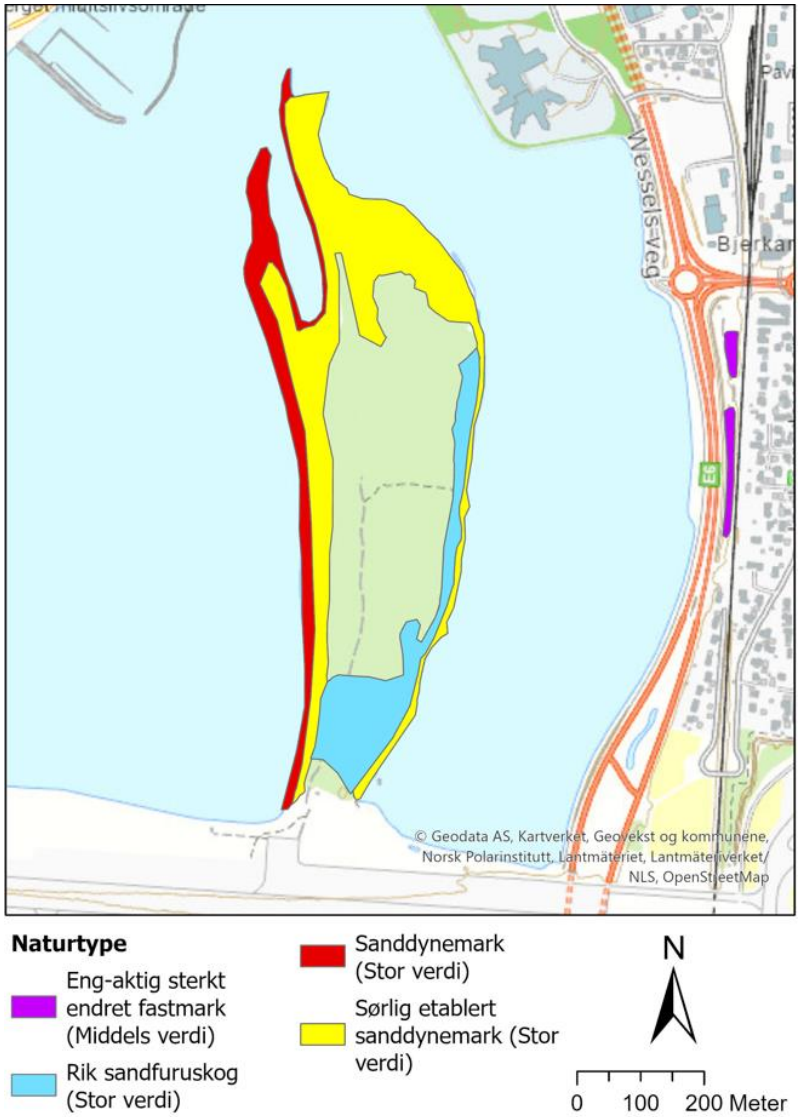
5.2.2 Langøra nord og E6 ved Stjørdal

På Langøra nord er det en *sanddynemark*, en sårbar (VU) naturtype på norsk rødliste for naturtyper (se figur 5-7) [34]. Sanddynemark er åpne områder dominert av sand i substratet, og inkluderer både sanddyner og sandstrender. Sanddynemark har en kontinuerlig tilførsel av ny sand med vind, og er i utgangspunktet knyttet til sterkt værutsatte kystarealer. Sanddynemark har ofte en variasjon mellom ustabilt dekke av sand og stabilt dekke med mindre sand, og dette gir også et artsmangfold av ulike planter og insekter som lever i de ulike delene av synddynemarken. Naturtypen på Langøra nord har høy lokalitetskvalitet og stor verdi.

I tillegg til *sanddynemark* er det også en *sørlig etablert sanddynemark* på Langøra Nord. Denne naturtypen er sterkt truet (EN) på norsk rødliste for naturtyper (se figur 5-7) [35]. Sørlig etablert sanddynemark er på stabile sanddyner med lav tilførsel av ny sand, ofte innerst i sanddyneområdene. De er ofte enten artsrike med urter og gras, eller lyngdominert. Naturtypen på Langøra nord har moderat lokalitetskvalitet og stor verdi.

Langøra nord har også en *rik sandfuruskog*, en nær truet naturtype på norsk rødliste for naturtyper [36]. Rik sandfuruskog er dominert av furu og har et veldig tynt lag med humus og derfor god kontakt med mineralstoffer i bakken. Dette gjør at kravfulle, spesialiserte, og gjerne sjeldne arter lever her, særlig ulike typer sopp. Naturtypen kan gjerne være dominert av lav eller mose, men noe lyng. Naturtypen på Langøra nord har høy lokalitetskvalitet og stor verdi.

Langs E6 ved Bjerkan/E6 ved Stjørdal er det to lokaliteter med *eng-aktig sterkt endret fastmark*, en naturtype med en viktig økosystemfunksjon (se figur 5-7) [37]. Eng-aktig sterkt endret fastmark er artsrike eng-lignende arealer som holdes i hevd gjennom beite eller kontinuerlig slått. Naturtypen kan følge av planering, utfylling eller liknende, finnes ofte i forbindelse med vegkanter, og er ikke et tradisjonelt kultur- og jordbrukslandskap. De har likevel en liknende artssammensetning og utseende som semi-naturlig enger, og kan fungere som erstatning av leveområde for arter som opprinnelig lever i tilknytning til semi-naturlig eng. Naturtypene langs E6 ved Bjerkan har lav lokalitetskvalitet og middels verdi.



Figur 5-7: Kart som viser naturtyper i området [16]. Området nord for flystripa ble kartlagt i 2023 av Biofokus, et mindre areal langs E6 ved Bjerkan ble kartlagt i 2024 av COWI AS [16].

5.3 Rødlistede arter

Tabell 5-1 og tabell 5-2 lister opp registrerte rødlistede arter i hhv. områdene sør og nord for flystripa [38]. Totalt er det registrert 41 forskjellige rødlistede fuglearter sør for flystripa, der det er gjort flest observasjoner av fiskemåke (VU), tjeld (NT) og hettemåke (CR). Områder det er gjort flest registeringer i artsobservasjoner ligger rundt det gamle elveleiet ved Sandfærhus/Langøra sør. Nord for flystripa er det registrert 52 forskjellige fuglearter, blant annet hettemåke, gråmåke (VU), og tjeld.

Det er i tillegg også observert flere rødlistede karplanter, pattedyr, insekter, sopp og fisk. Av karplanter er det gjort observasjoner av knerot (NT) og hjertegras (NT) i strandsonen. Av insekter er det flere observasjoner av stor elvebreddedderkopp (EN). Det er gjort enkeltobservasjoner av havert (VU).

Tabell 5-1: Tabell over hvilke rødlistede arter som er registrert i området som ligger sør for flystripa. Tabellen viser hvilken art og rødlistekategori [38]. Tabellen angir nylige (<20 år) funn av rødlistede arter.

Art	Vitenskapelig navn	Rødlista[1]	Art	Vitenskapelig navn	Rødlista[1]
Alke	*Alca torda*	VU	**Snadderand**	*Mareca strepera*	NT
Bergand	*Aythya marila*	EN	**Stjertand**	*Anas acuta*	VU
Brushane	*Calidris pugnax*	VU	**Storskarv**	*Phalacrocorax carbo*	NT
Fiskemåke	*Larus canus*	VU	**Storspove**	*Numenius arquata*	EN
Fiskeørn	*Pandion haliaetus*	VU	**Stær**	*Sturnus vulgaris*	NT
Granmeis	*Poecile montanus*	VU	**Svartand**	*Melanitta nigra*	VU
Grønnfink	*Chloris chloris*	VU	**Svartrødstjert**	*Phoenicurus ochruros*	EN
Gråmåke	*Larus argentatus*	VU	**Taigasædgås**	*Anser fabalis*	EN
Gråspurv	*Passer domesticus*	NT	**Taksvale**	*Delichon urbicum*	NT
Gulnebblom	*Gavia adamsii*	VU	**Teist**	*Cepphus grylle*	NT
Gulspurv	*Emberiza citrinella*	VU	**Tjeld**	*Haematopus ostralegus*	NT
Havelle	*Clangula hyemalis*	NT	**Tundrasædgås**	*Anser serrirostris*	VU
Heilo	*Pluvialis apricaria*	NT	**Tårnseiler**	*Apus apus*	NT
Hettemåke	*Chroicocephalus ridibundus*	CR	**Vipe**	*Vanellus vanellus*	CR
Horndykker	*Podiceps auritus*	VU	**Ærfugl**	*Somateria mollissima*	VU
Hønsehauk	*Accipiter gentilis*	VU	**Laks**	*Salmo salar*	NT
Konglebit	*Pinicola enucleator*	NT	**Havert**	*Halichoerus grypus*	VU
Kornkråke	*Corvus frugilegus*	VU	**Gåsefot**	*Asperugo procumbens*	NT
Lomvi	*Uria aalge*	CR	**Klåved**	*Myricaria germanica*	NT
Makrellterne	*Sterna hirundo*	EN	**Norsk timian**	*Thymus*	VU
Mellomskarv	*Sterna hirundo*	EN	**Rødsildre**	*Saxifraga oppositifolia*	NT
Rødstilk	*Tringa totanus*	NT	**Tindved**	*Hippophaë rhamnoides*	NT
Sandsvale	*Riparia riparia*	VU	**Trefingersildre**	*Saxifraga tridactylites*	EN
Sanglerke	*Alauda arvensis*	NT	**Vårmure**	*Potentilla tabernaemontani*	VU
Sjøorre	*Melanitta fusca*	VU	**Tindvedkjuke**	*Phellinus hippophaecola*	VU
Småspove	*Numenius phaeopus*	NT	**Sommerfugl**	*Gelechia hippophaella*	EN

[1] Rødliste 2021: NT=Nær truet, VU=Truet, EN= Sterkt Truet og CR= Kritisk truet.

Tabell 5-2: Oversikt over hvilke rødlistede arter som er registrert nord for flystripa. Tabellen viser hvilken art og rødlistekategori [38]. Tabellen angir nylige (<20 år) funn av rødlistede arter. Tabellen fortsetter på neste side.

Art	Vitenskapelig navn	Rødlista[1]	Art	Vitenskapelige navn	Rødlista[1]
Alke	*Alca torda*	VU	**Sanglerke**	*Alauda arvensis*	NT
Bergand	*Aythya marila*	EN	**Sjøorre**	*Melanitta fusca*	VU
Brushane	*Calidris pugnax*	VU	**Skjeand**	*Spatula clypeata*	VU
Dvergdykker	*Tachybaptus ruficollis*	EN	**Småspove**	*Numenius phaeopus*	NT
Dverglo	*Charadrius dubius*	VU	**Snadderand**	*Mareca strepera*	NT
Dvergmåke	*Hydrocoloeus minutus*	VU	**Sothøne**	*Fulica atra*	VU
Fiskemåke	*Larus canus*	VU	**Steinvender**	*Arenaria interpres*	NT
Fiskeørn	*Pandion haliaetus*	VU	**Stjertand**	*Anas acuta*	VU
Fjellmyrløper	*Calidris falcinellus*	NT	**Storskarv**	*Phalacrocorax carbo*	NT
Gjøk	*Cuculus canorus*	NT	**Storspove**	*Numenius arquata*	EN

Art	Vitenskapelig navn	Rødlista [1]	Art	Vitenskapelige navn	Rødlista [1]
Granmeis	*Poecile montanus*	VU	**Stær**	*Sturnus vulgaris*	NT
Grønnfink	*Chloris chloris*	VU	**Svartand**	*Melanitta nigra*	VU
Gråmåke	*Larus argentatus*	VU	**Svarthalespove**	*Limosa limosa*	CR
Gråspurv	*Passer domesticus*	NT	**Svømmesnipe**	*Phalaropus lobatus*	NT
Gulspurv	*Emberiza citrinella*	VU	**Taigasædgås**	*Anser fabalis*	EN
Havelle	*Clangula hyemalis*	NT	**Taksvale**	*Delichon urbicum*	NT
Heilo	*Pluvialis apricaria*	NT	**Teist**	*Cepphus grylle*	NT
Hettemåke	*Chroicocephalus ridibundus*	CR	**Tjeld**	*Haematopus ostralegus*	NT
Horndykker	*Podiceps auritus*	VU	**Tundrasædgås**	*Anser serrirostris*	VU
Hønsehauk	*Accipiter gentilis*	VU	**Tyrkerdue**	*Streptopelia decaocto*	NT
Knekkand	*Spatula querquedula*	EN	**Tyvjo**	*Stercorarius parasiticus*	VU
Kornkråke	*Corvus frugilegus*	VU	**Tårnseiler**	*Apus apus*	NT
Lappfiskand	*Mergellus albellus*	VU	**Vipe**	*Vanellus vanellus*	CR
Lomvi	*Uria aalge*	CR	**Ærfugl**	*Somateria mollissima*	VU
Makrellterne	*Sterna hirundo*	EN	**Knerot**	*Goodyera repens*	NT
Mellomskarv	*Sterna hirundo*	EN	**Hjertegras**	*Briza media*	NT
Rødstilk	*Tringa totanus*	NT	**Stor elvebreddedderkopp**	*Arctosa cinerea*	EN
Sandsvale	*Riparia riparia*	VU	**Havert**	*Halichoerus grypus*	VU

[1] Rødliste 2021: NT=Nær truet, VU=Truet, EN= Sterkt Truet og CR= Kritisk truet.

5.4 Funksjonsområder til sjøørret og laks

Sjøørret (*Salmo trutta*) og atlantisk laks (*Salmo salar*) er anadrome laksefisk som vandrer mellom gyte- og oppvekstområder i ferskvann og næringsområder i sjøen. I motsetning til laksen som gjennomfører store deler av næringsvandringen sin til havs, oppholder sjøørreten seg i fjorder og ved kysten etter utvandring fra ferskvann [4].

Elveoser med brakkvannskvalitet er for sjøørret og laks viktige overgangssoner mellom ferskvann og marint vann. Om den enkelte fisk, tross smoltifiseringsprosessen i elva, enda ikke er fysiologisk klar til det endrede forhold mellom henholdsvis salt i blodet og i vannmassene, kan den oppholde seg her inntil osmoseregulering (sjøvannstilpassinga) er klar for miljøskiftet.

Generelt oppholder laksen seg kort tid i elveosen (timer/dager) på vandringa fra elva til havet, mens den i noen elveoser kan bruke lengre tid når den er på veg tilbake til elva. Annerledes er det med sjøørreten som, i motsetning til laksen, ikke vandrer til storhavet. Sjøørreten oppholder seg i stedet i elveosen, i fjordene eller relativt nære land mens den er i sjøen for å beite. Elveoser, dvs. overgangssoner mellom ferskvann og sjøvann er spesielt viktige beitehabitat for sjøørret, samtidig sjøørreten i slike brakkvannsområder ikke trenger å bruke så mye energi på å regulere den fysiologiske saltbalansen (osmoseregulering). Den kan derfor spare mye energi ved å oppholde seg

her over lengre perioder. Sistnevnte er viktig for spesielt mindre sjøørret ved lave vanntemperaturer om vinteren og tidlig på våren.

Sjøørret trives generelt ikke i sjøvann om vinteren når vannet er kaldt samtidig som saltholdigheten nærmer seg nivåene for marint vann (> 25 psu). Overgangssonen med brakkvann er derfor, i tillegg til å fungere som beiteområde, også et viktig overvintringsområde for sjøørret. Mange kystnære områder er under press fra menneskelig aktivitet, og dette medfører at denne arten i langt større grad enn laksen blir påvirket av menneskelig aktivitet under sjøoppholdet.

Sjøørreten sin områdebruk i utløpet til Stjørdalselva har også blitt kartlagt i forbindelse med planlagt utvidelse av flyplass. Merkestudier av både smolt og veteraner er gjort i området ved Hellstranda og det gamle elveleiet [4, 39] samt Gråelva ved Hegra [40, 41].

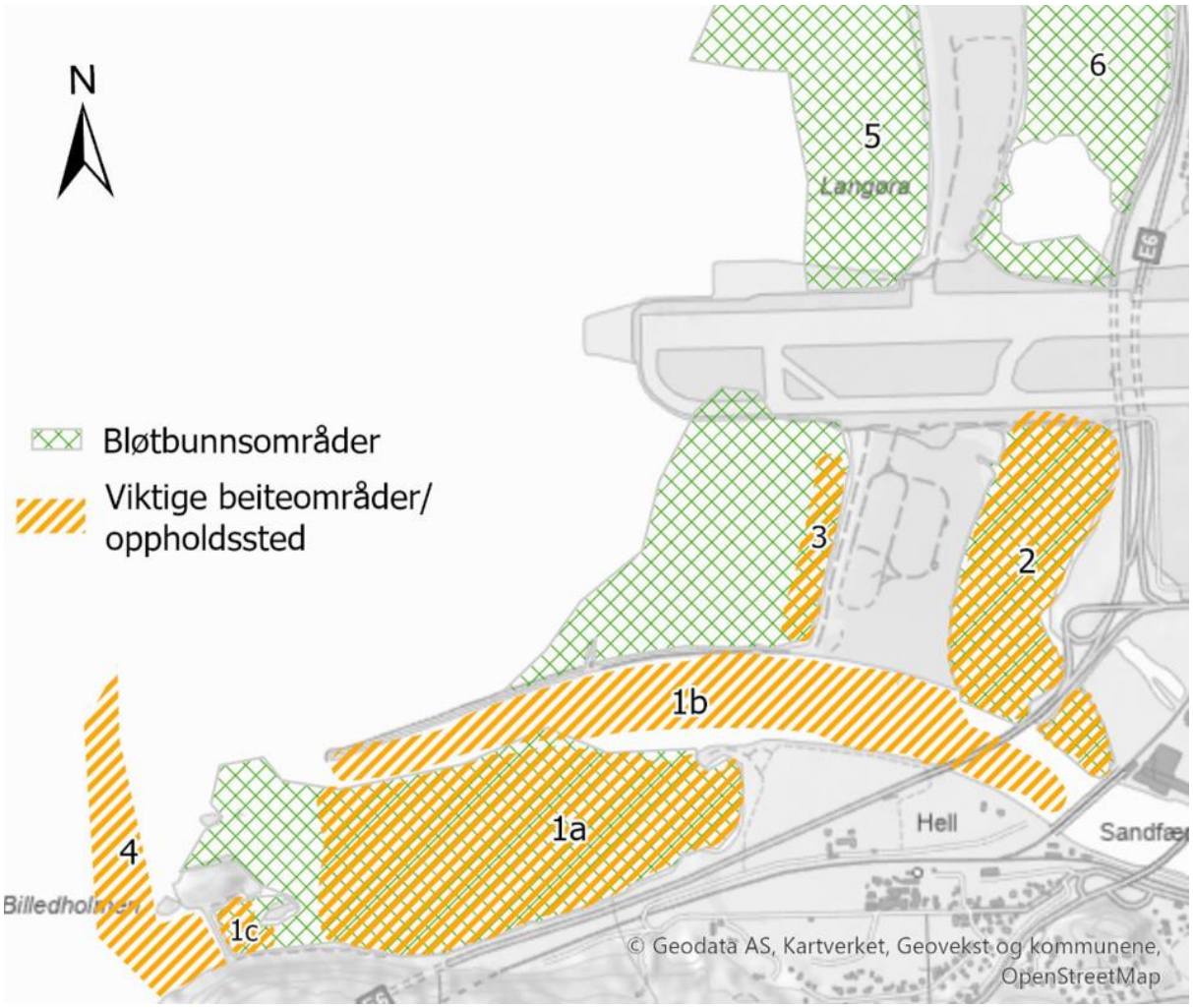
5.4.1 Undersøkelser av habitatbruken til sjøørret i planområdet

Figur 5-8 oppsummerer habitatbruken til sjøørret i planområdet. Oppsummert viser merkestudien fra april 2016 til februar 2017 [40] og studien fra august 2020 til september 2021 [4] at området ved Langøra sør (område 2) har funksjon som viktig beite- og overvintringsområde. Hellstrandaområdet (område 1a) er et svært viktig beiteområde for sjøørretveteraner og smolt [4]. Området nord for flystripa har funksjon som beiteområde, men i mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda og det gamle elveleiet sør for flystripa (ikke vist i kart). Dette henger i stor grad sammen med de sistnevnte områder sin nærhet til utløpsområdet til Stjørdalselva og at de har brakkvannskvalitet. Smolt i studien fra 2016 – 2017 ble merket i Gråelva ved Hegra, mens smolt i studien fra 2020 – 2021 ble merket i både Gråelva ved Hegra og i selve Stjørdalselva. Områdene utenfor elveosen og flystripa, det vil si Stjørdalsfjorden, er også beiteområder for laksefisk, men at studiene som er gjennomført samt kartet vist i figur 5-8 kun fokuserer på de grunne områdene rundt flyplassen.

Ved Hellstranda, område 1a, ble sjøørret observert hele året, men vår og sommer framstår som de viktigste periodene. De fleste sjøørretveteraner, dvs. sjøørret som har vært minst én sesong i sjøen før de ble merket, oppholdt seg i området fra slutten av april til slutten av september. Mot høsten dro en del av individene opp i elva, antageligvis for å gyte. Andre individer, antageligvis umodne, ble igjen ved Hellstranda. Flest ørretsmolt (førstegangsvandrere) ble registrert i mai måned. Registrerte ørretsmolt oppholdt seg ved Hellstranda helt fra de ankom elveosen i april, til merkene sluttet å virke i august/september. Oppsummert har område 1a en viktig funksjon som *beiteområde for både veteraner og smolt*.

Område 1b, sør for moloen, har primært funksjon som oppholdssted for veteraner og smolt, men området brukes også for beiting. Det ble registrert flest individer om våren og sommeren. Sjøørreten oppholder seg fortrinnsvis i brakkvannslaget i djupålen. Den går dypere vår og sommer sammenlignet med resten av året, antageligvis på grunn av økt temperatur og/eller bedre beitemuligheter. Torsk kan også oppholde seg i dette området, men er da i det dypeste, marine laget, hvor den trives best.

Området nær Billedholmen, område 1c, har funksjon som beiteområde for smolt og veteraner, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda. Dette kan ha sammenheng med at området er mye dypere, mer marint og ikke oppnår samme temperaturer som de mer grunne områdene ved Hellstranda.



Figur 5-8: Kart som viser ulike funksjonsområder til sjøørret (oransje farge) sør for flystripa. Grønn skravur viser utbredelse av naturtypen bløtbunnsområder i strandsonen [16]. Beskrivelse for de ulike funksjonsområdene er gitt i teksten. Informasjon er hentet fra [41, 4]. Sjøørreten bruker også områder utenfor de oransje markerte områdene, men disse er de viktigste beiteområdene i nærhet til elveosen. Kartgrunnlag fra OpenStreetMap.

Det gamle elveleiet øst for Langøra sør, område 2, har funksjon som viktig beite- og overvintringsområde for veteraner og beiteområde for smolt om våren og sommeren. Her er det rolige vannmasser og et stabilt brakkvannslag som ligger over et relativt tynt marint vannlag nærmest bunnen. Området er skjermet for bølgeeksponering fra fjorden, og bunnfryser ikke om vinteren.

Område 3, nord for moloen og på vestsida av Langøra sør, har funksjon som beiteområde for smolt og veteraner, da særlig om våren og sommeren. Området framstår som noe mindre viktig sammenlignet med området ved Hellstranda. Området er svært bølgeeksponert og mangler skjul for småfisk og andre mulige byttedyr for sjøørreten. Grunnet direkte eksponering mot fjorden vil vanntemperaturen om

sommeren ikke bli like varm som ved de mindre eksponerte områdene ved Hellstranda og i det gamle elveleiet. Sjøørreten bruker også fjordområdet vestover, men den detaljerte bruken er ikke dokumentert i undersøkelsen.

Område 4, på utsida av Billedholmen, fungerer som et beiteområde for både smolt og veteraner, da særlig om våren og sommeren. Området er marint og eksponert for bølger fra fjorden, men med en del tang og annen begroing som skaper viktige leveområder for ulike marine arter. En kan anta at sjøørreten i all hovedsak beiter på marine småfisk og krepsdyr i dette området.

Område 5, vest for Langøra nord, fungerer som beiteområde for sjøørret, men i mye mindre grad enn ved Hellstranda. Her ble enkelte veteraner i merkeundersøkelsen i 2016 – 2017 [40] registrert om våren og sommeren. Tilsvarende område 3 er området svært bølgeeksponert og marint. Om sommeren velger sjøørreten antakeligvis andre marine områder med større næringstilbud, mens området ikke er attraktivt om vinteren, da den da foretrekker områder med brakkvann.

Område 6, ved Halsøen, nord for flystripa, benyttes som beiteområde, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda. Vannmassene er rolige, og det er et brakkvannslag som ligger over det marine vannlaget langs bunnen. Det er uklart hvorfor sjøørreten fra Stjørdalselva kun i liten grad benytter området for beiting vår og sommer, men det kan antas at den prioriterer andre mer produktive områder i stedet. Om vinteren bruker den ikke området, da den først må ut i åpent marint vann nord for flyplassen for å komme seg dit fra Stjørdalselva, noe som ikke er fordelaktig grunnet vanskeligheter med saltbalansen i kroppen ved lave temperaturer. Området kan være viktig for sjøørret ved Gråelva som har utløp nær Stjørdal småbåthavn, men dette er ikke undersøkt.

Undersøkelsene av områdebruken til sjøørretsmolt i elveosen ved Stjørdalselva i både 2016 [40] og 2020 [4], viste at de bruker området aktivt, men noe mindre enn sjøørretveteranene. En årsak til dette kan være beitepresset fra torsken som står i djupålen sør for moloen.

5.4.2 Optimale temperatur- og salinitetsforhold for sjøørret

Saltholdighet omkring fiskens egen salinitet (9 – 11 psu) er gunstig for sjøørreten da den ikke trenger å bruke energi på osmoregulering. Den klarer fint å leve i salinitet fra 0 til 35 psu, men når saliniteten øker over 11 psu, er den avhengig av økt temperatur i vannet for å kunne regulere osmobalansen. Det betyr at sjøørret ikke trives når det nærmer seg fullt sjøvann (> 25 psu) om vinteren når det er kaldt i vannet.

Metabolismen, og dermed veksthastighet, er temperaturavhengig. Dager med temperaturer mellom 3,5 °C og 17,0 °C er definert som vekstsesongen for sjøørret [4]. I elveoser med varierende temperatur i vannsøylen, vil sjøørreten utnytte dette ved å beite i vannmasser egnet for dette, og så hvile og fordøye maten i andre vannlag med mer fordelaktig temperatur. Dette er spesielt fordelaktig om vinteren, hvor temperaturen i ferskvannslaget kan være nærmere 0 °C, mens brakkvannet er 2 – 4 °C.

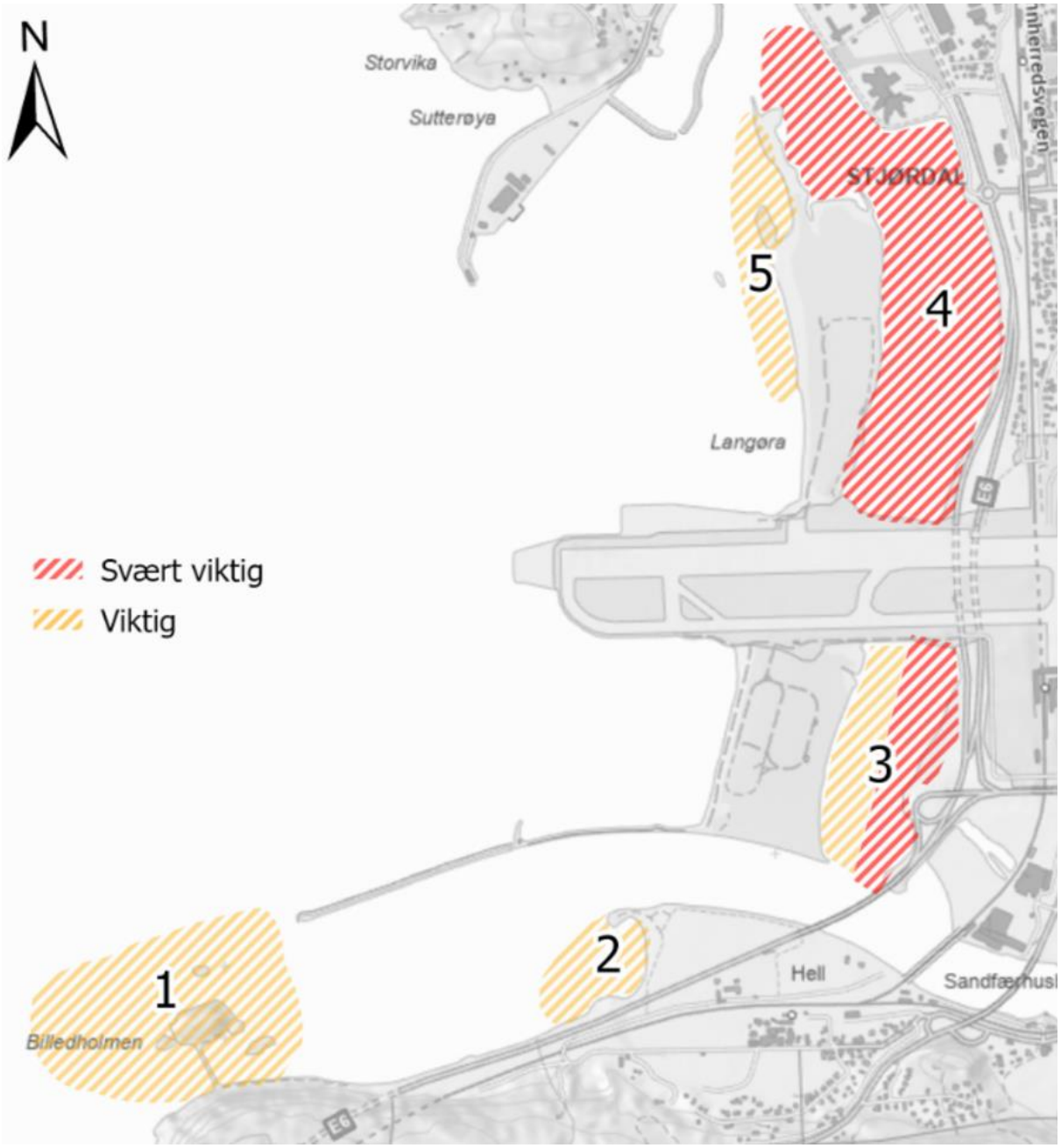
5.5 Funksjonsområder fugl

Brakkvannsdeltaer og grunne sjøområder med mudderbanker er svært produktive og rike økosystemer som utgjør viktige rasteområder for hekkende, trekkende og overvintrende arter av vann- og våtmarksfugl. Stjørdalsfjorden er én av til sammen 80 norske IBA-er (Important Bird Areas). Stjørdals- og Trondheimsfjorden er viktige områder for fugl, blant annet for trekkfugler på veg til og fra hekkeplassene sine lengre nord.

God næringstilgang om høsten er viktig for at fuglene kan bygge opp reserver for å møte vinteren og kanskje videre trekk mot sør, og om våren har næringstilgangen stor betydning for hekkeresultatet. Det er en del utveksling av fugler mellom Hellstranda og de andre fugleområdene i Stjørdalsfjorden som for eksempel Vikan fuglefredningsområde og påvirkninger på habitatet i Hellstranda, uavhengig av når i sesongen og på året, vil derfor ha en effekt på fuglebestanden i et større område [1]. Permanent tap av egnet areal vil redusere bæreevnen til fuglebestanden i hele området.

Det er gjennomført flere fugletellinger og utredninger i forbindelse med ulike utbyggingsplaner knyttet til Trondheim lufthavn Værnes [42, 43, 44, 45] og i forbindelse med utbygging av ny E6 [46]. Kart i figur 5-9 oppsummerer resultatene fra de ulike undersøkelsene.

Hellstranda (fra nr. 2 i figur 5-9 og området vestover mot Billedholmen, nr. 1) er delvis et viktig område for fugler, spesielt under vår- og høsttrekket og til dels for overvintrende arter. Dette området er mindre viktig for næringssøk sammenlignet med de andre utredede områdene som vist i figur 5-9 [1], men det blir brukt jevnlig, inkludert av rødlistede fugler. Område nr. 1 og nr. 2 i figur 5-9 er kategorisert som viktig fordi nr. 2 er et næringsrikt område hvor fjæreområdene blir brukt til næringssøk, og Billedholmen (nr. 1 i figur 5-9) og Hellstranda Friområde (øst for nr. 2 i figur 5-9) er funksjonsområder brukt til hekking. Hellstranda fungerer som raste- og beiteområde for flere rødlistede fuglearter, samt som hekkeområde for andefugler og rødlistede vade-, og måkefugler. Blant de rødlistede artene som er observert, er det flere som oppholder seg i området gjennom hele året. Området nord for moloen er et mindre viktig næringssøksområde med færre observasjoner under feltundersøkelser sammenlignet med resten av områdene i figur 5-9 (pers. kom. Magne Husby, Nord Universitet).



Figur 5-9: Kart som viser funksjonsområder til fugl. Område 1 og øst for område 2 (Hellstranda friområde) har funksjon som hekkeområde og område 1 – 5 har funksjons som næringssøk. Rød farge viser svært viktige og oransje farge viser viktige områder. Informasjon om de ulike funksjonene er gitt i teksten [38, 42, 43, 44, 45, 46, 47]. De resterende områdene som ikke er markert med viktig eller svært viktig verdi kan ha likevel ha betydning som funksjonsområder for fugler. Kartgrunnlag fra OpenStreetMap.

Området ved det gamle elveleiet, Sandfærhus (nr. 3 i figur 5-9), er svært viktig for fugl, både som overvintringsplass når det er isfritt, beiteområde og trekklokalitet [45, 46]. Området er spesielt viktig for vadere som søker næring i mudderfjære. Hekkeplasser ligger hovedsakelig på østsida av E6 ved Sandfærhus [45]. Her er det blant annet registrert hekkende rødlistede vade-, måke- og alkefugler i Artskart [38].

Halsøen (nr. 4 i figur 5-9) er en av de klassiske fuglelokalitetene i Stjørdal kommune, og området er godt undersøkt ornitologisk. Halsøen er vurdert som et svært viktig område

for fugl, både som raste-, overvinterings- og trekklokalitet [43, 48, 46]. Området er et viktig våtmarksområde regionalt, og de vanligste fuglegruppene her er gjess, ender, vadere og måker [44]. I Artskart er flere rødlistede arter registrert hekkende i dette området [38].
|
Fjæra på vestsida av Langøra nord (nr. 5 i figur 5-9) og sjøen like utenfor er til dels fuglerike områder [42]. Store deler av området inngår i et større funksjonsområde for flere næringssøkende ender og vadefugler. I Naturbase er det tatt ut viktige rasteområder for kortnebbgås og grågås [49]. Flere arter er også registrert hekkende på Langøra nord, samt beitende i tilknytning til sanddynemarka langs strandkanten.

Området vest for Langøra sør (Ikke angitt i figur 5-9) brukes av få fugler, men noen få arter er registrert hekkende ved bukta vest på Langøra sør, og enkelte arter er innom området på næringssøk [42, 47].

5.6 Oppsummering

Tabell 5-3 oppsummerer hvert område.

Tabell 5-3: Oppsummering av de ulike områdene.

Område	Vannmasser (salinitet, temperatur og strømforhold)	Beskrivelse av bløtbunn	Funksjonsområder for sjøørret	Funksjonsområder for fugl	Naturtyper	Rødlistede arter
Hellstranda	Salinitet og temperatur varierer i løpet av dagen, måneden og året. Gruntvannsområdet har ofte brakkvannskvalitet. Varmt vann fra Stjørdalselva kommer inn på sommeren, området varmes fort opp.	Området er langgrunt med tarmgrønske og tang, fjæremark mm. Sandbunn med innslag av både silt og leire. Variabelt sediment.	Svært viktig beiteområde for smolt og veteraner.	Raste- og beiteområde, trekklokalitet for rødlistede andefugler, hekkeområde for vade-, måke- og alkefugler.	Naturtype bløtbunn i strandsonen med verdi *viktig*.	Trefingersildre (EN), vårmure (VU), tindvedkjuke (VU), tindved (NT), rødsildre (NT), havert (VU), laks (NT). I tillegg en rekke fugler.
Det gamle elveleiet (sør for flystripa)	Stabilt brakkvannslag over marine lag, beskyttet for bølgeeksponering.	Området er preget av tarmgrønske og tang. Sandbunn med noe mer innslag av silt og leire sammenlignet	Svært viktig beiteområde for smolt og veteraner, overvintringsområde for veteraner.	Overvintringsplass, beiteområde og trekklokalitet for vade-, måke- og alkefugler.	Naturtype bløtbunn i strandsonen med verdi *svært viktig*. Naturtypene strandeng og semi-naturlig eng ved E6, begge sårbar (VU) på norsk rødliste for naturtyper.	Nordflaggermus (VU), sommerfuglen *Gelechia hippophaella* (EN), klåved (NT) og smalsøte (EN), samt svært store, velutviklede busker med tindved (NT).

Område	Vannmasser (salinitet, temperatur og strømforhold)	Beskrivelse av bløtbunn	Funksjonsområder for sjøørret	Funksjonsområder for fugl	Naturtyper	Rødlistede arter
		med Hellstranda.				Svært mange fuglearter.
Nord for moloen	Salinitet og temperatur er i stor grad preget av marint vann fra Stjørdalsfjorden.	Sandbunn med lite innslag av silt og leire.	Beiteområde for smolt og veteraner, men mindre viktig sammenlignet med Hellstranda og det gamle elveleiet.	Beiteområde for noen arter vannfugler.	Naturtype bløtbunn i strandsonen med verdi *viktig*.	Havert (VU). En rekke fuglearter, blant annet lomvi (CR), hettemåke (CR), bergand (EN), svartand (VU), sjøorre (VU), ærfugl (VU).
Billedholmen	Salinitet og temperatur som ved Hellstranda. Svært gode oksygenforhold.	Ålegraseng registrert.	Sjøområdet rundt Billedholmen har funksjon som beiteområde for smolt og veteraner, særlig om våren og sommeren.	Marint område med tang, eksponert for bølger. Hekkeplass for blant annet rødlistede arter, spesielt Skjøtten.	Naturtype bløtbunn i strandsonen med verdi *viktig*. Tørkeutsatt kalkgranskog (VU).	Rødsildre (NT), trefingersildre (EN), norsk timian (VU), vårmure (VU) og gåsefot (EN). Svært mange fuglearter.
Djupålen sør for moloen	Salinitet og temperatur varierer i løpet av dagen, måneden og året. Det dypeste vannlaget er stort sett marint. Området har vanndybder opp mot ca. 5 m. Renna	Noe grovere sediment sammenlignet med området ved Hellstranda.	Viktig oppholdsområde og beiteområde for sjøørretsmolt og -veteraner.	Området har noe verdi som beiteområde.	Naturtype bløtbunn i strandsonen med verdi *viktig*.	Laks (NT).

Område	Vannmasser (salinitet, temperatur og strømforhold)	Beskrivelse av bløtbunn	Funksjonsområder for sjøørret	Funksjonsområder for fugl	Naturtyper	Rødlistede arter
	er mest sannsynlig et resultat av erosjon og er den primære kanalen til Stjørdalselva i utløpsområdet.					
Halsøen	Økologisk tilstand i vannforekomsten er vurdert som moderat. O_2-målinger viser oksygenforhold tilsvarende moderat til svært god tilstand. Bunnvannet er marint, og overflatevannet består av brakkvann.	Området er relativt langgrunt, med unntak av et dypere område der det tidligere har blitt mudret. Forekomst av tarmgrønske og brunalger. Det er ikke tatt sedimentprøver.	Beiteområde for sjøørret, primært veteraner. Benyttes i mye mindre grad enn området ved Hellstranda.	Svært viktig beiteområde, raste- og trekklokalitet, samt overvintringsområde for fugl.	Naturtype bløtbunn i strandsonen med verdi svært *viktig*. Naturtypen eng-aktig sterkt endret fastmark ved E6, som har en viktig økosystemfunksjon.	Nordflaggermus (VU) og dvergsivaks (VU) langs E6. Svært mange fuglearter.
Langøra sør	Ikke aktuelt.	- -	Ikke aktuelt.	Beite- og overvintringsområde for vadere, gjess og ender. Hekkeområde for rødlistede vadere.	Naturtypen strandeng og strandsump som har *middels verdi*.	Tindved (NT) og en rekke fuglearter.

Område	Vannmasser (salinitet, temperatur og strømforhold)	Beskrivelse av bløtbunn	Funksjonsområder for sjøørret	Funksjonsområder for fugl	Naturtyper	Rødlistede arter
				Mange hekkende spurvefugler.		
Langøra nord	Ikke aktuelt	- -	Fungerer som beiteområde for sjøørret om våren og sommeren. I mye mindre grad enn ved Hellstranda.	Ingen viktig funksjon for fugl. Mulig hekkeområde for noen arter av fugl og beiteområde i tilknytning til sanddynemark.	Sanddynemark (VU), rik sandfuruskog (NT) og sørlig etablert sanddynemark (EN).	Knerot (NT), strandøstersurt (NT), tindved (NT), havert (VU) og billen *Augyles intermedius* (NT). Svært mange fuglearter, og i tillegg lever en av Norges største bestander av stor elvebreddedderkopp (EN) her.

6 Silingsprosess og -kriterier

Prosjektet skal kompensere for tapt bløtbunnsareal som bortfaller på grunn av vegutbygging. Bløtbunnsområdet i dag ligger i Stjørdalselva sin elveos, har brakkvannskarakter, og har verdi som beiteområde for sjøørret, både voksenfisk og smolt (se også kapittel 5.4.1).

Det finnes ikke en egen utviklet metodikk for vurdering av hvilke kompensasjonstiltak som er egnet for denne typen kompensasjon i en elveos. Hvert prosjekt vil ha egne behov, og kriteriene må derfor tilpasses området – og målsetningen med prosjektet.

For å kunne vurdere om forslåtte tiltak som beskrevet i kapittel 3.2 kan kompensere for tapt bløtbunnsareal på Hellstranda, har det derfor vært nødvendig å lage kriterier som er egnet til å vurdere om tiltaket kan fungere som kompensasjonsområde for tapt beiteområde for sjøørret. Vurdering av de ulike kompensasjonstiltakene i løpet av silingsprosessen har vært et samarbeid mellom Nye Veier, spesialister hos Rambøll og fiskebiologeksperter fra NTNU Vitenskapsmuseet, samt fagspesialister hos Statsforvalteren i Trøndelag, Trøndelag fylkeskommune, NVE og Avinor. Se også kapittel 2.5 for en beskrivelse av samarbeidet.

Kapittelet oppsummerer silingsprosessen og utdyper silingskriteriene utviklet for dette prosjektet.

6.1 Silingsprosessen

Silingsprosessen er basert på følgende arbeidsmetodikk:

1. Beskrive tapt bløtbunnsareal og tilhørende brakkvannsområde, med hensyn til sjøørretens behov.
2. Beregne arealbeslag hvor det fylles ut i sjø grunnet utbygging av E6 til firefelts kjørefelt med turveg.
3. Utarbeide forslag til områder som kan kompensere/restaurere for tapt habitat ved Hellstranda.
4. Utarbeide silingskriterier for å vurdere om området er egnet som kompensasjonstiltak sett opp mot økologiske behov, samfunnsøkonomi, samfunnssikkerhet og prosessrisiko.
5. Utsiling av kompensasjonstiltak som åpenbart ikke oppnår ønsket resultat.
6. Vurdering av gjenstående alternativ opp mot silingskriteriene.
7. Oppsummering av vurderingene med en anbefaling av alternativ som har best måloppnåelse av silingskriteriene.

6.1.1 Beskrivelse av tapt bløtbunnsareal

For å kunne finne et område som er egnet som kompensasjonsområde, er det nødvendig å ha god nok kunnskap om området og funksjonen til området hvor naturinngrepet finner sted. Kapittel 5.1 beskriver området ved Hellstranda der bløtbunn vil gå tapt i forbindelse med vegtiltaket.

6.1.2 Beregne arealbeslag

For å kunne beregne arealbeslaget i sjø ved utbygging av ny veg og turveg, er det nødvendig å fastlegge grensa mellom dagens utfylling og bløtbunnsareal. Bløtbunnen som befinner seg ved Hellstranda er en miks av ulike kornfraksjoner, som for eksempel sand, silt og leire, i tillegg til grus og stein. Kornfordelinga vil også variere. Siden det er kun to typer bunn å forholde seg til, bløtbunn og plastring («hardbunn»), er det naturlig å sette grensa mellom dem der bunntypene dekker ca. 50 % hver av bunnen. Dekker bløtbunn mer enn 50 % av bunnen, klassifiseres den som bløtbunn og vice versa for «hardbunn». Det er utarbeidet et eget notat som beskriver framgangsmetodikken samt resultater mer detaljert [50].

Det er flere forhold som bestemmer arealbehovet i sjø. Selve vegen har krav om hvordan geometrien må utformes for å bli en sikker veg med god framkommelighet. I tillegg er det krav til støyskjerming og vern for flom og bølger. Turvegen mellom Hellstranda og Billedholmen skal også opprettholdes. Eksisterende turveg er etablert på en steinfylling i sjøen. Et utsnitt som viser planlagt utforming på Hellstranda ved ny tunnel, er vist i figur 6-1.



Figur 6-1: Utsnitt av O-tegning som viser tenkt utforming på Hellstranda ved ny tunnel som vil danne grunnlag for den nye reguleringsplanen.

6.1.3 Utarbeidelse av forslag til mulige kompensasjonsområder

Det er en lengre historikk bak ulike kompensasjons- og/eller restaureringsideer i området knyttet til Stjørdalselva. Stjørdalselva og bløtbunnsområdene har over mange år vært under press grunnet utbygging av for eksempel industriområder, veganlegg, jernbane og flyplass, se også kapittel 4. I løpet av de siste 10 – 20 årene har temaet kompensasjon og/eller restaurering vært aktuelt i flere prosjekter med ulike aktører [40, 41, 1, 4]. Det har blitt foreslått flere ulike muligheter for kompensasjon og/eller restaurering.

I 2018 overtok Nye Veier ansvaret for utbygging av ny E6 mellom Helltunnelen og Værneskrysset. I 2020 ble det i regi av Nye Veier laget en rapport som hadde som formål å beskrive ulike forslag til kompensasjonsområder knyttet til tap av bløtbunnsområdet ved Hellstranda. Denne rapporten inneholder også en sammenstilling av tidligere forslag. I 2023 bestemte Nye Veier sammen med Stjørdal kommune at det skulle lages en ny reguleringsplan for området som omfatter veg fra Hellstrandatunnelen til og med Øyenkulverten.

I silingsrapporten er det sett på tidligere forslag til kompensasjonsområder, samt utarbeidet ytterligere nye forslag.

6.1.4 Definisjon av aktuelle silingskriterier

Det vil være nødvendig å teste robustheten og gjennomførbarheten til de ulike kompensasjonsområdene ved å vurdere de opp mot ulike silingskriterier.

I prosessen med å definere silingskriterier er det i første omgang sett på kriterier fra et biologisk og økologisk perspektiv. Dette fordi kompensasjonsområdet som skal erstatte det som går tapt må ha tilsvarende funksjon/areal som det tapte. Bløtbunnsområdet ved Hellstranda har i dag en viktig funksjon som beiteområde for sjøørret. Dersom man erstatter det tapte området med et område med en annen funksjon, for eksempel gyteområde i ferskvann, løser man ikke det grunnleggende problemet med tapt tilgang på et viktig næringsområde.

Det er også sett på silingskriterier som samfunnsøkonomi, samfunnssikkerhet og prosessrisiko. Et slikt tiltak kan få høye kostnader, og det er derfor viktig at kostnaden ved å gjennomføre tiltaket ses opp mot effekten tiltaket har. Det er også viktig at tiltaket ikke fører til redusert samfunnssikkerhet, for eksempel risiko for flom eller flytrafikk. Videre så er det ut fra et samfunnsperspektiv, ønskelig å fullføre ny E6 mellom Ranheim og Værnes så raskt som mulig. For eksempel kan tiltak som medfører megling mellom ulike sektormyndigheter ta lang tid å finne en løsning på. Dette kan igjen medføre forsinkelser i utbyggingen.

En mer detaljert beskrivelse av alle silingskriterier og måloppnåelsen av de ulike kriteriene er gitt i kapittel 6.2.

6.1.5 Silingsprosess og vurdering av gjenstående alternativer

Alle forslag til kompensasjonsområder er vurdert opp mot de ulike silingskriteriene som er definert i kapittel 6.2. Kompensasjonsområder blir først vurdert opp mot kriteriene sett ut ifra et biologisk og økologisk perspektiv (omtales som steg 1 av silingsprosessen) og så opp mot «ikke-naturfaglige» silingskriterier (omtales som steg 2 av silingsprosessen).

Dersom et kompensasjonstiltak har åpenbart dårlig måloppnåelse av enten kriteriene i steg 1 eller 2, blir det silt ut i en tidlig fase (kapittel 7).

Kompensasjonstiltak som ikke blir silt ut i tidlig fase blir, etter vurdering opp mot silingskriteriene (kapittel 8), sammenlignet med hverandre for å komme frem til hvilket av kompensasjonsområdene som oppnår best måloppnåelse (kapittel 9).

Gjenstående alternativ(er) blir utredet videre i reguleringsprosessen og skal konsekvensutredes sammen med vegtiltaket i forslag til ny reguleringsplan. Dette er ikke en del av rapporten, men ivaretas av de ulike KU- og fagrapportene.

6.2 Silingskriterier

Silingskriterier brukt i denne rapporten er listet opp i tabell 6-1. En beskrivelse av hva som legges til grunn i de ulike kriteriene samt hvordan de er tenkt målt, er gitt i delkapitler under tabellen.

Med bakgrunn i prosjektets sitt mål om å erstatte tapt areal med tilsvarende areal og økologisk funksjon, er de utslagsgivende silingskriteriene i steg 1 av silingsprosessen vurdert til å være:

- Direkte tilknytning/nærhet til utløpet av Stjørdalselva.
- Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret.
- Størrelsen på kompensasjonsområdets areal.
- Påvirkning på nærliggende habitat for sjøørret og fugl.
- Påvirkning på naturtyper og/eller rødlistede arter.
- Tid det tar før et nytt kompensasjonsområde er i drift.

Silingskriterier som foreslås i steg 1 av silingsprosessen er utarbeidet og tilpasset området ved Hellstranda, dagens utløpsområde til Stjørdalselva, samt den indre delen av Stjørdalsfjorden.

Silingskriterier i steg 2, som omhandler «ikke-naturfaglige» silingskriterier er følgende:

- Samfunnssikkerhet (blant annet flom og konflikt for flytrafikk).
- Samfunnsøkonomi (miljømessig nytte sett opp mot samfunnskostnader).

- Prosessrisiko for at det vil ta lang tid eller bli umulig å få en samlet aksept for at kompensasjonstiltaket kan gjennomføres.

I bløtbunnsområdet ved Hellstranda er det også andre organismer som lever, ikke bare sjøørret. Siden sjøørreten er i kraftig tilbakegang både nasjonalt og i Trøndelag [51], og har en høy sosial-kulturell verdi [52], tillegges denne arten spesielt verdi i vurderinga. Videre vil det være slikt at om det legges til rette for å ivareta sjøørretens behov i elveosen, så vil dette også ha en positiv effekt på andre aktuelle arter i området og for økosystemet som helhet. Silingskriteriene er derfor spesielt vektlagt ut ifra om det kompenserende tiltaket tilgodeser kravene til sjøørretens beiteområde i dynamiske elveoser, slik som i det området som bygges ned.

Tabell 6-1: Vurderingskriterier benyttet i silingsprosessen. De seks øverste kriteriene omtales som steg 1, og de tre nederste kriteriene omtales som steg 2 i silingsprosessen.

	Silingskriterier	Beskrivelse
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet	Kompensasjonsområdet må ha umiddelbar nærhet til utløpet av Stjørdalselva.
	Økologisk funksjon for sjøørret	Kompensasjonsområdet må ha tilsvarende eller lik økologisk funksjon som det området som går tapt.
	Kompensasjonsområdets areal	Kompensasjonsområdet må ha tilsvarende areal som tapt område.
	Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl	Kompensasjonsområdet må ikke medføre negative endringer/bortfall i funksjonsområder for sjøørret og fugl i området.
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Kompensasjonsområdet må ikke medføre negative endringer for naturtyper og rødlistede arter i området.
	Anleggstid	Kompensasjonsområdet må kunne bygges/etableres innen en periode på < 5 år.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	Nytte sett opp imot kostnader for å anlegge kompensasjonstiltaket. Med nytte menes her nytten for organismene vi etablerer et nytt område for (miljøbetraktning).
	Samfunnssikkerhet	Unngå å etablere et bløtbunnsområde som vil føre til økt konflikt mellom flytrafikk og fugler (*birdstrike*), økt fare for skader i forbindelse med flom og/eller endre forholdene til andre sikkerhetsfaktorer på en negativ måte.
	Prosessrisiko	Prosessen fram til enighet ifm. kompensasjon må ikke forsinke fremdriften vesentlig eller umuliggjøre bygging av 4-felts veg mellom Helltunnelen til Værneskrysset.

Kriterier som inngår i steg 1 av silinga måles opp mot to kategorier – dårligere eller tilfredsstillende/lik. Dersom det er knyttet stor usikkerhet til vurderingene, er dette markert med grå farge. Fargeskala er vist i Tabell 6-2.

Tabell 6-2: Skala som anvendes for vurdering av silingskriterier i steg 1.

Ikke tilfredsstillende	Usikker effekt	Tilfredsstillende

Det er ikke lagt inn mulighet for å oppnå «bedre» kategori. Dette er fordi rapporten har som hensikt å finne et område som er egnet for å kompensere for tapt bløtbunnsområde med funksjon som beiteområde for sjøørret. Rapporten skal vurdere måloppnåelsen på silingskriteriene. Det trenger derimot ikke å bety at kompensasjonsområdet, på andre områder som for eksempel kantvegetasjon og utforming av tiltak med mere, ikke kan bli bedre. Forbedrende tiltak som for eksempel kantvegetasjon, utforming av tiltak, blir ikke beskrevet i rapporten, men eventuelt i KU-rapportene.

En beskrivelse av hvordan man vurderer måloppnåelse av silingskriteriene er beskrevet i de kommende delkapitlene 6.2.1 til 6.2.6.

Kriterier som inngår i steg 2 av silingsprosessen måles opp mot en gitt skala som presenteres i de enkelte delkapitlene 6.2.7 til 6.2.9.

6.2.1 Direkte tilknytning/nærhet til Stjørdalselva

Et område som har som hensikt å kompensere for tapt beiteareal i brakkvannsområdet i Stjørdalselva sitt elveos, er nødt til å ligge i umiddelbar nærhet til utløpsområdet. Dette fordi sjøørreten må kunne vandre fritt og uhindret mellom elva og brakkvannsområdet, uten å måtte passere marint vann.

I motsetning til den atlantiske laksen, blir mange sjøørreter værende i elveosen store deler av året for å beite. Dersom beiteområdet reduseres, vil også mengden tilgjengelig mat reduseres, og dermed vil konkurransen om den tilgjengelige maten øke.

En viktig kvalitet ved dagens bløtbunnsområde ved Hellstranda er at det er et dynamisk brakkvannsområde som påvirkes av ferskvann fra Stjørdalselva og tidevannstyrt marint vann fra Trondheimsfjorden. Slike miljøer kan bare skapes i overgangen mellom elv og fjord/sjø. For sjøørreten er det viktig med et brakkvannsområde, da dette gir dem en fysiologisk fordel, spesielt ved lavere temperaturer, da de ikke må bruke så mye energi på sjøvannstilpassing. Er det et marint lag under brakkvannet, kan den i tillegg dykke ned og beite på marine byttedyr for deretter å fordøye byttedyrene ved opphold i brakkvannslaget.

Umiddelbar nærhet til Stjørdalselva er spesielt viktig for yngre sjøørreter som aktivt bruker brakkvannsområdet i elveosen som beiteområde uten å måtte ut i fullt marint vann først for å komme seg dit. Yngre sjøørreter har større overflate i forhold til volum og derfor i større grad må regulere saltbalansen i blodet mot det omgivende sjøvann.

Med yngre sjøørreter menes de som vandret ut som smolt året før, det vil si fisk som er blitt 25 – 35 cm lange.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonsområdet oppnår brakkvannskvalitet og at brakkvannsområdet ligger i umiddelbar nærhet til utløpsområdet til Stjørdalselva.

6.2.2 Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret

Det nye kompensasjonsområdet må ha tilsvarende eller lik økologisk funksjon som det tapte bløtbunnsområdet. Det betyr at kompensasjonsområdet må kunne fungere som beiteområde for sjøørret. I tillegg til at det må ha umiddelbar nærhet til Stjørdalselva, er følgende kvaliteter viktige for at bløtbunnsområdet skal kunne fungere som beiteområde:

1) Dynamiske vannmasser med brakkvann.
2) Tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten (i vekstsesongen).
3) God vanngjennomstrømning med tilførsel av oksygenrikt vann.
4) Grunne områder som tørrlegges ved fjære sjø.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonsområdet oppnår de fire punktene som beskrevet over. For å kunne vurdere om kompensasjonsområdet har potensial til å kunne erstatte tapt bløtbunn, er det gjennomført hydrauliske simuleringer for framtidig situasjon. Det er sett på strømforhold, salinitet, temperatur og vannføring i det nye kompensasjonsområdet. Hydrologisk fagrapport beskriver detaljert hvordan modellen er satt opp og hvilket mulighetsrom den har [14].

Det påpekes at det ikke er mulig å gjenskape området som går tapt ved Hellstranda med *akkurat* samme kvaliteter med hensyn til strømninger, salinitet, temperatur, bunnsubstrat, vanndybde, faunasammensetning og så videre. Årsaken er fordi erstatningsområdet må ligge i et annet område enn det området som går tapt, selv om det ikke er langt unna. Dermed vil det være noe andre forhold i det nye området, med tanke på de nevnte parameterne. Det tilstrebes at kompensasjonsområdet får habitatkvaliteter som oppfyller visse kvaliteter, som de fire nevnte punktene over, slik at erstatningsarealet får funksjon som beiteareal for sjøørret.

Tabell 6-3 oppsummerer parametere det måles på. En beskrivelse av måloppnåelsen er gitt under tabellen.

Tabell 6-3: Måling av silingskriteriet «økologisk funksjon for sjøørret». De ulike verdiene tas fra den hydrauliske modellen og måles opp mot dagens situasjon. Dagens situasjon er simulert og validert mot data fra området.

	Krav til nytt område	Parameter i modellen	Beskrivelse	Ikke tilfredsstillende	Tilfreds-stillende
1	Dynamiske vannmasser med brakkvann	Strømforhold og salinitet	Vannmassene i området må ha brakkvannskvalitet og styres av tidevann og tilførsel av elvevann.	Kontinuerlig marint vann (> 25 psu) eller rent ferskvann (< 5 psu).	Dynamiske vannmasser med brakkvann styrt av tidevann og vannføring i Stjørdalselva.
2	Tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten (i vekstsesongen)	Strømforhold, salinitet og temperatur.	Det må tilføres varmt elvevann om sommeren og høsten.	Manglende tilførsel av elvevann.	Tilførsel av elvevann.
3	God vanngjennom-strømning med tilførsel av oksygenrikt vann	Strømforhold og salinitet	Det må tilføres oksygenrikt vann for å unngå stagnerende vannmasser og anoksiske forhold.	Manglende utveksling av marint og ferskvann.	Utveksling av marint og ferskvann.
4	Grunne områder som tørrlegges ved fjære sjø	Strømforhold	Sjøørreten trenger grunne områder da den beiter på en del dyr som lever her og da slike områder oppnår varmere temperaturer om sommeren og høsten. Dette øker veksthastigheten hos sjøørreten.	Områder med mer enn 0-50 cm vann på fjære sjø, slik at det ikke tørrlegges.	Områder med 0 – 50 cm vanndybde på fjære sjø*.

*området må tørrlegges ved fjære sjø. Absolutt tørrlegging er avhengig av månefase, det er derfor satt inn et spenn på 0 – 50 cm vanndybde.

Dynamiske vannmasser med brakkvann styrt av tidevann og vannføring i Stjørdalselva oppnås dersom ferskvann fra Stjørdalselva blir tilført området samtidig som området har marin påvirkning. Brakkvannshabitatet er også viktig for den særegne bunnfaunaen som finns her, da mange av artene er spesielt tilpasset det dynamiske brakkvannsmiljøet i elveosen. Bunnfaunaen fungerer som byttedyr for sjøørret. Måloppnåelse vurderes ut ifra strømretning og salinitet (tilførsel av marint og ferskvann) i løpet av en tidevannssyklus i modellen.

Tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten (mellom vårflommen og høststormen) er viktig for sjøørreten, da opphold i slike vannmasser er mindre

energikrevende og gir økt vekst. Sjøørreten vokser når det er 4 – 19 °C i vannet, med en optimal temperatur på rundt 16 °C. I vekstsesongen vil vannet i grunne brakkvannsområder varmes raskt opp av sola, samtidig som jevn tilførsel av varmt elvevann sommer og høst bidrar til økt temperatur. Måloppnåelse vurderes ut ifra strømretning og salinitet/temperatur (tilførsel av marint og ferskvann). Modellen vil ikke gi nøyaktig forventede temperaturer, siden vanntemperaturen er avhengig av andre forhold i tillegg til temperaturen i Stjørdalselva og Stjørdalsfjorden, slik det er tatt høyde for i modellen. I rapporten er det sett på en situasjon som viser en typisk sommerdag.

God vanngjennomstrømning med tilførsel av oksygenrikt vann er viktig fordi man ønsker å unngå stagnerende vannmasser med anoksiske forhold. Dersom det kontinuerlig tilføres elvevann til området samtidig som vannmassene blandes med marint vann, vil det alltid være gode oksygenforhold i området. Måloppnåelse vurderes derfor ut ifra strømretning og salinitet.

Grunne områder som tørrlegges ved sjø er viktig fordi sjøørreten beiter på en del dyr som lever her, og slike områder oppnår varmere temperatur om sommeren og høsten. Dette øker veksthastigheten hos sjøørreten, hvilket igjen gir større reproduktivt potensiale og mindre risiko for å bli spist. Organismer og flora som lever i og på sjøbunnen er ofte knyttet til et visst substrat, med spesifikke fysiske kjennetegn, som for eksempel kornfordeling. Disse organismene fungerer ofte som byttedyr for sjøørret (og andre organismer), mens tang/tare vil ha en funksjon som for eksempel skjulested. Kornfordelingssammensetningen vil variere i både tid og rom, og styres av tilgjengelig material samt strømhastighet. Bunnsubstratet som ligger ved Hellstranda, består mest sannsynlig av materiale fra både Stjørdalselva og -fjorden, og er et resultat av sedimentasjon over lang tid. Overflateprøver tatt innerst ved Hellstranda der det planlegges utfylling, viser en relativ høy andel av sandfraksjoner, mens stasjoner nærmere djupålen har mer grovkornete fraksjoner som grus, i tillegg til sand. Dette er forventet grunnet strømhastigheter [25]. Strømhastigheter i djupålen vil være høyere enn de ved Hellstranda. Måloppnåelse vurderes ut ifra strømhastighet. Dersom strømhastigheten er høy, vil finere sedimenter mest sannsynlig bli vasket bort og avlagret andre steder der strømhastigheten er lavere.

6.2.3 Kompensasjonsområdets areal

Prosjektets mål er å erstatte minst like stort areal som tapt, men fokus skal være på den økologiske funksjonen, det vil si funksjonen som beiteområde for sjøørret.

Måloppnåelse vurderes som dårligere dersom det nye arealet med tilsvarende kvaliteter som beskrevet over er mindre enn det tapte arealet, tilfredsstillende dersom det er like stort eller større.

6.2.4 Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl

Nytt habitat må ikke medføre vesentlige negative konsekvenser på funksjonsområder til sjøørret eller fugl i området.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonsområdet vil påvirke funksjonsområder for sjøørret og fugl. Det gjøres her en vurdering av om kompensasjonsområdet vil medføre endringer i for eksempel temperatur, salinitet og strømforhold, som igjen kan påvirke ulike funksjonsområde for sjøørret og fugl.

6.2.5 Påvirkning på naturtyper og/eller rødlistede arter

Nytt habitat må ikke medføre vesentlige negative konsekvenser på naturtyper og/eller rødlistede arter i området.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonsområdet vil påvirke naturtyper og/eller rødlistede arter. Det gjøres her en vurdering av om kompensasjonsområde vil medføre endringer i for eksempel temperatur, salinitet og strømforhold, som igjen kan påvirke rødlistede arter i områdene.

6.2.6 Anleggstid

Det kompenserende tiltaket bør være etablert og oppfylle sin funksjon seinest fem år etter oppstart av utfylling i sjø i forbindelse med vegtiltaket og kompensasjonstiltak som beskrevet i ny reguleringsplan ved Hellstranda.

Det er valgt en tidsperiode på <5 år etter at eksisterende bløtbunnsareal bygges ned, fordi en sjøørretgenerasjon i Stjørdalselva er på ca. 5 år. Om beiteområder tilsvarende området som bygges ned over mange år blir utilgjengelig for sjøørret er det en reel risiko for en betydelig reduksjon av den allerede truede bestanden i Stjørdalselva.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra hvor lang tid det tar fra oppstart av utfylling i sjø ved Hellstranda, til kompensasjonstiltaket står ferdig, og det antas at den økologiske funksjonen blir gjenopprettet slikt det er tiltenkt. Med oppstart av utfylling i sjø menes her utfyllinga som er beskrevet i ny reguleringsplan, ikke den som ble etablert i oktober 2020 i forbindelse med tidligere anleggsarbeider i Helltunnelen.

6.2.7 Samfunnsøkonomi

Samfunnsøkonomi måles ved å vurdere nytte sett opp imot kostnader for å anlegge kompensasjonstiltaket. Med nytte menes her nytten for organismene vi etablerer et nytt område for (miljøbetraktning). Dette er oppsummert gjennom silingskritereiene i steg 1 av vurderingene.

Det er utført en samlet vurdering av nytten for organismene vi etablerer området basert på silingskriterier i steg 1. For at det skal være god nytte bør alle silingskriteriene i steg 1

være oppfylte. Det vil så at det er et mål å oppnå mest mulig positiv effekt for de biologiske- og økologiske silingskriteriene fra steg 1. Hvis kompensasjonstiltaket ikke oppnår flere av disse, så vil effekten av kompensasjonstiltaket være for usikker til å kunne forsvare at samfunnet investerer i dette.

Investeringskostnadene som er beregnet er grove anslag med stor usikkerhet, da det er få tilsvarende prosjekter som er gjennomført med god tilgjengelig dokumentasjon. Det er benyttet erfaringstall fra lignende prosjekter rådgiver (Rambøll/Henning Larsen) har gjennomført for å estimere kostnadene ved de ulike tiltakene.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra at investeringskostnaden for kompensasjonstiltaket skal være så lav som mulig og samtidig oppnå mest mulig positiv effekt for de biologiske- og økologiske silingskriteriene fra steg 1. Tabell 6-4 viser virkningsgraden for vurdering av samfunnsøkonomi som er benyttet.

Tabell 6-4: Virkningsgrad for å vurdere samfunnsøkonomi.

Virkningsgrad	Samfunnsøkonomi
Svært stor negativ virkning	Liten nytte og store kostander.
Stor negativ virkning	Moderat nytte og store kostnader.
Middels negativ virkning	God nytte og store kostnader.
Noe negativ virkning	God nytte og noe kostbart.
Ubetydelig virkning	Liten nytte og liten kostnad.
Positiv virkning	God nytte og akseptabel kostnad.

Er virkningsgraden for samfunnsøkonomi vurdert til å være «Svært stor negativ virkning» så er det mye som tyder på at kompensasjonstiltaket har liten nytte i forhold til det tiltaket skal løse sett opp i mot at kostnadene er store. Det bør da være tungtveiende andre grunner for ikke å sile dette kompensasjonstiltaket ut.

6.2.8 Samfunnssikkerhet

Det er utført en overordnet risikovurdering av de ulike kompensasjonstiltakene for å vurdere samfunnssikkerheten [53]. Der er det kartlagt hvilke risikoforhold som kan oppstå, konsekvensen av tiltaket og sannsynligheten for at risikoen oppstår. Farene som er antatt å være mest sentrale i denne vurderingen framgår av dette kapittelet.

Kompensasjonsområdene ligger ved Trondheim lufthavn Værnes, hvor blant annet Avinor og Forsvaret har interesser knyttet til drift- og beredskapsforhold. Dersom tiltaket fører til mer fugleliv vil dette føre til en interessekonflikt knyttet til sikkerheten for luftfart (*birdstrike*). *Birdstrike* er definert som en kollisjon mellom fugl og fly når flyet er i luften, letter eller lander. Luftfartstilsynet fører statistikk over *birdstrike* [54], hvor det

viser seg at det i gjennomsnitt over en 10-årsperide er ca. 650 tilfeller på landsbasis pr. år. For Værnes ligger det årlige tallet på gjennomsnittlig 22, med nedgang til 15 målt i 2022. Majoriteten av tilfellene av *birdstrike* har liten eller ingen skade på flyet [54]. Kun to i løpet av de siste ti årene har vært «*substantial*» som krever store reparasjoner eller erstatning av deler til flyet. Størrelsene på fuglene som havner i *birdstrike*, er som oftest medium til små, kan bidra til å forklare hvorfor de fleste tilfellene har ingen til lite skade. Artene som er innblandet i *birdstrike* er registrert på landsbasis hvor majoriteten er måke, spurv, svaler, sandlo, heilo, dverglo og kråke. Arter som and og gås kommer på 14 og 17. plass i registreringene av *birdstrike.* Måkefugler utgjør mesteparten av antallet med *birdstrike* ved Trondheim lufthavn Værnes, men konsekvensene av *birdstrike* er større med gjess på grunn av deres større masse (pers. kom. Magne Husby, Nord Universitet).

Det er også vurdert samfunnssikkerhet i forhold til både Avinor og Forsvarets drift i område. Forsvaret har interesser i området som kan medføre at foreslåtte kompensasjonstiltak kan påvirke nasjonale og internasjonale interesser. Det er derfor også sett på faren for økt risiko for sabotasje. Setningsskader kan også hindre driften for flyplassen og bør hindres.

De foreslåtte kompensasjonsområdene ligger ved Stjørdalselva og kan påvirke erosjon, flom og isgang i elva. Påvirkningen fra flom og isgang strekker seg både oppover og nedover i elva og kan få uheldige konsekvenser for bebyggelse, infrastruktur, dyrket mark og annet langs elva og elveosen.

Det er også sett på faren for akutt forurensing både i anleggsgjennomføringen og etter at foreslått kompensasjonstiltak eventuelt er ferdig bygget.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra en overordnet risikovurdering som vurderer om kompensasjonstiltaket kan medføre farer/uønskede hendelser, en vurdering av sannsynligheten for at de inntreffer og hvor stor konsekvensen er når de inntreffer [53]. Tabell 6-5 viser virkningsgraden som anvendes i vurdering av samfunnssikkerhet.

Tabell 6-5: Virkningsgrad for å vurdere samfunnssikkerhet. Tabellen fortsetter på neste side.

Virkningsgrad	Samfunnssikkerhet
Svært stor negativ virkning	Uakseptabel risiko – høy sannsynlighet og/eller alvorlig utfall. Det er behov for tiltak som ikke er realistiske/ gjennomførbare for å redusere den avdekkede risikoen.
Stor negativ virkning	Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det er trolig behov for tiltak som medfører stor kostnadsøkning.
Middels negativ virkning	Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det er trolig behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning.

Virkningsgrad	Samfunnssikkerhet
Noe negativ virkning	Det er avdekket risiko med lite sannsynlighet og konsekvens. Hvis det er behov for tiltak så medfører dette ikke vesentlig kostnadsøkning.
Ubetydelig virkning	Antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket.
Positiv virkning	Antatt at risikobildet forbedres av tiltaket.

Er virkningsgraden for samfunnssikkerhet vurdert å være «Svært stor negativ virkning» så er det mye som tyder på at det er behov for tiltak som ikke er realistiske/ gjennomførbare for å redusere den avdekkede risikoen. Det bør da være tungtveiende andre grunner for ikke å sile dette kompensasjonstiltaket ut. I et slik tilfelle så må tiltak for å redusere risikoen til et akseptabelt nivå utredes grundig.

6.2.9 Prosessrisiko

De foreslåtte kompensasjonstiltakene vil trolig ha behov for ulike prosesser og godkjenninger som kan ha innvirkning på når tiltakene og bygging av ny veg står ferdig. Saksbehandling av søknad om tillatelser og gjennomføring av kompensasjonstiltaket kan påvirke når det er mulig å ferdigstille vegstrekningen. Det kan også oppstå tilfeller der det ikke kommer til enighet mellom sektormyndighetene om løsning og tiltaket kan dermed bli avvist.

Det er et mål at prosessen med å avgjøre de kompenserende tiltakene ikke skal medføre vesentlig forsinkelse i utbyggingen av E6 mellom Ranheim og Værnes til firefelts motorveg.

Silingskriterium prosessrisiko er en vurdering av antatt prosess de ulike tiltakene må gå gjennom for å bli godkjent av sektormyndighetene og hvor lang tid det antas å ta. Det blir også vurdert om sektormyndighetene kan ha ulike interesser som medfører lenger tidsbruk for å komme til enighet eller at det kan synes som det ikke er mulig at alle parter med innsigelsesrett kan enes om løsningen.

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra vurdert sannsynlighet for at en eller flere sektormyndigheter vil ha innsigelse mot foreslått kompensasjonstiltak. Det vurderes også hvor lang tid det antas å ta for å løse innsigelsen eller om det er sannsynlig at den kan løses. Disse vurderingene er foretatt ut fra Rambøll/Henning Larsen sin erfaring fra lignende saker. Tabell 6-6 viser virkningsgrad for å vurdere prosessrisiko.

Er virkningsgraden for prosessrisiko vurdert til å være «Svært stor negativ virkning» så er det mye som tyder på at det er risiko for at det fremmes innsigelser som ikke lar seg løse. Det bør da være tungtveiende andre grunner for ikke å sile dette kompensasjonstiltaket ut. I et slik tilfelle så må tiltak for å redusere risikoen for uløselige innsigelser utredes grundig.

Tabell 6-6: Virkningsgrad for å vurdere prosessrisiko.

Virkningsgrad	Prosessrisiko
Svært stor negativ virkning	Risiko for innsigelse som ikke lar seg løse.
Stor negativ virkning	Risiko for innsigelse som lar seg løse med stor forsinkelse.
Middels negativ virkning	Risiko for innsigelse som lar seg løse med noe forsinkelse.
Noe negativ virkning	Risiko for innsigelse som lar seg løse med mindre forsinkelse.
Ubetydelig virkning	Lav risiko for innsigelse.

7 Kompensasjonsområder som siles ut i tidlig fase

Det er utarbeidet flere forslag til områder i tilknytning til Stjørdalselva sitt utløpsområde som kan ha potensiale til å erstatte tapt bløtbunnsareal, som for eksempel tiltakene foreslått i NTNU Vitenskapsmuseet sin rapport fra 2020 [1], men også andre kompensasjonstiltak som har blitt diskutert. I kapittel 7.1.1 til 7.2 beskrives de ulike tiltakene, og hvorfor de ikke er aktuelle for videre utredning.

I tillegg er det i forbindelse med medvirkningsmøtene (se kapittel 2.5) med ulike sektormyndigheter og aktører kommet fram tiltak som ikke kompenserer for tapt bløtbunnsareal, men som kan forbedre miljøet på andre områder og på andre måter enn kompensering. Disse er beskrevet i kapittel 7.2 og 7.3. Utover det som er beskrevet i disse kapitlene går ikke rapporten videre inn på disse tiltakene, siden rapporten har som mål å finne et område som er egnet for å erstatte tapt bløtbunn ved Hellstranda. Det kan også være flere forbedrende tiltak som ikke blir nevnt i rapporten.

Kompensasjonstiltakene som gjenstår etter tidlig siling, blir beskrevet og vurdert i kapittel 8 i henhold til silingskriteriene.

7.1 Vurdering av tidligere foreslåtte kompensasjonsområder i NTNU sin rapport

I en tidlig fase av prosjektet ble det utarbeidet en rapport som beskrev mulige istandsettings- og kompensasjonstiltak knyttet til tap av bløtbunn i utløpet til Stjørdalselva [1]. Rapporten belyste fire ulike områder i tilknytning til elveosen som kan ha potensial til å erstatte tapt areal ved Hellstranda (se figur 7-1):

1. Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa.
2. Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa.
3. Omgjøring av deler av Langøra sør til våtmarksområde.
4. Omlegging av elveutløpet ved å anlegge en ny molo fra Billedholmen.

Ut fra faglige vurderinger som er lagt fram på flere idedugnader og møter med aktuelle sektormyndigheter, har det vært diskutert at en del av de foreslåtte restaurerings- og kompensasjonstiltakene i sin helhet ikke er gode tiltak for å erstatte tapt bløtbunn ved Hellstranda. I den vurderingen er silingskriteriene anvendt på et overordnet nivå. Områdene som er silt ut i tidlig fase er:

2. Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa.
3. Omgjøring av deler av Langøra sør til våtmarksområde.
4. Omlegging av elveutløpet ved å anlegge en ny molo fra Billedholmen.



Figur 7-1: Blå farge viser forslag til områder i tilknytning til Stjørdalselvas utløp som kan ha potensiale til å erstatte tapt bløtbunnsareal ifm. utfylling ved Hellstranda. Gul farge viser utfyllingsområder ved gjeldende reguleringsplan. Ny reguleringsplan vil ha en betydelig redusert utfylling i forhold til det som framgår av figuren. Figur fra [1].

Det er ikke gjennomført simuleringer med hensyn til saltinnhold, temperatur og strømninger i foreslåtte kompensasjonsområder fra NTNU sin rapport [1] som er silt ut i tidlig fase. Fagspesialister hos rådgiver har gjort en overordnet vurdering av alle silingskriterier i steg 1 og steg 2 (se tabell 6-1), vurderingene er oppsummert i delkapittel under hvert tiltak.

7.1.1 Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa

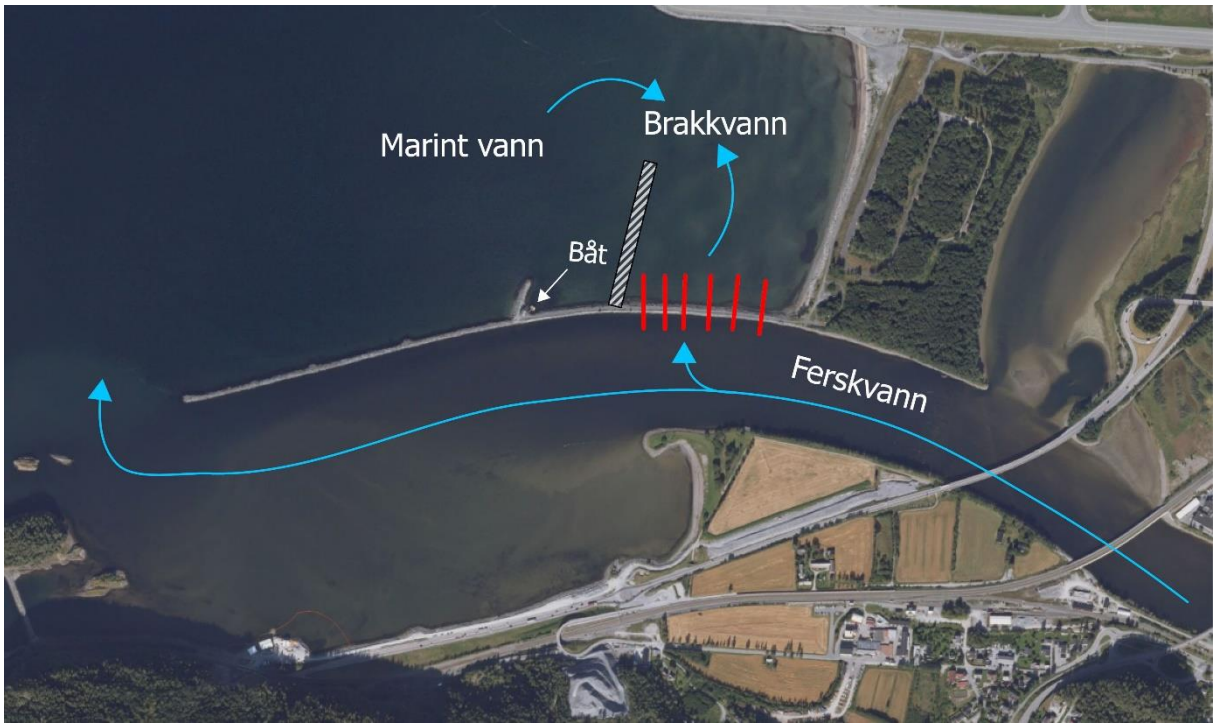
Målet ved dette tiltaket er å etablere et brakkvannsareal som blir tørrlagt ved fjære sjø i et avskjermet område nord for dagens molo, slik at dette kan fungere som et utvidet beiteområde for sjøørret (se forenklet illustrasjon i figur 7-2). I dag har sjøområdet rett nord for moloen funksjon som beiteområde for sjøørret, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda. Dette kan ha sammenheng med at området i dag er relativt marint og kraftig eksponert for bølgeslag fra fjorden. Substratet som ligger der i dag har mest sannsynlig noe grovere kornfordeling sammenlignet med området ved Hellstranda og dermed mindre diversitet (færre antall arter). Finere sediment gir ofte opphav til en høyere diversitet, det vil si flere arter. Det er ikke leopardbunn her slik som ved Hellstranda.

7.1.1.1 Beskrivelse av tiltaket

Tiltaket innebærer å etablere en ny molo på ca. 300 m i sør-nord-retning. Ved hjelp av ny molo vil man kunne skjerme for dagens sterke bølge- og marine påvirkning fra vest. På grunn av sikkerhetskrav om vegforbindelse mellom Avinor sin båtplass/beredskapshavn og Langøra sør, er det kun mulig med rørføringer/kulvert gjennom dagens molo. Området er i dag relativt langgrunt, og ved å evt. fylle ut området bak moloen, vil området muligens tørrlegges ved fjære sjø, mer enn det gjør i dag.

7.1.1.2 Beskrivelse av framtidig hydraulisk situasjon

Via åpning(er) i den gamle moloen, illustrert med rød farge i figur 7-2, leder man ferskvann fra Stjørdalselva inn i området, slik at man oppnår til dels et brakkvannsområde nord for dagens molo. Rørløsningene må være ca. 30 – 40 m lange. Vannutvekslingen samt den lokale påvirkningen vil avhenge av den enkelte løsning, som for eksempel åpningenes tverrsnitt og vinkel med hensyn til elvens utløp. Det er gjort hydrauliske antagelser basert på dagens dybdeforhold og variasjoner i tidevannssyklusen. Dersom man legger rør i kote fra -1,5 til -0,5 m med en rørdiameter på 1 m slik at rørene ligger på bunnen nord for moloen, vil man under nippflo ved lavvann oppleve utveksling av fersk- og sjøvann på begge sidene av dagens molo. Under springflo ved ekstremt lavvann, vil det kun være minimal gjennomstrømning i den vestlige delen av det nye området. Oppsummert kan man anta at det stort sett være utveksling av marint og ferskvann.



Figur 7-2: Skisse som viser mulig løsning for omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa. Røde streker illustrerer åpninger i moloen for å kunne oppnå vannutveksling mellom de to områdene nord og sør for dagens molo. Bakgrunnskart fra norgeskart.no.

7.1.1.3 Beskrivelse av mulig anleggsgjennomføring

Bygging av ny molo og rør gjennom eksisterende molo vil skje på tradisjonelt vis med maskiner og til- og borttransportering av masser fra land. Dette innebærer avtale med Avinor om tilgang gjennom lufthavna.

Mens anleggsarbeidene med rørlegging/kulvert pågår, er det trolig behov for en midlertidig flytting av Avinor sin beredskapshavn, for eksempel til småbåthavna i Stjørdal. Tiltaket må også hensynta infrastrukturen som ligger i dagens molo. Utfylling i sjø må mest sannsynlig skje med lekter.

7.1.1.4 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 1

Direkte tilknytning/nærhet: Via rørløsninger vil området ha tilknytning til Stjørdalselva sin elveos. Sjøørret vil ha mulighet til å vandre fritt og uhindret mellom elv og brakkvannsområde, uten å måtte passere marint vann.

Tilsvarende/lik økologisk funksjon: Det vil kunne dannes et brakkvannsområde, se illustrasjon i figur 7-2, som tørrlegges ved fjære sjø, se også en beskrivelse av framtidig hydraulisk situasjon i kapittel 7.1.1.2. Ved hjelp av molo, vil strøm- og bølgepåvirkning reduseres, og dermed kan et noe finere substrat, for eksempel utgravde masser ved Hellstranda der vegtiltaket skal gjennomføres, kunne opprettholdes. Jevnlig tilførsel av ferskvann fra Stjørdalselva og marint vann fra fjorden vil sørge for tilgang på varmt elvevann i sommersesongen og oksygenrike forhold i vannsøylen. Det antas at området dermed vil kunne fungere som beiteområde for sjøørret.

Kompensasjonsområdets areal: Det er ikke regnet på areal, men det antas at et utvidet beiteområde vil kunne bli minst like stort som det arealet som går tapt på grunn av vegtiltaket ved Hellstranda.

Påvirkning på funksjonsområde for sjøørret: Området har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved dagens Hellstranda [4], se kapittel 5.4.1 for nærmere beskrivelse. Foreslått tiltak vil tilføye dagens beiteområde nord for moloen med brakkvann, og er dermed å anse som et positivt tiltak i beiteområdet nord for moloen. Beiteområdet ved Hellstranda er i dag i stor grad preget av ferskvann fra Stjørdalselva som grunnet lokale strømninger kommer inn mot friluftsområdet. Om deler av elvevannet ledes via rør gjennom moloen, vil det bli mindre ferskvann til Hellstranda og dette vil sannsynligvis ha negativ påvirkning på områdets betydning for sjøørret.

Påvirkning på funksjonsområde for fugl: Selv om det er flere registreringer av næringssøk, har området nord for moloen i dag liten funksjon for fugl sammenlignet med de fleste andre områdene som er utredet, men kvaliteten som område for fugl kunne blitt forbedret ved dette tiltaket. Økt innslag av brakkvann nord for moloen, i kombinasjon med økt sedimentering, vil sannsynligvis øke områdets økologiske verdi

som beite-, rasteområde og trekklokalitet for en rekke fuglearter. Dette inkluderer måkearter, herunder rødlistede arter som hettemåke og fiskemåke, samt flere andearter som stokkand, kvinand, toppand, bergand og brunnakke, i tillegg til fiskespisende fuglearter som siland, laksand og storskarv.

Påvirkning på naturtyper og/eller rødlistede arter: Naturtypen bløtbunnsområder i strandsonen er registrert i området nord for moloen. Tiltaket vil ikke påvirke dette annet enn fotavtrykket til en tenkt sør-nord-retta molo. Tiltaket vil ikke påvirke terrestriske naturtyper.

Det er registrert rødlistede arter i området, bl.a. flere fuglearter og Atlantisk laks. Tiltaket medfører noe sedimentering øst i området og området vil muligens få en lignende økologisk funksjon slik som det er i dag ved Sandfærhus. Dette vil være positivt for ulike rødlistede fuglearter som kan vil i større grad bruke området til raste-, beite- og trekklokasjon. For den rødlistede arten Atlantisk laks, vil tiltaket ikke utgjøre en stor forskjell, da laks i motsetning til sjøørret, oppholder seg i kort tid i elveosen før den drar ut på beitevandring i sjøen.

Tid: Det antas at tiltaket vil kunne ferdigstilles i løpet av 5 år.

7.1.1.5 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 2

Samfunnsøkonomi: I forhold til nytte som er vurdert i steg 1 av silingskriteriene er bare et av temaene vurdert som ikke tilfredsstillende. Dette gjelder at beiteområdet for sjøørret ved Hellstranda, kan bli redusert dersom det blir mindre brakkvann i området enn det er i dag.

Kostnaden er vurdert til å ligge mellom 40 – 60 mill. kr for etablering av molo med rør eller kulvert gjennom eksisterende molo. I anleggstiden må det påregnes midlertidig flytting av beredskapshavna til Avinor.

Det er derfor vurdert at tiltaket har «noe negativ virkning» på samfunnsøkonomi.

Samfunnssikkerhet:
Det er utført en overordnet risikovurdering av de ulike kompensasjonstiltakene for å vurdere samfunnssikkerheten [53].

Flyplass-sikkerhet (*birdstrike*): Området vil bli mer attraktivt for ender som beiteområde, og muligens vadere gitt at lagunen er grunn nok. Det er mulig at gjess vil bruke området som rasteplass i likhet med nærliggende områder. Artene som vil tiltrekkes til et mer næringsrikt område er blant annet måker. Selv om måker hyppig er involvert i slike hendelser, er de generelt mindre alvorlige enn kollisjoner med større arter som gjess. Mesteparten av artene som vil tiltrekkes til et mer næringsrikt område er det forventet at antall *birdstrike* ikke øker mye. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes

tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må utføres risikovurdering etter Avinor sin metodikk. Ut fra dette utarbeides det tiltak for å holde fuglene unna flystripa. Det er derfor vurdert at det er behov for å gjøre tiltak med noe kostnadsøkning for å redusere den avdekkede risikoen. Det er vurdert å ha middels negativ virkning.

Flyplass-sikkerhet og nasjonal og internasjonal sikkerhet (tilsiktede hendelser): Hvis tiltaket virker etter hensikten så vil deler av område 2 bli grunnere enn det er i dag som vil medføre at deler av området blir mindre tilgjengelig fra havsiden. Dette vil trolig medføre at det vil være behov for å flytte beredskapshavnen til Avinor. Det er derfor behov for å etablere tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må utredes videre om beredskapshavnen til Avinor må flyttes og eventuelt alternative plasseringer. Her vil det være viktig at det er mulig å finne en plassering som oppfyller kravene til blant annet responstid ved ulykker. Det antas at nødvendige tiltak medfører noe kostnadsøkning. Det er vurdert å ha middels negativ virkning.

Påvirkning på drift både for Avinor og Forsvaret: Tiltaket bør kunne gjennomføres greit innenfor de kravene som Avinor og Forsvaret vil stille i forhold til anleggsgjennomføring og da bør det ikke påvirke driften. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Krav fra Avinor og Forsvaret som kommer fram blant annet i planbestemmelsene er kjent før bygging og vil allerede være innarbeidet i kostnadsestimatene. Det er vurdert å ha ubetydelig virkning.

Ras/skred/undersjøisk ras: Grunnforholdene tilsier at det ikke er sannsynlig at det oppstår undersjøiske ras. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Det må påregnes flere geotekniske undersøkelser. Det er antatt at det ikke er behov for tiltak for å redusere risikoen utover det som er vanlig. Det er vurdert å ha ubetydelig virkning.

Flom (erosjon), stormflo og bølgehøyde: Ny molo vil redusere bølgene som i dag skyller inn over område 2. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Det bør utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging og ny molo prosjekteres etter gjeldende krav. Det er vurdert å ha ubetydelig virkning.

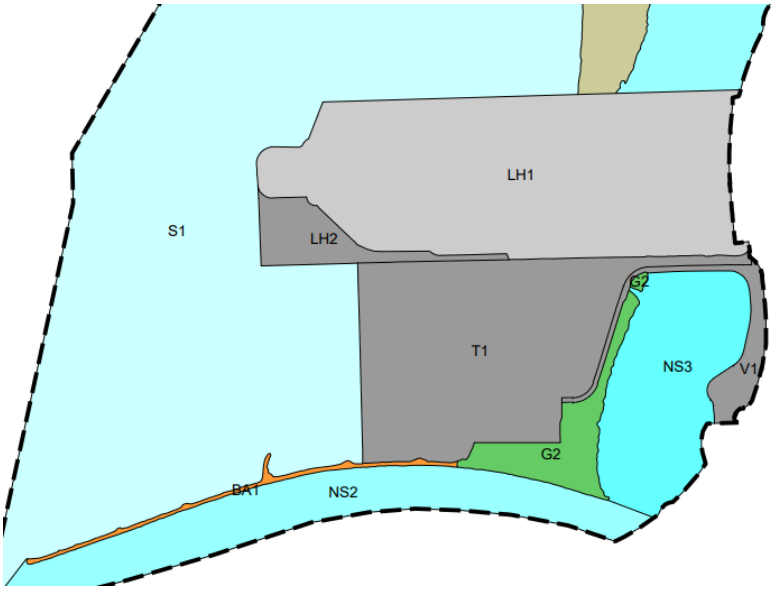
Isgang i Stjørdalselva: Ny molo vil redusere bølgende som i dag skyller inn over område 2. I tillegg tilføres det ferskvann gjennom rørene. Dette kan medføre at det danner seg is i område 2. Dette kan forstyrre driften på flyplassen og medføre at beredskapshavnen til Avinor må flyttes. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det bør utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging, og det bør utredes muligheten og konsekvensen av isgang med tilhørende tiltak. Antatt at det er behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning. Det er vurdert å ha middels negativ konsekvens.

Akutt forurensing/miljøpåvirkning: Ved akutt forurensning i elva eller i sjøen vil rør/kulvert kunne bidra til spredning på begge sider av moloen. I

anleggsgjennomføringen skal det graves og legges ut masser i vann. I dette tiltaket kan man trolig legge massene til ny molo uten å erstatte masser. Partikkelspredning til vann i anleggsperiode vil kunne påvirke både terrestriske og akvatiske arter. Det er også risiko for spredning av oljestoffer eller kjemikalier dersom det skjer ulykker under arbeidene. Lyd- og lysforurensing kan også oppstå. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Tiltak for akutt forurensning bør innarbeides i kommunes beredskapsplan. Det må utarbeides en plan for hvordan gravearbeidet i vann skal foregå for å minimere skadene på miljøet. Det må også utarbeides beredskapsplan for å hindre spredning ved ulykker. Tiltakene er vurdert til å medføre noe kostnadsøkning. Det er vurdert å ha middels negativ virkning.

Total vurdering av alle risikoene som er vurdert under samfunnssikkerhet medfører at dette forslaget til tiltak er vurdert til å være middels negativ for samfunnssikkerhet.

Prosessrisiko: I foreliggende forslag til kommuneplan for Stjørdal [55], som nå er på høring, er området avsatt til utvidelse lufthavna (T1 i figur 7-3). Dette er en videreføring av gjeldende kommunedelplan for Langøra [56].



Figur 7-3: Område T1 er avsatt til samferdselsanlegg (Lufthavn) i forslag til ny Kommuneplan arealdel for Stjørdal kommune.

Avinor har gjennom arbeidet og behandlingen av «Masterplan 2019-2040» [57] analysert og påpekt behovene for nye, framtidsrettede tiltak for å imøtekomme behov og krav til lufthavna, både når det gjelder sivil og kommersiell virksomhet, men også når det gjelder tiltak knyttet til Forsvaret og nasjonal og internasjonal sikkerhet og beredskap.

Utdrag fra sammendraget i Masterplan 2019-2040 [57]:

«*Tidligere masterplaner har anbefalt at Avinor søker å overta militære arealer på sørsiden av rullebanen. Forsvaret har signalisert at dette er viktige områder for drift av Garnisonen som ikke er aktuelle for salg.*»

«*Kommunedelplan for Langøra ble vedtatt av Stjørdal kommunestyre 7. februar 2019. Den legger til rette for etablering av lufthavn på deler av Langøra Sør og i grunne sjøområder utenfor Øra mot vest, men tillater ikke utfylling i gammelt elveleie slik masterplanen fra 2012 legger til grunn. Avinor har presisert at en utbygging av Langøra Sør, slik kommunedelplanen tillater ikke er aktuelt nå, da området ligger for langt unna terminalen til å ha kommersiell betydning for lufthavnas utvikling.*»

«*Planutvalget anbefaler å fastholde en utfylling i gammelt elveleie mellom Langøra Sør og E6, til tross for at slik arealbruk ikke er i tråd med vedtatt kommunedelplan og at viktige miljømessige hensyn taler mot en utfylling. Utvalget finner ikke andre hensiktsmessige løsninger for framtidig flyoppstillingsplasser, så lenge Forvaret ikke kan frigi alt arealet frem til Værnes hovedgård. Masterplanen viser at det gjennom en økonomisk bruk av eksisterende arealer er mulig å utsette en utfylling til etter 2035 og at størrelsen på fyllingen kan begrenses noe i forhold til tidligere planer. I et langsiktig perspektiv vil en utslippsfri luftfart gi mulighet for at utvidelse av Trondheim lufthavn kan vurderes positivt i forhold til andre mer arealkrevende nasjonale transportsystemer i et større miljø- og livssyklusperspektiv.*»



Figur 7-4: Til høyre viser Alternativ A i Masterplan fra 2012 som viser at Generell Aviation-virksomhet flyttes til Langøra Sør. Til venstre viser Masterplanen 2019-2040» [57] *fase 3 (etter 2034) hvor forslaget er bruk av Langøra Sør og delvis oppfylling av gammelt elveløp*

Som nevnt innledningsvis så er område 2, Langøra Sør og sjøområdene utenfor, fremdeles det området som kommunen har lagt inn i forslag til ny kommuneplan. Forslaget om å bruke område 2 som kompensasjonsområde er derfor i direkte konflikt med gjeldende kommunedelplan, foreslått kommuneplan og Avinors utbyggingsplaner.

Tiltaket vil med stor sannsynlighet møte innsigelse, som også trolig vil ha støtte hos planmyndigheten (kommunen). Dette tilsier at tiltaket ikke vil bli en del av kommunens vedtak om reguleringsplan. Kommunestyrets planvedtak kan påklages, men det er lite trolig at klageinstansen kommunen og eventuelt Statsforvalter vil ta en slik klage til følge, så lenge alternative arealer for utvidelse av flyplass er en del av løsningen. En må påregne at klagebehandlingen tar lang tid og at utfallet er høyst usikkert. En må også påregne krav om å utrede realistiske alternativer for utvikling av Trondheim lufthavn Værnes.

Det er også sannsynlig at Avinor vil fremme innsigelse i forhold til fare for økt *birdstrike* fordi de vil kreve at det foretas utredninger av *birdstrike* i henhold til Avinor sin metodikk som er en mer omfattende vurdering enn det som er foretatt her.

Det er derfor vurdert at tiltaket har «Svært stor negativ virkning» innen prosessrisiko.

7.1.1.6 Oppsummert vurdering av tiltaket

Tabell 7-1 oppsummerer den overordnete vurderinga for hvert silingskriterium i steg 1 og steg 2. Tiltaket oppnår nesten alle måloppnåelse innen silingskriterier i steg 1, men ikke i steg 2.

Konflikt med Avinor sine utbyggingsplaner sannsynliggjør at dette tiltaket vil føre til innsigelse fra Avinor, og neppe bli godtatt av planmyndighet eller departementet. Det er også sannsynlig at Avinor vil komme med innsigelse med krav om å utrede *birdstrike* etter deres metodikk. Det vurderes dermed som et lite aktuelt kompensasjonstiltak.

Tabell 7-1: Oppsummering av vurdering av silingskriteriene i steg 1 og steg 2 for kompensasjonstiltaket «Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa». Fargeskala tas fra kap. 6.

	Silingskriterium	Vurdering
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet til utløpet av Stjørdalselva	Området vil ha tilknytning til elveosen, slik at sjøørret kan vandre fritt mellom elv og brakkvannsområde uten å måtte passere marint vann.
	Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret	Rør gjennom moloen sikrer ferskvannstilførsel og dermed etablering av brakkvannsområde i område 2. Området fylles ut lengre mot vest slik at det kan tørrlegges ved fjære sjø. Jevnlig tilførsel av varmt elvevann, og gode oksygenrike forhold i vannsøylen.
	Kompensasjonsområdets areal	Det antas at kompensasjonsområdet vil bli minst like stort som det tapte arealet ved Hellstranda.
	Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl	Sjøørret i nytt kompensasjonsområde: Område 2 har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret, men i mye mindre grad sammenlignet med Hellstranda. Tilførsel av brakkvann i område 2 ansees som positivt for sjøørret og beitefunksjonen.

	Silingskriterium	Vurdering
		<u>Sjøørret ved Hellstranda:</u> Beiteområdet for sjøørret ved Hellstranda *kan* bli redusert dersom det blir mindre brakkvann i området enn det er i dag.
		<u>Fugler</u>: Område 2 har i dag liten viktig funksjon for fugl. Foreslått tiltak kan medføre at område 2 blir mer attraktivt for fugler som beite-, raste- og trekklokalitet.
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Tiltaket vil ikke påvirke bløtbunnsområder vesentlig bortsett fra fotavtrykket til moloen. Tiltaket vil ikke berøre terrestriske naturtyper.
		Tiltaket kan være positivt for rødlistede fugler gitt at området blir mer verdifullt for næringssøk. For Atlantisk laks vil ikke tiltaket utgjøre en stor forskjell, da laks ikke oppholder seg lenge i elveosen.
	Anleggstid	Tiltaket antas å kunne ferdigstilles innen 5 år.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	I forhold til nytte som er vurdert i steg 1 av silingskriteriene er bare et av temaene vurdert som ikke tilfredsstillende. Kostnaden er vurdert til å ligge mellom 40 – 60 mill. kr for etablering av molo med rør eller kulvert gjennom eksisterende molo. I anleggstiden må det påregnes midlertidig flytting av beredskapshavna til Avinor.
	Samfunnssikkerhet	Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå for faren for *birdstrike,* generell sikkerhet på flyplassen, faren for isgang og akutt forurensing. Det er trolig behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning.
	Prosessrisiko	Det er direkte konflikt med gjeldende kommunedelplan, foreslått kommuneplan og Avinors utbyggingsplaner og vil med stor sannsynlighet få innsigelse. Det er også stor sannsynlighet for at innsigelse blir tatt til følge. En må uansett påregne at klagebehandlingen tar lang tid før et endelig vedtak og/eller stadfestelse vil finne sted. Det er også sannsynlig at Avinor vil kreve vurdering av *birdstrike* etter deres metodikk som er mer omfattende enn det som er utført i denne utredningen.

7.1.2 Omgjøring av deler av Langøra sør til våtmarksområde

Målet ved dette tiltaket er å utvide bløtbunnsarealet som ligger sør for flystripa, ved å grave ut i området som er vist med nr. 3 i figur 7-1. Sjøområdet i det gamle elveleiet har i dag funksjon som viktig beite- og overvintringsområde for sjøørretveteraner, samt viktig funksjon som beiteområde for sjøørretsmolt om våren og sommeren [4]. Her er det rolige vannmasser og et stabilt brakkvannslag som ligger over et relativt tynt marint vannlag nærmest bunnen. Området er skjermet for bølgeeksponering fra fjorden, og bunnfryser ikke om vinteren.

Området er imidlertid i konflikt med Forsvarets interesser og indirekte ønsker fra Avinor om å bruke området til utvidelse av flyplassen. I forbindelse med Avinor sitt ønske om å bruke dette området så har Forsvaret tidligere avvist dette og oppgitt at det ikke er aktuelt å selge dette området eller bruke det til annet formål enn til forsvar.

7.1.2.1 Beskrivelse av tiltaket

Tiltaket innebærer å grave ut en ny lagune i landarealet på Langøra sør. Det vil også trolig være behov for tilførsel av riktige masser for å etablere den ønskede bunntypen i lagunen.

7.1.2.2 Beskrivelse av framtidig hydraulisk situasjon

Det forventes at kompensasjonsområdet blir et område med moderate strømhastigheter, sammenlignbart med eller mindre enn strømforhold i området i den nordlige delen av Halsøen. Som i dag, vil området fortsatt være skjermet for bølgeeksponering fra fjorden, og det vil være et stabilt brakkvannslag som ligger over et relativt tynt marint vannlag nærmest bunnen.

7.1.2.3 Beskrivelse av mulig anleggsgjennomføring

Bygging av tiltaket vil skje på tradisjonelt vis med maskiner og til- og borttransportering av masser fra land. Dette innebærer avtale med Avinor og Forsvaret om tilgang gjennom Forsvarets område og Trondheim lufthavn Værnes.

7.1.2.4 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 1

Det er ikke gjort detaljerte vurderinger knyttet til utforming av området. En beskrivelse av tenkt framtidig hydraulisk situasjon er gitt i kapittel 7.1.2.2.

Direkte tilknytning/nærhet: Området vil ha tilknytning til Stjørdalselva sin elveos. Sjøørret vil ha mulighet til å vandre fritt og uhindret mellom elv og brakkvannsområde, uten å måtte passere marint vann.

Tilsvarende/lik økologisk funksjon: Sjøområdet i det gamle elveleiet har i dag funksjon som både beiteområde og overvintringsområde for sjøørret, veteraner og smolt (kapittel 5.4.1). Man vil ikke kunne gjenskape tilsvarende forhold som ved Hellstranda, med tanke på brakkvannskvalitet, strømninger og vannutskiftning. Det vil fortsatt være rolige vannmasser og et stabilt brakkvannslag som ligger over et relativt tynt marint vannlag nærmest bunnen, slik det er i dag. Man vil derimot kunne få etablert et større overvintringsområde. Området ved Hellstranda er mer eksponert mot sjøen og i større grad påvirket av tidevannet og har derfor høyere innslag av marint vann som kan blande seg med ferskvannet fra Stjørdalselva. Tiltaket vil dermed ikke kunne erstatte tapt areal og dens funksjon for sjøørret ved Hellstranda, som i hovedsak er et beiteområde.

Kompensasjonsområdets areal: Det er ikke regnet på areal, da det er konkludert med at foreslått kompensasjonsområde ikke vil kompensere for tapt beiteområde for sjøørret.

Påvirkning av funksjonsområde for sjøørret: Utgraving av et område i Langøra sør vil antageligvis ikke påvirke eksisterende funksjonsområder til sjøørret, hverken ved Hellstranda eller i det gamle elveleiet. I anleggsperioden vil sedimenter kunne bli vasket ut fra området og transportert til det gamle elveleiet, men dette må forventes å være stabilisert ved ferdigstilling. Det foreslåtte kompensasjonsområdet ligger fysisk atskilt fra Hellstranda og vil derfor ikke ha noen direkte innvirkning på dette.

Påvirkning på funksjonsområde for fugler: Fugleundersøkelser gjennomført i forbindelse med andre prosjekt viste at Langøra sør har begrenset betydning som hekkeområde for vannfugl, men strandområdene rundt benyttes som raste- og næringssøksområder (se kapittel 5.5) for flere rødlistede fugler. Tiltaket vil fjerne områder som ved undersøkelsen ble påvist benyttet av spurvefugler og dvergspett. Tiltaket vil gjøre området mer attraktivt for ender som beiteområde, og muligens vadere gitt at lagunen er grunn nok. Det er minimal sjanse for at gjess vil bruke området som rasteplass ettersom det normalt krever store flater og større avstander til kantskog enn det vi vil få her.

Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter: Naturtypen strandeng og strandsump som har verdi *middels viktig* (se kapittel 5.2 og 5.3) er registrert på Langøra sør. Naturtypen vil påvirkes siden den vil måtte fjernes ved bygging av dette tiltaket.

Siden landområdet blir mindre, vil dette påvirke registrerte rødlistede spurvefuglarter og den rødlistede planten tindved negativt, men våtmarksområdet vil føre til økning i antall vannfugl, både gressender, dykkender, fiskender, måker og vadere.

Tid: Når det gjelder anleggstid, antas det at området vil kunne ferdigstilles i løpet av 5 år.

7.1.2.5 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 2

Samfunnsøkonomi: I forhold til nytte som er vurdert i steg 1 av silingskriteriene er både «Økologisk funksjon for sjøørret», «Kompensasjonsområdets areal» og «Påvirkning på naturtyper og/eller rødlistede arter» vurdert som ikke tilfredsstillende.

Kostnadene ved å etablere tiltaket er knyttet til å grave ut masser, kjøre bort massene og tilføre sedimenter som ligner sjøbunn. Forsvaret eier og benytter området i dag, og det er en ukjent tilleggskostnad når det gjelder å flytte Forsvaret sin virksomhet. Det er derfor ansett som vanskelig å angi et konkret kostnadstall, men det antas at det er store kostander forbundet med dette.

Det er derfor vurdert at tiltaket har «svært stor negativ virkning» på samfunnsøkonomi.

Samfunnssikkerhet:
Flyplass-sikkerhet (*birdstrike*): Omgjøringen av Langøra sør til våtmarksområdet er forventet å ha få konsekvenser for *birdstrike*, men det er mulig vadere og måker kan krysse og kollidere med fly. Det er svært få av de fiskespisende fugleartene som er forventet til å benytte seg av området som vil krysse flystripa, da de fleste vil bevege seg langs vassdragene slik de gjør i dag. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må utføres risikovurdering etter Avinor sin metodikk. Ut fra dette utarbeides det tiltak for å holde fuglene unna flystripa. Det er derfor vurdert at det er behov for å gjøre tiltak med noe kostnadsøkning for å redusere den avdekkede risikoen. Vurdert som middels negativ virkning.

Flyplass-sikkerhet og nasjonal og internasjonal sikkerhet (tilsiktede hendelser): For å gjennomføre tiltaket vil det være behov for å bygge ned et område som Forsvaret benytter i dag. Forsvaret har i forbindelse med utvidelsesplaner til Avinor og arbeidet med ny kommuneplan gitt signal at dette området er viktig for dem. Det er imidlertid vanskelig å anslå hva dette betyr for nasjonal sikkerhet, men det antas at det er avdekket risiko med behov for tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må i samarbeid med Forsvaret og Avinor avklares hva dette har å si i forhold til flysikkerheten og nasjonal sikkerhet. Det er mye usikkerhet rundt denne vurderingen, men det antas at nødvendige tiltak medfører stor kostnadsøkning da Forsvaret må flytte på sin aktivitet i området.
Vurdert som stor negativ virkning.

Påvirkning på drift både for Avinor og Forsvaret: For å gjennomføre tiltaket vil det være behov for å bygge ned et område som Forsvaret benytter i dag. Forsvaret har i forbindelse med utvidelsesplaner til Avinor og arbeidet med ny kommuneplan gitt signal at dette området er viktig for dem. Det er imidlertid vanskelig å anslå om det er mulig å flytte Forsvarets aktivitet. Det antas derfor at dette er en uakseptabel risiko. Det må i samarbeid med Forsvaret vurderes om det er mulig å flytte virksomheten til Forsvaret. Det er mye usikkerhet rundt denne vurderingen, men det antas at nødvendige tiltak medfører så stor kostnadsøkning at det ikke er akseptabelt å gjennomføre.
Vurdert som svært stor negativ virkning.

Ras/skred/undersjøisk ras: Grunnforholdene er ikke undersøkt i dette området, men det antas at det ikke er sannsynlig at det oppstår undersjøiske ras. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Det bør suppleres med mer geotekniske undersøkelser, men det er antatt at det ikke er behov for tiltak for å redusere risikoen utover det som er vanlig. Vurdert som ubetydelig virkning.

Flom (erosjon), stormflo og bølgehøyde: Ved å åpne opp vil det være mulig at dette området kan bli ekstra utsatt for eventuell flom som oppstår i elva. Det er derfor avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Hydrologiske beregninger må suppleres i byggeplanlegging, og

vurderes hvilke skader som oppstår hvis området blir flomutsatt. Siden Forsvaret disponerer området i dag, er dette uklart. Vurdert som middels negativ virkning.

Isgang i Stjørdalselva: Ved å åpne opp så tilføres det ferskvann som kan fryse. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Hydrologiske beregninger må suppleres i byggeplanlegging. Videre må det gjøres en vurdering om hvilke skader som oppstår hvis området blir utsatt for isdannelse. Siden Forsvaret disponerer området i dag, er dette uklart. Antatt at det er behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning. Vurdert som middels negativ konsekvens.

Akutt forurensning/miljøpåvirkning: Ved akutt forurensning i elva vil det nye området kunne bli påvirket. Det er vurdert at det er lite graving i direkte vann. Men det er likevel fare for spredning av oljestoffer og kjemikalier ved ulykker under arbeidet. Støy- og lysforurensing kan også oppstå. Det er avdekket risiko med lite sannsynlighet og konsekvens. Tiltak for akutt forurensning bør innarbeides i kommunes beredskapsplan. Det må også utarbeides beredskapsplan for å hindre spredning ved ulykker. Tiltakene er vurdert til å medføre ikke vesentlig kostnadsøkning. Vurdert som noe negativ virkning.

Totalvurdering av alle risikoene som er vurdert under samfunnssikkerhet medfører at dette forslaget til tiltak er vurdert til å være svært stor negativ for samfunnssikkerhet.

Prosessrisiko: Forsvarets tilstedeværelse og aktivitet ved lufthavna er viktig nasjonalt og internasjonalt og er økende, med nye oppgaver og etableringsbehov. Det er vurdert at det er en stor risiko for at tiltaket ikke er forenelig med Forsvaret sine interesser.

Videre så har også Avinor påpekt i sin Masterplan 2019-2040 [57] at de anser dette området som gunstig for videre utvikling av flyplassen. Dette har imidlertid Forsvaret tidligere avvist på grunn av ikke forenelig med Forsvarets interesser. Det vises til kapittel 7.1.1 for mer omtale om dette.

Tiltaket vil med stor sannsynlighet møte innsigelse, som også trolig vil ha støtte hos planmyndigheten (kommunen). Dette tilsier at tiltaket ikke vil bli en del av kommunens vedtak om reguleringsplan. Kommunestyrets planvedtak kan påklages, men det er lite trolig at klageinstansen kommunen og eventuelt Statsforvalter vil ta en slik klage til følge, så lenge Forsvaret ikke går med på en slik løsning. En må påregne at klagebehandlingen tar lang tid og at utfallet er høyst usikkert.

Det er også sannsynlig at Avinor vil fremme innsigelse i forhold til fare for økt risiko for *birdstrike*. De vil kreve at det foretas risikovurdering av *birdstrike* i henhold til deres metodikk som er en mer omfattende vurdering enn det som er foretatt her.

Det er derfor vurdert at tiltaket har svært stor negativ virkning innen prosessrisiko.

7.1.2.6 Oppsummert vurdering av tiltaket

Ut ifra en samlet vurdering oppnår ikke tiltaket måloppnåelse innen silingskriterier i steg 1 og 2. Det vurderes dermed som et lite aktuelt kompensasjonstiltak. I hovedsak er dette fordi tiltaket ikke vil kunne erstatte tapt bløtbunnsområde ved Hellstranda som i dag har funksjon som beiteområde for sjøørret. Forsvarets sin interesse i dette området er ikke forenelig med at det endres slikt som foreslått og tiltaket er i konflikt med Avinor sine planer for utvidelse av flyplassen.

Tabell 7-2 oppsummerer vurderingene av silingskriteriene i steg 1 og 2.

Tabell 7-2: Oppsummering av vurdering av silingskriteriene i steg 1 og steg 2 for kompensasjonstiltaket «Omgjøring av deler av Langøra sør til våtmarksområde». Fargeskala tas fra kap. 6.

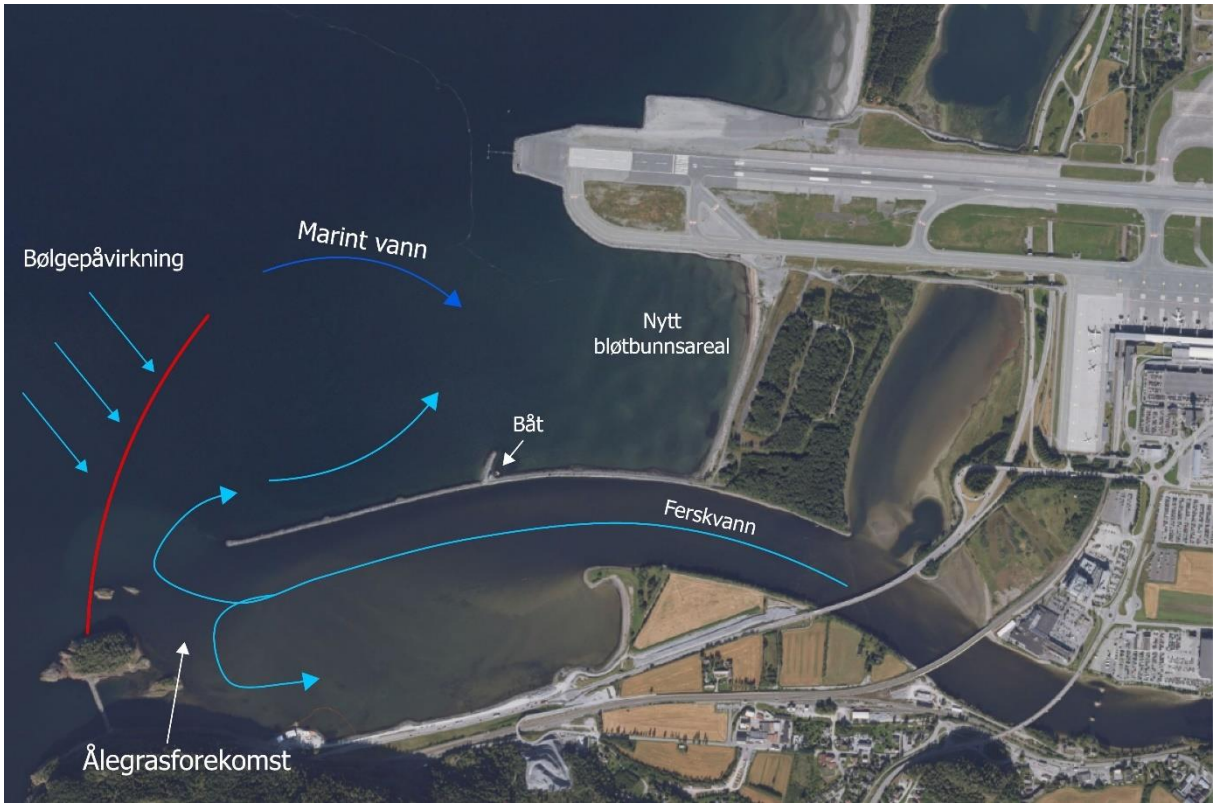
	Silingskriterium	Vurdering
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet til utløpet av Stjørdalselva	Området vil ha tilknytning til elveosen, slik at sjøørret kan vandre fritt mellom elv og brakkvannsområde uten å måtte passere marint vann.
	Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret	Sjøområdet har i dag funksjon som beite- og overvintringsområde for sjøørret. Utgraving av deler av Langøra sør vil kunne skape et større overvintringsområde, men kan ikke erstatte tapt beiteareal ved Hellstranda.
	Kompensasjonsområdets areal	Det er ikke regnet på areal, da foreslått kompensasjonsområde ikke vil erstatte tapt beiteområde for sjøørret.
	Påvirkning på nærliggende habitat for sjøørret og fugl	Sjøørret: Ingen negativ påvirkning på funksjonsområde til sjøørret i det gamle elveleiet (overvintringsområde) eller ved Hellstranda (beiteområde).
		Fugl: Langøra sør er begrenset som hekkeområde for vannfugl, men strandområdene brukes av rødlistede fugler til raste- og næringssøk. Tiltaket vil gjøre området mer attraktivt som beite- og rasteplass for ender, gjess og muligens vadere.
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Strandeng og strandsump med middels viktig verdi på Langøra sør vil måtte fjernes for å lage våtmarksområde.
		Fjerning av landområdet vil negativt påvirke rødlistede spurvefugler og planten tindved, mens våtmarksområdet vil øke antallet rødlistede vannfugler som gressender, dykkender, fiskender og vadere.
	Anleggstid	Tiltaket antas å kunne ferdigstilles innen 5 år.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	Siden 3 av silingskriteriene i steg 1 ikke er tilfredsstillende er nytten vurdert som liten. Det er antatt en relativ lav anleggskostnad, men det er en ukjent tilleggskostnad ved flytting av Forsvarets virksomhet som er antatt kan være stor.
	Samfunnssikkerhet	Påvirkning på drift både for Avinor og Forsvaret.: For å gjennomføre tiltaket vil det være behov for å bygge ned et

		område som Forsvaret benytter i dag. Forsvaret har i forbindelse med utvidelsesplaner til Avinor og arbeidet med ny kommuneplan gitt signal at dette området er viktig for dem. Det er imidlertid vanskelig å anslå om det er mulig å flytte Forsvarets aktivitet. Det antas derfor at dette er en uakseptabel risiko.
	Prosessrisiko	Tiltaket vil med stor sannsynlighet møte innsigelse. Dette tilsier at tiltaket ikke vil bli en del av kommunens vedtak om reguleringsplan. Kommunestyrets planvedtak kan påklages, men det er lite trolig at klageinstansen kommunen og eventuelt Statsforvalter vil ta en slik klage til følge, så lenge Forsvaret ikke går med på en slik løsning. En må påregne at klagebehandlingen tar lang tid og at utfallet er høyst usikkert.

7.1.3 Omlegging av elveutløpet ved å anlegge en ny molo fra Billedholmen

Målet med tiltaket (tiltak 4, figur 7-1) er å utvide brakkvannsområdet som ligger mot Billedholmen og i området nord for moloen, sør for flystripa og innenfor beredskapshavnen til Avinor, se illustrasjon i figur 7-5.

Nytt kompensasjonsområde er tilsvarende det som diskutert i kapittel 7.1.1, det vil si sammenlignbart med nr. 2 i figur 7-1. I dag har sjøområdet nord for moloen funksjon som beiteområde for sjøørret, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda. Dette kan ha sammenheng med at området i dag er relativt marint og kraftig eksponert for bølgeslag fra fjorden.



Figur 7-5: Skisse som viser mulig løsning for etablering av ny molo (rød farge). Lyseblå streker illustrerer ferskvann fra Stjørdalselva.

7.1.3.1 Beskrivelse av tiltaket

Tiltaket innebærer å bygge en ny molo på ca. 1000 m, fra Billedholmen og i retning av flystripa (figur 7-5). Det er tenkt å beholde dagens molo, eller deler av moloen. Dersom man fjerner eksisterende molo, vil det endre på strømningsmønstret ved Hellstranda. Det vil oppstå erosjon i den nordlige delen av bløtbunnsområdet som er der i dag. I tillegg vil brakkvannsområdet fordeles mer jevnt utover hele området, noe som vil øke den gjennomsnittlige saliniteten. Det vil si at saliniteten vil øke i den sørlige delen av Hellstranda, og bli lavere lengre mot nord. Det samme vil skje med temperaturen.

Ved hjelp av ny molo fra Billedholmen, vil man kunne skjerme for sterkere bølger og marin påvirkning fra vest, samt lede ferskvann fra Stjørdalselva inn mot området nord for moloen, nærmere Langøra sør. Området er relativt langgrunt, men området lengst mot vest i området merket som nr. 2 i figur 7-1 må trolig fylles ut for at et større område skal tørrlegges ved fjære sjø.

7.1.3.2 Beskrivelse av framtidig hydraulisk situasjon

Det forventes at etableringen av ny molo til en viss grad vil øke motstanden ferskvannsutstrømninga til fjorden. Dette vil medføre en mindre, overordna reduksjon i strømhastighet. Lokalt vil det kunne oppstå vesentlige endringer i strømmønstre, noe som kan medføre endringer i erosjon og sedimentasjon av bunnsubstratet. Den nye

moloen vil også hindre bølgepåvirkning inn mot Hellstranda. Det forventes i tillegg at det vil sedimenteres i området nord for dagens molo, og i området som er merket som nummer 2, mot Langøra sør. Dette på grunn av stor reduksjon i bølgepåvirkning og strømhastighet.

Det forventes at den nye moloen vil lede elvestrømmen rett på område nr. 2 i figur 7-1 og blandes med marint vann som kommer fra nordvest. I område nr. 2 vil det da bli et brakkvannsområde som kan tørrlegges ved sjø dersom man fyller ut tilsvarende i området.

Ved Hellstranda tyder hydrauliske vurderinger på at strømningsforholdene sannsynligvis ikke blir slik det er i dag. Hellstranda ligger i dag i ytterkant av elvestrømmen og er et rolig område. Svingen på den nye moloen vil mulig medføre høy strømhastighet i yttersvingen, og utgraving av sediment som ligger der. Det antas også at strømhastigheten ved Hellstranda blir høyere enn den er i dag. Det er også mulig at det vil forekomme økt sedimentasjon i den vestlige delen av Skjøtten og Billedholmen.

7.1.3.3 Beskrivelse av anleggsgjennomføring

Billedholmen vil trolig bli sterkt berørt i anleggsfasen, da en må ha tilgang med maskiner og masser for å bygge den nye moloen.

7.1.3.4 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 1

Direkte tilknytning/nærhet: Området vil ha tilknytning til Stjørdalselva sin elveos. Sjøørret vil ha mulighet til å vandre fritt og uhindret mellom elv og brakkvannsområdet, uten å måtte passere marint vann.

Tilsvarende/lik økologisk funksjon: Vurderinga er i dette kompensasjonstiltaket lik vurderinga knyttet til tiltak 2 som beskrevet i kap. 7.1.1. Den nye moloen vil lede elvestrømmen rett på område nr. 2 i figur 7-1 og blandes med marint vann som kommer fra nordvest. Det vil dannes et brakkvannsområde, som vil tørrlegges ved fjære sjø, dersom man fyller ut tilsvarende i området mot vest. I tillegg forventes det at det over tid vil sedimenteres materiale fra elva i område 2. Jevn tilførsel av ferskvann fra Stjørdalselva og marint vann fra fjorden, vil sørge for tilgang på varmt elvevann i sommersesongen og oksygenrike forhold i vannsøylen. Det antas dermed at området vil kunne fungere som beiteområde for sjøørret.

Kompensasjonsområdets areal: Det er ikke regnet på areal, men det antas at området vil kunne bli minst like stort som det arealet som går tapt på grunn av vegtiltaket ved Hellstranda.

Påvirkning på funksjonsområde for sjøørret: Området har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved dagens Hellstranda [4], se kapittel 5.4.1 for nærmere beskrivelse. Foreslått tiltak vil

tilføye dagens beiteområde nord for moloen brakkvann, og er dermed å anse som et positivt tiltak i beiteområdet nord for moloen.

Hydrauliske vurderinger tyder på at strømningsforholdene sannsynligvis ikke blir slik det er på Hellstranda i dag. Hellstranda ligger i dag i ytterkant av elvestrømmen og er et rolig område. Svingen på den nye moloen vil mulig medføre høy strømhastighet i yttersvingen, og utgraving av sediment som ligger der. Det antas også at strømhastigheten ved Hellstranda blir høyere enn den er i dag. Området ved Hellstranda vil mest sannsynlig få noe redusert salinitet, det vil si at det blir mer ferskvannsprega enn det er i dag. Dette fordi ny molo vil innsnevre tverrsnittet og øke motstanden der det er utveksling av marin- og ferskvann fra elva. Det antas derfor at beiteområdet ved dagens Hellstranda blir påvirket.

Påvirkning på funksjonsområde for fugler: Det nye området nært flystripa er ikke del av et definert viktig funksjonsområde for fugl, som for eksempel hekke-, raste- eller trekkområder for rødlistede arter, sammenlignet med områdene rundt. Det inngår likevel i et større næringssøksområde for fiskespisende ender, lommer og storskarv som benytter grunne kystnære områder med tilgang på småfisk og annen byttedyrfauna. Potensielt kan tiltaket føre til økt sedimentering langs Langøra sør som vil gjøre området mer attraktivt for ender og vadere. Områdene nært Billedholmen er imidlertid et viktig fugleområde, men tiltaket vil trolig ha liten påvirkning på områdets kvaliteter for fugl.

Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter: Det er registrert naturtypen bløtbunnsområder i strandsonen lengst sør mot Langøra Sør. Tiltaket vil ikke påvirke dette annet enn fotavtrykket til ny molo.

For den rødlistede arten atlantisk laks vil ikke tiltaket ha noe betydning, da laksen i motsetning til sjøørreten oppholder seg i elveosen kun i kort tid.

Det er ikke forventet at tiltaket negativt påvirker rødlistede arter i området, men det kan derimot forbedre forhold for næringssøk hos rødlistede vadere og ender.

Tid: Når det gjelder anleggstid, antas det at selve tiltaket vil kunne ferdigstilles i løpet av 5 år.

7.1.3.5 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 2

Samfunnsøkonomi: I forhold til nytte som er vurdert i steg 1 av silingskriteriene er bare beiteområdet for sjøørret ved Hellstranda, som kan bli redusert dersom det blir mindre brakkvann i området enn det er i dag, som er vurdert som ikke tilfredsstillende.

Skissert molo er ca. 1000 m lang. Etablering av den nye moloen vil komme nært marbakken i vest. Dette vil med stor sannsynlighet medføre dårlig stabilitet og at

moloen sannsynligvis må bygges nærmere land. Det er da sannsynlig at deler av dagens molo må fjernes. Tiltaket vil med stor sannsynlighet bli svært kostbart.
Det er derfor vurdert at tiltaket har «stor negativ virkning» på samfunnsøkonomi.

Samfunnssikkerhet: Det er utført en overordnet risikovurdering av de ulike kompensasjonstiltakene for å vurdere samfunnssikkerheten [53].

Tiltaket vil få mange av de samme virkningene som er beskrevet for område 2 som er beskrevet i kapittel 7.1.1.

Flyplass-sikkerhet (*birdstrike*): Området vil bli mer attraktivt for ender som beiteområde, og muligens vadere gitt at lagunen er grunn nok. Det er mulig at gjess vil bruke området som rasteplass i likhet med nærliggende områder. Artene som vil tiltrekkes til et mer næringsrikt område er blant annet måker. Selv om måker hyppig er involvert i slike hendelser, er de generelt mindre alvorlige enn kollisjoner med større arter som gjess. Mesteparten av artene som vil tiltrekkes til et mer næringsrikt område er det forventet at antall *birdstrike* ikke øker mye. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må utføres risikovurdering etter Avinor sin metodikk. Ut fra dette utarbeides det tiltak for å holde fuglene unna flystripa. Det er derfor vurdert at det er behov for å gjøre tiltak med noe kostnadsøkning for å redusere den avdekkede risikoen. Vurdert til middels negativ virkning.

Flyplass-sikkerhet og nasjonal og internasjonal sikkerhet (tilsiktede hendelser): Forsvaret har interesser rundt Billedholmen. Det er imidlertid vanskelig å anslå hva dette betyr for nasjonal sikkerhet. Det er antatt at det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må i samarbeid med Forsvaret avklares hva dette har å si i forhold til nasjonal og internasjonal sikkerhet. Det er mye usikkerhet rundt denne vurderingen, men det antas at nødvendige tiltak medfører noe kostnadsøkning. Vurdert til middels negativ virkning.

Påvirkning på drift både for Avinor og Forsvaret: Forsvaret har interesser rundt Billedholmen. Det er imidlertid vanskelig å anslå hva dette betyr for driften til Forsvaret. Det antas her at tiltaket medfører risiko for Forsvaret, og at det fins tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må i samarbeid med Forsvaret avklares hva dette har å si i forhold til deres drift. Det er mye usikkerhet rundt denne vurderingen, men det antas at nødvendige tiltak medfører noe kostnadsøkning. Vurdert til Middels negativ virkning.

Ras/skred/undersjøisk ras: Grunnforholdene i område 2 tilsier at det ikke er sannsynlig at det oppstår undersjøiske skred der. Etablering av den nye moloen vil komme nært marbakken i vest. Dette vil med stor sannsynlighet medføre dårlig stabilitet og at moloen sannsynligvis må bygges nærmere land. Det er da sannsynlig at deler av dagens molo må fjernes. Det er avdekket risiko med behov for tiltak som kan redusere risikoen

til et akseptabelt nivå. For å sikre stabiliteten til ny molo vil det kreve store ekstra kostnader enn om at grunnforholdene var gode. Vurdert til stor negativ virkning.

Flom (erosjon), stormflo og bølgehøyde: Ny molo vil redusere bølgende som i dag skyller inn over område 2. De er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket.
Det bør utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging og ny molo prosjekteres etter gjeldende krav. Vurdert til ubetydelig virkning.

Isgang i Stjørdalselva: Ny molo vil redusere bølgende som i dag skyller inn over område 2. Samtidig vil den nye moloen medføre at isgangen fra elva får en lengre vei å gå før den kommer ut i fjorden. Dette kan medføre en større risiko for oppstuvning av is Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det bør utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging, og det bør utredes muligheten og konsekvensen av isgang med tilhørende tiltak. Det antas at det vil være behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning. Vurdert til middels negativ konsekvens.

Akutt forurensning/miljøpåvirkning: Ved akutt forurensning i elva vil den nye moloen føre forurensningen mer mot område 2 enn ut i fjorden som i dag. I anleggsgjennomføringen skal det graves og legges ut masser i vann. I dette tiltaket må man grave ut stedlige masser for å kunne legge massene til ny molo. Partikkelspredning til vann i anleggsperiode vil kunne påvirke både terrestriske og akvatiske arter. Det er også risiko for spredning av oljestoffer eller kjemikalier dersom det skjer ulykker under arbeidene. Lyd- og lysforurensing kan også oppstå. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Tiltak for akutt forurensning bør innarbeides i kommunes beredskapsplan. Det må utarbeides en plan for hvordan gravearbeidet i vann skal foregå for å minimere skadene på miljøet. Det må også utarbeides beredskapsplan for å hindre spredning ved ulykker. Tiltakene er vurdert til å medføre noe kostnadsøkning. Vurdert til Middels negativ virkning.

Total vurdering av alle risikoene som er vurdert under samfunnssikkerhet medfører at dette forslaget til tiltak er vurdert til å være stor negativ virkning.

Prosessrisiko: Tiltaket vil få mange av de samme virkningene som er beskrevet for område 2 som er beskrevet i kapittel 7.1.1.

Det nye bløtbunnsområdet i område 2 vil være en del av gjeldende kommunedelplan og foreslåtte kommuneplan som er avsatt til utvidelse av Trondheim lufthavn Værnes [56]. Dette medfører at dette tiltaket er i konflikt med planer Avinor og Forsvaret har. Det er både fare for innsigelse som følge av risiko for konflikt med Avinor og Forsvaret sine utbyggingsplaner og at Avinor vil kreve at det foretas utredninger av *birdstrike* i henhold til deres metodikk. Det er ikke usannsynlig at det vil bli krevd utreding av realistiske alternativer for utvikling av Trondheim lufthavn Værnes og Forsvaret. Dette medfører at det er risiko for at dette tiltaket vil være vanskelig å få godkjent av alle

sektormyndighetene. Innsigelse må påregnes, og det er lite trolig at planmyndigheten vil godkjenne dette tiltaket. Det vil derfor være lite sannsynlig med en godkjent reguleringsplan der dette tiltaket er innarbeidet. Det er derfor vurdert at tiltaket har svært stor negativ virkning innen prosessrisiko.

7.1.3.6 Oppsummert vurdering av tiltaket

Ut ifra en samlet vurdering oppnår ikke tiltaket måloppnåelse innen silingskriterier i steg 1 og 2. Det vurderes dermed som et lite aktuelt kompensasjonstiltak, i hovedsak fordi tiltaket vil ha konflikt med Avinor sine planer for utvidelse av flyplassen og dårlig samfunnsøkonomi som følge av svært høye kostnader og moderat effekt av tiltaket. Det er også knyttet usikkerhet til om tiltaket vil påvirke dagens bløtbunnsområde ved Hellstranda, slik at det totalt sett blir et større tap enn det som direkte forårsakes av vegtiltaket.

Tabell 7.3 oppsummerer den overordnete vurderinga for hvert silingskriterium.

Tabell 7-3: Oppsummering av vurdering av silingskriteriene i steg 1 og steg 2 for kompensasjonstiltaket «Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa». Fargeskala tas fra kap. 6.

	Silingskriterium	Vurdering
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet til utløpet av Stjørdalselva	Området vil ha tilknytning til elveosen, slik at sjøørret kan vandre fritt mellom elv og brakkvannsområde uten å måtte passere marint vann.
	Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret	Det vil dannes et brakkvannsområde nord for moloen som vil tørrlegges ved fjære sjø, dersom man fyller ut i sjø mot vest. Over tid vil også området tilføyes sedimenter fra Stjørdalselva. Jevnlig tilførsel av varmt elvevann om sommeren, og gode oksygenrike forhold i vannsøylen.
	Kompensasjonsområdets areal	Det antas at området vil bli minst like stort som det tapte arealet ved Hellstranda.
	Påvirkning på nærliggende habitat for sjøørret og fugl	Sjøørret i nytt kompensasjonsområde: Område 2 har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret, men i mye mindre grad sammenlignet med Hellstranda. Tilførsel av brakkvann i område 2 ansees som positivt for sjøørret og beitefunksjonen.
		Sjøørret ved Hellstranda: Brakkvannsområdet ved Hellstranda vil bli mer ferskvannspreget, og det forventes høyere strømhastighet i området sammenlignet med slik det er i dag. Dette vil påvirke dagens funksjonsområde for sjøørret.
		Fugl: Det kan bli flere fiskespisende fuglearter i området, og hvis det blir økt sedimentering øst i området flere vadere og måker.
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Tiltaket vil ikke påvirke registrerte bløtbunnsområder vesentlig bortsett fra fotavtrykket til deler av ny molo.

	Silingskriterium	Vurdering
		Tiltaket vil ikke ha en positiv eller negativ effekt på terrestriske naturtyper.
		For Atlantisk laks vil ikke tiltaket utgjøre en stor forskjell, da laks ikke oppholder seg lenge i elveosen. Ingen rødlistede arter er forventet til å bli negativt påvirket av tiltaket, men tiltaket kan være positivt for rødlistet fugl hvis det bedrer forholdene for næringssøk.
	Anleggstid	Tiltaket antas å kunne ferdigstilles innen 5 år.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	Store kostnader ved å bygge molo, trolig stabilitetsproblemer og eventuell fjerning av deler av dagens molo og nytten er vurdert som moderat siden alle silingskriteriene i steg 1 ikke er tilfredsstillende.
	Samfunnssikkerhet	Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå for faren for *birdstrike*, generell sikkerhet på flyplassen, driften på flyplassen, faren for isgang og akutt forurensing. Det er trolig behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning for disse. Pga faren for undersjøisk ras er det påregnet stor kostnad,
	Prosessrisiko	Det er direkte konflikt med gjeldende kommunedelplan, foreslått kommuneplan og Avinors utbyggingsplaner og vil med stor sannsynlighet få innsigelse. Det er også stor sannsynlighet for at innsigelse blir tatt til følge. En må uansett påregne at klagebehandlingen tar lang tid før et endelig vedtak og/eller stadfestelse vil finne sted. Det er også sannsynlig at Avinor vil kreve vurdering av *birdstrike* etter deres metodikk som er mer omfattende enn det som er utført i denne utredningen.

7.2 Andre foreslåtte kompensasjonstiltak ifm medvirkningsmøter

I tillegg til de fire kompensasjonstiltakene som ble foreslått i NTNU sin rapport fra 2020 [1], er det i medvirkningsmøtene blitt diskutert andre områder som kan ha potensial til å erstatte tapt bløtbunn i forbindelse med vegtiltaket. Disse er blitt silt ut i tidlig fase fordi de ikke svarer ut silingskriteriene. En overordnet vurdering av tiltakene og hvorfor de er silt ut i tidlig fase er gitt i kapitlet. Det er ikke gjort en systematisk gjennomgang ved hjelp av silingskriteriene i steg 1 og 2 slik som i kapittel 7.1

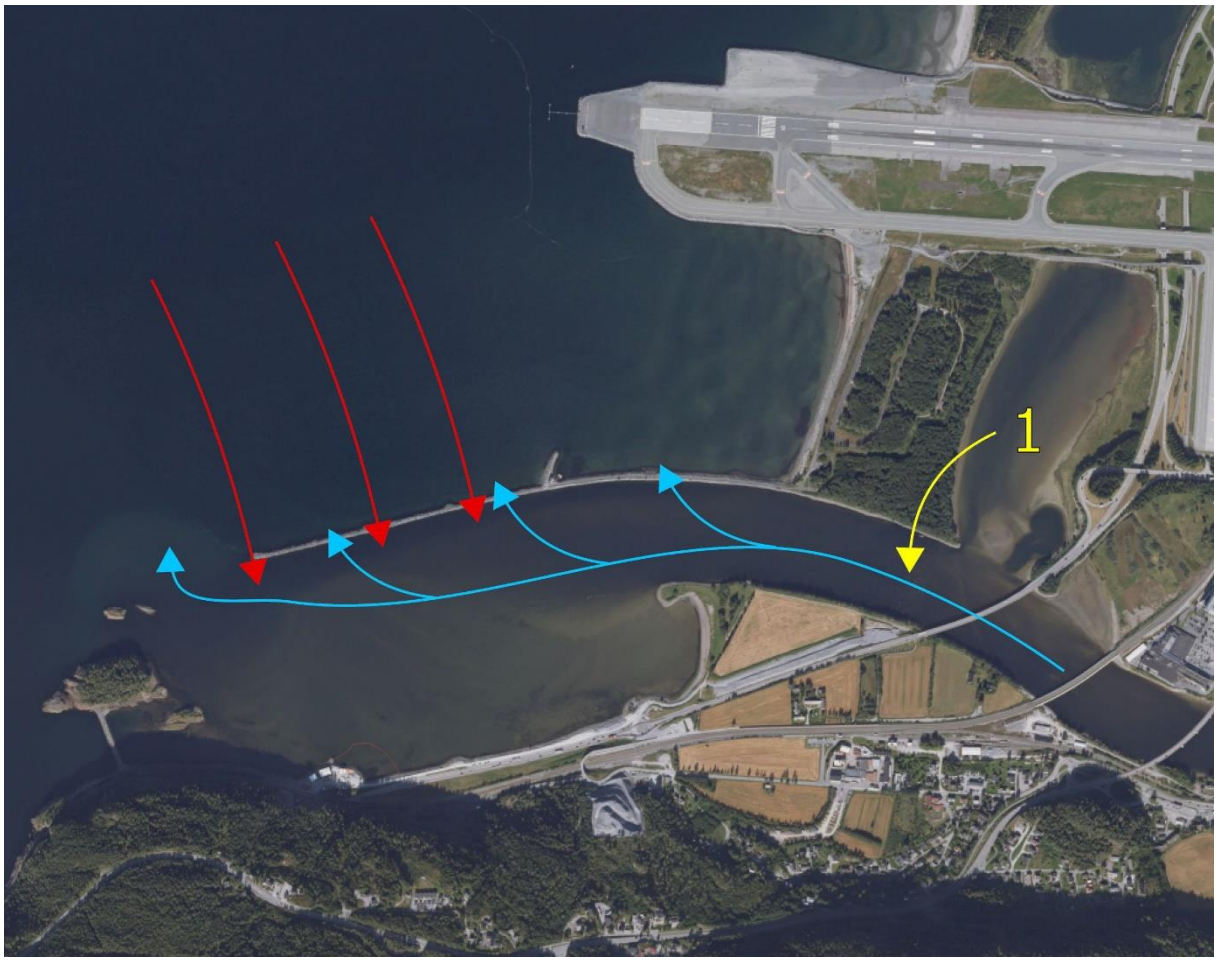
7.2.1 Fjerne dagens molo ved Hellstranda, samt helt eller delvis fjerning av terskel

Det er vurdert om en det er mulig å fjerne deler av dagens molo delvis eller helt slik at området blir mer likt slik området var opprinnelig før stenging av det tidligere utløpet til Stjørdalselva og etablering av moloen på 50-tallet. Moloen hadde opprinnelig som hensikt å hindre isgang fra Stjørdalselva å nå området ved flyplassen. I perioden fra

1963 – 1976 ble det etablert en lavvannsterskel (sjeté) i svingen ved det opprinnelige elveutløpet, for å hindre marint vann i og komme langt opp i elva (se også figur 7-6).

Delvis eller fullstendig fjerning av molo vil føre til økt bølgepåvirkning og bølgegenerert strøm, som vil skape mindre rolige forhold sammenlignet med slik det er i dag ved Hellstranda. Dette kan medføre at finere masser blir vasket ut, noe som vil endre bløtbunnsområdet. I tillegg vil området få mindre brakkvannskarakter enn det har i dag, dette fordi marint vann kan strømme inn i området, og ferskvann fra Stjørdalselva vil ledes ut av området allerede ved Langøra sør.

Det er også nødvendig å vurdere potensialet for utvasking av sedimenter langs Hellstranda for eventuelt å ta det i betraktning i designet av høyvannssikringen langs vegen, for å sikre dens stabilitet. I tillegg vil den økte bølgepåvirkningen kreve at man justerer sikringskoten ut fra et gitt bølgetillegg.



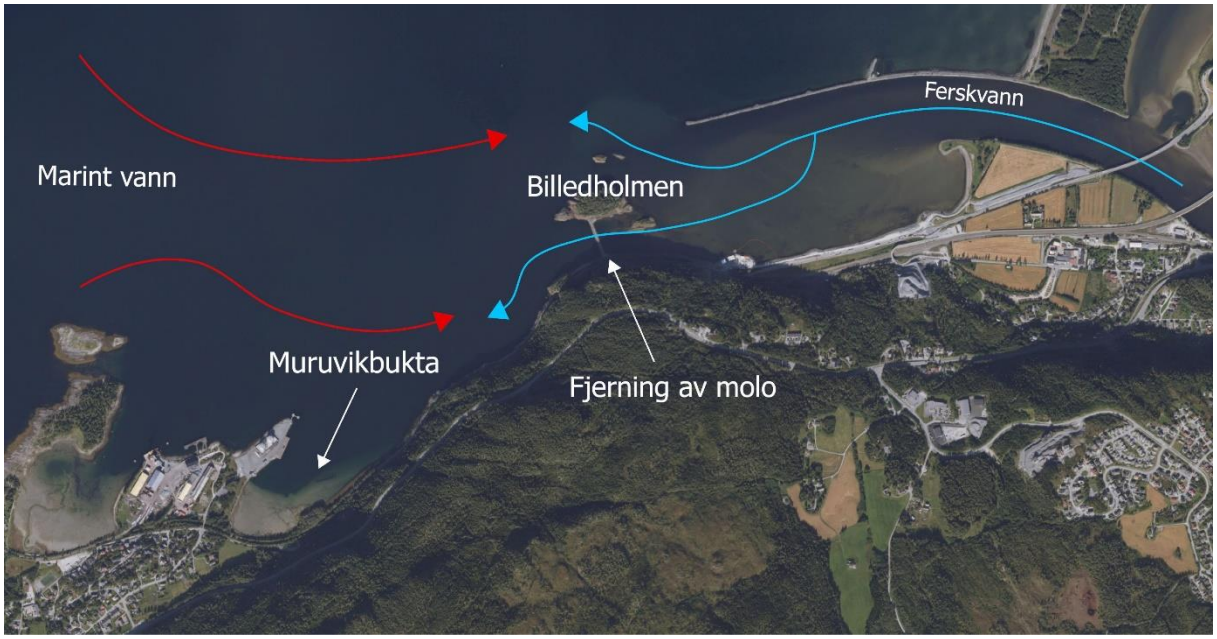
Figur 7-6: Rød streker er bølgepåvirkning fra fjorden, marint vann fra Stjørdalsfjorden. Blå streker er ferskvann fra Stjørdalselva. Gul farge nr1 – terskel.

Fjerning av moloen vil redusere flomhastigheten, men vil ikke gjøre noe med høyden på flommen som kan oppstå i Stjørdalselva. Terskelen i utløpet av Stjørdalselva regulerer dagens flomsituasjon. Terskelen ble etablert for å tilføre Stjørdalselva en viss motstand, ettersom selve elveløpet ble rettet ut og gjort kortere sammenlignet med det tidligere utløpet nord for flystripa. Dersom man reduserer motstanden i ei elv, vil strømhastigheten økes, og vannet vil renne raskere ut. Dersom det er en viss motstand, som her ved hjelp av terskelen, vil strømhastigheten bli noe lavere, og vannstanden (i elva) vil stige. I tillegg vil deler av det gamle elveløpet som ligger sør for flystripa, trolig bli et våtmarksområde som vil tiltrekke fugler dersom man fjerner terskelen. Dette fordi elvevannet vil renne raskere ut mot utløpsområdet. I dag fører terskelen til at det kommer jevnlig nye vannstrømmer til det gamle elveleiet. Dette området har i dag en viktig funksjon som overvintringsområde for sjøørret.

Samlet sett vil dette tiltaket medføre et større totalt tap av bløtbunnsområdet ved Hellstranda enn bare på grunn av vegtiltaket. Fjernes moloen vil brakkvannshabitatet som er i gruntvannsområdet ved Hellstranda i dag bli redusert eller forsvinne i sin helhet. I tillegg kan det om vinteren medføre isgang som vil påvirke blant annet flyplassen og behov for ny beredskapsbåthavn for Avinor. Tiltaket vil også medføre endringer i dagens overvintringsområde for sjøørret i det gamle elveleiet.

7.2.2 Åpning av moloen ved Billedholmen

Det er foreslått å åpne opp moloen som går fra land ved tunnelåpningen til Billedholmen, se illustrasjon i figur 7-7. Moloen ble anlagt for å hindre ferskvannspåvirkning som kunne medføre is ved Muruvik havn. Moloen skjermer i dag for marin påvirkning fra vest mot Hellstranda, og ferskvannspåvirkning fra øst mot Muruvikbukta.



Figur 7-7: Skisse som viser tenkt åpning av moloen som går ut mot Billedholmen. Blå piler illustrerer ferskvann fra Stjørdalselva og røde piler illustrerer marint vann fra Stjørdalsfjorden. Bakgrunnskart: [13].

Åpning av moloen vil medføre tilførsel av ferskvann fra Stjørdalselva og dermed også tilførsel av is til havna i Muruvik. Forsvaret har også interesser i området som trolig ikke er forenelig med åpning av moloen.

Det er knyttet usikkerheter til om djupålen som ligger sør for moloen vil endre løp, og om dette da vil medføre at mer bløtbunnsareal i de grunne områdene ved Hellstranda kan gå tapt. Tilførsel av marint vann via området sør for Billedholmen vil også gi torsk bedre vilkår, som igjen vil konkurrere med sjøørret.

Det er derfor vurdert at dette tiltaket ikke er egnet som kompensasjonstiltak.

7.3 Andre utbedrende tiltak

I medvirkningsmøtene (kapittel 2.5) er det blitt diskutert flere mulige tiltak som ikke har som mål å kompensere for tapt bløtbunn på grunn av vegtiltaket, men som kan ansees som mulige tiltak for å forbedre miljøet på andre områder. Planlagt vegtiltak vil medføre bortfall av ca. 9 500 m^2 bløtbunnsområde som i dag fungerer som beiteområde for sjøørret. Et kompensasjonstiltak har som mål å erstatte et område med samme type funksjon som det området som går tapt i forbindelse med vegtiltaket. Med hensyn til sjøørreten kan andre tiltak som for eksempel utbedring av gyteplasser lengre oppe i Stjørdalselva, eller utbedring av for eksempel overvintringsområder være gode tiltak. Men de vil ikke erstatte beiteområder, og dermed vil arealet på tilgjengelige beiteområder i elveosen til Stjørdalselva bli redusert, noe som kan medføre en reduksjon av sjøørret på populasjonsnivå. Redusert matfat (beiteområde) betyr økt

konkurranse om gjenstående matfat. Matfat i elveoser er allerede under press, og økt konkurranse øker presset.

Følgende tiltak er diskutert og blir beskrevet i kapitlet:

a. Forbedring av vanngjennomstrømning i Halsøen ved bruk av rørløsning gjennom Langøra nord.
b. Utbedring av gyteområder oppstrøms i Stjørdalselva.

For tiltak a er det gjennomført hydrauliske simuleringer for å se om det er mulig å forbedre vanngjennomstrømninga til Halsøen. Resultatene er oppsummert i kapittel 7.3.1.1 og en detaljert beskrivelse tas fra hydraulisk fagrapport [14]. Det er også gjort en overordnet vurdering av silingskriteriene i steg 1 og 2 for tiltaket. Dette er gjort fordi det har vært stor interesse for dette tiltaket fra sektor- og planmyndighetene og det er derfor sjekket ut effekten av tiltaket.

7.3.1 Forbedring av vanngjennomstrømning i Halsøen – rørløsning gjennom Langøra nord

Målet med tiltaket er å forbedre vannkvalitet med hensyn til oksygenforhold i Halsøen. Det foreslåtte tiltaket innebærer at det etableres rør gjennom Langøra nord, slik at det oppnås en vannutveksling mellom henholdsvis Stjørdalsfjorden på vestsida og Halsøen på østsida av Langøra nord. Figur 7-8 illustrerer tiltaket. Området ved Halsøen har i dag delvis dårlige oksygenforhold i bunnvannet, se også kapittel 5.1.3 for beskrivelse av dette.

Anleggsarbeidet med å legge ned rør for å få vanngjennomstrømning gjennom Langøra nord, kan gjennomføres etter kjent metodikk og tiltaket kan trolig gjennomføres med flyplassen i drift. Anleggsgjennomføringen vil være mest effektiv ved mulighet for massetransport via flyplassen, men dette må avtales særskilt med Avinor da det trolig kommer i konflikt med flytrafikken. Alternativt må arbeidet gjennomføres via lekter.



Figur 7-8: Illustrasjon av tenkt åpning gjennom Langøra sør for å forbedre vannkvaliteten i Halsøen. Merk at figuren ikke viser nøyaktig plassering eller gjennomføring. Bakgrunnskart [13].

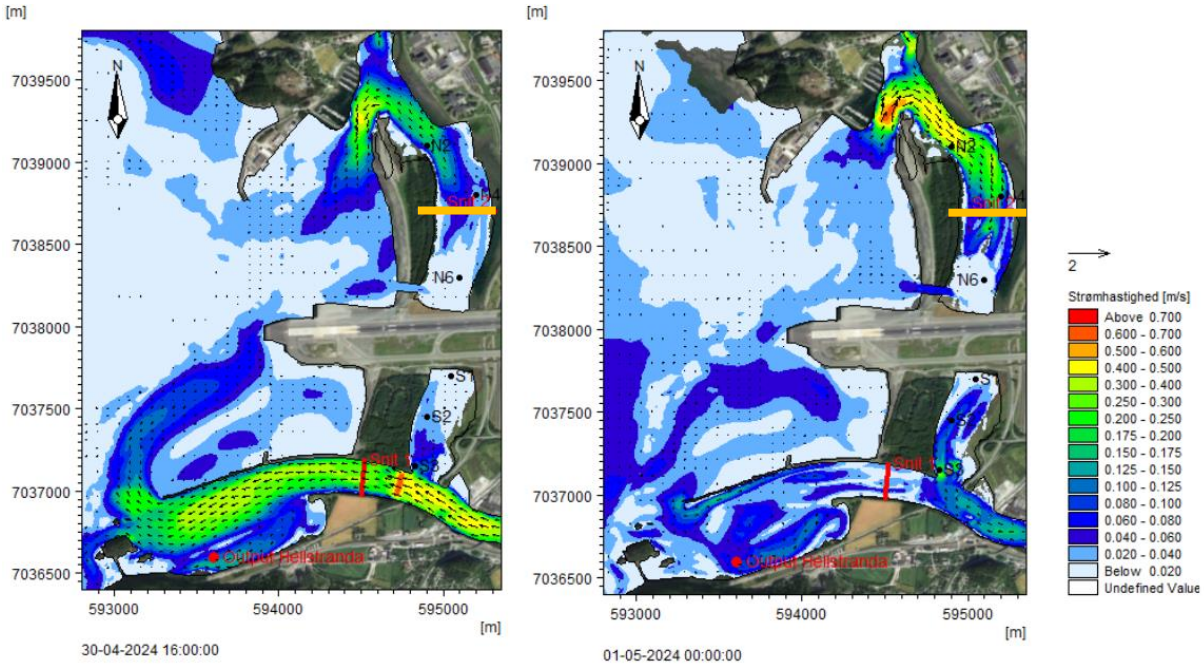
Oppsummert viser resultatene fra den hydrauliske modellen at det kan være mulig å oppnå vannutskiftning mellom Halsøen og Stjørdalsfjorden via en rørløsning gjennom Langøra nord. Resultatene viser at det er små vannvolumer som skiftes ut mellom de to områdene. Noen områder i Halsøen vil ha mer stillestående vann, siden vannet nå kan strømme ut to steder – gjennom rørgjennomføringa og mot nord. Gjennomstrømninga styres i stor grad av tidevannsforskjeller. Merk at dette er kun en svært innledende undersøkelse for å vurdere om det potensielt kan være mulig å oppnå vannutskiftning. Det vites ikke nok om for eksempel faktiske variasjoner i dybdeforhold samt sedimenttransport i området.

Som beskrevet innledningsvis i kapittel 7.3, har ikke tiltaket som mål å erstatte for tapt beiteområde ved Hellstranda. Derfor må et slikt tiltak gjøres i en annen sammenheng. Det er også usikkerhet om dette er i konflikt med Forsvaret sin interesse i området.

7.3.1.1 Resultater fra hydraulisk modellering

Det er sett på strømretning og -hastighet samt vannføring i Halsøen. I den hydrauliske modellen er det lagt inn sirkulære rørgjennomføringer (1 – 3 rør). Det legges til grunn en rørdimensjon på 2 m, der bunnen på røret ligger under lavvann (kote på -1 m), slik at det alltid er vanngjennomstrømning i røret igjennom en tidevannssyklus. Total lengde estimeres til å være ca. 370 m for å kunne ligge under fjære sjø. Merk at vanndybder ved Halsøen ikke er fullstendig kjent. I modellen tas det høyde for at røret er sedimentfritt.

Framtidige strømforhold er vist i figur 7-9 (avtagende tidevann til venstre og stigende tidevann til høyre). Som det framgår av kartene, oppstår det vannutveksling gjennom rørløsninga. Det er beregnet vannføring (ikke vist i figuren) i et punkt i tverrsnitt 2 ved Halsøen, se oransje linje i kartet. Resultatene viser at ved bruk av 1 – 3 rør på kote -1 m i modellen, vil dette redusere vannføringa i Halsøen gjennom tverrsnitt 2. Dette fordi vannet kan strømme ut i Stjørdalsfjorden både via rørene og den nordlige delen av Halsøen.



Figur 7-9: Strømhastighet med 3 rør igjennom Langøra nord. Til venstre er avtagende tidevann der vannet strømmer ut fra området i Halsøen, og til høyre er stigende tidevann der vannet strømmer inn i Halsøen. Merk at det i figuren ser ut som en åpen kanal gjennom Langøra nord. Dette er kun visuelt i kartet.

7.3.1.2 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 1

Siden tiltaket ikke har som hensikt å kompensere for tapt bløtbunnsområde med funksjon som beiteområde for sjøørret, er ikke alle silingskriteriene i steg 1 vurdert for dette tiltaket, men kun de som er relevante for dette tiltaket.

Halsøen har funksjon som beiteområde for fugl. Området er svært næringsrikt, mye av dette er fordi organisk materiale ikke vaskes lett vekk og er derfor tilgjengelig for de organismer som fugl beiter på her. Det er tilførsel av elvevann (Gråelva) lengst nord i området. Rørløsning gjennom Langøra nord vil kunne gi noe mer oksygentilførsel, men det vil trolig ikke påvirke næringsmengden i Halsøen Det forventes derfor at tiltaket ikke vil påvirke fuglene vesentlig i forhold til i dag.

Det forventes ikke påvirkninger på naturtyper på Langøra nord dersom området tilbakeføres etter endt anleggsfase. Det forventes ingen påvirkning på rødlistede arter, utenom fugl, som er registrert i området, forutsett at anleggsfasen gjennomføres med gode avbøtende tiltak og at området tilbakeføres til opprinnelig tilstand etter bygging av rørgjennomføringer.

7.3.1.3 Overordna vurdering av silingskriterier i steg 2

Siden dette tiltaket ikke har som mål å kompensere for tapt bløtbunn på grunn av vegtiltaket, men kan ansees som mulige tiltak for å forbedre miljøet på andre områder, vil ikke tiltaket være god samfunnsøkonomi i forhold til å kompensere for tapt bløtbunn som følge av vegtiltaket. Knyttet opp mot et eget miljøprosjekt for dette området, så kan dette tiltaket derimot ligge an til å kunne gi samfunnsnytte. Begrunnet med at tiltaket har en positiv effekt på nytten for en del miljøtema og kostnadene er relativt lave. Det må i så fall utredes videre i forbindelse med et slik miljøprosjekt.

Tiltaket er ikke kostnadsberegnet, men anslås til å være blant de rimeligste kompensasjonstiltakene diskutert i kapittel 7.1 samt i kapittel 8. Det er forventet at dette tiltaket vil kreve hyppig vedlikehold da det er stor sannsynlighet for at rørene over tid vil tettes igjen. Løsningen er også avhengig av at det kommer jevnlig større vannmengder gjennom rørene som skyller vekk sanda. Bølger virvler opp sand som fyller rørene og en kystparallell strøm vil hindre at sanda kan føres ut av rørene, i tillegg kan det oppstå sedimentasjon nært rørene dersom strømmen fører med seg mye materiale. Dette vil medføre høye vedlikeholdskostnader.

I forhold til samfunnssikkerhet så er tiltaket vurdert å ha middels negativ virkning. Røret vil bli lagt utenfor rullebanen og taksebanens sikkerhetssone. Tiltaket bør kunne gjennomføres greit innenfor de kravene som Avinor og Forsvaret vil stille i forhold til anleggsgjennomføring og da bør det ikke påvirke driften til Avinor og Forsvaret. Med akutt forurensning i det gamle elveløpet eller i sjøen vil rør kunne bidra til spredning på begge sider av Langøra nord. Det er vurdert at det er lite graving i direkte vann, men området er vurdert sårbart i forhold til miljøpåvirkning. Det er antatt at tiltakene vil medføre noe kostnadsøkning. Det må utarbeides en plan for hvordan gravearbeidet i vann skal foregå for å minimere skadene på miljøet og en beredskapsplan ved ulykker. Det må også påregnes restriksjoner fra Avinor i forbindelse med anleggsfase. Det er forventet få endringer fra dagens situasjon, bortsett fra en liten økning i bevegelse i vannmassene. Dette vil ikke påvirke fuglelivet betydelig, og risikoen for *birdstrike*

forventes å forbli uendret. I utførelsesfasen kan graving tiltrekke seg måker og kråkefugl på grunn av eksponering av mark og andre smådyr. Selv om det antas at det blir små endringer for fugl antas det at det likevel må utføres risikoanalyse etter Avinor sin metodikk siden området er nært flyplassen. Det er vurdert at det trolig behov for tiltak som medfører noe kostnadsøkning.

Det er anslått at tiltaket har middels prosessrisiko, men det må regnes med at dette tiltaket vil kreve nærmere utredning med tanke på sikkerheten rundt og på flyplassen og i forhold til Forsvarets interesse i området. På Langøra er arealet nærmest flyplassen avsatt til Forsvaret i kommuneplanen til Stjørdal [56]. Forsvarets bruk/behov er ikke kjent og må eventuelt utredes videre om tiltaket skulle være aktuelt. I tillegg vil Avinor trolig forlange en utredning av *birdstrike* etter deres metodikk.

7.3.1.4 Oppsummert vurdering av tiltaket

Ut ifra en samlet vurdering oppnår ikke tiltaket måloppnåelse innen silingskriterier i steg 1. Det vurderes dermed som et lite aktuelt kompensasjonstiltak, i hovedsak fordi tiltaket ikke kompenserer for tapt bløtbunn. I tillegg vil tiltaket kunne komme i konflikt med Forsvarets og Avinor sine interesser i området. Det må regnes med at dette tiltaket vil kreve nærmere utredning med tanke på sikkerheten rundt og på flyplassen og i forhold til Forsvarets og Avinor sin interesse i området.

7.3.2 Utbedring av gyteområder

Det har også vært diskutert mulighet for å utbedre gyteområder i Stjørdalsvassdraget, det vil si oppstrøms Hellstrandaområdet og elveosen. For å forbedre gyteområder, og dermed øke produksjonen av laks og ørret i regulerte elver som Stjørdalselva, kan en kombinasjon av fysiske og hydrologiske tiltak være nødvendig. Tiltak som dette vil forbedre situasjonen i vassdraget i forhold til gyting, men vil ikke erstatte tapt beiteområde ved Hellstranda. Derfor må et slikt tiltak gjøres i en annen sammenheng.

Et sentralt tiltak er å sikre en jevn fordeling av gyte- og oppvekstområder, noe som reduserer tetthetsavhengig dødelighet og dermed øker rekrutteringen til fiskebestanden. Rensing av substratet gjennom harving, ripping eller spyling kan fjerne finsedimenter og gjenåpne hulrom, noe som gir bedre skjulmuligheter for ungfisk. Denne effekten kan forsterkes ved å legge ut steingrupper og langsgående steinrygger, som både forbedrer skjulkapasiteten og bidrar til mer varierte strømforhold. I tillegg vil restaurering av blottlagte leirflater og gjenåpning av flom- og sideløp øke det tilgjengelige leveområdet og skape mer varierte habitater [58].

På hydrologisk nivå anbefales det å forbedre vannføringsregimet ved å utnytte mulighetene for økt vannføring utover minstevannføringen i perioder med naturlig høyt tilsig. Minstevannføringen i Stjørdalselva er fastsatt i konsesjon for vannkraftverket i Meråker og kan ikke endres, men kraftverkseier (NTE) kan i praksis slippe mer vann enn dette, avhengig av forhold som vanntilsig, magasinstatus og strømpriser. Økt vannføring

kan bidra til å redusere gjentetting av substrat og forebygge stranding. For å sikre langsiktig effekt og justere tiltakene ved behov, er det viktig med regelmessig overvåking av ungfisktetthet, skjulkapasitet og utbredelse av gytegroper [58].

8 Gjenstående kompensasjonstiltak

Etter tidligfasesiling av tiltak som beskrevet i kapittel 7, gjenstår følgende tiltak for å kompensere for bløtbunnsområdet som går tapt ved Hellstranda på grunn av vegutbygging:

1. Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa ved åpning under flyplassen.
5. Flytting av eksisterende molo på Hellstranda.

Tiltak «Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa ved åpning under flyplassen» blir i rapporten vurdert som to muligheter:

a. Full åpning av elveløpet under flystripa og avstenging av utløpsområdet ved Hellstranda
b. Delvis åpning under elveløpet ved hjelp av rørløsninger uten å stenge av utløpsområdet ved Hellstranda

De to mulighetene under tiltak «Restaurering av det gamle elveløpet på nordsida av flystripa ved åpning under flyplassen» tilsvarer varianter på hver sin side av skalaen. Det utelukker ikke at det fins flere muligheter mellom de to forslagene, evt. flere rør eller annen dimensjonering av rør, samt å etablere motstand i utløpet mot Hellstranda, for å aktivt lede elvevannet mot rørløsninger under flystripa.

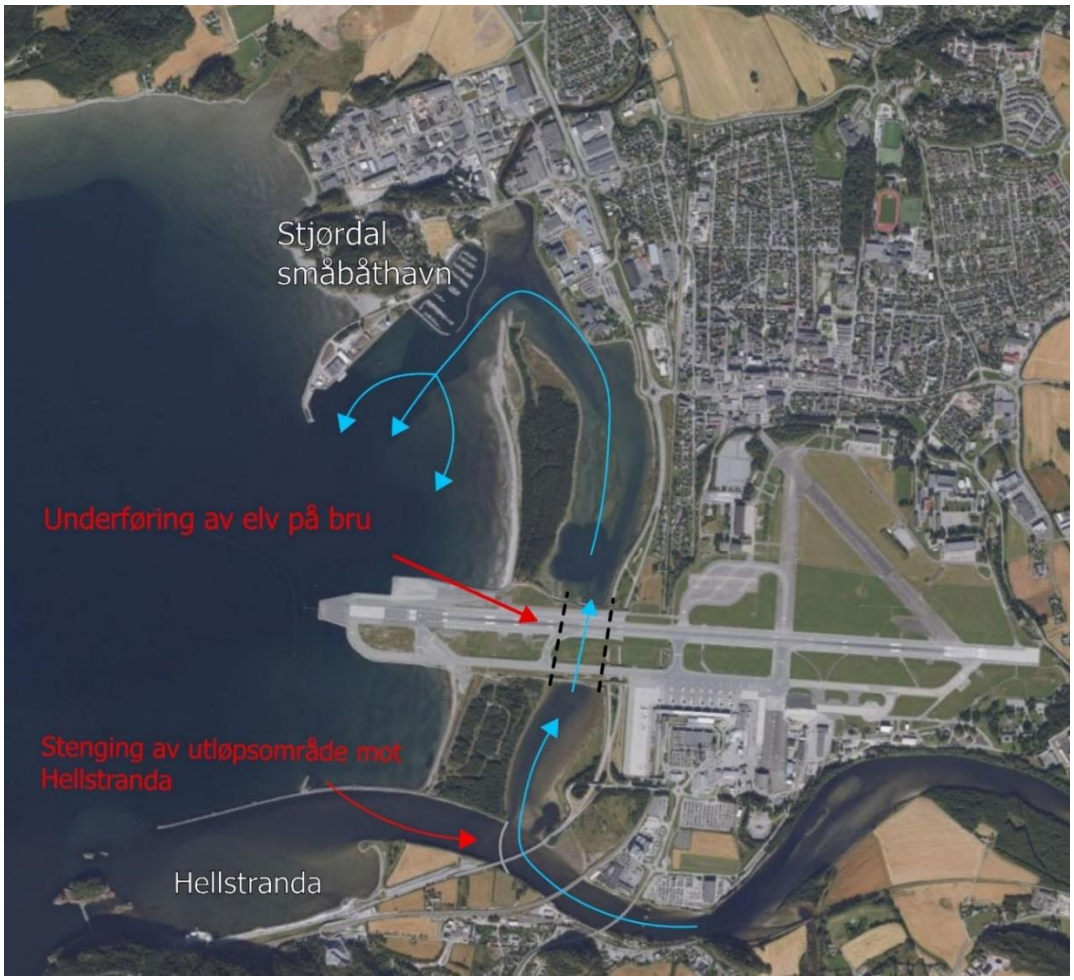
De gjenstående kompensasjonstiltakene som ikke er blitt silt ut i tidlig fase i kapittel 7 blir beskrevet i dette kapitlet og vurdert opp mot silingskriteriene i steg 1 og 2. For å vurdere kompensasjonstiltakene opp mot silingskriteriene i steg 1 (og delvis 2), er det gjennomført hydrauliske simuleringer av strømforhold, vannstand, salinitet og temperatur. Resultatene presenteres som øyeblikksbilde fra et område eller et tidsserieplott fra et representativt punkt i vannsøylen og i et område. En detaljert beskrivelse av hva som ligger til grunn i modellen og hvilke vurderinger som er tatt, tas fra fagrapport hydrologi [14]. Informasjon om funksjonsområder til sjøørret og fugl, naturtyper og rødlistede arter er beskrevet i kapittel 5.

Kostnadsvurderinger i steg 2 er basert på erfaringstall fra lignende prosjekter rådgiver (Rambøll/Henning Larsen) har gjennomført for å estimere kostnadene ved de ulike tiltakene. Kostnaden vurderes opp mot effekten som er vurdert i steg 1. For at det skal betraktes som god samfunnsøkonomi må det oppnås god effekt i forhold til kostnadene. For vurderinger knyttet til samfunnssikkerhet er det gjort en overordnet risikovurdering for å vurdere hvor stor sannsynligheten er for at hendelsen skjer sett opp mot hvor alvorlig utfallet kan bli hvis det inntreffer. For silingskriterium prosessrisiko er det utført en vurdering av antatt prosess de ulike tiltakene må gå gjennom for å bli utført og hvor lang tid det antas å ta. Det blir også vurdert om aktører

kan ha ulike interesser som medfører lenger tidsbruk for å komme til enighet og usikkerhet om tiltaket vil bli besluttet til slutt.

8.1 Restaurering av gammelt elveløp (full åpning under flystripa)

Tiltaket består av en etablering av det opprinnelige elveløpet til Stjørdalselva under flystripa ved Trondheim lufthavn Værnes. Denne varianten av tiltaket innebærer stenging av det nåværende utløpet til Stjørdalsfjorden ved Hellstranda, og dermed føring av alt elvevann i Stjørdalselva under flystripa. Det nye utløpsområdet vil da være mellom Langøra nord og Stjørdal småbåthavn. Føringen av elva under flystripa antas å tilsvare et tilnærmet fullt gjennomstrømningstverrsnitt, det vil si at flystripa legges på ei bruløsning over elva. Figur 8-1 illustrerer tenkt situasjon.



Figur 8-1: Illustrasjon av tiltaket full åpning under flystripa. Stjørdalselva føres under flystripa som ligger på ei tenkt bru. Dagens utløpsområde mot Hellstranda er stengt av slik at det ikke kommer ferskvann fra elva mot Hellstranda og Billedholmen. Bakgrunnskart: [13].

Hensikten med tiltaket er å gjenskape de lokale hydrauliske forholdene nord for lufthavna slik de var før utvidelsen av flyplassen i 1957, og kompensere for beiteareal for sjøørret som går tapt i forbindelse med vegtiltaket ved Hellstranda.

Det er tidligere gjennomført flere tiltak i tilknytning til Stjørdalselva sitt gamle elveløp som har ført til at deler av elvestrekningen har blitt kanalisert. Blant annet er det etablert en molo ved Stjørdal småbåthavn som medfører endret gjennomstrømnings-tverrsnitt ved utløpet. I tillegg har utfylling knyttet til ulike infrastrukturtiltak i det tidligere elveløpet ved Halsøen/Stjørdal, ført til et endret tverrsnitt på elveløpet. Se kapittel 4.1 for beskrivelse av tiltakene. Å åpne opp under flystripa, uten å gjennomføre andre istandsettingstiltak, vil ikke tilsvare en restaurering av elveløpet slik det en gang var. I varianten av kompensasjonstiltaket beholder man flyplassen og flystripa der den er i dag, og det gjøres ingen endringer av andre tiltak i området, og dagens utløpsområde til Hellstranda stenges av. En annen variant med rør under flystripa og nåværende utløpsområde ved Hellstranda beskrives i kapittel 8.2.

8.1.1 Design og anleggsgjennomføring

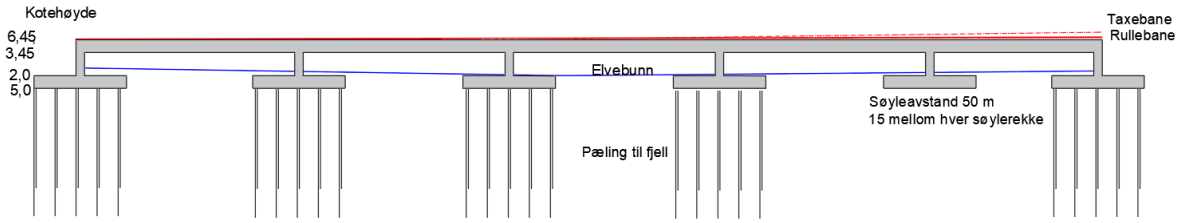
Dagens E6 er anlagt i en nedsenket, vanntett tunnel på ca. kote 0, og krysser under flyplassen i deler av det tidligere elveløpet. En full gjenskaping av det opprinnelige elveprofilet vil derfor kreve at E6-traseen flyttes. Dersom E6-traseen ikke skal flyttes, må det nye elveløpet enten utformes smalere enn historisk bredde, eller utvides vestover inn på Forsvarets område på Langøra sør. På bakgrunn av disse begrensningene er det i denne vurderingen lagt til grunn et innsnevret elveløp der hvor flystripa i dag er.

Figur 8-2 viser tenkt bruløsning med to bruer, en for flystripa og en for taxebana med et åpent parti mellom. Det finnes mange muligheter å løse dette på, men dette er ut fra tilgjengelig opplysninger per nå den løsningen som virker mest aktuell.



Figur 8-2: Viser hvor de to bruer under Trondheim lufthavn Værnes er tenkt plassert. Bakgrunnskart: [13].

Den foreslåtte løsningen innebærer en brukonstruksjon med søyler for hver 50. meter, og med 15–20 meter mellom søyleparene i elveretningen (jf. figur 8-3). Søylene vil påvirke vannføringen og må dimensjoneres for islast. Fundamentene må beskyttes mot utgraving og erosjon, og pæles til fjell – som foreløpig har ukjent dybde. Det er anslått at både fundament og overbygg må ha en tykkelse på ca. 3 meter. Total lengde på bruløsningen er estimert til ca. 370 meter.



Figur 8-3: Snitt som viser brukonstruksjonen – retning øst-vest.

Dimensjoneringen må baseres på en 200-årsflom inkludert et klimapåslag og minimum 0,5 meter frihøyde, noe som gir en toppkote for bruløsningen på ca. 6,45 moh. Til sammenligning ligger taxebanen delvis under dette nivået, mens rullebanen ligger omtrent på samme høyde. Dette innebærer at begge trolig må heves for å gi plass til bruløsningen. I tillegg må avkjøringsbane A4 flyttes.

8.1.2 Anleggsgjennomføring

Bruløsningen må være robust og dimensjoneres for lang levetid med minimalt behov for vedlikehold. Den må også ta høyde for fremtidige utvidelser av flyplassen. Valg av byggemetode vil avhenge av tilkomst og adgangsforhold. Uansett forutsetninger vil det trolig bli nødvendig med stor andel prefabrikkerte elementer – for å redusere byggetid og herdetid, samt begrense påvirkning på flyplassens drift. Bruken av plasstøpte konstruksjoner vil sannsynligvis være begrenset.

Å åpne det tidligere elveprofilet under en flyplass i drift er teknisk og logistisk krevende. Valg av metode for anleggsgjennomføring vil avhenge av om flyplassen skal være i full drift, stenges for lengre periode, eller om midlertidige stengninger tillates.

Konstruksjonen må også ivareta krav til fri høyde fra vannflate til flydekke, noe som gir begrenset tilgjengelig byggehøyde under eksisterende rullebane og taxebane.

Gjennomføringen forutsetter tilgang på byggeperioder (slotter), og krever derfor omfattende planlegging i tett samarbeid med nasjonale og europeiske luftfartsmyndigheter.

Det forventes en anleggstid på ca. 3 – 5 år uten miljøhensyn. På grunn av ulike miljøhensyn som for eksempel i perioden det pågår smoltutvandring eller andre hensyn

til for eksempel fugl, vil anleggsperioden måtte flyttes til tider på året der anleggsarbeider ikke påvirker dyrelivet. Dette medfører at anleggsperioden vil bli lengre enn 3 – 5 år.

8.1.3 Resultater fra hydraulisk modellering

Det er gjennomført simuleringer for framtidige forhold med hensyn til strømningshastighet, vannstand, salinitet og temperatur i tenkt nytt elveløp og ved Hellstranda. Kapitlet oppsummerer resultatene fra den hydrauliske fagrapporten [14].

8.1.3.1 Vanndybde, strømnings- og vannstandsforhold over tid

I dag er det i områdene sør og nord for flystripa, det vil si det det gamle elveleiet ved Langøra sør og Halsøen ved Langøra nord, rolige strømforhold. Dette er fordi elvevannet, som medfører høyere strømhastigheter, er ledet mot utløpsområdet ved Hellstranda.

Strømforhold og vannstand er i stor grad avhengig av dybdeforhold i området, og motsatt da økt strømhastighet vil medføre økt erosjon, mens lavere strømhastighet vil medføre sedimentasjon. Prosessene vil skje under forutsetningen at bunnforhold og tilgjengelig materiale i suspensjon tillater det. Det vil si at vanndybder i Halsøen i dag er et resultat av roligere strømningsforhold fordi det gamle elveløpet til Stjørdalselva er stengt av i forbindelse med utbygging av flystripa.

Dersom man leder vannet fra Stjørdalselva under flystripa og samtidig stenger av utløpsområdet ved Hellstranda, vil det tilførte elvevannet påvirke det gamle elveleiet og Halsøen i stor grad. Det vil blant annet føre til erosjon, som igjen vil medføre redusert strømningshastighet og vannstand, og en mer saktegående erosjon. Slike endringer vil pågå over lengre tid, og endringene vil stegvis bli mindre når systemet nærmer seg en tilnærmet likevekt og er tilpasset området og forhold som styrer systemet. Vanndybden og bunnforholdene slik de er i Halsøen i dag, vil endres.

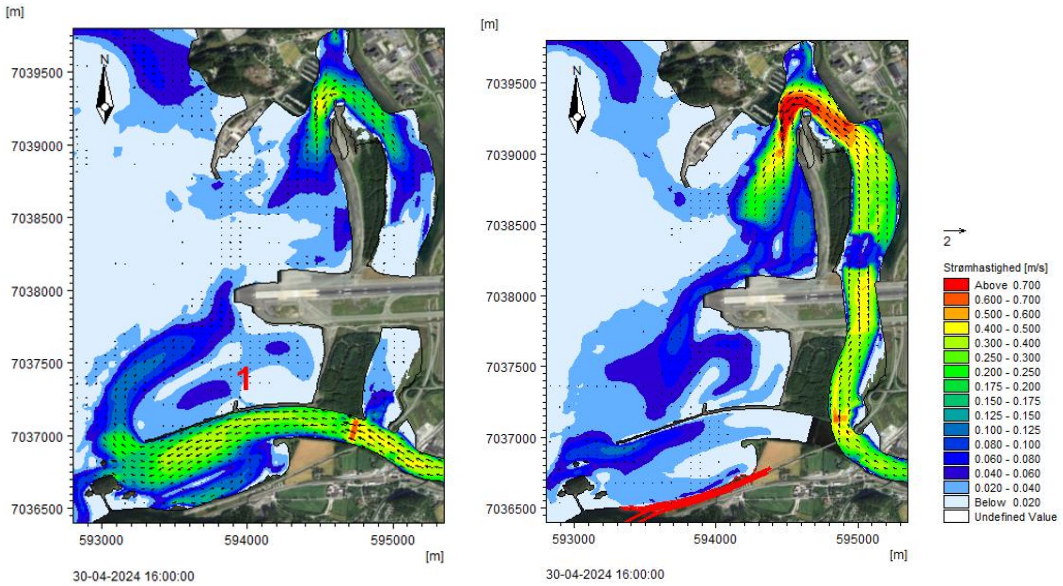
For å kunne gjennomføre hydrauliske simuleringer av framtidig tenkt situasjon, det vil si full åpning av elveløpet, må det i modellberegningene legges inn dybdeforhold fra området. Det eksisterer kun informasjon om dagens dybdeforhold. Derfor vil det være en usikkerhet knyttet til resultatene ved bruk av disse. Det vil fortsatt være usikkerhet knyttet til resultatene dersom man velger å legge inn fiktive dybdeforhold i modellen, slik man, basert på faglige vurderinger, vurderer at dybdeforholdene vil være når systemet har nådd sin likevekt.

De forutsatte vanndybdene i modellen vil dermed ha stor betydning for de modellerte strømningshastighetene. Dybdedata lagt inn i modellen viser dagens situasjon, det vil si i det øyeblikket og like etter at man leder elvevannet under flystripa. Modellen viser ikke hvordan vannstand, vanndybder og strømningshastighet endres over tid. Som beskrevet over, vil dybdeforhold og strømhastighet tilpasse seg en likevekt dersom man åpner opp

under flystripa og leder vannet fra Stjørdalselva nordover. Merk at dette er en tenkt situasjon, og at det ikke kan gjenspeile virkeligheten nøyaktig.

8.1.3.2 Strømningsforhold i nytt elveløp

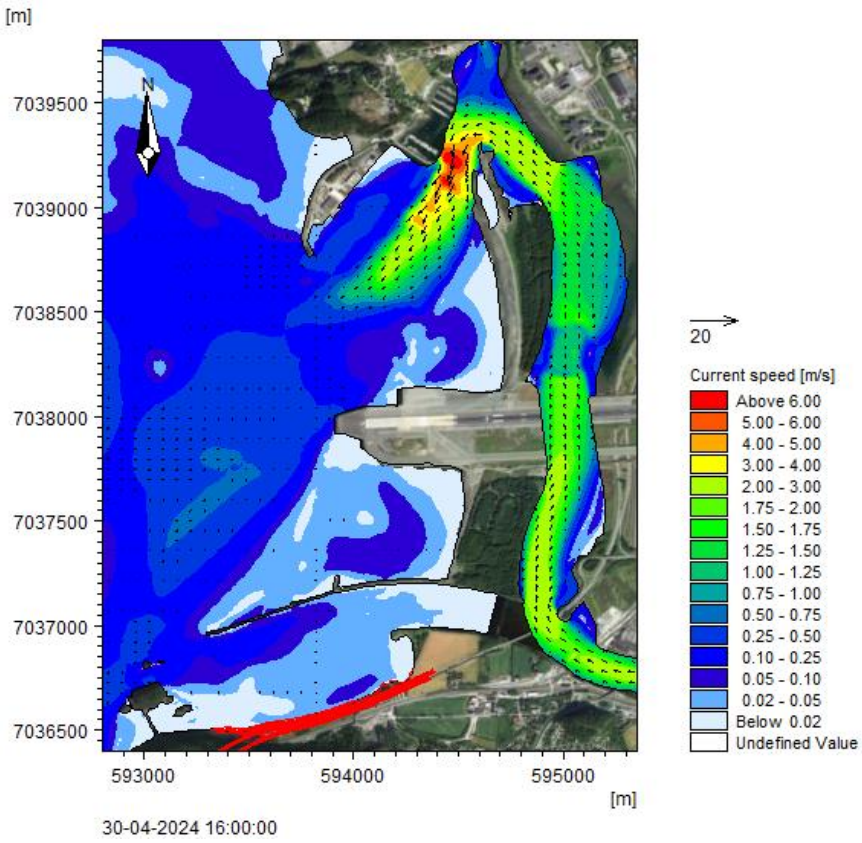
Figur 8-4 og figur 8-5 viser et øyeblikksbilde av framtidige strømforhold i Stjørdalselva. Kartet i figur 8-4 viser strømningsforhold tilsvarende en normal sommersituasjon med normal vannføring (84 m^3/s), der dagens situasjon er vist til venstre og framtidig situasjon er vist til høyre. Kartet i figur 8-5 viser vannføring tilsvarende en ekstrem 200-års flom (1 976 m^3/s).



Figur 8-4: Simulerte strømforhold i dagens situasjon (til venstre) og i en tenkt situasjon der Stjørdalselva legges tilbake til opprinnelig løp og dagens utløpsområde ved Hellstranda stenges av (til høyre). Begge figurene viser en normal sommervannføring (84 m^3/s) ved avtagende tidevann. Strømhastigheten er vist som et gjennomsnitt av hele vannsøyla. Bakgrunnskart: [2]. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

Resultatene til høyre i figur 8-4 viser stor geografisk variasjon i strømningshastigheter med en relativt høy hastighet i det primære elveløpet ved Stjørdal småbåthavn og en markant reduksjon i strømningshastighet ved selve utløpet etter at vannstrømmen har passert Stjørdal småbåthavn. Som forventet vil det være høyere strømningshastighet sammenlignet med i dagens situasjon (til venstre i figur 8-4).

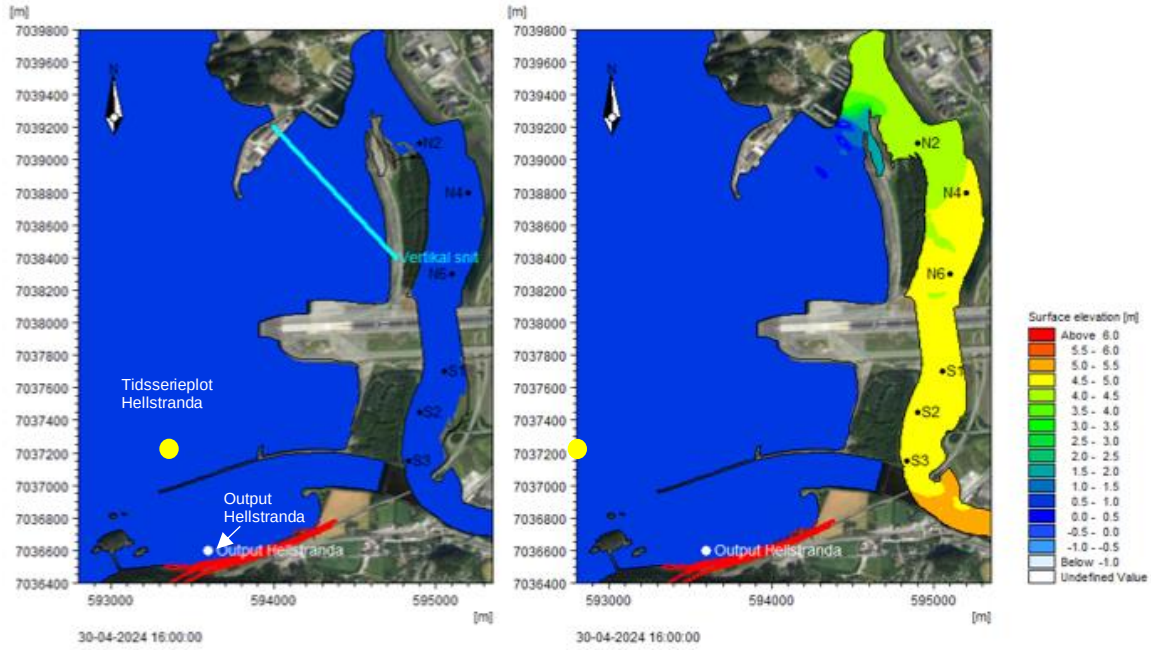
Strømningshastighetene forsterker seg som forventet ved en vannføring tilsvarende en 200-års flom (figur 8-5). Merk at kartene i de to figurene har ulik skala, det vil si at rød farge i figur 8-5 viser strømhastigheter på over 0,700 m/s, mens rød farge i Figur 8-5 viser strømhastigheter på over 6,00 m/s.



Figur 8-5: Simulerte strømforhold i en tenkt situasjon der Stjørdalselva legges tilbake til opprinnelig løp og dagens utløpsområde ved Hellstranda stenges av. Figuren viser en 200-årsflom (1 976 m^3/s) ved avtagende vannstand. Strømhastigheten er vist som et gjennomsnitt av hele vannsøyla. Bakgrunnskart: [2]. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

8.1.3.3 Vannstandsforhold i nytt elveløp

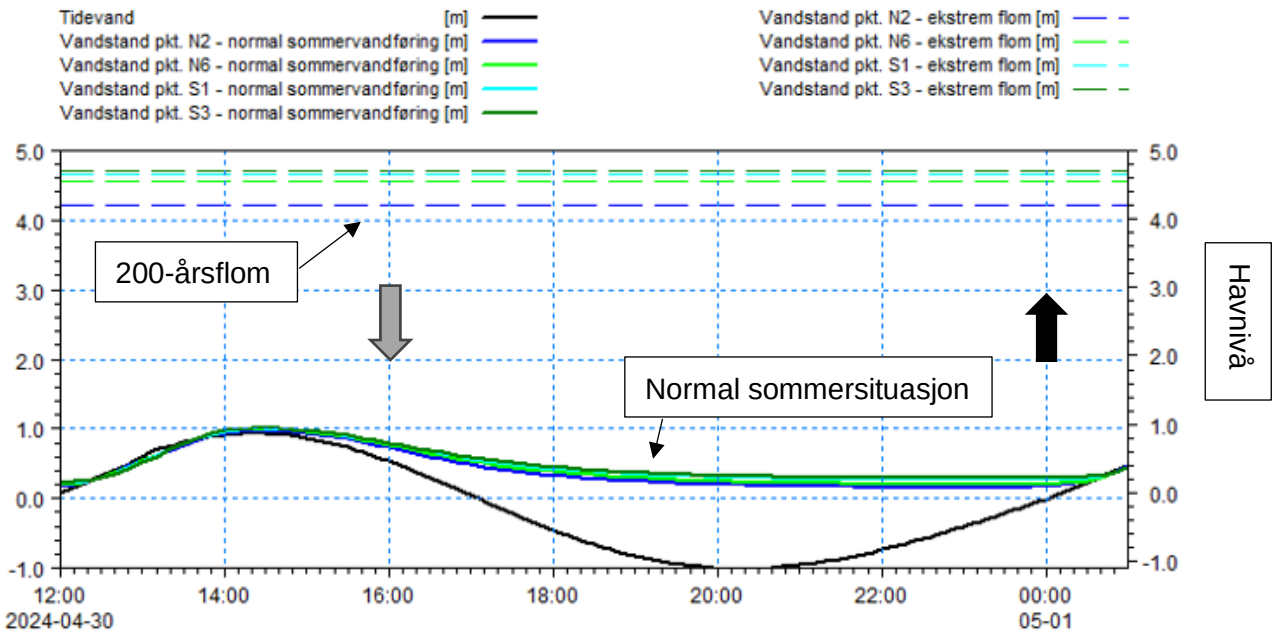
Figur 8-6 viser et øyeblikksbilde av framtidige vannstandsnivå i Stjørdalselva, med antatte vanndybder slik de er registrert i dag. Se også forklaring på endringer i vanndybde, vannstand og strømningshastighet over tid i kapittel 8.1.3. Kartet til venstre viser vannstandsforhold tilsvarende en normal sommersituasjon med normal vannføring (84 m^3/s) mens kartet til høyre viser vannstandsforhold tilsvarende en 200-års flom (1 976 m^3/s).



Figur 8-6: Vannstandsforhold for to ulike scenarier i en tenkt situasjon der Stjørdalselva legges tilbake til opprinnelig løp. En normal sommervannføring (til venstre) og en 200-årsflom (til høyre). Gult punkt i kartet til høyre er beskrevet i kapittel 8.1.3.5 og blått tverrsnitt er beskrevet i kapittel 8.1.3.4. Bakgrunnskart: [2]. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

Et tidsserieplot av vannstand i en normal sommersituasjon og i en 200-årsflom (figur 8-7) i de angitte punktene N2 og N6 (Halsøen) og S1 – S3 (ved Sandfærhus) viser at det er en avtagende gradient fra punkt S3 mot punkt N2. Vannstanden lengre oppstrøms elva (mot punkt S3 ved Sandfærhus), er i større grad avhengig av vannføringa og den hydrauliske motstanden i elva. Dette vises også tydelig i ekstremsituasjonen fra øyeblikksbildet, som vist til høyre i figuren.

Ved en normal situasjon vil vannstanden være <1 m over havnivået. Vannstanden vil variere ut ifra tidevannsnivå og hvor punktet ligger i elva. I en ekstrem situasjon med høy vannføring tilsvarende en 200-års flom, vil vannstanden ligge mellom 4 og 5 m over havnivået. I modellen er det antatt at alt vann skal holde seg i Stjørdalselva sitt løp, det vil si at det er satt en grense mellom løpet og tilgrensende landområder. Dersom en slik situasjon skulle oppstå, vil vannet renne over land, og vannstanden i elveløpet vil reduseres tilsvarende.

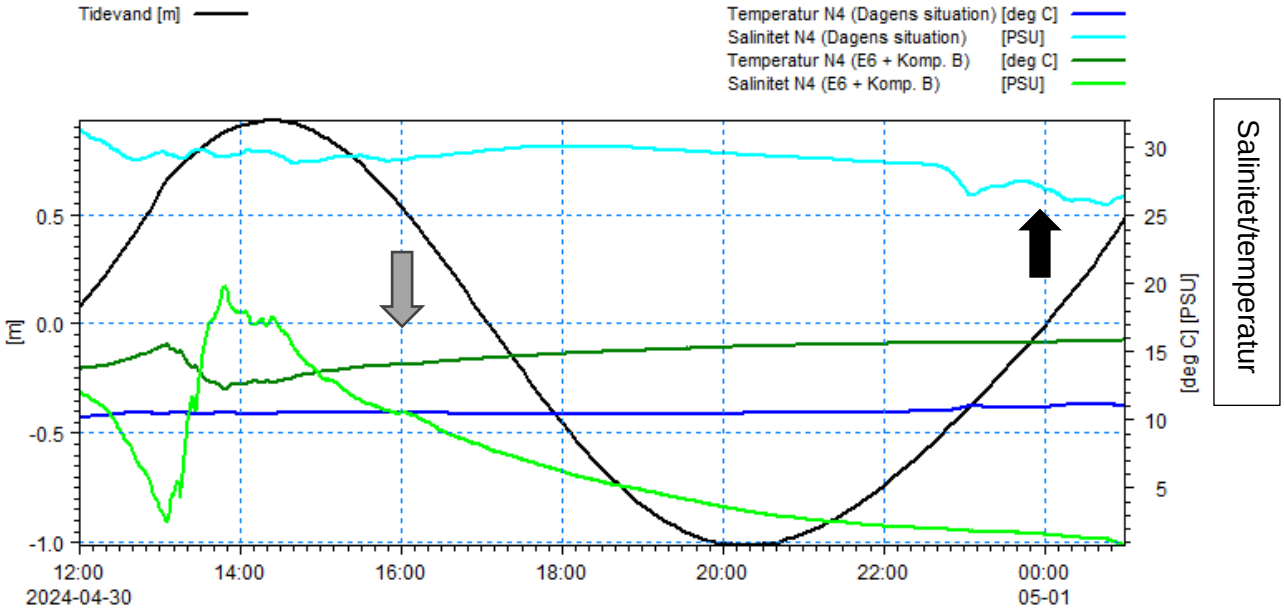


Figur 8-7: Tidsserieplot av vannstandsvariasjonen i Stjørdalselva for en normal sommersituasjon og en ekstrem 200-års flom. De ulike fargene viser punkter som vist i figur 8-6; punkt N2 er ytterst i elva, mot Stjørdal småbåthavn, mens punkt S3 er lengst oppstrøms i elveløpet, ved Sandfærhus bru. Svart linje viser tidevannskurven. Vertikalreferanse for vannstand er NN2000. Grå (svart) stor pil viser avtagende (stigende) tidevann. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

8.1.3.4 Salinitet og temperatur i Halsøen

Figur 8-8 viser en tidsserieplot av salinitet- og temperaturforhold i punkt N4 i Halsøen, det vil si omtrent på høyde med Equinor sitt bygg på østsiden av det gamle elveleiet.

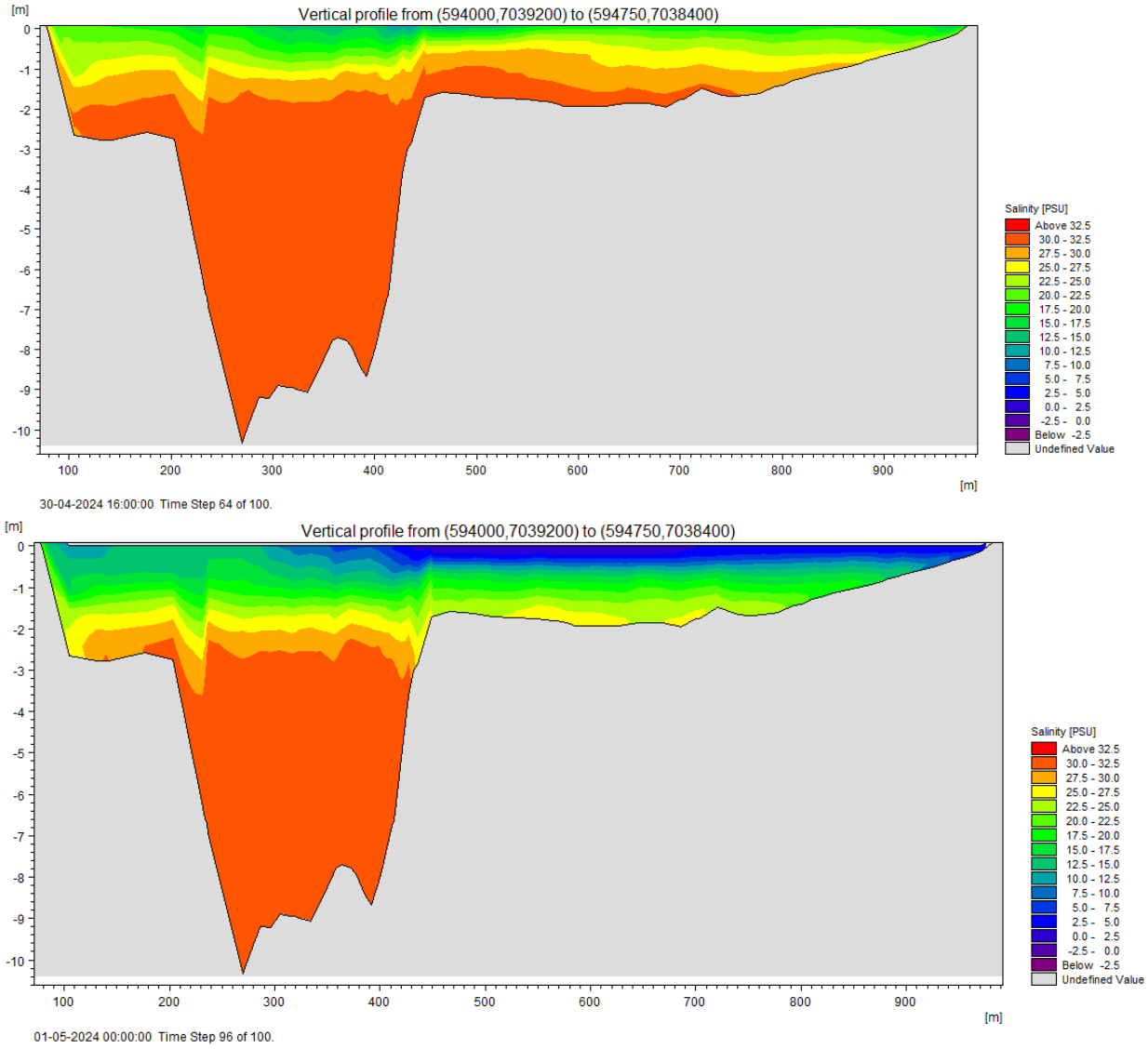
Som forventet vil særlig salinitet endres dersom en åpner det gamle elveløpet. I dag er saliniteten tilsvarende marine forhold (turkis linje i figur 8-8). Dersom ferskvann fra Stjørdalselva tilføres området ved Halsøen, vil vannet i løpet av en tidevannssyklus variere fra nesten marint, via brakkvann til ferskvann. Temperaturen (mørkeblå og mørkegrønn linje) vil også variere noe mer og i større grad være påvirket av vannet som kommer fra Stjørdalselva. Det forventes betydelige vanntemperaturvariasjoner i løpet av året som vist i tidsserieplottet i figur 8-6 som tilsvarer en vanlig sommerdag.



Figur 8-8: Tidsserie for variasjon av salinitet og temperatur i punkt N4 som vist i figur 8-6 for en normal sommersituasjon. Turkis (mørkeblå) linje viser salinitet (temperatur) i dagens situasjon, med elveutløp mot Hellstranda. Lysegrønn (mørkegrønn) tilsvarer salinitet (temperatur) i framtidig situasjon, med avstengt elveutløp mot Hellstranda. Grå (svart) stor pil viser avtagende (stigende) tidevann. Vertikalreferanse for vannstand er NN2000. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

I det nye elveutløpet vil det som forventet oppstå en lagdeling i vannsøylen med tanke på salinitet. Lagdelinga vil variere signifikant på grunn av tidevannsvariasjon og vannføring i Stjørdalselva. I flomsituasjoner er den vertikale blandingen økt sammenlignet med mer normale tidevannsdominerte forhold, det vil si at haloklinen (grenseflate mellom lag med ulik saltholdighet) ikke er så utpreget som ved normale situasjoner.

Ytterst i det nye elveløpet, ved Stjørdal småbåthavn, tilsvarende det blå tverrsnittet i figur 8-6, viser modellen at salinitetsforholdene i den dypeste delen er dominert av mer marine forhold, mens det øverste laget er preget av ferskvann fra Gråelva og Stjørdalselva. På grunn av tidevannspåvirkning og vannføring i Stjørdalselva, vil salinitetsforholdene gjennom vannsøylen være dynamiske, det vil si at de varierer. Det samme gjelder for temperatur (ikke vist i figuren).

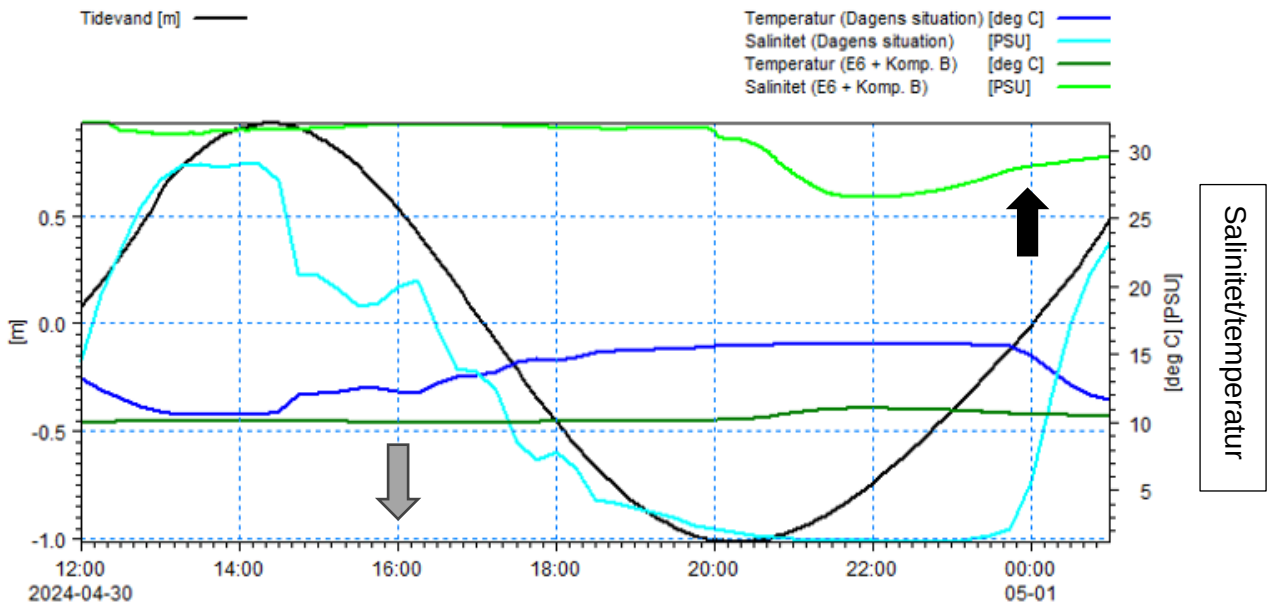


Figur 8-9 Vertikalt snitt (blå linje i kartet nederst til høyre) som viser fordeling av salinitet gjennom vannsøylen ytterst i det nye utløpet til Stjørdalselva ved en situasjon som viser normal vannføring på en vanlig sommerdag. Øverst viser avtagende og nederst viser stigende vannstand i Trondheimsfjorden. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

8.1.3.5 Salinitet og temperatur ved Hellstranda

Dersom man stenger av dagens utløpsområde ved Hellstranda, vil salinitet og temperatur ved Hellstranda bli annerledes enn det er i dag. Dette fordi ferskvann ledes nordover i stedet for mot Hellstranda.

Figur 8-10 viser en tidsserieplot for salinitet og vanntemperatur i et gitt punkt ved Hellstranda (gult punkt i kartet til venstre i figur 8-6) i løpet av en normal tidevannsperiode (fra kl. 12:00 til kl. 01:00 neste dag). Svart linje viser tidevannsstand i meter.



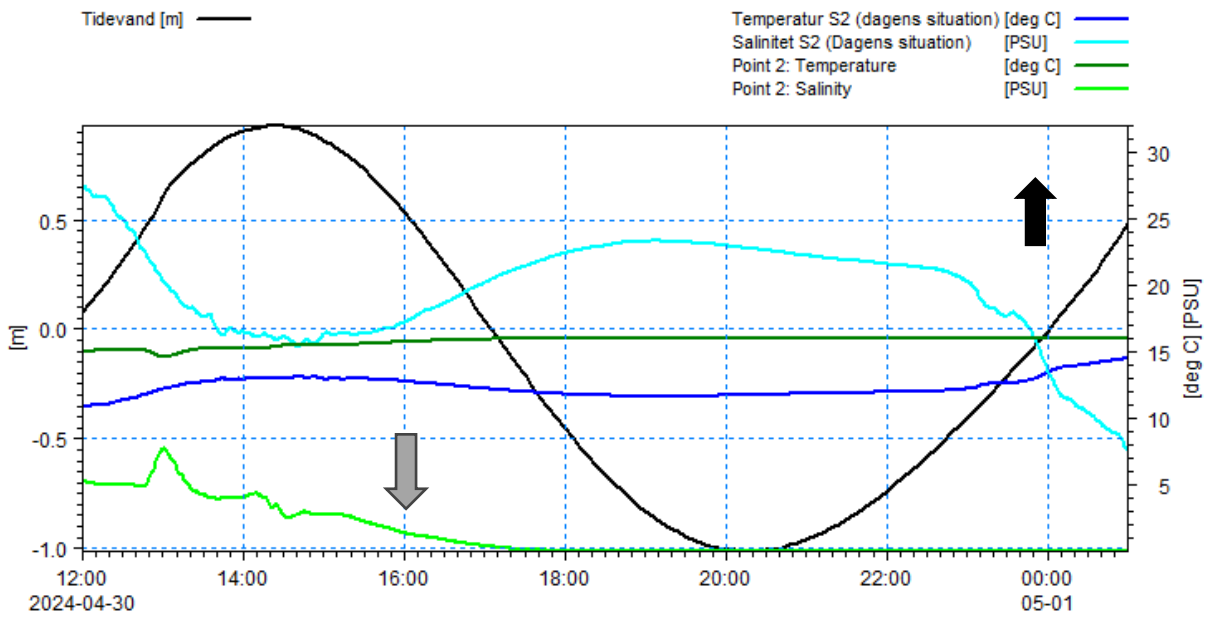
Figur 8-10: Tidsserie for variasjon av salinitet og vanntemperatur i løpet av en normal tidevannsperiode ved Hellstranda (gult outputpunkt ved Hellstranda vist til venstre i figur 8-6) etter stenging av dagens utløpsområde og gjenoppretting av tidligere elveløp. Turkis (mørkeblå) linje viser salinitet (temperatur) i dagens situasjon, med elveutløp mot Hellstranda. Lysegrønn (mørkegrønn) tilsvarer salinitet (temperatur) i framtidig situasjon, med avstengt elveutløp mot Hellstranda. Grå (svart) stor pil viser avtagende (stigende) tidevann. Vertikalreferanse for vannstand er NN2000. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

Etter avstenging vil ikke Hellstrandaområdet motta ferskvann på samme måte som i dag, og området vil ha en salinitet tilsvarende nesten marine forhold. Lukking av dagens utløpsområde ved Hellstranda vil medføre en betydelig endring i de lokale salinitetsforholdene ved Hellstranda, og i noe mindre grad temperaturforhold. Ferskvann ved Hellstranda vil da komme fra Stjørdalselva sitt nye utløp ved Stjørdal småbåthavn, og vil være betydelig mindre enn det er i dag.

8.1.3.6 Salinitet og temperatur i det gamle elveleiet ved Langøra sør

I dag er det relativt rolige strømforhold i det gamle elveleiet ved Langøra sør, og det er et marint vannlag nederst i bunnen og ferskvann i overflata.

Figur 8-11 viser et tidsserieplot for salinitet og vanntemperatur i et gitt punkt (S2) i det gamle elveleiet i løpet av en normal tidevannsperiode. Figuren viser at i dagens situasjon varierer salinitet (turkis linje) i mye større grad enn i framtidig situasjon (lysegrønn linje). I dagens situasjon er det delvis mer marine forhold, mens i en framtidig sitasjon vil det bli mye mer ferskvann enn det er i dag. Når det gjelder temperatur observeres ikke like stor endring som ved salinitet.



Figur 8-11: Tidsserie for variasjon av salinitet og vanntemperatur i løpet av en normal tidevannsperiode ved punkt S2 i det gamle elveleiet ved Sandfærhus etter stenging av dagens utløpsområde og gjenoppretting av tidligere elveløp. Turkis (mørkeblå) linje viser salinitet (temperatur) i dagens situasjon, med elveutløp mot Hellstranda. Lysegrønn (mørkegrønn) tilsvarer salinitet (temperatur) i framtidig situasjon, med avstengt elveutløp mot Hellstranda. Grå (svart) stor pil viser avtagende (stigende) tidevann. Vertikalreferanse for vannstand er NN2000. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

8.1.4 Vurdering av kompensasjonstiltak opp mot silingskriterier i steg 1

Robustheten til kompensasjonstiltaket er vurdert opp mot silingskriterier som beskrevet i kapittel 6.2.1 til 6.2.6.

8.1.4.1 Direkte tilknytning/nærhet til Stjørdalselva

Resultater fra de hydrauliske simuleringene viser at et brakkvannsområde kan oppstå i det nye elveløpet nord for flystripa, se figur 8-8. Tidsserieplottet viser at vannet i Halsøen i løpet av en tidevannssyklus vil variere fra nesten marint, via brakkvann til ferskvann. Sjøørret kan vandre fritt og uhindret mellom elv og brakkvannsområdet, uten å måtte svømme gjennom marint vann.

8.1.4.2 Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonstiltaket oppnår et sett med delkriterier slik at det får økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret ved Hellstranda. Kriteriene er beskrevet i tabell 6-3.

Vannmassene i området må være dynamiske, med brakkvann styrt av tidevann og vannføring i Stjørdalselva. De hydrauliske resultatene (figur 8-8) viser at det forventes at vannmassene vil være dynamiske med brakkvann styrt av tidevann og vannføring i Stjørdalselva, slik som i dagens utløpsområde (svarer til punkt 1 i tabell 6-3).

Ved å åpne opp under flystripa, vil vannet fra Stjørdalselva ledes nordover, og dermed vil utløpsområdet til Stjørdalselva ha tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten (svarer til punkt 2 i tabell 6-3), det vil si perioden mellom vårflom og høststormene. Det forventes god vanngjennomstrømming og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva (svarer til punkt 3 i tabell 6-3).

Sjøørreten trenger *grunne brakkvannsområder* fordi den beiter på en del dyr som lever her. Tilgang på slike byttedyr vil øke veksthastigheten hos sjøørret. Kornfordelinga i bunnsubstratet, det vil si andelen av finstoff (silt og leire) og sand eller større fraksjoner, er i tillegg til tilført material, avhengig av strømningshastigheten i området. Sedimentprøver viser at dagens bunnsubstrat i Halsøen består av en relativt høy andel silt og leire, opp mot 80 % (se kapittel 5.1.3.1). Dette gjenspeiler de relativt rolige strømningshastighetene i området i dag. Under finsedimentene i det gamle elveløpet kan det forventes at det er grus og stein, fra det gamle elveløpet. Til sammenligning består området nord for moloen stort sett av sand og grus, som er grovere enn silt og leire. Dette er nok et resultat av bl.a. sterkere bølgepåvirkning i området.

Resultatene fra de hydrauliske simuleringene viser at dersom man leder elvevannet under flystripa, vil strømhastigheten øke signifikant i hele elveløpet sammenlignet med situasjonen slik den er i dag (figur 8-5). Finsedimenter vil bli erodert bort, noe som vil medføre eksponering av den gamle elvebunnen. Over tid vil elveløpet stabilisere seg på en dybde som er i balanse mellom vannføring i elva og tidevann fra sjøen. Ved svingen utenfor Stjørdal småbåthavn er det i dag grunnere sand- og muslingbanker. Disse vil sannsynligvis bli erodert bort innen relativt kort tid, og den nye likevekten som oppstår vil ikke tilsvare den som en gang var før Stjørdalselva ble stengt av i 1957. Dette fordi det har pågått flere utbygginger i seinere tid, bl.a. Stjørdal småbåthavn og industriområdet ved Tangmoen. Det må derfor forventes at det vil dannes en djupere utløpskanal gjennom sanda, slik som djupålen sør for moloen ved dagens Hellstranda. Langs moloen ved Stjørdal småbåthavn og industriområdet ved Tangmoen vil det være høyere erosjonsrisiko og det vil oppstå djupere kanaler enn tidligere. Det er rimelig å anta at dybden etter hvert vil øke kontinuerlig nedover elva og helt ut i sjøen. Elva vil ikke danne et naturlig deltaområde, men vil fortsatt være kanalisert helt ut mot fjorden. Man kan derfor ikke forvente at det vil oppstå roligere vannhastigheter og påfølgende sedimentasjon i utløpsområdet.

Oppsummert vil man vil få et mer naturlig utløpsområde sammenlignet med slik det er i dag, men utløpsområdet vil fortsatt være kanalisert. Det vurderes dermed at det mest sannsynlig ikke vil kunne oppstå grunne områder i utløpsområdet (svarer til punkt 4 i tabell 6.3).

Grunne områder kan oppstå eller opprettholdes ved yttersida av Langøra nord. Dette området vil være i en noe større avstand fra utløpsområdet. Området er mer bølgepåvirket enn det er ved Hellstranda. Men disse vil være mer eksponert for bølger fra Stjørdalsfjorden og vil antageligvis komme til å fremstå slik som kystlinjen ved

Langøra nord i dag. For sjøørreter som har valgt å være ute i fjorden store deler av sommeren, er det ikke noe problem med mer sjøvann på bunnen. For sjøørreter som velger å være ved Hellstranda hele året, så er dette området mindre relevant, da det ikke minner om Hellstranda siden det er mer eksponert [4]. En kan derfor anta at de ikke vil være de foretrukne beiteområder for sjøørreten. Dette betyr ikke at området ikke vil ha en viss verdi for sjøørret.

Økt strømningshastighet kan også medføre at substratet i det framtidige Halsøen-området vil ha en grovere kornfordelingssammensetning, som igjen kan føre til at det vil etableres et annet bunndyrsamfunn.

8.1.4.3 Kompensasjonsområdets areal

Siden deler av det tidligere elveløpet og utløpsområdet til Stjørdalselva er kanalisert, forventes det økt erosjon (figur 8-5). Det er derfor usikkert om det vil kunne dannes grunne brakkvansområder som tørrlegges ved fjære sjø.

8.1.4.4 Påvirkning på nærliggende funksjonsområder til sjøørret og fugl

Sjøørret fra Stjørdalselva bruker i dag Halsøen som beiteområde, men i mye mindre grad enn området ved Hellstranda. Det brukes ikke som overvintringsområde [4, 41]. Dette utelukker ikke at sjøørret fra Gråelva kan bruke området som både beite- og overvintringsområde. De hydrauliske resultatene viser at på grunn av at Stjørdalselva i dag framstår som kanalisert, kan det oppstå erosjon i området dersom man leder alt vannet under flystripa. Dette vil da medføre bortfall av bløtbunnsområder i Halsøen, som igjen kan medføre at funksjonsområdet til sjøørret kan bli redusert eller forsvinne. Se også forklaring i kapittel 8.1.4.2.

Bløtbunnsområdet ved Hellstranda har i dag en svært viktig funksjon som bl.a. beiteområde for sjøørretsmolt og -veteraner, mens området i det gamle elveleiet ved Sandfærhus har stor verdi som overvintringsområde i tillegg til beiteområde [4]. Kompensasjonstiltaket vil medføre store endringer i funksjonsområder til sjøørret i begge områder. Bløtbunnsområdet ved dagens Hellstranda vil miste mye av sin funksjon som beiteområde for sjøørretsmolt og veteraner siden elvevannet blir ledet mot Halsøen i stedet for til Hellstranda. Dermed vil brakkvannsområdet forsvinne, og bunndyrsamfunnet bli endret til et mer marint samfunn. Det kan hende at enkelte sjøørretindivider vil beite ved Hellstranda, slik som det observeres i dag i Halsøen. Funksjonen i det gamle elveløpet ved Sandfærhus som i dag har funksjon som overvintringsområde for sjøørret vil antageligvis forsvinne i sin helhet. Dette er fordi området vil ha en mye større andel av ferskvann enn det har i dag, og fordi strømningshastigheten vil økes.

Halsøen har stor regional betydning for fugl som søker mat og opphold her. De vanligste fuglegruppene inkluderer gjess, ender, vadere og måker [45]. Gress- og bløtbunnsområdene har bygd seg opp av sedimenter som har samlet seg opp og skapt

et habitat som er godt egnet for næringssøkende fugler, spesielt viktig for fugler som vadere, måker og ender. Åpning av området under flystripa vil medføre erosjon, som vil påvirke oppsamling av sedimenter, næringsstoffer og tilgangen på mat for fugler i området i negativ retning. Dette vil ha spesielt negative konsekvenser for vadere som er avhengige av rolige vannmasser og mudderfjære for næringssøk. Lokaliteten vil få liten funksjon som overvintringsområde for stokkand. Også andre gressender vil trolig forsvinne fra området og området vil bli mindre attraktivt for hettemåke og fiskemåke. Arter som siland og smålom vil trolig fortsette å bruke området til næringssøk og forbli i området. I dag bruker grågås og kortnebbgås Halsøen som rasteplass, mens de driver næringssøk på åkrer, så om området fortsetter å ha sin funksjon er avhengig av hvor sterke vannstrømmene blir. Oppsummert vil kompensasjonstiltaket gjøre området nord for flystripa bli atskillig mindre attraktivt for fugler.

Bløtbunnsområdet ved Hellstranda har i dag funksjon som raste- og beiteområde, trekklokalitet for rødlistede andefugler, og hekkeområde for orden vade-, måke- og alkefugler. Dersom vann fra Stjørdalselva blir ledet til Halsøen og utløpsområdet mot Hellstranda stenges, vil området ved Hellstranda bli marint. Det vil trolig utgjøre liten forskjell fordi området er sterkt marint påvirket også i dag. Stengingen av utløpområdet mot Hellstranda vil sannsynligvis ikke ha noen betydelige konsekvenser for fuglene som er i området.

Konsekvensene for fugl ved det gamle elveleiet ved Sandfærhus vil, i likhet med Halsøen, være negativ på grunn av høyere strømhastighet og mer ferskvannstilførsel, hvor området i stor grad mister sin funksjon som næringssøk, trekklokalitet og rasteplass for fugler som blant annet vadefugler og ender [46]. Området er spesielt viktig for vadere som søker næring i mudderfjære, og de minste partiklene vil skylles bort av strømmene.

8.1.4.5 Påvirkning på nærliggende naturtyper og rødlistede arter

I det gamle elveleiet ved Sandfærhus, i Halsøen og på vestsida av Langøra nord er det registrert et større bløtbunnsområde med *svært viktig* verdi (figur 5-1 og figur 5-4). Substratet i bløtbunnsområder består av sandbunn med ulike innslag av både silt- og leirefraksjoner. De hydrauliske resultatene viser at strømningshastigheten vil bli høyere sammenlignet med i dag. Bløtbunnsområdet som i dag ligger i Halsøen vil bli redusert eller forsvinne i sin helhet. Det samme gjelder området i det gamle elveleiet ved Sandfærhus. Bløtbunnsområdet ved Hellstranda vil bli marint, men arealet på området vil mest sannsynlig ikke bli mindre. Dersom moloen beholdes slik den er i dag, vil området mest sannsynlig bli mere stillestående enn det framstår i dag.

Ved Sandfærhus er naturtypen strandeng med *stor verdi* registrert. På Langøra sør er naturtypen strandeng og strandsump med *middels verdi* registrert (se kart i figur 5-7). Tiltaket kan medføre at naturtypen ved Sandfærhus kan forsvinne dersom mye av sedimentene blir vasket bort grunnet høyere strømhastighet.

På Langøra nord er det registrert flere naturtyper med *stor verdi* (se kart i figur 5-7). Det er sannsynlig at naturtypen sanddynemark forsvinner dersom sedimentene blir vasket bort. Naturtypen er sjelden i Trøndelag.

Det er registrert flere terrestriske rødlistede arter i tilknytning til Hellstranda, Langøra sør og nord, Sandfærhus og Halsøen (se tabell 5-1 og tabell 5-2). Rødlistede arter som lever i tilknytning til naturtyper som blir redusert vil bli negativt påvirket av tiltaket. Elveleiet ved Sandfærhus og Halsøen vil miste mye av sin funksjon som næringssøksområde for flere arter, noe som vil være negativt for blant annet hettemåke (CR), gråmåke (VU), fiskemåke (VU) og rødstilk (NT).

For den rødlistede arten atlantisk laks vil ikke tiltaket ha stor betydning, utover at laksen vil få en mindre endring på vandringsruta mot havet. Merk at laks ikke oppholder seg like lenge i utløpsområdet som sjøørreten gjør.

8.1.4.6 Anleggstid

Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 3 til 5 år. Dette er uten forsinkelser i anleggsfasen knyttet til miljøhensyn.

8.1.5 Vurdering av kompensasjonstiltak opp mot silingskriterier i steg 2

Tiltaket er vurdert opp mot silingskriterier som beskrevet i kapittel 6.2.7 til 6.2.9. Silingskriteriene som her vurderes er samfunnsøkonomi, samfunnssikkerhet og prosessrisiko.

8.1.5.1 Samfunnsøkonomi

Et foreløpig overslag antyder at løsningen vil kreve om lag 220 000 m³ betong, noe som representerer et betydelig materialvolum. Med en gjennomsnittlig enhetspris på 10 000 kr/m³ gir dette en estimert entreprisekostnad på ca. 2,2 milliarder kroner (ekskl. merverdiavgift og usikkerhet). I tillegg må det tas høyde for økte kostnader knyttet til byggetid, logistikk, redusert effektivitet og mulige avbrudd i utførelsen. Dette forventes å gi en merkostnad på ytterligere 500 til 800 millioner kroner, avhengig av gjennomføringsmetode og fremdriftsbetingelser. Et raskt overslag tilsier et totalbehov på om lag 880 000 timeverk. Dimensjonerende faktorer for byggetid vil være tilgang på riggarealer, grad av prefabrikasjon, tilgjengelig arbeidskraft, og eventuell skiftordning.

Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 3 til 5 år (uten miljøhensyn) og det må påregnes at flyplassen må stenges gjennom deler av byggeperioden. Dette vil påvirke både sivil og militær virksomhet, samt sikkerhetsaspekter nasjonalt og i NATO-sammenheng. Det ligger en betydelig samfunnskostnad i dette som ikke er en del av kostnadstallet.

Det er flere av silingskriteriene i steg 1 som er vurdert at tiltaket ikke er tilfredsstillende. Dette gjelder for noen av delkriteriene innenfor silingskriteriet økologisk funksjon som

beiteområde for sjøørret, påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og/eller fugl og påvirkning på naturtyper/rødlistede arter. Oppsummert gjelder at det vil oppstå et mer naturlig elveutløp enn det er i dag ved Hellstranda, men utløpsområdet vil fortsatt være kanalisert. Dette innebærer at det mest sannsynlig ikke kan oppstå grunne bløtbunnsområder med brakkvannskvalitet i utløpsområdet som vil kunne ha funksjon som beiteområde for sjøørret. Tiltaket er vurdert til å ha liten nytte med tanke på å kompensere for tap av beiteområder (bløtbunn) for sjøørret ved Hellstranda.

Dette sett opp imot høye investeringskostnader kombinert med store samfunnskostnader ved stenging av flyplassen over en så lang periode, er tiltaket vurdert å ha en svært stor negativ virkning i forhold til samfunnsøkonomi.

8.1.5.2 Samfunnssikkerhet

Det er utført en overordnet risikovurdering av de ulike kompensasjonstiltakene for å vurdere samfunnssikkerheten [53].

Flyplass-sikkerhet (*birdstrike*): Åpning av området under flystripa vil medføre erosjon, som vil påvirke oppsamling av sedimenter, næringsstoffer og tilgangen på mat for fugler i området i negativ retning. Dette vil ha spesielt negative konsekvenser for vadere som er avhengige av rolige vannmasser og mudderfjære for næringssøk. Videre, vil gressender trolig forsvinne fra området og området vil bli mindre attraktivt for hettemåke og fiskemåke. Arter som siland og smålom vil trolig fortsette å bruke området til næringssøk og forbli i området. I dag bruker grågås og kortnebbgås Halsøen som rasteplass, mens de driver næringssøk på åkrer, så om området fortsetter å ha sin funksjon er avhengig av hvor sterke vannstrømmene blir. Oppsummert vil kompensasjonstiltaket gjøre området nord for flystripa uattraktivt for fugler.
Selv om det antas at det blir færre fugler antas det at det likevel må utføres risikoanalyse etter Avinor sin metodikk siden området er nært flyplassen. Det er ventet at det ikke avdekkes behov for vesentlige tiltak som medfører ekstra kostnader. Det er derfor antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Vurdert til Ubetydelig virkning.

Flyplass-sikkerhet og nasjonal og internasjonal sikkerhet (tilsiktede hendelser):
Bruløsning under flyplassen kan benyttes ved sabotasje, da det er lite synlige og ligger usjenert til. En brukonstruksjon har trolig flere «svake» punkt sammenlignet med E6-vegtunnelen under flyplassen, noe som kan medføre større konsekvenser ved eventuell skade fra tilsiktede hendelser. Det er sannsynlig at det vil bli krav om en eller annen form for overvåkning av området. Det antas at nødvendige tiltak medfører noe kostnadsøkning da konsekvensen kan bli stor. Vurdert til Middels negativ virkning.

Påvirkning på drift både for Avinor og Forsvaret: Det vil kreves at flyplassen stenges for flytrafikk mens bruløsning bygges. Dette gir store påvirkninger for samfunnet. Byggingen av broene vil også kunne medføre risiko for setninger og skjevhet på rullebanen. Ved eventuelle skjevheter eller setninger på rullebanen må dette utbedres umiddelbart. Bruløsninger kan føre til endringer i mikroklimaet, med usikkerhet knyttet

til hvordan dette vil påvirke den daglige driften av flyplassen. Det er antatt at risikoen er uakseptabel da det er behov for tiltak som ikke er realistiske/ gjennomførbare for å redusere den avdekkede risikoen. Det vil være behov for å stenge flyplassen for flytrafikk i store deler av anleggstiden og det må gjennomføres løpende målinger av rullebanen ved hjelp av program for både automatiske og manuelle målinger. Det må utarbeides en plan for beredskap for umiddelbar respons ved funn av avvik. Vurdert som Svært stor negativ virkning.

Ras/skred/undersjøisk ras: Det er ikke registrert kvikkleiresone under flyplassen. Grunnforholdene tilsier at det ikke er sannsynlig at det oppstår undersjøiske ras eller andre ras. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket.
Det må utføres flere geotekniske undersøkelser. Det er imidlertid ikke antatt at det er behov for tiltak for å redusere risikoen utover det som er vanlig. Vurdert til Ubetydelig virkning.

Flom (erosjon), stormflo og bølgehøyde: Dersom man leder vannet fra Stjørdalselva gjennom flystripa og samtidig stenger av utløpsområdet ved Hellstranda, vil det tilførte elvevannet påvirke det gamle elveleiet og Halsøen i stor grad. Det vil blant annet føre til erosjon, som igjen vil påvirke strømhastigheten og vannstand. I en ekstrem situasjon med høy vannføring tilsvarende en 200-års flom, vil vannstanden ligge mellom 4 og 5 m over havnivået. Viser til beregningsresultater i kapitel 8.1.3.3. Dersom en slik situasjon skulle oppstå, vil vannet renne over land og medføre stor skade på infrastruktur. Det er derfor vurdert at dette er en uakseptabel risiko. Det må utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging og det må flomsikringstiltak langs hele elvebredden i det gamle elveleiet og Halsøen. Det må også påregnes tiltak flere steder oppover elva. Det er antatt at det er behov for tiltak som ikke er realistiske/gjennomførbare for å redusere den avdekkede risikoen. Vurdert til Svært stor negativ virkning.

Isgang i Stjørdalselva: Dersom man leder vannet fra Stjørdalselva gjennom flystripa og samtidig stenger av utløpsområdet ved Hellstranda, vil all isgangen som av og til oppstår i Stjørdalselva bli ledet ut via det gamle elveløpet. Dette kan medføre stor skade på infrastruktur. Det er derfor vurdert at dette er en uakseptabel risiko. Det må utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging og det må utredes muligheten og konsekvensen av isgang med tilhørende tiltak. Det er antatt at det er behov for tiltak som ikke er realistiske/gjennomførbare for å redusere den avdekkede risikoen.
Vurdert til Svært stor negativ virkning.

Akutt forurensning/miljøpåvirkning: Ved akutt forurensning i elva vil full åpning under flystripa kunne bidra til spredning i det gamle elveløpet. I anleggsgjennomføringen skal det graves og legges ut masser i vann. I dette tiltaket må man grave ut stedlige masser i store byggegroper og områdene er vurdert som sårbare i forhold til miljøpåvirkning. Partikkelspredning til vann i anleggsperiode vil kunne påvirke både terrestriske og akvatiske arter. Det er også risiko for spredning av oljestoffer eller kjemikalier dersom det skjer ulykker under arbeidene. Lyd- og lysforurensing kan også oppstå. Det er

avdekket risiko som det er antatt finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Tiltak for akutt forurensning bør innarbeides i kommunes beredskapsplan. Det må utarbeides en plan for hvordan gravearbeidet i vann skal foregå for å minimere skadene på miljøet. Det må også utarbeides beredskapsplan for å hindre spredning ved ulykker. Tiltakene er vurdert til å medføre stor kostnadsøkning. Vurdert til Stor negativ virkning.

Total vurdering av alle risikoene som er vurdert under samfunnssikkerhet medfører at dette forslaget til tiltak er vurdert til å ha Svært stor negativ virkning.

8.1.5.3 Prosessrisiko

Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger med tanke på blant annet sikkerheten på og rundt flyplassen og konsekvensen av å stenge for flytrafikk. Det er sannsynlig at disse innsigelsene trolig ikke kan bli løst mellom partene og dermed til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert at det er sannsynlighet for at det til slutt ikke gis medhold til å gjennomføre dette tiltaket. Det må samarbeides med Avinor og Forsvaret for å se om det er mulig å komme til enighet om tiltaket. Det må også utføres utredninger av *birdstrike* i henhold til Avinor sin metodikk. Selv med samarbeid og ytterligere utredningene vil er det antatt at kompensasjonstiltaket trolig ikke bli vedtatt som en del av planen. Vurdert som Svært stor negativ virkning.

8.1.6 Samlet vurdering

Ut fra en samlet vurdering av alle silingskriteriene i steg 1 og steg 2, oppnår ikke kompensasjonstiltaket måloppnåelse. Tabell 8-1 oppsummerer vurderingene i steg 1 og steg 2.

Innenfor steg 1 er det flere silingskriterier som ikke oppnår måloppnåelse. Dette gjelder strømhastighet og dermed erosjon. Utløpsområdet vil være mer naturlig enn det framstår ved Hellstranda i dag. Siden bygging av flystripa i 1957 er det flere tiltak som har medført at elva framstår kanalisert. Basert på hydrauliske resultater kan man anta at det derfor ikke vil kunne dannes brakkvannspregede, bløtbunnsområder som tørrlegges ved fjære sjø i utløpsområdet til Stjørdalselva. I tillegg vil beiteområdet til sjøørret ved Hellstranda og overvintringsområdene i det gamle elveleiet ved Sandfærhus forsvinne. Betydningen av Halsøen for fugler vil få negative konsekvenser.

Innenfor steg 2 er alle silingskriteriene vurdert til å ha svært stor negativ virkning. Tiltaket er veldig kostbart, det er også knyttet stor risiko i forhold til samfunnssikkerhet og det er stor sannsynlighet for at det vil være utfordrende å løse innsigelsene som vil komme ved en slik løsning.

Prosjektet anslås til en kostnad på ca. 2,2 milliarder kroner. Ekstra kostnader relatert til tid, logistikk og avbrudd kan beløpe seg til ytterligere 500-800 millioner kroner. Med et tidsperspektiv på 3 til 5 år, må flyplassen stenge under deler av byggeperioden, noe som vil ha betydelige samfunnskostnader. Åpningen under flystripa kan ha negativ innvirkning på fuglebestanden, som krever videre risikoanalyse. Brokonstruksjon under flyplassen innebærer høy risiko ved sabotage og påvirker mikroklimaet, noe som kan forstyrre flyplassens daglige drift. Det er flere uakseptable risikoer knyttet til flom, erosjon, isgang og akutt forurensning, som krever omfattende tiltak. Det er høy sannsynlighet for innsigelser fra Avinor og Forsvaret, som kan forsinke eller forhindre gjennomføring av prosjektet. Samarbeid og ytterligere utredninger vil være nødvendig, men tiltaket vurderes til sannsynligvis ikke å bli godkjent.

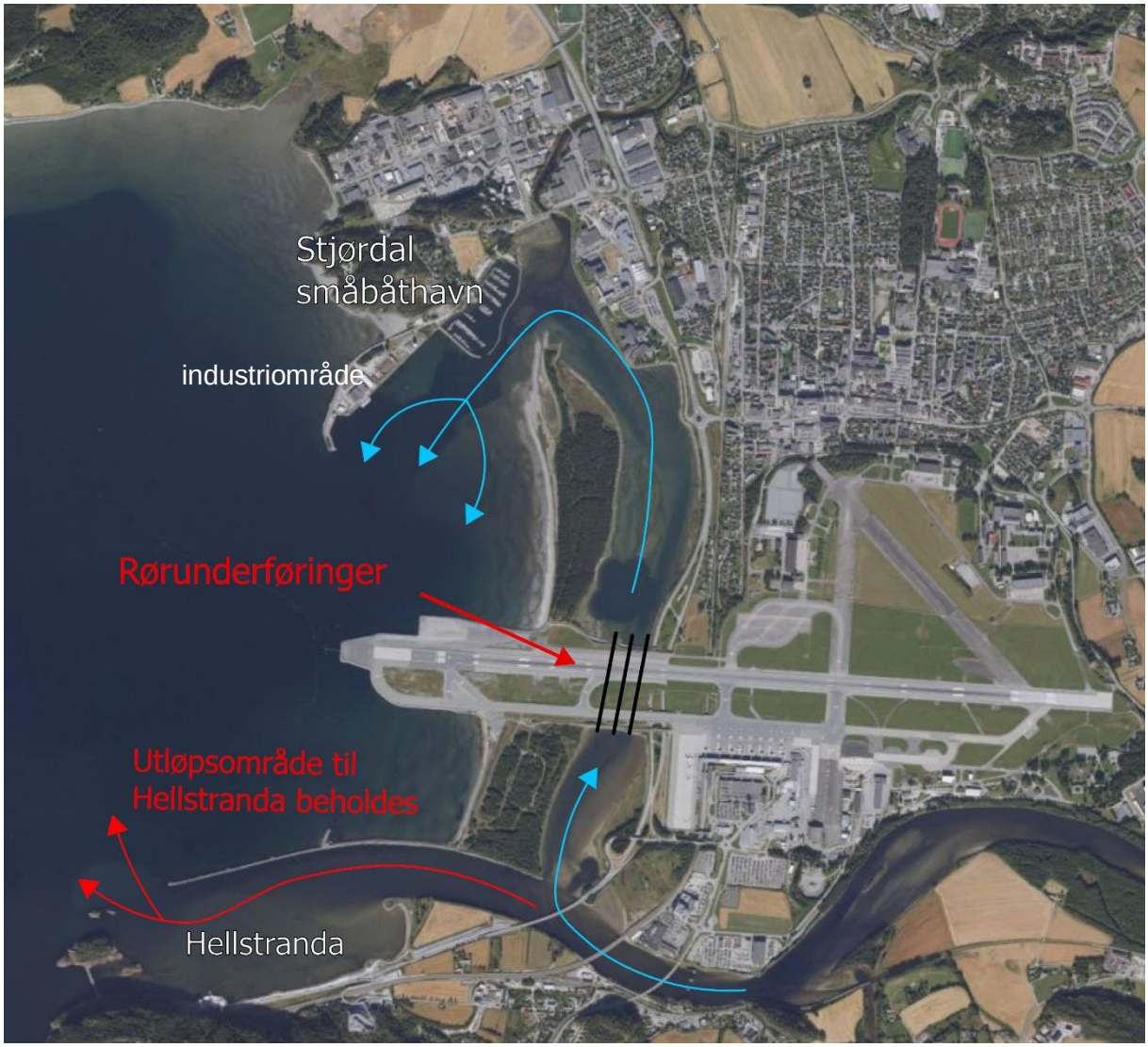
Tabell 8-1: Oppsummering av vurdering av silingskriteriene i silingsfase for kompensasjonstiltak reetablering av Stjørdalselva. Fargeskala tas fra tabell 6-2 og tabell 6-4. Tabellen fortsetter på neste side.

	Silingskriterier	Kompensasjonstiltak reetablering av Stjørdalselva
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet til Stjørdalselva	Umiddelbar nærhet til Stjørdalselva oppnås. Sjøørret kan vandre fra marint til ferskvann via brakkvann.
	Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret	I det nye utløpsområdet forventes det at vannmassene vil være dynamiske, det vil si styrt av både tidevann og vannføring i Stjørdalselva.
		I det nye utløpsområdet forventes det tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten.
		I det nye utløpsområdet/Halsøen forventes det god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.
		I det nye utløpsområdet forventes det høyere strømhastighet og dermed erosjon. Dette fordi elva er kanalisert og vil fortsatt være kanalisert etter en reetablering av elveløpet. Det vurderes dermed at det mest sannsynlig ikke vil oppstå grunne områder, men oppstå djupere renner eller kanaler.
	Kompensasjonsområdets areal	Deler av det gamle elveløpet til Stjørdalselva er kanalisert og det forventes økt erosjon. Det er derfor knyttet usikkerhet til om det vil oppstå grunne brakkvannsområder som tørrlegges ved sjø.
	Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl	Sjøørret (Halsøen): På grunn av økt erosjon vil området i Halsøen forsvinne. Området har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret fra Stjørdalselva, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda. Det er ikke sett på områdebruken til sjøørret fra Gråelva ved Stjørdal småbåthavn.
		Sjøørret (Hellstranda og det gamle elveleiet ved Sandfærhus): Overvintringsområdet vil antageligvis forsvinne i sin helhet, og

	Silingskriterier	Kompensasjonstiltak reetablering av Stjørdalselva
		Hellstranda vil ikke lengre ha en funksjon som viktig beiteområde for veteraner og smolt.
		Fugl (Halsøen og det gamle elveleiet ved Sandfærhus): Området ved Halsøen og elveleiet ved Sandfærhus vil bli betraktelig mindre attraktivt for mange fuglearter fordi sedimenter og næringsstoffer blir skylt bort av elva. I dag er områdene er et viktig næringssøkområde for vadere/ender/måker.
		Fugl (Hellstranda): Området ved Hellstranda sin funksjon for fugler blir minimalt påvirket.
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Naturtyper: Økt erosjon kan medføre at bløtbunnsområdene i det gamle elveleiet og Halsøen blir redusert eller bortfaller. Bløtbunnsområdet ved Hellstranda vil ikke forsvinne, men vil bli et marint område og ikke et brakkvannsområde som det er i dag. Flere terrestriske naturtyper ved Sandfærhus, Langøra sør og Langøra nord kan bli redusert eller forsvinne.
		Rødlistede arter: Rødlistede arter som lever i eller i tilknytning til naturtyper registrert ved Langøra nord og sør, Sandfærhus og Halsøen som kan bli påvirket negativt og i varierende grad forsvinne fra området. For den rødlistede arten Atlantisk laks vil ikke tiltaket ha stor betydning, utover at laksen vil få en mindre endring på vandringsruta mot havet.
	Anleggstid	Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 3 til 5 år. Dette er uten at det er lagt inn restriksjoner i forhold til miljøhensyn. Det er derfor usikkert om tiltaket vil være så etablert at det fungerer som tenkt innen 5 år.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	Ifølge vurderingene i steg 1 så vil ikke tiltaket gi ønsket effekt når det gjelder å kompensere for utfyllingen på Hellstranda. Dette sett opp imot høye investeringskostnader kombinert med store samfunnskostnader ved stenging av flyplassen over en så lang periode, er tiltaket vurdert å ha en svært stor negativ virkning i forhold til samfunnsøkonomi.
	Samfunnssikkerhet	Det er spesielt risikoene rundt effekten av at flyplassen må stenges i anleggsperioden og at det er stort potensiale for flom med store samfunnskader som medfører at tiltaket vurderes å ha svært stor negativ virkning på samfunnssikkerheten.
	Prosessrisiko	Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger med tanke på blant annet sikkerheten på og rundt flyplassen og konsekvensen av å stenge for flytrafikk. Det er sannsynlig at disse innsigelsene trolig ikke kan bli løst mellom partene og dermed til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert at det er stor sannsynlighet for at det til slutt ikke gis medhold til å gjennomføre dette tiltaket.

8.2 Restaurering av gammelt elveløp (rør under flystripa)

Tiltaket består av en etablering av det opprinnelige elveløpet til Stjørdalselva under flystripa ved Trondheim lufthavn Værnes. Denne varianten av tiltaket innebærer føring av elvevann gjennom 1 – 3 rør under dagens flystripe, og utløpsområdet til Hellstranda beholdes slik det er i dag. Figur 8-12 illustrerer tiltaket.



Figur 8-12: Illustrasjonen viser kompensasjonstiltak med rørunderføringer under dagens flystripe. Antall rørunderføringer i illustrasjonen er kun ment som eksempel. Bakgrunnskart [13].

Halsøen som ligger på østsiden av Langøra nord i Stjørdal kommune, er i dag preget av dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Begrenset vannutveksling med Stjørdalsfjorden fører til stillestående vannmasser, spesielt i sommerhalvåret, noe som forverrer miljøtilstanden ytterligere. Se også kapittel 5.1.3 for beskrivelse av dette. Dårlige oksygenforhold vil ha negativ innvirkning på vannkvalitet. Området er svært attraktivt

for fugler i dag [44]. Økt vannutveksling vil bidra til høyere oksygennivåer, redusert fare for anaerobe forhold og styrket økologisk verdi.

Med tanke på å erstatte for tapt bløtbunnsareal med beitefunksjon for sjøørret, kan dette tiltaket ansees som en annen variant av tiltaket som er beskrevet i kapittel 8.1. Kapitlet beskriver og vurderer tiltaket opp mot silingskriterier beskrevet i kapittel 6.2.

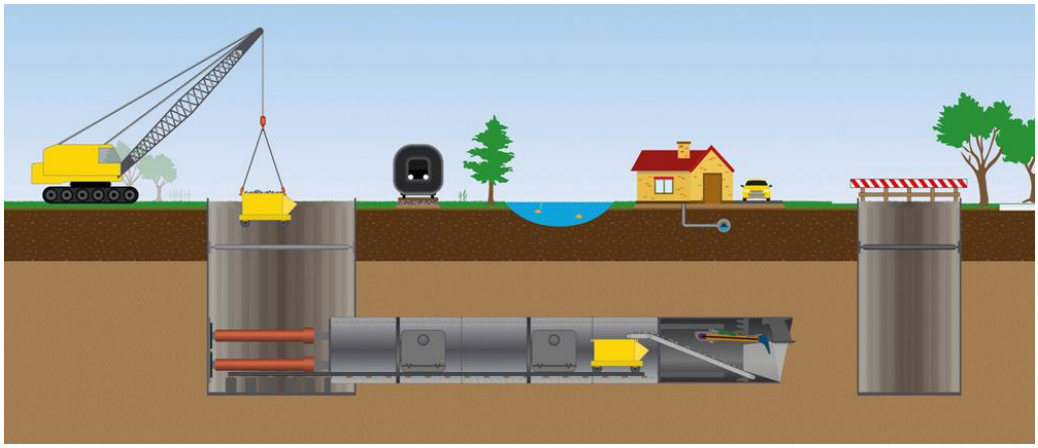
8.2.1 Design og anleggsgjennomføring

I dette kompensasjonstiltaket legges det til grunn å etablere 1 til 3 rør under den eksisterende flystripa. Det legges til grunn en rørdiameter på minimum 2 m, da det er ønskelig å få vannutveksling ved både høyvann og lavvann, med minst mulig oppstuving og vannutveksling også ved lavvann. Rørlengden anslås til ca. 380 meter av hensyn til foreliggende arealbruksplaner. I kostnadsberegningen av boring er det lagt til grunn spuntgroper, et rør på 1 – 2 meter i diameter, rigg og massehåndtering. Det er også vist kostnad hvis det blir 3 rør.

Under flyplassen er det to sprengsteinsfyllinger. Dette medfører at pressing av rør ikke er aktuell som anleggsmetode og kun boring er aktuell. Styrt boring er derfor vurdert som den mest hensiktsmessige og gjennomførbare metoden for å etablere rørforbindelsen.

Tiltaket gjennomføres ved at det etableres spuntgroper i hver ende av boretraseen og det bores så hull gjennom sprengsteinfyllinga under flystripa. Det må påregnes bruk av spesialisert boreutstyr, tilpasset lokale grunnforhold og rørets lengde. Rigg og massehåndtering må gjennomføres med hensyn til luftfartsrelaterte krav til drift og sikkerhet.

Inntrekking og montering av rør vil kreve høy presisjon og en kontrollert fremdrift. En illustrasjon er vist i figur 8-13.



Figur 8-13: Illustrasjon av boring [59].

For å redusere risiko og kompleksitet knyttet til boring gjennom grove fyllmasser, bør det vurderes å legge traseen gjennom områder med naturlige elvemasser, dersom dette er geoteknisk forsvarlig.

8.2.2 Sammenligning tiltak full åpning og tre rør under flystripa

Kompensasjonstiltaket som beskrevet i kapittel 8.1 restaurering av gammelt elveløp (full åpning under flystripa) kan ansees som en «ekstrem» variant i forhold til den nåværende utforming av Stjørdalselva. Kompensasjonstiltaket beskrevet i kapittel 8.2 representerer en variant et sted imellom dagens situasjon og full åpning under flystripa, men fortsatt relativt tett på dagens situasjon. Dersom det skal ledes mer vann igjennom rørløsninger under flystripa, må det etableres rør med større tverrsnitt, eller tilføyes flere rør, i tillegg til at man supplerer med tiltak som øker motstanden i elveløpet mot Hellstranda, slik at mer vann ledes mot rørene. Dette kan gjøres ved å for eksempel lage en innsnevring i elva, forhøyet terskel eller guide vannet mot det opprinnelige elveløpet. Slike tiltak vil følgelig ha konsekvenser for strømningsforhold, salinitet og temperatur i alle berørte områder.

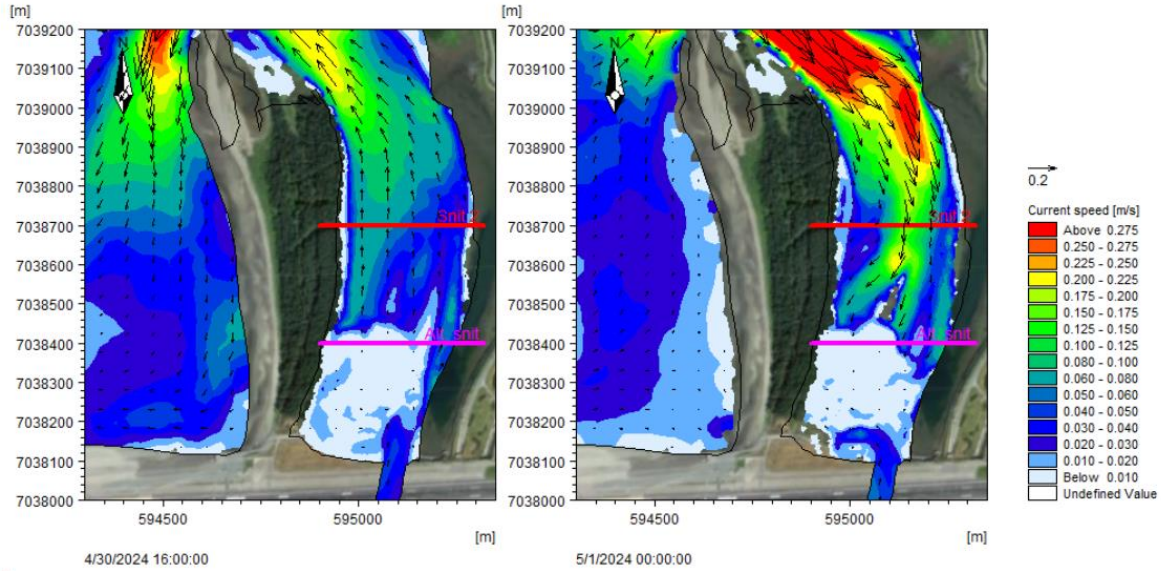
Det er ikke vurdert flere varianter av tiltaket imellom kompensasjonstiltakene full åpning og tre rør under flystripa i rapporten.

8.2.3 Resultater fra hydraulisk modellering

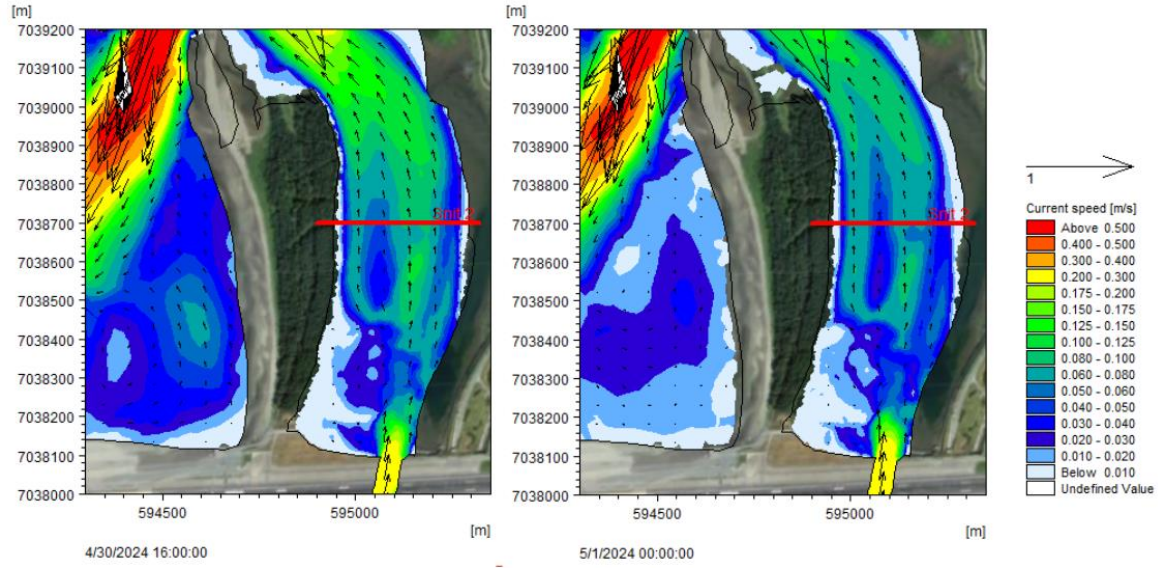
Det er sett på strømforhold, vannføring, temperatur og salinitet i både Halsøen, det gamle elveleiet og ved Hellstranda. I den hydrauliske modellen er det lagt inn sirkulære rørgjennomføringer (1 – 3 rør) under dagens flystripe. Det legges til grunn en rørdimensjon på 2 m, der bunnen ligger under lavvann (kote -1 m), slik at det alltid er vanngjennomstrømning i røret igjennom en tidevannssyklus. Total lengde estimeres til å være ca. 380 m. I modellen tas det høyde for at røret er sedimentfritt og dagens utløpsområde mot Hellstranda beholdes slik det er i dag. Det legges ikke inn motstand i elveløpet for å lede elvevannet mot rørene under flystripa. Merk at vanndybder i Halsøen ikke er fullstendig kjent og at vanndybder vil også endres over tid, jf. kapittel 8.1.3.1. Kapitlet oppsummerer resultatene fra fagrapporten [14], og modellresultatene med 3 rør vises her.

8.2.3.1 Strømnings- og vannstandsforhold

Framtidige strømningsforhold i Halsøen med vannutskiftning gjennom 3 rør under dagens flystripe er vist for henholdsvis normal vannføring (figur 8-14) og en 200-års-flom-hendelse (figur 8-15). I begge figurene viser kartene til venstre avtagende tidevann der vannet er på vei ut av området og til høyre vises stigende tidevann der vannet er på vei inn i området.



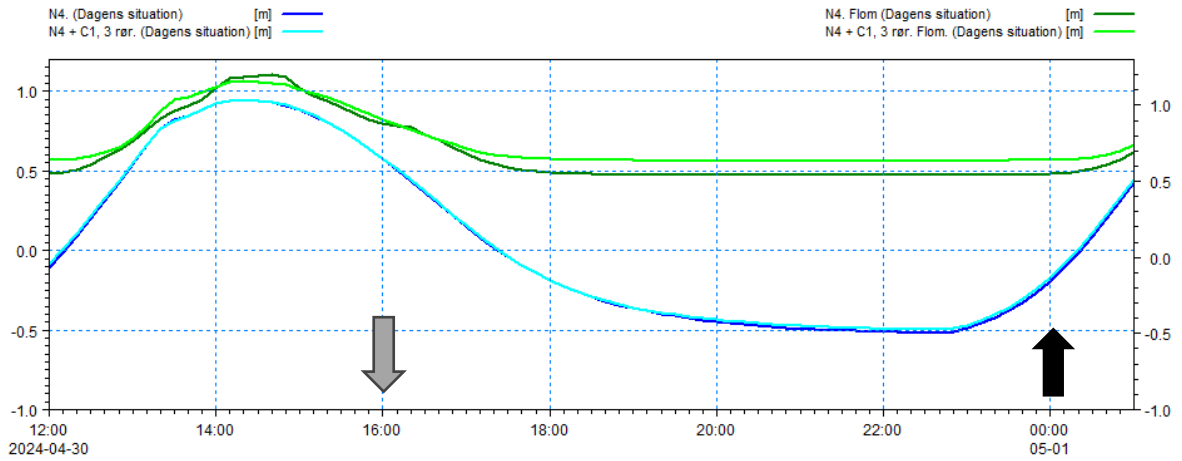
Figur 8-14: Strømhastighet med 3 rørunderføringer på kote -1 m, avtagende tidevann til venstre og stigende tidevann til høyre. Kartene viser strømhastighet (gjennomsnitt fra hele vannsøyla) ved en vanlig sommerdag tilsvarende vanlig vannføring (84 m^3/s). Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].



Figur 8-15: Strømhastighet med tre rørunderføringer på kote -1 m, avtagende tidevann til venstre og stigende tidevann til høyre. De øverste kartene viser strømhastighet ved en vanlig sommerdag tilsvarende vanlig vannføring (84 m^3/s) og de to nederste viser strømhastighet ved en 200-årsflom hendelse (1 976 m^3/s). NB: Strømningshastigheten vist i «kanalen» gjennom flystripa, representerer ikke strømningshastigheten i de tre kulvertgjennomføringene. Den samlede vannføringen som kommer gjennom rørløsninga og inn i Halsøen er imidlertid korrekt representert her. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

Resultatene viser at det er mulig å oppnå vannutskiftning mellom områdene sør og nord for flystripa dersom man etablerer en rørløsning. Resultatene viser at ved normalvannstand vil strømhastigheten være relativt lav. Som forventet vil den være høyere ved en 200 års-flom.

Det er også sett på vannstand (figur 8-16) ved henholdsvis normal vannføring (blå farge) og en 200-års-hendelse (grønn farge) i et punkt i Halsøen, i tverrsnitt 2 som vist i Figur 8-16 (rød farge i figuren). Figuren viser en liten forskjell mellom vannstand i dagens situasjon uten rør (mørkegrønn farge) og med rør (lysegrønn farge). Dette fordi kapasiteten til rørene vil være brukt opp i en slik hendelse, og det vannet vil da renne en annen veg. Det antas at under flom vil rørene være fulle av vann, og det vil skje en oppstuvning av vann ved terskelen ved Hellstranda og ved rørene under flystripa.



Figur 8-16: Vannstandsforhold i Halsøen i løpet av en tidevannssyklus i en vanlig sommerdag. Blå farge viser normal vannføring (84 m^3/s) og grønn farge viser en 200-årsflom hendelse (1 976 m^3/). Mørk blå/mørk grønn farge viser dagens situasjon, mens lys blå/lys grønn farge viser tenkt situasjon med 3 rør under flystripa. Grå (svart) stor pil viser avtagende (stigende) tidevann. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

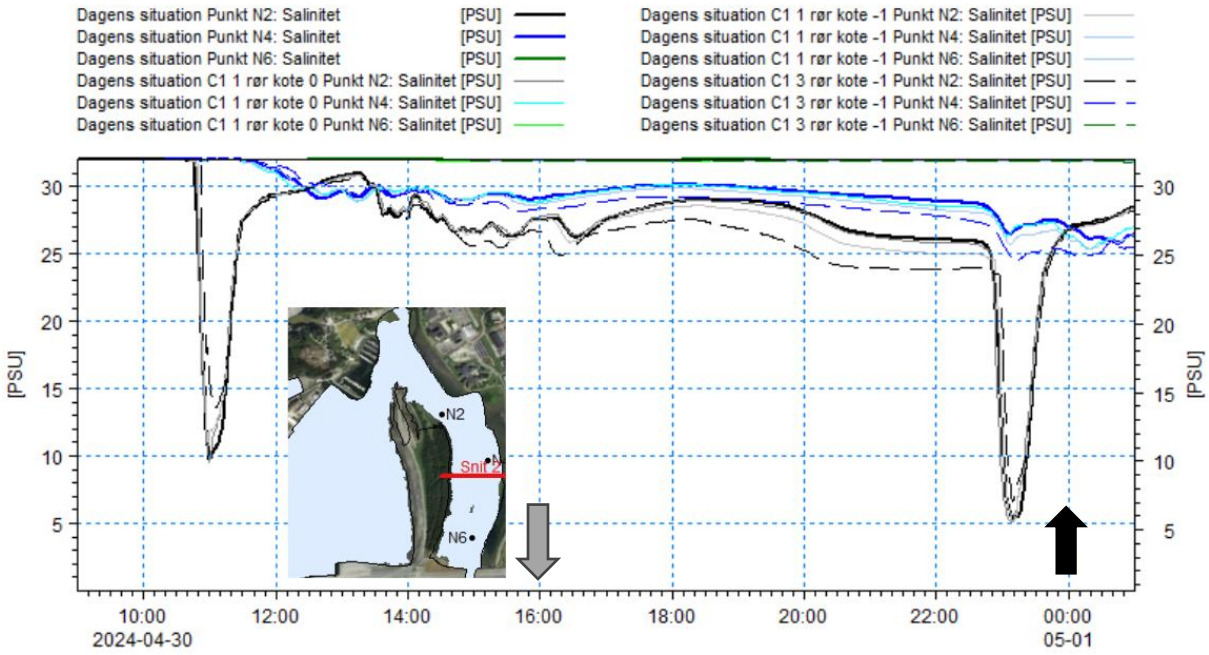
De hydrauliske simuleringene av strømningsforhold og vannstand ved Hellstranda med rør gjennom flystripa (ikke vist i figurene i kapitlet) viser at det forventes en svært begrenset påvirkning på lokale strømningsforhold og vannstand ved Hellstranda.

8.2.3.2 Salinitet og temperatur ved Halsøen og Hellstranda

I Halsøen forventer man som følge av etablering av rør under flystripa, små endringer i salinitet og til dels temperatur sammenlignet med dagens situasjon (figur 8-17). Påvirkning fra henholdsvis Stjørdalselva og Gråelva vil variere ut fra hvor i Halsøen man befinner seg, i tillegg til bl.a. tidevannssyklus.

Størst påvirkning på salinitet og (til dels) temperatur forventer man dersom man etablerer tre rør på kote -1 m, og minst påvirkning forventes ved bruk av ett rør ved kote 0 m. Punkt N2 (svart/grå farge) som ligger ytterst i Halsøen, viser større ferskvannspåvirkning sammenlignet med punkt N6 (grønn farge) som ligger nærmest utløpet til en tenkt rørløsning gjennom flystripa. Dette viser at ferskvannspåvirkninga fra Gråelva vil være større enn forventet ferskvannspåvirkning fra Stjørdalselva. I det gamle elveleiet ved Langøra sør/Sandfærhus, vil forholdene bli noe mer marine ved rørføringer

under flystripa. Dette fordi marint vann vil strømme inn gjennom rørene ved stigende tidevann (ikke vist i figur). Punkt N6 ligger i det kunstig skapte «bassenget», og dermed forventes det marint vann i bunnen, dette fordi tettheten av salint vann er høyere enn brakk- eller ferskvann.



Figur 8-17: Salinitet ved flere punkter i et transekt fra sør (N6) til nord (N2) i Halsøen. Punkt N6 ligger nærmest en tenkt rørføring, mens punkt N2 ligger nærmest Gråelva. Dagens situasjon i hver av de punktene er vist med svart, mørkeblå og mørkegrønn farge. Grå (svart) stor pil viser avtagende (stigende) tidevann. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

Ved Hellstranda forventes det ikke store endringer i hverken temperatur- eller salinitetsforhold dersom det etableres tre rør med en diameter på 2 m under flystripa (ikke vist i figur 8-17).

8.2.4 Vurdering av kompensasjonstiltak opp mot silingskriterier i steg 1

Robustheten til kompensasjonstiltaket er vurdert opp mot silingskriterier som beskrevet i kapittel 6.2.1 til 6.2.6.

8.2.4.1 Direkte tilknytning/nærhet til Stjørdalselva

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om kompensasjonsområdet oppnår brakkvannskvalitet og at brakkvannsområdet ligger i umiddelbar nærhet til utløpsområdet til Stjørdalselva, slik at sjøørret kan vandre uhindret fra beiteområdet til elva, uten å måtte passere marint vann.

Det vurderes her to ulike muligheter; Halsøen og Hellstranda. Dette fordi kompensasjonstiltaket innebærer to tenkte utløpsområder.

Resultatene fra de hydrauliske simuleringene viser at man ikke vil oppnå et brakkvannshabitat i Halsøen slik det er i elveosen ved Hellstranda (kapittel 8.2.3.2). Innerst i Halsøen, mot flystripa, forventes det marine forhold, og Stjørdalselvas påvirkning er liten. Dette ved bruk av tre rør med en diameter på 2 m.

Området ved Halsøen vil ha tilknytning til Stjørdalselva sin elveos gjennom tre ca. 380 m langt rør. Så langt vi vet, fins det per i dag ingen kunnskap om hvorvidt sjøørret vil ha som vanlig adferd å svømme igjennom et ca. 380 m langt tidevannspåvirket rør (pers. kom. Jan Davidsen, NTNU Vitenskapsmuseet). Det fins eksempler på at fisk har vandret igjennom rør opp til 400 m [60]. Dette gjelder bekker som ikke er påvirket av tidevann, det vil si at vannet strømmer i en retning.

Ved Hellstranda vil det fortatt være brakkvannsområder, og sjøørret kan vandre fritt mellom brakkvannsområdet og elva uten å måtte passere marint vann.

8.2.4.2 Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonstiltaket oppnår et sett med delkriterier slik at området får økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret ved Hellstranda. Kriteriene er beskrevet i tabell 6-3.

Som beskrevet over, vurderes det også her to ulike muligheter; Halsøen og Hellstranda. Dette fordi kompensasjonstiltaket innebærer to tenkte utløpsområder.

Vannmassene i området må være dynamiske, med brakkvann styrt av tidevann og vannføring i Stjørdalselva. Resultatene viser fra de hydrauliske simuleringene at man ikke vil oppnå et brakkvannshabitat i Halsøen ved hjelp av 1 – 3 rør under dagens flystripe. Det vil tilføres varmt elvevann om sommeren, men ikke i brakkvannskvalitet. Det forventes derimot at det vil oppstå vannutskiftning mellom de to områdene – Halsøen og det gamle elveleiet ved Sandfærhus, dermed vil oksygenforholdene i Halsøen kunne forbedres.

Strømningshastigheten vil være relativt lav innerst i Halsøen, og det antas dermed at en rørløsning ikke vil føre til økt erosjon. Helt lokalt omkring rørene vil det nok oppstå noe høyere strømningshastighet. Området vil fortsatt være grunne og tørrlegges ved fjære sjø.

Oppsummert gjelder at tiltaket med 1 – 3 rør under flystripa ikke vil føre til et brakkvannsområde som er styrt av tidevann fra fjorden og vannføring Stjørdalselva vil kunne oppstå i Halsøen.

Det forventes ingen signifikante endringer i bløtbunnsområdet/brakkvannsområdet ved Hellstranda på noen av de parameterne som diskutert under silingskriterium «økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret». Det vil fortsatt være et brakkvannsområde med

dynamiske vannmasser styrt av tidevann fra fjorden og vannføring fra Stjørdalselva. I grunne områder som tørrlegges ved sjø vil vannet varmes opp om sommeren og høsten (vekstperioden). Det vil fortsatt være oksygenrikt vann.

8.2.4.3 Kompensasjonsområdets areal

Det er ikke regnet på areal siden resultatene viser at det ikke vil oppstå et brakkvannsområde nord for Halsøen. Ved Hellstranda vil det ikke skje noen endring i bløtbunnsområde, annet enn at det blir mindre grunnet vegtiltaket. Det vil ikke bli større ved Hellstranda.

8.2.4.4 Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl

Sjøørret bruker Halsøen som beiteområde, men i mye mindre grad enn ved Hellstranda. Det forventes ikke at dette området vil miste sin funksjon dersom man etablerer rør under flystripa. Det forventes ikke at overvintringsområdene til sjøørret i det gamle elveleiet ved Sandfærhus vil bli påvirket. Siden det forventes kun en marginal forskjell i temperatur og salinitet i det gamle elveleiet sør for flystripa, vil antageligvis overvintringsområdene forbli slik de er i dag (resultater ikke vist i denne rapporten, resultatene kan tas fra fagrapport hydrologi [14]. Det forventes ingen påvirkning på beiteområdene ved dagens Hellstranda.

Halsøen har funksjon som beiteområde for fugl. Området er svært næringsrikt, mye av dette er fordi organisk materiale ikke vaskes lett vekk og er tilgjengelig for de organismene som fugl beiter på, samt at området er grunt. Det er i dag litt tilførsel av elvevann fra Gråelva ved Stjørdal småbåthavn i de nordre delene av Halsøen. Strømhastigheten og saliniteten forventes å være lik som i dag, og av den grunn forventes ingen til marginale påvirkninger på Halsøens funksjonsområder for fugl.

8.2.4.5 Påvirkning på nærliggende naturtyper og rødlistede arter

Det forventes ingen påvirkning på rødlistede arter eller naturtyper.

8.2.4.6 Anleggstid

Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 1–2 år. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle krav for å hensynta miljøet. Det antas at tiltaket kan gjennomføres < 5 år.

8.2.5 Vurdering av kompensasjonstiltak opp mot silingskriterier i steg 2

Tiltaket er vurdert opp mot silingskriterier som beskrevet i kapittel 6.2.7 til 6.2.9. Silingskriteriene som her vurderes er samfunnsøkonomi, samfunnssikkerhet og prosessrisiko.

8.2.5.1 Samfunnsøkonomi

Et foreløpig kostnadsoverslag er utarbeidet med bakgrunn i erfaringstall fra sammenlignbare prosjekter og forutsetninger om boring gjennom ulike massetyper. Estimatet entreprisekostnad pr. rørtrase er estimert til 50 – 100 millioner kroner hvis det er mulig å finne en trase å bore gjennom som har naturlige elvemasser. Boring gjennom grove sprengfyllinger vil medføre en entreprisekostnad på 150 – 300 millioner kroner pr. rørtrase. Med 3 rør vil det billigste bli 150 – 300 millioner kroner og det dyreste blir 450 – 900 millioner.

Det er da ikke tatt med kostander for ulemper ved at det trolig vil være flere restriksjoner når og hvordan anlegget kan gjennomføres på grunn av hensyn til flytrafikken og Forsvarets aktivitet i området. I tillegg kommer kostnader forbundet med behov for eventuelle tiltak som følger av setninger på flyplassen i forbindelse med anleggsgjennomføring. Tiltaket vil også trolig medføre sedimentering/tetting av rørene som vil kreve hyppig vedlikehold.

Det er flere av silingskriteriene i steg 1 som er vurdert at tiltaket ikke er tilfredsstillende. Dette gjelder da silingskriteriene direkte nærhet/tilknytning til Stjørdalselva og økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret. Rørløsninger under flystripa vil ikke kunne kompensere for tapt bløtbunnsareal. Dette innebærer at tiltaket er vurdert til å ha liten nytte i forhold til å direkte kompensere for tap av bløtbunn på Hellstranda.

Samfunnsøkonomi for dette tiltaket er derfor vurdert til å ha Svært stor negativ effekt.

8.2.5.2 Samfunnssikkerhet

Det er utført en overordnet risikovurdering av de ulike kompensasjonstiltakene for å vurdere samfunnssikkerheten [53].

Flyplass-sikkerhet (*birdstrike)*: Strømhastigheten og saliniteten vil være tilsvarende som i dag og området er derfor forventet lignende funksjon for fugler. I utførelsesfasen kan graving tiltrekke seg måker og kråkefugl på grunn av eksponering av mark og andre smådyr. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må likevel utføres risikoanalyse etter Avinor sin metodikk siden området er nært flyplassen. Det er ventet at hvis det der avdekkes behov for tiltak så er det uten vesentlig kostnadsøkning. Vurdert til Noe negativ virkning.

Flyplass-sikkerhet og nasjonal og internasjonal sikkerhet (tilsiktede hendelser): Røret under flyplassen kan benyttes ved sabotasje, da det er lite synlige og ligger usjenert til.

Røret har tynnere veggtykkelse sammenlignet med E6-vegtunnelen under flyplassen, noe som kan medføre større konsekvenser ved eventuell skade fra tilsiktede hendelser. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det er sannsynlig at det vil bli krav om en eller annen form for overvåkning av området. Det antas at nødvendige tiltak medfører noe kostnadsøkning da konsekvensen kan bli stor. Vurdert til Middels negativ virkning

Påvirkning på drift både for Avinor og Forsvaret: Det vil etableres byggegrop på begge sider av flystripa, med graving inn under rullebanen. Boring under flystripa kan medføre risiko for setninger, rystelser og skjevhet på rullebanen. Flyplassen skal forbli operativ gjennom hele byggeperioden, men ved eventuelle skjevheter eller setninger på rullebanen må dette utbedres umiddelbart eventuelt må flytrafikken stoppes. Rør under rullebanen og taksebanen kan føre til endringer i mikroklimaet, med usikkerhet knyttet til hvordan dette vil påvirke den daglige driften av flyplassen. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må gjennomføre løpende målinger av rullebanen ved hjelp av program for både automatiske og manuelle målinger. Beredskap for umiddelbar respons ved funn av avvik må utarbeides. Det må påregnes restriksjoner fra Avinor i forbindelse med anleggsfase. Det er vurdert at det trolig er behov for tiltak som medfører stor kostnadsøkning. Vurdert til Stor negativ virkning.

Ras/skred/undersjøisk ras: Det er ikke registrert kvikkleiresone under flyplassen. Grunnforholdene tilsier at det ikke er sannsynlig at det oppstår undersjøiske ras eller andre ras. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Det bør likevel utføres flere geotekniske undersøkelser. Det er antatt at det ikke er behov for tiltak for å redusere risikoen utover det som er vanlig. Vurdert til Ubetydelig virkning.

Flom (erosjon), stormflo og bølgehøyde: Resultatene fra de hydrologiske beregningene viser at ved normalvannstand vil strømhastigheten være relativt lav. Det er liten forskjell mellom vannstand i dagens situasjon uten rør og med rør. Dette fordi kapasiteten til rørene vil være brukt opp i en slik hendelse, og det vannet vil da renne mot Hellstranda som i dag. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Hydrologiske beregninger i byggeplanlegging. Vurdert som Ubetydelig virkning.

Isgang i Stjørdalselva: Siden det tilføyes mer ferskvann er det fare for isgang i området. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må utføres mer hydrologiske beregninger i byggeplanlegging og utrede muligheten og konsekvensen av isgang med tilhørende tiltak. Antatt tiltak som medfører noe kostnadsøkning. Vurdert til Middels negativ virkning.

Akutt forurensning/miljøpåvirkning: Ved akutt forurensning i elva vil røret kunne bidra til spredning i det gamle elveløpet. I anleggsgjennomføringen skal det graves og legges ut masser i vann. I dette tiltaket må man grave ut stedlige masser i byggegropene og områdene er vurdert som sårbare i forhold til miljøpåvirkning. Partikkelspredning til

vann i anleggsperiode vil kunne påvirke både terrestriske og akvatiske arter. Det er også risiko for spredning av oljestoffer eller kjemikalier dersom det skjer ulykker under arbeidene. Lyd- og lysforurensing kan også oppstå. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Tiltak for akutt forurensning bør innarbeides i kommunes beredskapsplan. Det må utarbeides en plan for hvordan gravearbeidet i vann skal foregå for å minimere skadene på miljøet. Det må også utarbeides beredskapsplan for å hindre spredning ved ulykker. Tiltakene er vurdert til å medføre noe kostnadsøkning. Vurdert til Middels negativ virkning.

Total vurdering av alle risikoene som er vurdert under samfunnssikkerhet medfører at dette forslaget til tiltak er vurdert til å ha Stor negativ virkning.

8.2.5.3 Prosessrisiko

Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger med tanke på blant annet sikkerheten på og rundt flyplassen. Det er sannsynlig at disse innsigelsene trolig ikke kan bli løst mellom partene og dermed til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert å være usikkert i forhold til om det er mulig å gi medhold til å gjennomføre dette tiltaket. Det må etableres samarbeid med Avinor og Forsvaret for å se om det er mulig å komme til enighet om tiltaket og det må gjennomføres utredning av *birdstrike* i henhold til Avinor sin metodikk. Selv med samarbeid og ekstra utredninger er det usikkert om kompensasjonstiltaket vil bli vedtatt som en del av planen. Vurdert til Stor negativ virkning.

8.2.6 Samlet vurdering

Ut ifra en samlet vurdering oppnår ikke tiltaket måloppnåelse innen silingskriterier i steg 1. Det vurderes dermed som et lite aktuelt kompensasjonstiltak, i hovedsak fordi tiltaket ikke kompenserer for tapt bløtbunn og det er høyest usikkert om sjøørreten vil ta seg igjennom 380 m rør til Langøra nord. I steg 2 av vurderingene er tiltaket vurdert til å ha svært dårlig virkning innen samfunnsøkonomi da tiltaket er kostbart og oppnår ikke full måloppnåelse innen steg 1.

Et foreløpig kostnadsoverslag er utarbeidet basert på erfaringstall fra sammenlignbare prosjekter og forutsetninger om boring gjennom ulike massetyper. Med tre rør vil den totale kostnaden variere mellom 150 og 900 millioner kroner. Kostnader knyttet til restriksjoner på grunn av flytrafikk og Forsvarets aktivitet, samt behov for tiltak ved setninger på flyplassen, er ikke inkludert. Tiltaket vil også kreve hyppig vedlikehold på grunn av sedimentering og tetting av rørene. Samfunnsøkonomien for tiltaket vurderes derfor som svært negativ. Bygging av tiltaket vil kreve noe stenging av flyplassen og kan medføre risiko for setninger på rullebanen. Det må påregnes innsigelser fra Avinor og Forsvaret med krav om ytterligere utredninger, spesielt knyttet til sikkerheten på og rundt flyplassen. Disse innsigelsene kan være tidkrevende å løse og kan føre til usikkerhet om tiltaket vil bli godkjent.

Tabell 8-2 oppsummerer den overordnete vurderinga for hvert silingskriterium.

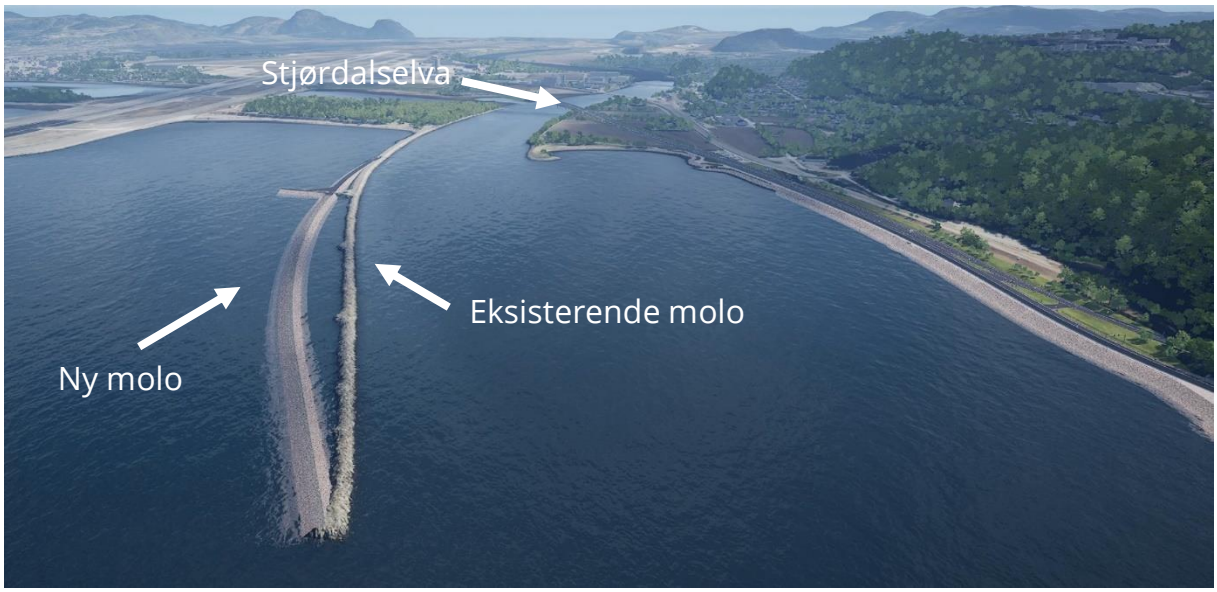
Tabell 8-2: Oppsummering av vurdering av silingskriteriene i steg 1 og steg 2 for kompensasjonstiltaket «Omgjøring av det grunne sjøområdet mellom moloen og flystripa». Fargeskala tas fra kap. 6.

	Silingskriterium	Vurdering
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet til Stjørdalselva	Halsøen: De hydrauliske resultatene viser at det ikke vil oppstå brakkvannskvalitet nord for flystripa/i Halsøen. Det fins ingen kunnskap om sjøørret vil ha som vanlig adferd å vandre igjennom et ca. 380 m langt tidevannspåvirket rør.
		Hellstranda: Det vil fortsatt være et brakkvannområde og sjøørret kan svømme fra området til Stjørdalselva, uten å måtte gjennom marint vann.
	Økologisk funksjon for sjøørret	Halsøen: De hydrauliske resultatene viser at man ikke vil oppnå et brakkvannsområde ved hjelp av 1 – 3 rør under dagens flystripe.
		Halsøen: Det forventes at varmt elvevann vil strømme igjennom rørene om sommeren.
		Halsøen: Det forventes det god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.
		Halsøen: Det forventes lav strømhastighet i området, med unntak av noe høyere lokalt rundt rørene. Det vil fortsatt være grunne områder som tørrlegges ved fjære sjø.
		Hellstranda: Området vil være som før.
	Kompensasjons-områdets areal	Det er ikke regnet på areal i Halsøen siden resultatene viser at det ikke vil oppstå et brakkvannsområde. Tiltaket vil ikke kompensere for tapt bløtbunn. Ved Hellstranda vil det ikke skje en endring, annet enn at bløtbunnsområdet blir mindre på grunn av vegtiltaket.
	Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl	Sjøørret (Halsøen, det gamle elveleiet og Hellstranda): Det forventes ikke at tiltaket vil medføre at funksjonsområder for sjøørret blir berørt.
		Fugl (Halsøen, det gamle elveleiet og Hellstranda): Det forventes at tiltaket har ingen til marginale negative effekter på funksjonsområder for fugl.

	Silingskriterium	Vurdering
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Naturtyper: Det forventes ingen påvirkning.
		Rødlistede arter: Det forventes ingen til marginale negativ påvirkning på rødlistede arter.
	Anleggstid	Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 1–2 år. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle krav for å hensynta miljøet. Det antas at tiltaket kan gjennomføres < 5 år.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	Ifølge vurderingene av silingskriteriene i steg 1 så vil ikke tiltaket gi ønsket nytte for alle kategoriene som er vurdert når det gjelder å kompensere for utfyllingen på Hellstranda. Dette sett opp imot høye investeringskostnader kombinert med store samfunnskostnader på grunn av konflikten til driften til Avinor og Forsvaret, er tiltaket vurdert å ha en svært stor negativ virkning i forhold til samfunnsøkonomi.
	Samfunnssikkerhet	Det er spesielt konflikt med Avinors og forsvarets interesser som pregervurderingen av samfunnssikkerheten.
	Prosessrisiko	Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger. Det er sannsynlig at disse innsigelsene til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert å være usikkert i forhold til om det er mulig å gå medhold til å gjennomføre tiltaket.

8.3 Flytting av molo ved Hellstranda

Tiltaket består i å justere på moloen og djupålen som ligger sør for dagens molo mot nord. Flytting på moloen gjennomføres ved å beholde plasseringa av molohodet, dvs. spissen på moloen, på samme sted som det opprinnelige. Dette gjør man for å unngå økt bølgepåvirkning og andre større endringer i lokale hydrodynamiske forhold. Samtidig som man justerer moloen mot nord, justerer man også djupålen som ligger mer eller mindre parallelt med moloen på sørsida. En illustrasjon av mulig moloflytting er vist i figur 8-18.



Figur 8-18: Illustrasjon av gjenstående kompensasjonstiltak som innebærer en flytting av eksisterende molo nord for Hellstranda. Vegtiltaket er lagt inn ved Hellstranda. Området sees fra dagens utløpsområde inn mot Stjørdalselva. Merk at dette kun er en illustrasjon, nøyaktig utforming molo vil bestemmes på et senere tidspunkt. Bakgrunnskart: [2].

Hensikten med tiltaket er å tilrettelegge for oppbygging av bløtbunnsareal på sørsida av molo og ny djupål, slik at man oppnår minst samme areal tilsvarende bløtbunnsområdet som går tapt i forbindelse med vegtiltaket.

8.3.1 Design og anleggsgjennomføring av ny molo

Det er laget et eget designnotat for oppbygging av moloen [61]og et notat som beskriver anleggsgjennomføring av tiltaket [62]. Kapitlet oppsummerer de viktigste prinsippene i notatene.

Figur 8-18 viser illustrasjon av moloflyttingen. Dagens molo flyttes, og opparbeides slik at den også på lang sikt tåler både bølgepåvirkning fra sjøen, samt slitasje fra elv og isgang. Avinor sin beredskapshavn vil også måtte flyttes noe. Det legges opp til at ny djupål traues ut, da det er usikkert hvor lang tid det tar før elven klarer å etablere dette

selv, og det er gunstig å kunne bruke massene fra sjøbunnen for å slippe å transportere dette bort.

Anleggsteknisk kan tiltakene i sjø være utfordrende, da området er påvirket av elv og sjø. Det er viktig å plassere massene på riktig sted og på riktig måte, slik at de blir liggende stabilt. Utlegging av masser må skje kontrollert og på en måte som ikke fører massene med elv og strøm til andre steder enn ønskelig. Skjerming av utleggsområdet med for eksempel siltgardin, og med forsiktig utlegging med gravemaskin fra lekter vil være relevante tiltak.

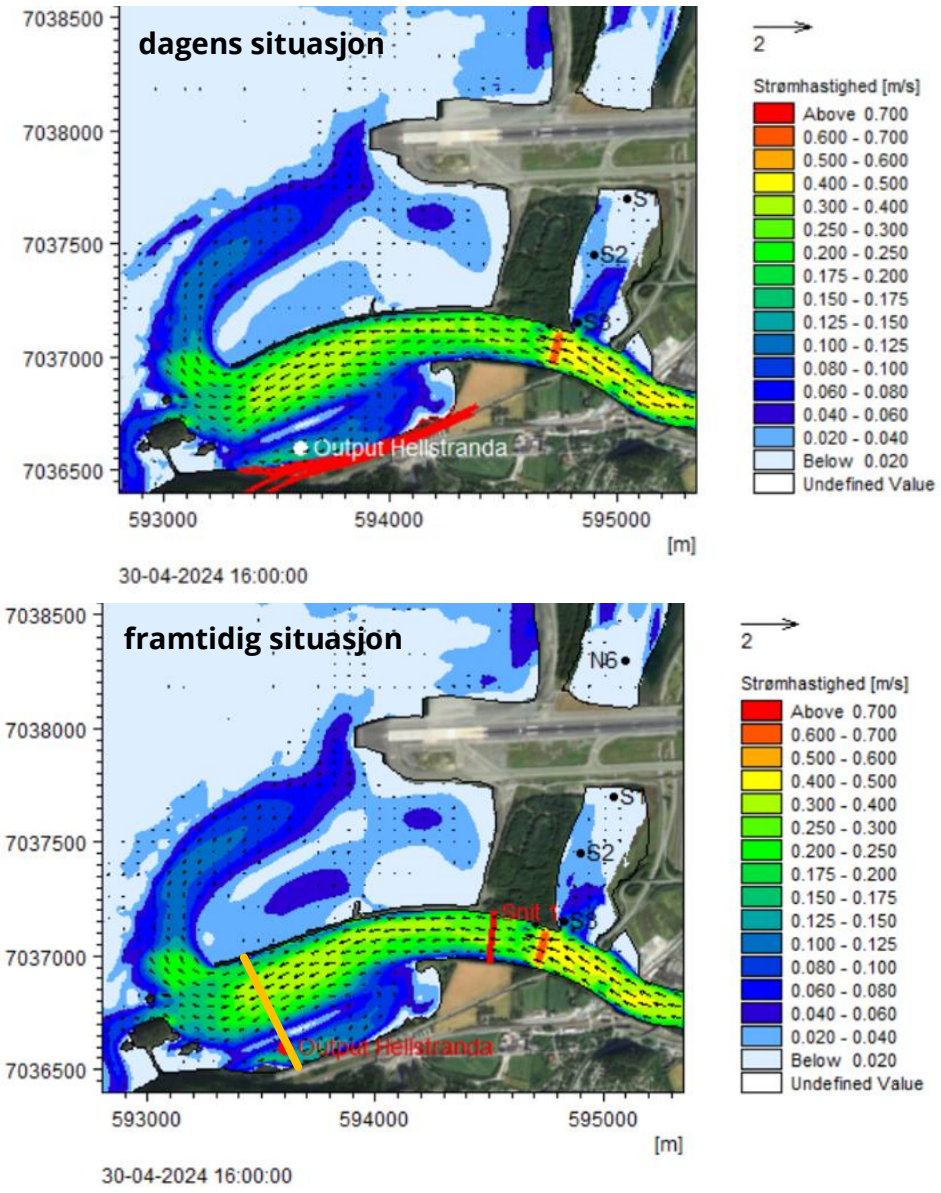
En beskrivelse av hvordan etablering av ny djupål og bløtbunn er tenkt gjennomført er gitt i kapittel 8.3.3.

8.3.2 Resultater fra hydraulisk modellering

Det er gjennomført simuleringer for framtidige forhold med hensyn til strømhastighet, salinitet og temperatur i situasjonen med flyttet molo og djupål, samt et tenkt utvidet bløtbunnsområde. Vegtiltaket er også lagt inn i modellen. Vanndybder som er lagt inn er basert på batymetriske målinger gjennomført i 2024. Det forventes at løsningen vil resultere i at vanndybdene endres, da særlig langs moloen samt ved Hellstranda. Over tid vil sedimentasjon og erosjon oppnå likevekt, slik som beskrevet for kompensasjonstiltaket reetablering av Stjørdalselva i kapittel 8.1.3.1.

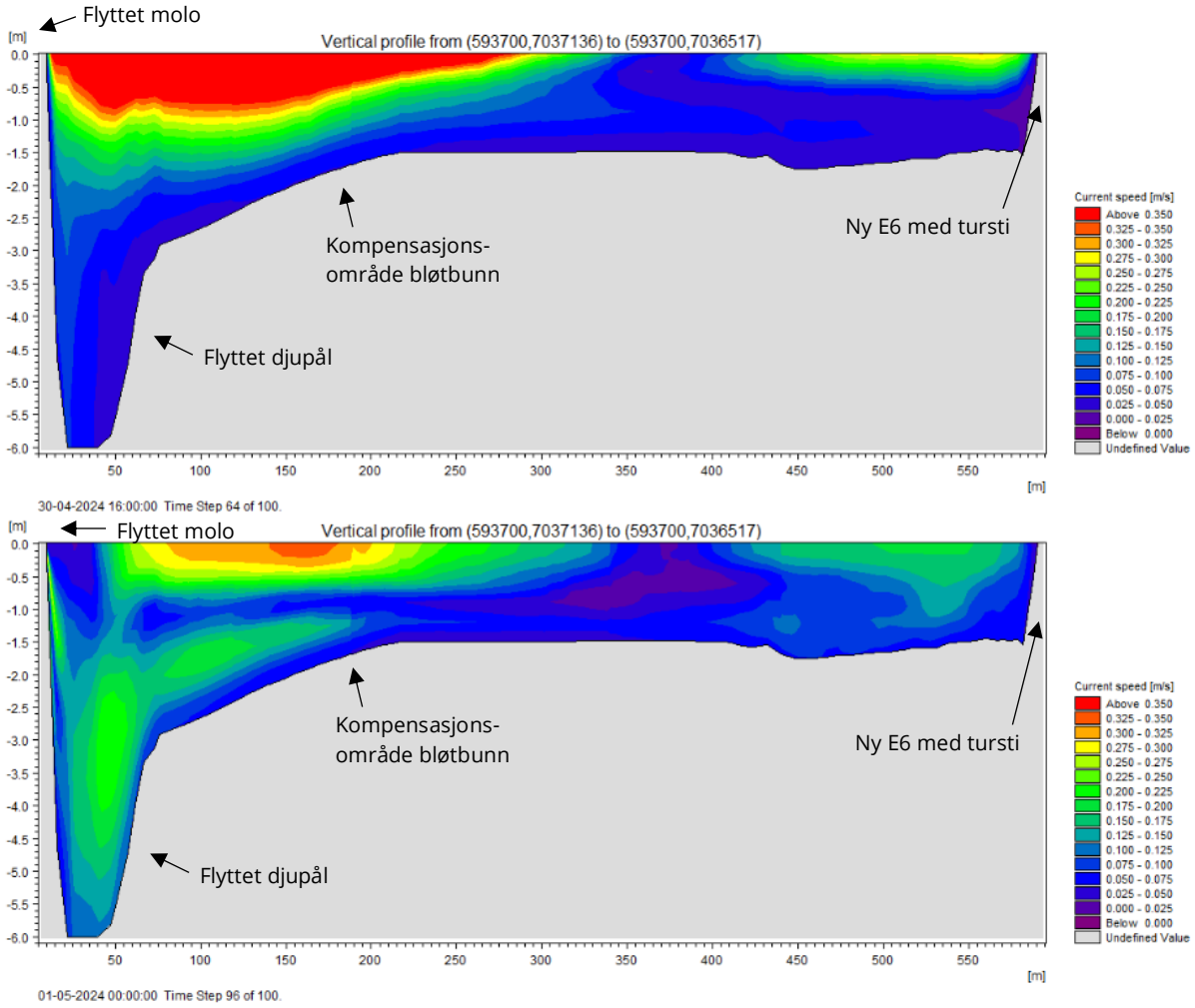
8.3.2.1 Strømforhold ved Hellstranda

Figur 8-19 viser et øyeblikksbilde av framtidige og nåværende strømforhold i området ved Hellstranda, det vil si med og uten veg- og molotiltak. Resultatene viser at det er marginale forskjeller i strømningsforhold ved dagens situasjon og framtidig situasjon i området ved dagens og ny molo, samt gruntvannsområdet ved Hellstranda.



Figur 8-19: Figurene viser et øyeblikksbilde av nåværende (øverst) og framtidige strømforhold (nederst) tilsvarende en vanlig sommerdag ved avtagende tidevann. I kartet til venstre er vegtiltaket og justert molo lagt inn. Strømhastigheten er vist som et gjennomsnitt i vannsøyla. Oransje tverrsnitt er diskutert i kapitlet og teksten under. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

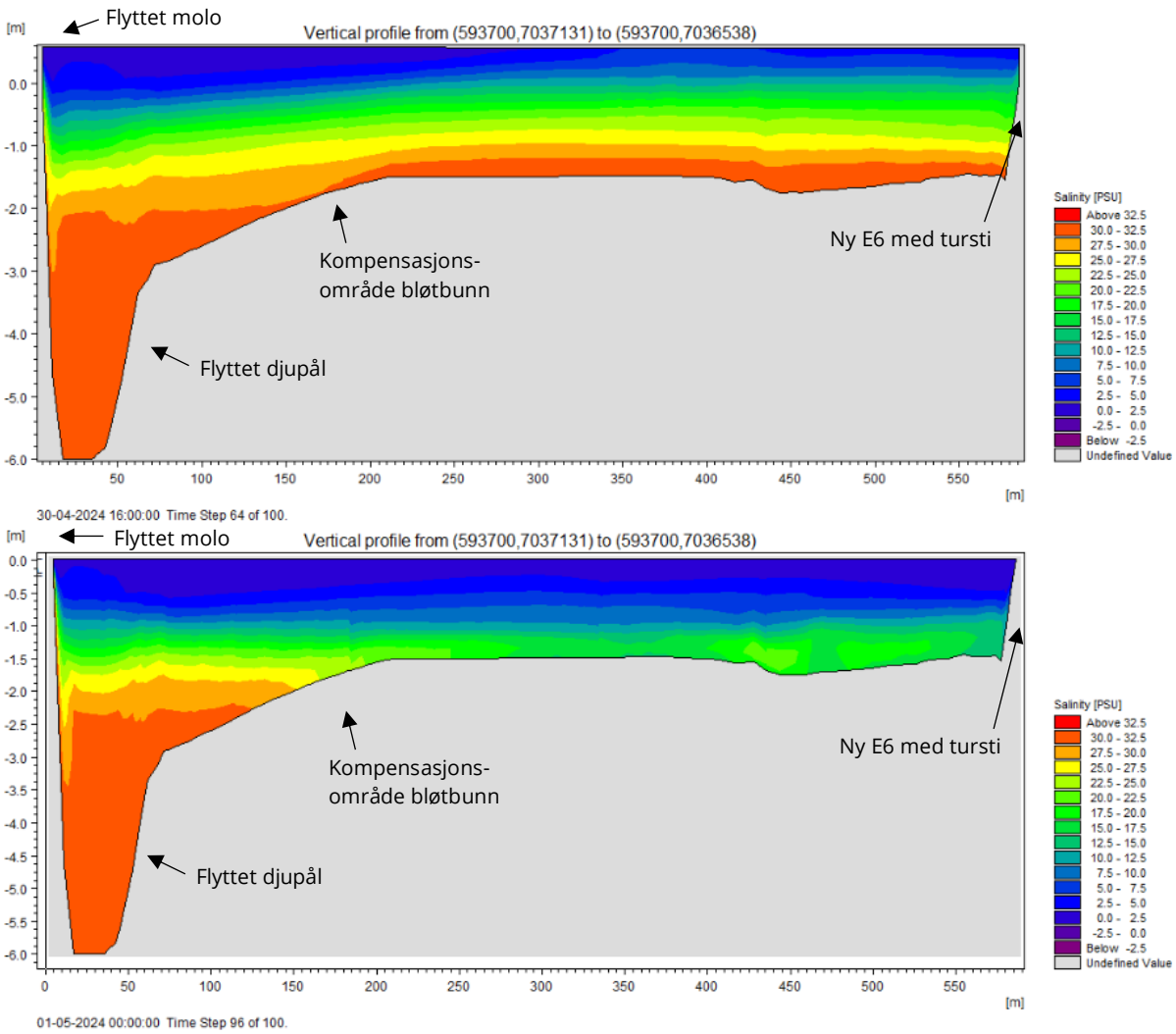
Figur 8-20 viser et øyeblikksbilde av strømningshastighet gjennom et vertikalt snitt for framtidig situasjon med ny molo, justert djupål, nytt bløtbunnsområde og ny E6 med tursti. I figuren observeres en viss lagdeling bestående av ulik strømhastighet i vannsøyla. Strømningshastighet vil variere i løpet av en vanlig tidevannssyklus, samt i løpet av året. Resultatene viser at det forventes høyere strømningshastighet i djupålen og nærmere moloen. Dette er også tilfellet i dag (ikke vist i figuren under). Se også kapittel 8.3.3 for beskrivelse av erosjon og sedimentasjon i området ved Hellstranda og djupålen, samt hydraulisk fagnotat [14].



Figur 8-20 Vertikalt snitt gjennom vannsøyla som viser strømningsforhold for framtidig situasjon med justert molo og djupål, samt med vegtiltak. Figuren øverst viser stigende tidevann og figuren nederst viser avtagende tidevann. Begge figurer viser en normal sommersituasjon med normal vannføring. Plassering av vertikalt snitt er vist med oransje linje i figur 8-20. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

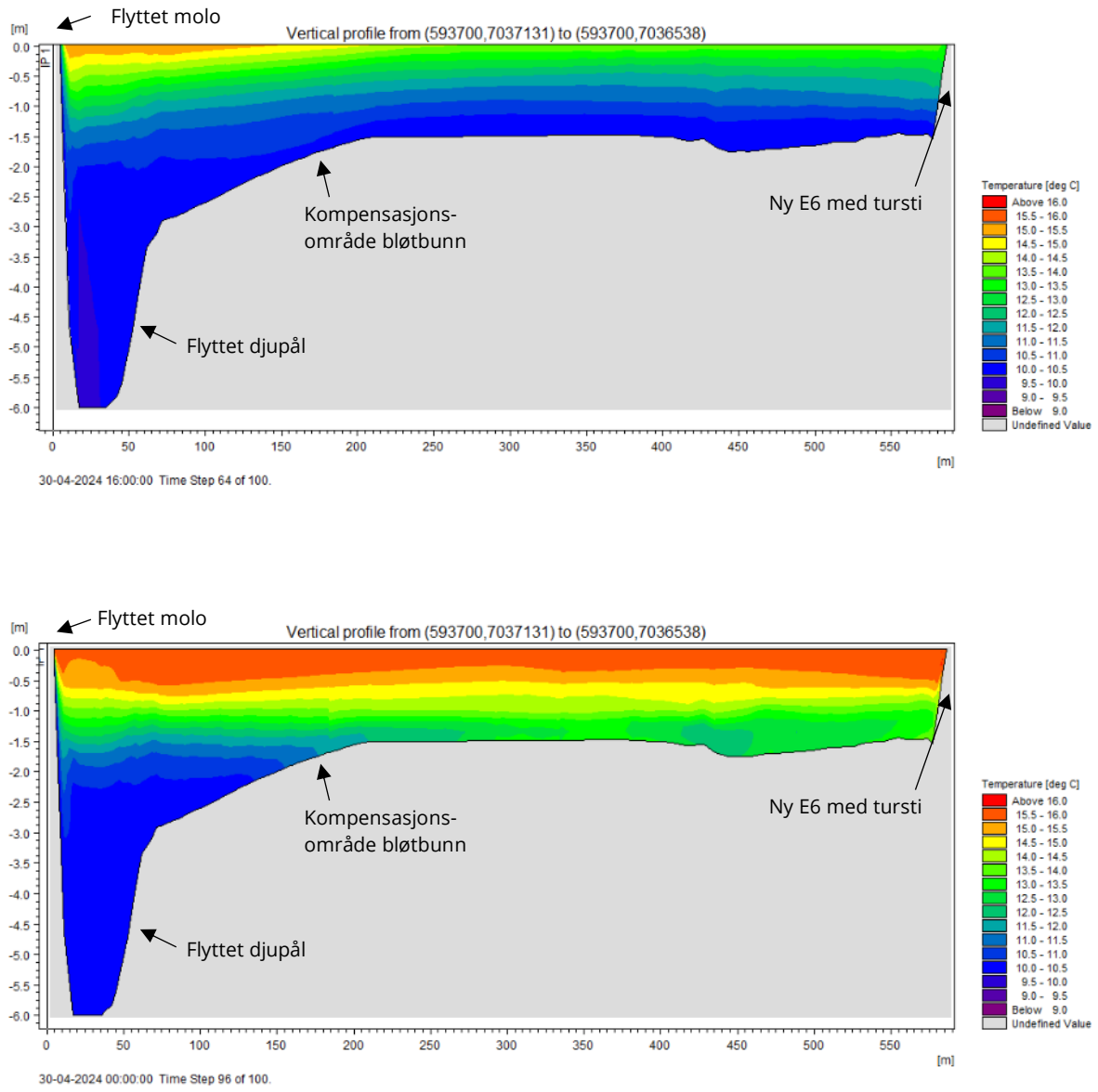
8.3.2.2 Salinitet og temperatur ved Hellstranda

Figur 8-21 viser et øyeblikksbilde av salinitet gjennom et vertikalt snitt for framtidig situasjon med ny molo, justert djupål, nytt bløtbunnsområde og ny E6 med tursti. Den observerte lagdelinga, som er forventet i både i dagens (ikke vist i figur 8-21) og framtidig situasjon, varierer signifikant på grunn av tidevannsvariasjon og vannføring i Stjørdalselva. Dette er forventet i en tidevannspåvirket elveos.



Figur 8-21 Vertikalt snitt som viser salinitetsforhold gjennom vannsøyla for framtidig situasjon med justert molo og djupål, samt med vegtiltak. Figuren øverst viser stigende tidevann og figuren nederst viser avtagende tidevann. Begge figurer viser en normal sommersituasjon med normal vannføring. Plassering av vertikalt snitt er vist med oransje linje i figur 8-20. Rød og oransje farge indikerer marint vann fra Stjørdalsfjorden, mens blå og lilla farger i det øverste vannlaget tyder på vannmasser med lavere salinitet, tilsvarende brakkvann eller ferskvann fra Stjørdalselva. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

Resultatene viser at det forventes marint vann i djupålen ved både stigende og avtagende vannstand. Når det marine vannet fra Stjørdalsfjorden trekker seg ut av Hellstrandaområdet, vil området ved Hellstranda bli mer ferskvannspreget. Slik er det også i dagens situasjon, og det forventes ikke at dette endres i forbindelse med tiltaket. Området vil fortsatt være en elveos, uavhengig av tiltaket. Det samme gjelder for temperatur (figur 8-22). Figur 8-22 viser temperaturen i vannsøylen langs et tverrsnitt fra justert molo mot ny E6 med tursti. Snittet er et øyeblikksbilde fra en vanlig sommerdag.



Figur 8-22 Vertikalt snitt som viser temperaturforhold gjennom vannsøyla for framtidig situasjon med justert molo og djupål, samt med vegtiltak. Figuren øverst viser stigende tidevann og figuren nederst viser avtagende tidevann. Begge figurer viser en normal sommersituasjon med normal vannføring. Plassering av vertikalt snitt er vist med oransje linje i figur 8-20. Rød og oransje farge indikerer varmt vann fra Stjørdalselva, mens blå og lilla farger tyder på vannmasser med lavere temperatur, i dette tilfellet marint vann fra Stjørdalsfjorden. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

8.3.3 Simulering av erosjon og sedimentasjon ved Hellstranda

Kompensasjonstiltaket som beskrives i kapittelet innebærer å flytte dagens molo for å kunne utvide dagens gruntvannsområde ved Hellstranda nordover, se illustrasjon i figur 8-18. Det nye gruntvannsområdet skal fungere som kompensasjon for det tapte beiteområdet der ny E6 med tursti skal bygges. Kompensasjonstiltaket innebærer videre at djupålen flyttes parallelt med moloen og at ny djupål graves ut med maskiner. Massene fra den nye djupålen skal deretter brukes til å bygge opp området hvor den

nåværende djupålen ligger, slik at man havner på ønskelig kote. Øverst i dette området skal bløtbunnsmasser fra Hellstranda benyttes. En beskrivelse av tenkt anleggsgjennomføring er gitt i et eget notat [62] [62].

Prosjektet skal kompensere for tapt bløtbunnsareal som har funksjon som beiteområde for sjøørret. For å kunne vurdere om et tenkt område egner seg som beiteområde for sjøørret, må flere kriterier være oppfylt (se silingskriterier i kapittel 6.2.2). Noen av disse kriteriene omhandler kjemisk-fysiske forhold i vannsøyla, som temperatur, salinitet og oksygen, som er viktige for sjøørreten av ulike grunner. I tillegg er det viktig å vite om nytt beiteområde, det vil si bunnsubstratet, vil bli liggende.

Bløtbunnsområder i strandsonen består av fine sedimenter som silt og leire, og er avgjørende for økosystemene [63]. Det er ofte knyttet et stort artsmangfold til slike områder, og sjøørreten beiter på disse. I kompensasjonsområdet er det derfor viktig at tilrettelagt bløtbunnsareal blir liggende. Det er derfor utført simulering av erosjon og sedimentasjon i utløpsområdet ved Hellstranda, for å kunne avdekke hvor material blir liggende og hvor det mest sannsynlig vil oppstå erosjon. Det er også sett på transport og avlagring av materiale fra Stjørdalselva. Kapitlet viser resultater fra den hydrauliske fagrapporten [14]. Forutsetninger og usikkerhet knyttet til slike beregninger tas fra fagrapporten.

8.3.3.1 Om sedimenttransport og bunnsubstrat ved Hellstranda

Sedimenttransport, inkludert områder med sedimentasjon og erosjon, er sterkt knyttet til strømforholdene og egenskapene til bunnsedimentene. Det er en teoretisk sammenheng mellom kornstørrelser og strømningshastighet. For eksempel, ved kornstørrelser på 0,07 mm er en strømhastighet på ca. 20 cm/s nødvendig for å erodere og transportere sedimentet, mens det kreves under ca. 0,5 cm/s for at sedimentet skal avleires. Grovere sedimenter krever høyere strømhastigheter for å løsne og derpå transporteres. Og motsatt ved sedimentasjon.

Området som i dag ligger i utløpsområdet til Stjørdalselva består av et større gruntvannsområde med en djupål mot dagens molo. Resultater fra den hydrauliske simuleringa (kapittel 8.3.2.1) viser at strømningsforholdene vil variere i løpet av en tidevannssyklus, i tillegg til variasjoner i løpet av et år. Strømningshastighet varierer også innenfor området. Dette er forventet i en tidevannspreget elveos. I tillegg til lokale strømningsforhold, er Hellstranda utsatt for sedimenttransport fra Stjørdalselva. Dybdeforholdene som er der i dag er tilpasset elva sitt utløpområde og moloen beskytter mot sterkere bølgepåvirkning. Ved for eksempel flomhendelser, kan sedimenttransporten øke, og midlertidig endre dybdeforholdene. Dette gjelder større flomhendelser, men gjelder også i forbindelse med for eksempel vårflom. Dermed vil overflatesedimentet variere i løpet av året med tanke på kornfordeling.

8.3.3.2 Resultater og vurdering

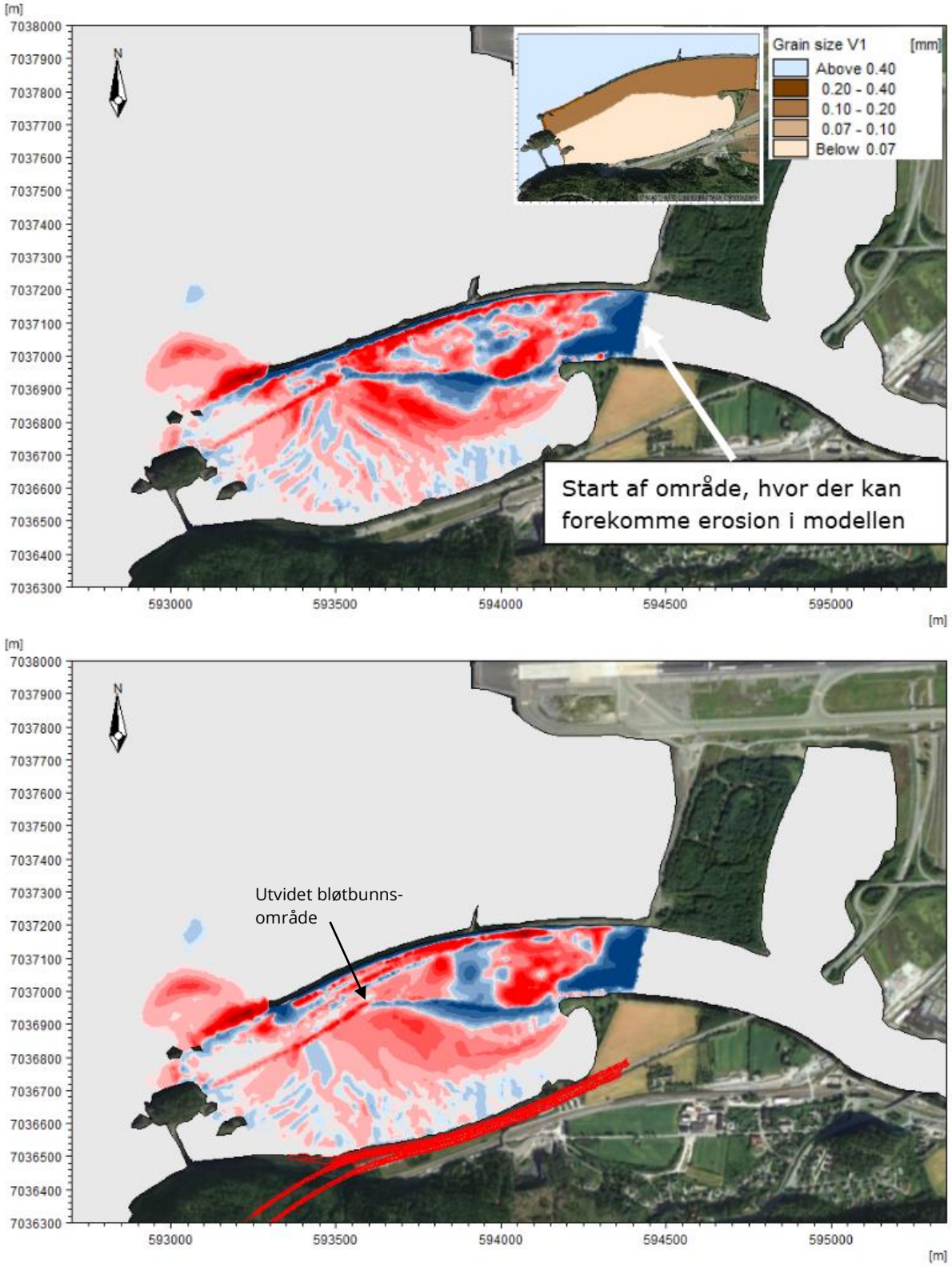
Sedimenttransportberegningene er gjennomført for dagens situasjon og for en framtidig situasjon med justert molo og djupål, utvidet bløtbunnsområde og vegtiltaket med tursti. Endringer er beskrevet i forhold til nåværende situasjon. Det er beregnet bunnsubstratendringer som forventes oppstått i løpet av et 25-timers langt scenario, for en vanlig sommerdag med normal vannføring (84 m^3/s) og en 1-års hendelse (600 m^3/s). En 1-års hendelse betyr at det statistisk sett oppstår slike hendelser én gang årlig. Kornfordelingsresultater er basert på gjennomførte analyser. Disse viser at området kan deles inn i to områder – området ved djupålen som består av noe grovere sediment sammenlignet med gruntvannsområdet.

For et scenario med vanlig vannføring observeres det ingen endringer i erosjons- eller sedimentasjonsmønstret i utløpsområdet, hverken for nåværende eller framtidig situasjon (ikke vist i figur 8-23). Resultatene er forventet, da moloen beskytter området mot sterkere bølgepåvirkning.

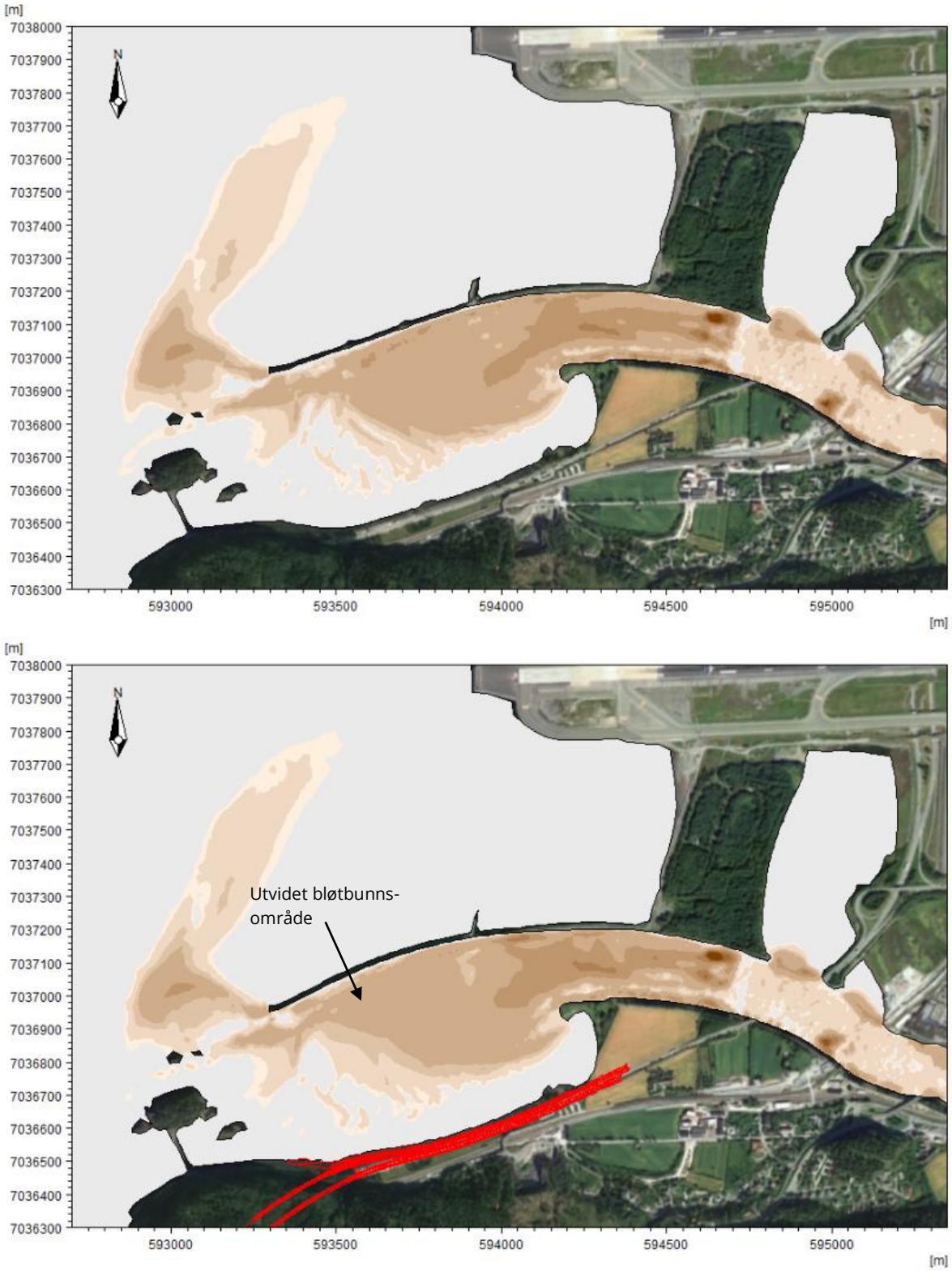
Figur 8-23 viser resultatene med vannføring tilsvarende en 1-års hendelse. Resultatene viser at det vil oppstå signifikante endringer i området – sammenlignet opp mot en situasjon med vanlig sommervannføring. Dette gjelder både med og uten vegtiltak, samt justert molo og djupål. I et slikt scenario vil elvevannet erodere bort sedimenter med en kornstørrelse på d_{50}=0,2 mm. Gruntvannsområdet bærer preg av sedimentasjon, mens det ved kanten opp mot gruntvannsområdet, det vil si ved djupålen, vil området være preget av erosjon, dersom det består av finkornige sedimenter. Modellberegningene viser også at området utenfor moloen er et avlagringsområde, noe som stemmer godt overens med slik det er i dag.

For å teste robustheten av modellen er det også sett på endringer i bunnforhold dersom man ikke fyller opp den nåværende djupålen, men flytter moloen og graver ut en ny djupål (ikke vist i Figur 8-23). Resultatene viser samme erosjons- og sedimentasjonsmønster som med flyttet og oppfylt djupål.

Figur 8-24 viser beregninger for avlagring av sedimenter fra Stjørdalselva både for nåværende og framtidig situasjon. Figuren viser at i begge situasjoner vil sedimenter fra Stjørdalselva avlagres i store deler av Hellstrandaområdet samt på utsida av moloen, der man i dag observerer en større ansamling av sedimenter. I perioder med høyere strømningshastighet vil sedimentet kunne bli brakt i suspensjon, det vil si partikler svevende i vannmassene, og transportert videre.



Figur 8-23: Bunnendringer for nåværende (øverst) og framtidig (nederst) situasjon. Kartene viser simulerte bunnendringer i løpet av en 25-timers lang periode (tilsvarende 2 tidevannssykler). Rød indikerer sedimentasjon, og blå indikerer erosjon. Desto sterkere farge, desto mer sedimentasjon/erosjon. Omtrentlig plassering av nytt kompensasjonsområde (utvidet bløtbunnsområde) er vist med pil i figuren. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].



Figur 8-24 Avlagringsområder for sedimenter som føres med Stjørdalselva til Hellstranda for nåværende (øverst) og framtidige (nederst) forhold. Desto sterkere farge, desto mer avlagring. Omtrentlig plassering av nytt kompensasjonsområde (utvidet bløtbunnsområde) er vist med pil i figuren. Figur er tatt fra den hydrauliske fagrapporten [14].

Den overordnede vurderingen er at hvis sedimentkarakteristikken beholdes - også etter en utbygging av E6 inkludert kompensasjonsområdet - så vil den naturlige dynamikken ikke bli signifikant påvirket. Det vil dermed fortsatt kunne forventes samme dynamikk/variasjon i dybdeforholdene som oppleves i dag, når likevekten har innstilt seg til de nye forholdene.

8.3.4 Vurdering av kompensasjonstiltak opp mot silingskriterier i steg 1

Robustheten til kompensasjonstiltaket er vurdert opp mot silingskriterier som beskrevet i kapittel 6.2.1 til 6.2.6.

8.3.4.1 Direkte tilknytning til/nærhet til Stjørdalselva

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonstiltaket oppnår brakkvannskvalitet og at brakkvannsområdet ligger i umiddelbar nærhet til utløpsområdet til Stjørdalselva.

Resultater fra de hydrauliske simuleringene viser at det fortsatt vil være et brakkvannsområde ved Hellstranda, se figur 8-. Basert på resultatene vurderes det dermed at sjøørret kan vandre fritt og uhindret mellom elv og brakkvannsområdet, uten å måtte svømme gjennom marint vann. Dette er forventet, da kompensasjonsområdet fortsatt ligger i tilknytning til Stjørdalselva sitt utløpsområde.

8.3.4.2 Økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret

Måloppnåelse av silingskriteriet vurderes ut ifra om det nye kompensasjonstiltaket oppnår et sett med kriterier slik at det får tilsvarende økologisk funksjon som dagens beiteområde for sjøørret ved Hellstranda. Kriteriene er beskrevet i tabell 6-3.

Vannmassene i området må være dynamiske, med brakkvann styrt av tidevann og vannføring i Stjørdalselva. Som diskutert ved silingskriteriet «direkte tilknytning/nærhet til Stjørdalselva», viser de hydrauliske resultatene (figur 8-20) at det forventes at vannmassene vil være dynamiske med brakkvann styrt av tidevann og vannføring i Stjørdalselva, slik som det er i dag i utløpsområdet (svarer til punkt 1 i tabell 6-3). Vannet fra Stjørdalselva vil fortsatt renne mot Hellstranda og molo, og området vil ha tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten (svarer til punkt 2 i tabell 6-3), det vil si perioden mellom vårflom og høststormene. Det forventes god vanngjennomstrømming og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva (svarer til punkt 3 i tabell 6-3).

Sjøørreten trenger grunne brakkvannsområder da den beiter på en del dyr som lever her, og slike områder oppnår varmere temperaturer som sommeren og høsten. Dette øker veksthastigheten hos sjøørreten. I dag er området ved Hellstranda et større bløtbunnsområde der store deler av området tørrlegges ved fjære sjø, men ikke det området som i dag ligger i kant med djupålen. I dette kompensasjonstiltaket er det tenkt at man skal bygge opp det området som i dag er djupålen slik at man kommer opp til en kote som er tilstrekkelig. Resultater fra sedimentasjons- og erosjonsberegninger, viser at

området ved Hellstranda er robust, og at man ikke forventer store endringer i sedimentdynamikken, dersom sedimentkarakteristikken beholdes tilnærmet slik den er i dag (svarer til punkt 4 i tabell 6-3).

8.3.4.3 Kompensasjonsområdets areal

Det er antatt at flytting av moloen vil kunne gi 22 500 m^2 på sørsiden av moloen. Dette er 1,8 ganger større enn bløtbunnsarealet på 9 500 m^2 som går tapt på grunn av utfylling knyttet til ny E6. Området nord for moloen som går tapt i forbindelse med flytting av molo, er registrert som naturtypen Bløtbunnsområder i strandsonen, slik som bløtbunnsområdet ved Hellstranda. Kompensasjonstiltaket innebærer at om lag 15 000 m^2 blir beslaglagt i forbindelse med moloflyttinga.

Ifølge telemetristudien gjennomført av NTNU Vitenskapsmuseet [4], bruker ikke sjøørret området nord for moloen like aktivt som beiteområdet ved Hellstranda. Området er, slik det framstår i dag, betydelig mer eksponert mot sjøen og mer marint. Dette senker verdien området har for sjøørret. Se kapittel 8.3.4.4 for mer forklaring. Det betyr derimot ikke at selve naturtypen har mindre verdi enn den som i dag er registrert ved Hellstranda.

8.3.4.4 Påvirkning på nærliggende funksjonsområder til sjøørret og fugl

Sjøørret fra Stjørdalselva bruker i dag området ved Hellstranda og i djupålen som beiteområder. Mens området ved Hellstranda primært er et beiteområde brukes djupålen som oppholdssted for veteraner og smolt, i tillegg til beiting. Sjøørret trekker ned mot djupålen når gruntvannsområdet tørrlegges ved fjære sjø. Torsk kan også oppholde seg i dette området, men da i det marine laget som ligger nederst i djupålen. Hele området ved Hellstranda har funksjon som beiteområde for både veteraner og smolt [4].

Tiltaket vil ikke påvirke funksjonsområdet til sjøørret ved Hellstranda eller i djupålen. Dette fordi djupålen i seg selv ikke vil forsvinne, men bli erstattet av en ny djupål som er flyttet opp til ca. 40 m lengre nord. Der den opprinnelige djupålen var, vil det bli etablert et nytt beiteområde som erstatter det som går tapt i forbindelse med vegtiltaket.

Området nord for moloen og på vestsida av Langøra sør har i dag funksjon som beiteområde for sjøørretsmolt og -veteraner vår og sommer. Området framstår som noe mindre viktig sammenlignet med området ved Hellstranda. Slik som tidligere undersøkelser har vist [40, 4] er dette området betydelig mindre brukt av sjøørreten enn de grunne områdene ved Hellstranda. Sjøørret bruker også fjordområdet vestover langs moloen, men den detaljerte bruken av området er ikke kartlagt [4]. Flytting av molo og djupål vil dermed ta noe av det beiteområdet som ligger nord for moloen, men tapet for sjøørret vurderes å være minimalt i forhold til gevinsten ved å kompensere for tapte grunne bløtbunnsområder med brakkvann ved Hellstranda [40, 4].

Området innerst i Stjørdalsfjorden inngår i et større funksjonsområde for flere næringssøkende ender og vadefugler. Det forventes ikke at flytting av molo vil påvirke antall fugler hverken negativt eller positivt.

8.3.4.5 Påvirkning på nærliggende naturtyper og rødlistede arter

Nord for moloen er det registrert naturtypen bløtbunnsområde i strandsonen med viktig verdi. Justert molo vil fjerne om lag 15 000 m^2 av området som er der i dag, se også forklaring i kapittel 8.3.4.3. Siden tiltaket er planlagt i elveosen og fjorden, vil det ikke berøre terrestriske naturtyper.

Moloen er i dag ikke viktig for terrestriske rødlistede arter, og tiltaket vil derfor ikke ha noen påvirkning. Av marine rødlistede arter vurderes det her at atlantisk laks og havert ikke vil bli negativt påvirket. Atlantisk laks oppholder seg i motsetning til sjøørret kun i korte perioder i elveosen, før den gjennomfører store deler av næringsvandringen sin til havs [4]. I forbindelse med kartlegging av laksen sin bruk av elveosen [4] ble det kun i svært liten grad registrert laks nord for moloen, og det vurderes at den foreslåtte flytting av moloen ikke vil ha noen negativ påvirkning på arten. Området ved Hellstranda eller nord for moloen er ikke et typisk haverthabitat. I Norge finnes den vanligvis på de "ytterste og mest værharde holmer og skjær", og kommer vanligvis kun inn i fjordene på vinterstid. Den søker etter fisk på litt større dybder, ikke på grunne sandområder.

8.3.4.6 Anleggstid

Effektiv byggetid er estimert til 12 – 18 måneder. Ettersom anleggsarbeidene utelukkende kan utføres i vinterhalvåret (oktober til mars) på grunn av miljøhensyn, vil dette innebære en total byggeperiode på 1,5 til 2,5 år.

8.3.5 Vurdering av kompensasjonstiltak opp mot silingskriterier i steg 2

Tiltaket er vurdert opp mot silingskriterier som beskrevet i kapittel 6.2. Silingskriteriene som her vurderes er samfunnsøkonomi, samfunnssikkerhet og prosessrisiko.

8.3.5.1 Samfunnsøkonomi

Flytting av molo og fjerning av eksiterende molo er kostnadsberegnet til ca. 200 – 300 millioner kroner. Ytre del av moloen er i utgangspunktet ikke kjørbar, men det er langt rimeligere å gjennomføre anlegget med maskiner på land enn fra flåte/lekter.

Forsvarsbygg og NVE har meldt at det er liten kunnskap om oppbygningen av eksisterende molo, noe som gir usikkerhet om massene fra eksisterende molo kan bli gjenbrukt.

Silingskriteriene i steg 1 er vurdert å være godt imøtekommet og tilfredsstiller kravene og ønsket måloppnåelse for prosjektet. Kostnadene er imidlertid store slik at virkningsgraden for samfunnsøkonomi er vurdert til være middels negativ.

8.3.5.2 Samfunnssikkerhet

Det er utført en overordnet risikovurdering av de ulike kompensasjonstiltakene for å vurdere samfunnssikkerheten [53].

Flyplass-sikkerhet (*birdstrike*): Eksisterende kunnskap fra området viser at det generelt er liten aktivitet på fugl i området, og at det ikke finnes noen viktige funksjonsområder for fugl helt inntil det planlagte tiltaket. Det er gjennomført flere år med feltarbeid i området, og kunnskapsgrunnlaget for fugler er godt. Det vurderes at tiltaket ikke vil føre til endringer mtp. *birdstrikes* på flyplassen sammenlignet med dagens tilstand. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Det antas likevel at det må utføres risikoanalyse etter Avinor sin metodikk. Det er ventet at det ikke avdekkes behov for vesentlige tiltak som medfører ekstra kostnader. Vurdert til Ubetydelig virkning.

Flyplass-sikkerhet og nasjonal og internasjonal sikkerhet (tilsiktede hendelser): Forsvaret eier dagens molo og har gitt tilbakemelding om at en flytting av dagens molo ikke er i direkte konflikt med deres interesser. Beredskapshavnen til Avinor justeres, men opprettholdes. Det kan være behov for midlertidig flytting av beredskapshavnen i deler av anleggsperioden. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må utredes videre om beredskapshavnen til Avinor må flyttes i deler av anleggsperioden. Tidligere har småbåthavnen vært benyttet i lignende tilfeller. Det antas at nødvendige tiltak ikke medfører vesentlig kostnadsøkning. Vurdert til Noe negativ virkning.

Påvirkning på drift både for Avinor og Forsvaret: Beredskapshavnen til Avinor justeres, men opprettholdes. Det kan være behov for midlertidig flytting av beredskapshavnen i deler av anleggsperioden. Massetransport vil foregå gjennom flyplassområde og det må sørges for at den ikke kommer i konflikt med Avinor og Forsvarets drift. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Det må utredes videre om beredskapshavnen til Avinor må flyttes i deler av anleggsperioden. Tidligere har småbåthavnen vært benyttet i lignende tilfeller. Det antas at nødvendige tiltak ikke medfører vesentlig kostnadsøkning. Vurdert til Noe negativ virkning.

Ras/skred/undersjøisk ras: Dagens molo har en bue på seg slik at elven graver under moloen i yttersvingen. Det er fare for at undergravingen etter hvert blir så stor at det blir store skader på dagens molo. En ny molo er prosjektert for å tåle krefter fra både elven og bølger. Grunnundersøkelser viser at det er stabil grunn i området. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket. Ny molo er allerede prosjektert for å hindre utgraving. Det er derfor ikke påregnet ekstra kostnader utover normalt vedlikehold. Vurdert til Ubetydelig virkning.

Flom (erosjon), stormflo og bølgehøyde: Resultatene viser at det er marginale forskjeller i strømforhold ved dagens situasjon og framtidig situasjon. Det er antatt at risikobildet

ikke endres vesentlig av tiltaket. Det bør utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging. Gjeldende krav medfører at ny molo vil bli bedre enn dagens molo. Vurdert til Ubetydelig virkning.

Isgang i Stjørdalselva: Resultatene viser at det er marginale forskjeller i strømforhold ved dagens situasjon og framtidig situasjon. Det er antatt at risikobildet ikke endres vesentlig av tiltaket.
Det bør utføres flere hydrologiske beregninger i byggeplanlegging. Gjeldende krav medfører at ny molo vil bli bedre enn dagens molo. Vurdert til Ubetydelig virkning.

Akutt forurensning/miljøpåvirkning: Ved akutt forurensning i elva er det antatt å ha lik virkning som i dag. I anleggsgjennomføringen skal det graves og legges ut masser i vann. I dette tiltaket må man grave ut stedlige masser og flyttes til sørenden av dagens dypål før man kan legge massene til ny molo. Partikkelspredning til vann i anleggsperiode vil kunne påvirke både terrestriske og akvatiske arter. Det er også risiko for spredning av oljestoffer eller kjemikalier dersom det skjer ulykker under arbeidene. Lyd- og lysforurensing kan også oppstå. Det er avdekket risiko, men det er antatt at det finnes tiltak som kan redusere risikoen til et akseptabelt nivå. Tiltak for akutt forurensning bør innarbeides i kommunes beredskapsplan. Det må utarbeides en plan for hvordan gravearbeidet i vann skal foregå for å minimere skadene på miljøet. Det må også utarbeides beredskapsplan for å hindre spredning ved ulykker. Tiltakene er vurdert til å medføre noe kostnadsøkning. Vurdert til Middels negativ virkning.

Total vurdering av alle risikoene som er vurdert under samfunnssikkerhet medfører at dette forslaget til tiltak er vurdert til å ha Middels negativ virkning.

8.3.5.3 Prosessrisiko

Tiltaket ansees som lite konfliktfylt og er i direkte berøring med få interessenter. Beredskapshavna til Avinor skal ha kontinuerlig drift og må bli reetablert. Forsvarsbygg eier dagens molo, men har signalisert at en flytting av moloen ikke er konflikt med deres interesser. Det er vurdert at tiltaket har lav risiko for innsigelse som ikke lar seg løse. Det bør etableres samarbeide med Avinor og Forsvaret om løsninger og det må gjennomføres utredninger av *birdstrike* i henhold til Avinor sin metodikk. Det er sannsynlig at det er kommer innsigelse, men at det lar seg løse med mindre forsinkelse. Vurdert til Noe negativ virkning.

8.3.6 Samlet vurdering

Tiltaket har en direkte relevans som kompenserende i forhold til E6-utbyggingen. Tiltaket har tilfredsstillende virkning på silingskriteriene i steg 1. Kompensasjonstiltaket flytting av molo og djupål, oppbygging av nytt bløtbunnsområde, samt vegtiltak med tursti, vil ikke påvirke strømnings- eller salinitetsforholdene i vesentlig grad i området. Siden det fortsatt er en elveos, vil det fortsatt være variasjoner knyttet til tidevannssyklusen i området. Simuleringer av erosjon- og sedimentasjonsendringer

tyder på at en oppbygd bløtbunn i det området som i dag er djupålen vil kunne bli liggende. Det er tap av naturtypen bløtbunnsområder i strandsonen i forbindelse med flytting av molo som får negativ konsekvens i vurderinga.

Flytting av molo og fjerning av eksisterende molo er kostnadsberegnet til ca. 200 til 300 millioner kroner. Silingskriteriene i steg 1 er vurdert å være godt imøtekommet og tilfredsstiller kravene og ønsket måloppnåelse for prosjektet. Kostnadene er imidlertid store slik at virkningsgraden for samfunnsøkonomi er vurdert til være middels negativ. Ved arbeider i sjø kan det generelt være fare for at flytting av masser kan medføre skade på miljøet. Det må derfor påregnes tiltak for å hindre dette. Arbeidet må utføres ved liten vannføring i elva og i gitte måneder på vinterhalvåret. Både Forsvaret og Avinor har interesser i området som vil kreve samarbeid og godkjenning før arbeidet kan gjennomføres for å bevare sikkerheten for flytrafikken og forsvarets interesser. Tiltaket ansees som lite konfliktfylt og er i direkte berøring med få interessenter. Beredskapshavna til Avinor skal ha kontinuerlig drift og må bli reetablert. Forsvarsbygg eier dagens molo, men har signalisert at en flytting av moloen ikke er konflikt med deres interesser. Det er vurdert at tiltaket har lav risiko for innsigelse som ikke lar seg løse.

Tabell 8-3 oppsummerer vurderingene som er gjort.

Tabell 8-3: Oppsummering av vurdering av silingskriteriene i silingsfase for kompensasjonstiltak flytting av molo.

	Silingskriterier	**Kompensasjonstiltak reetablering av Stjørdalselva**
Steg 1	Direkte tilknytning/nærhet til Stjørdalselva	Umiddelbar nærhet til Stjørdalselva oppnås. Sjøørret kan vandre fra marint til ferskvann via brakkvann.
	Økologisk funksjon for sjøørret	Det forventes at vannmassene vil være dynamiske, det vil si styrt av både tidevann og vannføring i Stjørdalselva.
		Det forventes tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten.
		Det forventes god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.
		Området i utløpsområdet er i dag robust, det forventes derfor ikke store endringer i sedimentdynamikken, dersom sedimentkarakterstikken beholdes slik den er i dag. Modellresultatene viser at det vil være mulig å bygge opp et bløtbunnsområde til ønsket kote.
	Kompensasjonsområdets areal	Det er antatt at flytting av moloen vil kunne gi 22 000 m^2 på sørsida av ny molo.
	Påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret og fugl	Sjøørret: Den eksisterende djupålen brukes i dag primært som oppholdssted for sjøørretveteraner og smolt. Området nord for moloen brukes som beiteområde, men i mye mindre grad enn området ved Hellstranda. Dette bl.a. fordi det er marint vann, samt mye mer bølgeeksponert. Det har derfor lavere verdi sammenlignet med området ved Hellstranda. Det vurderes at funksjonsområder for sjøørret ikke vil påvirkes negativt ifm. tiltaket, tapet av bløtbunn nord for moloen vurderes å være minimalt i forhold til gevinsten ved å etablere et større bløtbunnsområde sør for moloen.
		Fugl: Området innerst i Stjørdalsfjorden inngår i et større funksjonsområde for flere næringssøkende ender og vadefugler. Det forventes ikke at flytting av molo vil påvirke negativt.
	Påvirkning på naturtyper og rødlistede arter	Naturtyper: Flytting av molo vil medføre et tap på om lag 15 000 m^2 av naturtypen bløtbunnsområde i strandsonen. Tiltaket vil ikke berøre terrestriske naturtyper.
		Rødlistede arter: Det for ventes ikke at atlantisk laks eller havert vil bli påvirket negativt av tiltaket. Laksen vil oppnå samme fordeler som sjøørreten.
	Anleggstid	Effektiv byggetid er estimert til 12 – 18 måneder, men total anleggstid vil være ca. 1,5 til 2,5 år på grunn av miljøhensyn.
Steg 2	Samfunnsøkonomi	Silingskriteriene i steg 1 er vurdert å være godt imøtekommet og tilfredsstiller kravene og ønsket måloppnåelse for prosjektet. Kostnadene er imidlertid store på ca. 200-300 mill.kr.

	Samfunnssikkerhet	Tiltaket er vurdert til å ha noe Middels negativ virkning på samfunnssikkerheten som medfører at det vi være behov for tiltak som krav til arbeid i sjø for å hindre miljøskader og samarbeid med Avinor og Forsvaret for å hindre konflikter i anleggsperioden. Disse tiltakene er vurdert å medføre noe kostnadsøkning.
	Prosessrisiko	Tiltaket ansees som lite konfliktfylt og er i direkte berøring med få interessenter. Det er vurdert at tiltaket har lav risiko for innsigelse som ikke lar seg løse og er vurdert til å ha noe negativ virkning på prosessrisikoen.

9 Sammenstilling og anbefaling

I dette kapitlet er det forsøkt å samle konklusjonene av vurderingene som er gjort i denne rapporten. Dette danner så grunnlaget for å komme fram til en anbefaling av hvilket kompensasjonstiltak som bør gjennomføres og tas inn i ny reguleringsplan for Hellstranda som en del av tiltaket som konsekvensutredes.

9.1 Sammenstilling

Tabell 9-3 viser sammenstilling av de ulike kompensasjonstiltakene. I vurdering av silingskriteriene i steg 1, vurderes biologiske og økologiske silingskriterier. Der er det anvendt følgende skala:

Tabell 9-1: Skala som anvendes for vurdering av silingskriterier i steg 1: Biologisk og økologisk silingskriterier.

Ikke tilfredsstillende	Usikker effekt	Tilfredsstillende

I vurdering av silingskriteriene i steg 2, vurderes ikke-naturfaglige silingskriterier etter en gitt virkningsgrad ut ifra hvordan de oppfyller silingskriteriene etter følgende skala:

Tabell 9-2: Skala som anvendes for vurdering av silingskriterier i steg 2: Ikke-naturlige silingskriterier.

Skala for vurdering av silingskriteriene i Steg 2: Ikke-naturfaglige silingskriterier vurderes etter følgende virkningsgrad				
Ubetydelig virkning	Noe negativ virkning	Middels negativ virkning	Stor negativ virkning	Svært stor negativ virkning

Tabell 9-3: Sammenstilling av kompensasjonstiltakene basert på tabeller i kapittel 8.1 til 8.3. Tabellen fortsetter på de neste sidene.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
	Steg 1: Biologisk og økologiske silingskriterier		
Direkte tilknytting/ nærhet til Stjørdals-elva	Umiddelbar nærhet til Stjørdalselva oppnås. Sjøørret kan vandre fra marint til ferskvann via brakkvann.	Halsøen: De hydrauliske resultatene viser at det ikke vil oppstå brakkvannskvalitet nord for flystripa/i Halsøen. Det fins ingen kunnskap om sjøørret vil ha som vanlig adferd å vandre igjennom et ca. 380 m langt tidevannspåvirket rør.	Umiddelbar nærhet til Stjørdalselva oppnås. Sjøørret kan vandre fra marint til ferskvann via brakkvann.
		Hellstranda: Det vil fortsatt være et brakkvannområde og sjøørret kan svømme fra området til Stjørdalselva, uten å måtte gjennom marint vann.	
Økologisk funksjon som beite-område for sjøørret	I det nye utløpsområdet forventes det at vannmassene vil være dynamiske, det vil si styrt av både tidevann og vannføring i Stjørdalselva.	Halsøen: De hydrauliske resultatene viser at man ikke vil oppnå et brakkvannsområde ved hjelp av 1 – 3 rør under dagens flystripe.	Det forventes at vannmassene vil være dynamiske, det vil si styrt av både tidevann og vannføring i Stjørdalselva.
	I det nye utløpsområdet forventes det tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten.	Halsøen: Det forventes at varmt elvevann vil strømme igjennom rørene om sommeren.	Det forventes tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten.
	I det nye utløpsområdet/Halsøen forventes det god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.	Halsøen: Det forventes det god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.	Det forventes god vanngjennomstrømning og jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann fra Stjørdalselva.
	I det nye utløpsområdet forventes det høyere strømhastighet og dermed erosjon. Dette fordi elva er kanalisert og vil fortsatt være kanalisert etter en reetablering av	Halsøen: Det forventes lav strømhastighet i området, med unntak av noe høyere lokalt rundt rørene. Det vil fortsatt være grunne områder som tørrlegges ved fjære sjø.	Området i utløpsområdet er i dag robust, det forventes derfor ikke store endringer i sedimentdynamikken, dersom sedimentkarakterstikken beholdes slik den

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
	elveløpet. Det vurderes dermed at det mest sannsynlig ikke vil oppstå grunne områder, men oppstå djupere renner eller kanaler.	Hellstranda: Området vil være som før.	er i dag. Modellresultatene viser at det vil være mulig å bygge opp et bløtbunnsområde til ønsket kote.
Kompen-sasjons-områdets areal	Deler av det gamle elveløpet til Stjørdalselva er kanalisert og det forventes økt erosjon. Det er derfor knyttet usikkerhet til om det vil oppstå grunne brakkvannsområder som tørrlegges ved sjø.	Halsøen: Det er ikke regnet på areal i Halsøen siden resultatene viser at det ikke vil oppstå et brakkvannsområde. Tiltaket vil ikke kompensere for tapt bløtbunn. Hellstranda: Ved Hellstranda vil det ikke skje en endring, annet enn at bløtbunnsområdet blir mindre på grunn av vegtiltaket.	Det er antatt at flytting av moloen vil kunne gi 22 000 m^2 på sørsida av ny molo.
Påvirkning på nær-liggende funksjons-områder til sjøørret og fugl	Sjøørret (Halsøen): På grunn av økt erosjon vil området i Halsøen forsvinne. Området har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret fra Stjørdalselva, men i mye mindre grad sammenlignet med området ved Hellstranda. Det er ikke sett på områdebruken til sjøørret fra Gråelva ved Stjørdal småbåthavn. Sjøørret (Hellstranda og det gamle elveleiet ved Sandfærhus): Overvintringsområdet vil antageligvis forsvinne i sin helhet, og Hellstranda vil ikke lengre ha en funksjon som viktig beiteområde for veteraner og smolt.	Sjøørret (Halsøen, det gamle elveleiet og Hellstranda): Det forventes ikke at tiltaket vil medføre at funksjonsområder for sjøørret blir berørt.	Sjøørret: Den eksisterende djupålen brukes i dag primært som oppholdssted for sjøørretveteraner og smolt. Området nord for moloen brukes som beiteområde, men i mye mindre grad enn området ved Hellstranda. Dette bl.a. fordi det er marint vann, samt mye mer bølgeeksponert. Det har derfor lavere verdi sammenlignet med området ved Hellstranda. Det vurderes at funksjonsområder for sjøørret ikke vil påvirkes negativt ifm. tiltaket, tapet av bløtbunn nord for moloen vurderes å være minimalt i forhold til gevinsten ved å etablere et større bløtbunnsområde sør for moloen.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
	Fugl (Halsøen og det gamle elveleiet ved Sandfærhus): Området ved Halsøen og elveleiet ved Sandfærhus vil bli betraktelig mindre attraktivt for mange fuglearter fordi sedimenter og næringsstoffer blir skylt bort av elva. I dag er områdene er et viktig næringssøkområde for vadere/ender/måker.	Fugl (Halsøen, det gamle elveleiet og Hellstranda): Det forventes at tiltaket har ingen til marginale negative effekter på funksjonsområder for fugl.	Fugl: Området innerst i Stjørdalsfjorden inngår i et større funksjonsområde for flere næringssøkende ender og vadefugler. Det forventes ikke at flytting av molo vil påvirke negativt.
	Fugl (Hellstranda): Området ved Hellstranda sin funksjon for fugler blir minimalt påvirket.		
Påvirkning på nær-liggende naturtyper og rødlistede arter	Naturtyper: Økt erosjon kan medføre at bløtbunnsområdene i det gamle elveleiet og Halsøen blir redusert eller bortfaller. Bløtbunnsområdet ved Hellstranda vil ikke forsvinne, men vil bli et marint område og ikke et brakkvannsområde som det er i dag. Flere terrestriske naturtyper ved Sandfærhus, Langøra sør og Langøra nord kan bli redusert eller forsvinne.	Naturtyper: Det forventes ingen påvirkning.	Naturtyper: Flytting av molo vil medføre et tap på om lag 15 000 m^2 av naturtypen bløtbunnsområde i strandsonen. Tiltaket vil ikke berøre terrestriske naturtyper.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
	Rødlistede arter: Rødlistede arter som lever i eller i tilknytning til naturtyper registrert ved Langøra nord og sør, Sandfærhus og Halsøen som kan bli påvirket negativt og i varierende grad forsvinne fra området. For den rødlistede arten Atlantisk laks vil ikke tiltaket ha stor betydning, utover at laksen vil få en mindre endring på vandringsruta mot havet.	Rødlistede arter: Det forventes ingen til marginale negativ påvirkning på rødlistede arter.	Rødlistede arter: Det for ventes ikke at atlantisk laks eller havert vil bli påvirket negativt av tiltaket. Laksen vil oppnå samme fordeler som sjøørreten.
Anleggstid	Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 3 til 5 år. Dette er uten at det er lagt inn restriksjoner i forhold til miljøhensyn. Det er derfor usikkert om tiltaket vil være så etablert at det fungerer som tenkt innen 5 år.	Basert på foreløpige forutsetninger, anslås byggetiden til å ligge på 1–2 år. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle krav for å hensynta miljøet. Det antas at tiltaket kan gjennomføres < 5 år.	Effektiv byggetid er estimert til 12 – 18 måneder, men total anleggstid vil være ca. 1,5 til 2,5 år på grunn av miljøhensyn.
	Steg 2: Ikke-naturfaglige silingskriterier		
Samfunns-økonomi	Ifølge vurderingene i steg 1 så vil ikke tiltaket gi ønsket effekt når det gjelder å kompensere for utfyllingen på Hellstranda. Dette sett opp imot høye investeringskostnader kombinert med store samfunnskostnader ved stenging av flyplassen over en så lang periode, er tiltaket vurdert å ha en svært stor negativ virkning i forhold til samfunnsøkonomi.	Ifølge vurderingene av silingskriteriene i steg 1 så vil ikke tiltaket gi ønsket nytte for alle kategoriene som er vurdert når det gjelder å kompensere for utfyllingen på Hellstranda. Dette sett opp imot høye investeringskostnader kombinert med store samfunnskostnader på grunn av konflikten til driften til Avinor og Forsvaret, er tiltaket vurdert å ha en svært stor negativ virkning i forhold til samfunnsøkonomi.	Silingskriteriene i steg 1 er vurdert å være godt imøtekommet og tilfredsstiller kravene og ønsket måloppnåelse for prosjektet. Kostnadene er imidlertid store på ca. 200-300 mill.kr.

Silings-kriterier	Kompensasjonstiltak		
	Justering av gammelt elveløp - Full åpning under flystripa	**Justering av gammelt elveløp – Rør under flyplassen**	**Flytting av eksisterende molo**
Samfunns-sikkerhet	Det er spesielt risikoene rundt effekten av at flyplassen må stenges i anleggsperioden og at det er stort potensiale for flom med store samfunnskader som medfører at tiltaket vurderes å ha svært stor negativ virkning på samfunnssikkerheten.	Det er spesielt konflikt med Avinors og forsvarets interesser som pregervurderingen av samfunnssikkerheten.	Tiltaket er vurdert til å ha noe Middels negativ virkning på samfunnssikkerheten som medfører at det vi være behov for tiltak som krav til arbeid i sjø for å hindre miljøskader og samarbeid med Avinor og Forsvaret for å hindre konflikter i anleggsperioden. Disse tiltakene er vurdert å medføre noe kostnadsøkning.
Prosess-risiko	Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger med tanke på blant annet sikkerheten på og rundt flyplassen og konsekvensen av å stenge for flytrafikk. Det er sannsynlig at disse innsigelsene trolig ikke kan bli løst mellom partene og dermed til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert at det er stor sannsynlighet for at det til slutt ikke gis medhold til å gjennomføre dette tiltaket.	Det må påregnes innsigelse fra Avinor og trolig fra Forsvaret med krav om ytterligere utredninger. Det er sannsynlig at disse innsigelsene til slutt må avgjøres av departementet. Dette er ofte veldig tidkrevende prosesser og her er utfallet vurdert å være usikkert i forhold til om det er mulig å gå medhold til å gjennomføre tiltaket.	Tiltaket ansees som lite konfliktfylt og er i direkte berøring med få interessenter. Det er vurdert at tiltaket har lav risiko for innsigelse som ikke lar seg løse og er vurdert til å ha noe negativ virkning på prosessrisikoen.

9.1.1 Kompensasjonstiltak restaurering av gammelt elveløp (full åpning under flystripa)

Kompensasjonstiltaket restaurering av gammelt elveløp oppnår direkte tilknytting/nærhet til Stjørdalselva. Ved vurdering av silingskriteriet økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret oppnås bare noen av delkriteriene. Det forventes at det vil oppstå dynamiske vannmasser, varmt elvevann om sommeren og høsten, og det vil bli tilført oksygenrikt vann. Den største risikoen er knyttet til strømhastighet og erosjon. Hydrauliske simuleringer viser at hvis elvevannet ledes under flystripa, vil strømhastigheten øke betydelig i hele elveløpet, og finsedimenter vil bli erodert bort. Over tid vil elveløpet stabilisere seg på en ny dybde. Grunnere sand- og muslingbanker utenfor Stjørdal småbåthavn vil sannsynligvis bli erodert bort, og utløpet vil danne en dypere kanal, som djupålen ved dagens Hellstranda. Høyere erosjonsrisiko langs moloen ved småbåthavnen og industriområdet ved Tangmoen vil føre til dypere kanaler enn tidligere, og elva vil forbli kanalisert uten å danne et naturlig deltaområde. Roligere vannhastigheter og sedimentasjon i utløpsområdet kan derfor ikke forventes.
I tillegg vil funksjonsområder til sjøørret ved både Hellstranda og det gamle elveleiet påvirkes negativt. Brakkvannsområdet ved Hellstranda vil miste sin funksjon som beiteområde i sin helhet. Dette fordi det ikke vil ledes ferskvann mot Hellstranda i dette kompensasjonstiltaket. Overvintringsområdet ved Sandfærhus vil mest sannsynlig forsvinne på grunn av økt ferskvann og høyere strømningshastighet. Tiltaket vil også påvirke funksjonsområder til fugler. Halsøen vil bli mindre attraktivt for fugl på grunn av at de fine massene vil bli borttransportert. Området ved Sandfærhus vil miste sin funksjon som næringssøkområde, trekklokalitet og rasteplass på grunn av høyere strømningshastighet og tilførsel av mer ferskvann som vil fjerne partikler i mudderfjæra. Området ved Hellstranda vil ikke påvirke funksjonsområder for fugl i stor grad.

Kompensasjonstiltaket vil påvirke naturtypen bløtbunnsområder i strandsonen i det gamle elveleiet ved Sandfærhus, Halsøen, og vestsiden av Langøra nord. Høyere strømhastigheter vil redusere eller fjerne bløtbunnsområder. Bløtbunnsområdet ved Hellstranda vil mest sannsynlig ikke bli påvirket, annet enn at det blir mer marint dersom ferskvannstilførselen stenges av. Terrestriske naturtyper som strandeng ved Sandfærhus og flere verdifulle naturtyper ved Langøra nord kan bli negativt påvirket på grunn av økt erosjon. Rødlistede arter som lever i tilknytning til disse naturtypene vil bli negativt påvirket, spesielt hettemåke, gråmåke, fiskemåke og rødstilk, som vil miste viktige næringssøksområder. Den atlantiske laksen vil kun oppleve mindre endring i sin vandringsrute mot havet.

Innenfor steg 2 er alle silingskriteriene vurdert til å ha svært stor negativ virkning. Tiltaket er veldig kostbart, det er også knyttet stor risiko i forhold til samfunnssikkerhet og det er stor sannsynlighet for at det vil være utfordrende å løse innsigelsene som vil komme ved en slik løsning.

Prosjektet anslås til en kostnad på ca. 2,2 milliarder kroner. Ekstra kostnader relatert til tid, logistikk og avbrudd kan beløpe seg til ytterligere 500 – 800 millioner kroner. Med et

tidsperspektiv på 3 til 5 år, må flyplassen stenge under deler av byggeperioden, noe som vil ha betydelige samfunnskostnader.

Åpningen under flystripa kan ha negativ innvirkning på fuglebestanden, som krever videre risikoanalyse. Brokonstruksjon under flyplassen innebærer høy risiko ved sabotage og påvirker mikroklimaet, noe som kan forstyrre flyplassens daglige drift. Det er flere uakseptable risikoer knyttet til flom, erosjon, isgang og akutt forurensning, som krever omfattende tiltak.

Det er høy sannsynlighet for innsigelser fra Avinor og Forsvaret, som kan forsinke eller forhindre gjennomføring av prosjektet. Samarbeid og ytterligere utredninger vil være nødvendig, men tiltaket vurderes til sannsynligvis ikke å bli godkjent.

9.1.2 Kompensasjonstiltak restaurering av gammelt elveløp (rør under flystripa)

Resultatene viser at det ikke vil dannet et brakkvannsområde i Halsen ved bruk av rørløsninger under flystripa. Marine forhold vil fortsatt dominere området. Det er også knyttet usikkerhet til om sjøørret vil ha som normal adferd å vandre igjennom et om lag 370 m rør. Det fins ingen kunnskap om dette i et tidevannsdominert system. Ved Hellstranda vil det fortsatt være et brakkvannsområde og tilknytning til Stjørdalselva uten at sjøørret må passere marint vann.

Ved vurdering av silingskriteriet økologisk funksjon som beiteområde for sjøørret oppnår ikke alle delkriteriene måloppnåelse i området ved Halsøen. I Halsøen vil man kunne tilføye elvevann, men ikke oppnå et brakkvannsområde. Det forventes derimot at det vil oppstå vannutskiftning mellom de to områdene Halsøen og det gamle elveleiet ved Sandfærhus, og dermed vil oksygenforholdene i Halsøen kunne forbedres. Det forventes heller ikke økt erosjon, og dermed vil området fortsatt kunne tørrlegges ved fjære sjø. Men siden det ikke blir et brakkvannsområde og det er usikkert om sjøørret vil vandre igjennom røret som vanlig adferd, vil ikke området i Halsøen få funksjon som beiteområde for sjøørret.

Ved Hellstranda vil situasjonen være som i dag, det vil si at alle delsilingskriteriene vil oppnås. Det vil ikke dannes et brakkvannsområde i Halsøen, og bløtbunnsområdet med beitefunksjon ved Hellstranda vil ikke bli større. Dermed vil foreslått kompensasjonstiltak ikke kunne erstatte tapt beiteområde for sjøørret ved Hellstranda. Det forventes ingen påvirkning på funksjonsområder for sjøørret eller fugl ved Halsøen, Sandfærhus eller Hellstranda. Det samme gjelder både naturtyper og rødlistede arter.

I steg 2 av vurderingene er tiltaket vurdert til å ha svært dårlig virkning innen samfunnsøkonomi da tiltaket er kostbart og oppnår ikke full måloppnåelse innen steg 1. Et foreløpig kostnadsoverslag er utarbeidet basert på erfaringstall fra sammenlignbare prosjekter og forutsetninger om boring gjennom ulike massetyper. Med tre rør vil den totale kostnaden variere mellom 150 og 900 millioner kroner avhengig av hvilke masser

det bores gjennom. Kostnader knyttet til restriksjoner på grunn av flytrafikk og Forsvarets aktivitet, samt behov for tiltak ved setninger på flyplassen, er ikke inkludert. Tiltaket vil også kreve hyppig vedlikehold på grunn av sedimentering og tetting av rørene. Samfunnsøkonomien for tiltaket vurderes derfor som svært negativ.

Bygging av broene vil kreve stenging av flyplassen og kan medføre risiko for setninger på rullebanen.

Det må påregnes innsigelser fra Avinor og Forsvaret med krav om ytterligere utredninger, spesielt knyttet til sikkerheten på og rundt flyplassen. Disse innsigelsene kan være tidkrevende å løse og kan føre til usikkerhet om tiltaket vil bli godkjent.

9.1.3 Kompensasjonstiltak flytting av molo ved Hellstranda

Kompensasjonstiltaket vil oppnå måloppnåelse i alle silingskriterier i steg 1-vurderinga, med unntak av naturtyper. Oppsummert gjelder at det fortsatt vil være et brakkvannsområde slik at sjøørret kan vandre fritt fra beiteområdet opp til Stjørdalselva uten å måtte passere marint vann. Vannmassene ved Hellstranda vil fortsatt være dynamiske med brakkvann styrt av tidevann og vannføring fra Stjørdalselva. Dette sikrer tilførsel av varmt elvevann om sommeren og høsten, samt jevnlig tilførsel av oksygenrikt vann. Området ved Hellstranda er robust, og det forventes ingen store endringer knyttet til erosjon og sedimentasjon dersom man flytter molo og djupål mot nord, samt etablerer et nytt bløtbunnsområde sør for moloen.

Det forventes ikke påvirkning på nærliggende funksjonsområder for sjøørret eller fugl. Det forventes derimot påvirkning på naturtypen bløtbunn i strandsonen. Området nord for moloen har naturtypen bløtbunnsområde med høy verdi, og flyttingen vil beslaglegge om lag 15 000 m² av dette området. Tiltaket berører ikke terrestriske naturtyper eller terrestriske rødlistede arter. Marine rødlistede arter som atlantisk laks og havert vil ikke bli negativt påvirket, da laksen kun oppholder seg kort i elveosen og havert vanligvis finnes i ytre holmer og skjær.

Flytting av molo og fjerning av eksisterende molo er kostnadsberegnet til ca. 200 – 300 millioner kroner. Silingskriteriene i steg 1 er vurdert å være godt imøtekommet og tilfredsstiller kravene og ønsket måloppnåelse for prosjektet. Kostnadene er imidlertid store slik at virkningsgraden for samfunnsøkonomi er vurdert til være middels negativ.

Ved arbeide i sjø kan det generelt være fare for at flytting av masser kan medføre skade på miljøet. Det må derfor påregnes tiltak for å hindre dette. Arbeidet må utføres ved liten vannføring i elva og i gitte måneder på vinterhalvåret. Både forsvaret og Avinor har interesser i området som vil kreve samarbeid og godkjenning før arbeidet kan gjennomføres for å bevare sikkerheten for flytrafikken og forsvarets interesser.

Tiltaket ansees som lite konfliktfylt og er i direkte berøring med få interessenter. Beredskapshavna til Avinor skal ha kontinuerlig drift og må bli reetablert. Forsvarsbygg eier dagens molo, men har signalisert at en flytting av moloen ikke er konflikt med deres interesser. Det er vurdert at tiltaket har lav risiko for innsigelse som ikke lar seg løse.

9.2 Anbefaling

Ny reguleringsplan for Hellstranda medfører en reduksjon på 70 % og 79 % reduksjon av bløtbunnsareal i forhold til gjeldende reguleringsplan. Dette betyr at ny reguleringsplan vil begrense behovet for utfylling i sjø vesentlig, og det er da tilstrebet å unngå og begrense skadevirkningene samt istandsette eller erstatte tapt bløtbunnsområde i henhold til tiltakspyramiden fra Miljøverndepartementet (figur 3-1).

Ny foreslått løsning vil gi en samlet utfylling på Hellstranda på 16 000 m^2 i sjø. Av dette utgjør bløtbunnområdet 9 500 m^2. Dette området har i dag funksjon som beiteområde for sjøørret, og det er området det skal kompenseres for.

Etter en samlet vurdering er det anbefalt å konsekvensutrede kompensasjonstiltaket flytting av molo ved Hellstranda (figur 9-1). Av de vurderte løsningene oppnår kompensasjonstiltaket måloppnåelse innenfor de fleste silingskriteriene i steg 1. I tillegg har tiltaket lavest risiko knyttet til samfunnssikkerhet og videre prosess.

Dette tiltaket har også potensiale for å kunne gi mer nytt bløtbunnsområde enn det som går tapt på Hellstranda som følge av veg- og turvegutbygging. Det vil kunne gi ca. 22 500 m^2 nytt bløtbunnsareal på innsiden av moloen og vil således erstatte de 9 500 m^2 som vegbyggingen medfører.

Flytting av molo vil ta ca. 15 000 m^2 av naturtypen bløtbunnsområde i strandsonen som i dag ligger nord for moloen. Dette området har ifølge telemetriundersøkelser gjennomført av NTNU Vitenskapsmuseet ikke like stor verdi som beiteområde for sjøørret som området ved Hellstranda har i dag.

Tabell 9-4 oppsummerer arealbeslag og -gevinst.

Tabell 9-4: Beregning av berørt bløtbunn.

Areal	**Utfylling [m^2]**	**Nytt areal [m^2]**	**Differanse [m^2]**
Bløtbunn Hellstranda	-9 500	22 500	
Bløtbunn i det gamle elveløpet	-1 500		
Sum	**-11 000**	**22 500**	**11 500**
Bløtbunn nord for molo	-15 000		

Samlet vurdering fører derfor til at anbefalingen er:

Alternativet flytting av molo legges til grunn for videre arbeid med reguleringsplan og konsekvensutredning.



Figur 9-1: Illustrasjon av gjenstående kompensasjonstiltak som innebærer en flytting av eksisterende molo nord for Hellstranda. Vegtiltaket er lagt inn ved Hellstranda. Området sees fra dagens utløpsområde inn mot Stjørdalselva. Merk at dette kun er en illustrasjon, nøyaktig utforming molo vil bestemmes på et senere tidspunkt. Bakgrunnskart: [2].



Figur 9-2: Ny vegløsning med gangsti og bølgevern sammenlignet med utfylling i sjø fra gjeldende reguleringsplan vist med rød strek.

Referanser

[1] Davidsen, J.G.; Husby, M.; Foldvik, A., «Konsekvenser for sjøørret, villaks og fugl ved utfylling av deler av elveosen til Stjørdalselva. Kunnskapsoppsummering og foreløpige forslag til avbøtende og kompenserende tiltak,» NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2020-11: 1-36, 2020.

[2] Google Earth, 2024. [Internett].

[3] Meld. St. 25, «På rett vei. Reformer i veisektoren,» Samferdselsdepartementet, 2014 - 2015.

[4] Davidsen, J.G.; Sjursen, A.D.; Rønning, L.; Davidsen, A.G; Eldøy, S.H.; Daverdin, M.; Kjærstad, G., «Utbygging av ny E6 ved Hellstranda – kartlegging av områdebruk til sjøørret og laks, samt forslag til kompenserende tiltak.,» NTNU Vitenskapsmuseet, 2021.

[5] Miljødirektoratet i samarbeid med Vegdirektoratet og Jernbaneverket, «M-20XX. Veileder til økologisk kompensasjon i samferdselssektoren,» XXXX..

[6] Miljødirektoratet, «Vann-nett.no, "Waterbodies - kart",» [Internett]. Available: https://vann-nett.no/waterbodies/map.

[7] Klima- og miljødepartementet, «Veileder - Naturmangfoldloven kapitel II,» [Internett]. Available: https://www.regjeringen.no/contentassets/76ba044f8515433c93c259e7e86420f4/t-1554.pdf.

[8] Miljødirektoratet, «Veilder M-1941: Konsekvensutredning av klima og miljø,» 2023.

[9] Trøndelag fylkeskommune , «Trøndelag fylkeskommune,» [Internett]. Available: https://www.trondelagfylke.no/vare-tjenester/folkehelse-idrett-frivillighet/friluftsliv/nyhetsarkiv/trondheimsfjorden/.

[10] Rambøll, «SILINGSRAPPORT VEI 2024 LEGG INN RIKTIG,» 2024.

[11] Rambøll og Henning Larsen, Tverrfaglig rapport, mur mot fylling, NV50E6SV-PLA-NOT-4003, 2025.

[12] Multiconsult, «E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0017 rev02 Marint naturmangfold,» 2019.

[13] Statens Vegvesen, «Vegkart.no,» [Internett]. Available: https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:nib/@295821,7043148,12.

[14] Rambøll, «NV50E6SV-YML-RAP-4014 Hydrologirapport - modellering af påvirkning som følge af udbygning av E6.,» 2025.

[15] DHI, *Tilgængelige baggrundsfotos i MIKE Zero 2024,* 2024.

[16] Miljødirektoratet, «Naturbase kart,» 2024. [Internett]. Available: https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase. [Funnet 21 11 2024].

[17] A. Foldvik og J. Järnegren, *Fiskebiologiske undersøkelser og kartlegging av marine naturtyper i utløpet av Stjørdalselva: Resultater fra elektrisk båtfiske og ROV undersøkelser 2020,* Trondheim: Norsk Institutt for Naturforskning, 2020.

[18] Multiconsult, «E6 Ranheim - Værnes. Rapport marint - miljøgifter i sediment. E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0014,» 2019.

[19] Rambøll, «Resipientundersøkelse Stjørdalselva nytt utløp og Stjørdalsfjorden - 2021. E6RV-RAM-EV-RPT-DZ06-0001,» 2022.

[20] Rambøll, «Stjørdalselvas utløp og Stjørdalsfjorden - 2022. E6RV-RAM-EV-RPT-DZ06-0001,» 2023.

[21] Rambøll, «Årsrapport marint 2023. E6RV-RAM-EV-RPT-DZ06-0002,» 2023.

[22] «Vannmiljø,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/. [Funnet 26 11 2024].

[23] Direktoratsgruppen vanndirektivet, «Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann,» 2018.

[24] NTNU Vitenskapsmuseet, «Makroalger ved Hellstranda badeplass, undersøkelser og befaring 2021.,» 2021.

[25] Rambøll, «NV50E6SV-YML-RAP-4013 - Oppsummeringsrapport av kunnskapsgrunnlaget for vannmiljø for E6 Hellstranda,» 2025.

[26] I. K. Sjøtun, «ålegras,» Store norske leksikon, [Internett]. Available: https://snl.no/%C3%A5legras. [Funnet 2025].

[27] Havforskningsinstituttet, 2024. [Internett]. Available: https://www.hi.no/hi/temasider/arter/alegras. [Funnet 2025].

[28] Miljødirektoratet, «Kartleggingsinstruks, Kartlegging av terrestriske naturtyper etter NiN2, veildeder M-2209,» 2023.

[29] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2024. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2410179435.

[30] Rambøll, «Naturtypekartlegging Sandfærhus befaringsnotat,» 2024.

[31] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2024. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2410183275.

[32] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2001. [Internett]. Available: https://geocortex02.miljodirektoratet.no/vertigisstudio/web/?app=a3a09afee5c24c459c53a9a9ff0915f1.

[33] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2020. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=VKU-NINFP2010056259.

[34] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2310142031.

[35] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2310142020.

[36] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2310142021.

[37] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2410159650.

[38] Artsdatabanken , «artskart.artsdatabanken.no,» [Internett]. Available: https://artskart.artsdatabanken.no/.

[39] J. Endresen, «Individual habitat use of sea trout (Salmo trutta) in the estuary of river Stjørdalselva. Master thesis,» NTNU, Trondheim, 2023.

[40] Davidsen, J.G.; Sjursen, A.D.; Rønning, L.; Davidsen, A. G.; Daverdin, M., «Kartlegging av sjøørret i habitat-område ved utløpet av Stjørdalselva, Nord-Trøndelag og konsekvensanalyse av tre utfyllingsalternativer – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-4: 1-27.,» 2017.

[41] Davidsen, J.G., Thingstad, P.G., Øien, D.-I., Bakken, T., Eidnes, G. & Kjærstad, G., «Utfylling av områder på og rundt Langøra sør, Stjørdal. Konsekvenser for naturverdier og vurdering av restaurerende og kompenserende tiltak. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2018-3: 1-40,» 2018.

[42] M. Husby, «Konsekvenser for fugl ved en forlengelse av flystripa utover fjorden ved Trondheim Lufthavn Værnes,» 2008.

[43] M. Husby og B. Rindal, «Anleggsveg langs Trondheim lufthavn, Værnes. Konsekvenser for biologisk mangfold. Høgskolen i Nord-Trøndelag. Utredning nr 108,» 2009.

[44] Husby, M., «Konsekvenser for fuglelivet ved eventuell mudring i Halsøen, Stjørdal kommune. HiNT Utredning nr. 158: 22 s.,» 2014.

[45] M. Husby, «Konsekvenser for fuglelivet ved eventuell gjenfylling av det gamle elveløpet på Sandfærhus, Stjørdal kommune. Høgskolen i Nord-Trøndelag. Utredning nr 156.,» 2014.

[46] M. V. P. &. Ø. T. Husby, «Forundersøkelse av fuglebestandene i forbindelse med ny E6 Hell – Sandfærhus, Stjørdal kommune, 2020-2022 – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2023-7: 1-36.,» 2023.

[47] M. Husby, «Konsekvenser for fuglelivet ved eventuell igjenfylling av bukta på vestsida av Langøra Sør, Stjørdal kommune. Høgskolen i Nord-Trøndelag.,» 2014.

[48] Naturbase, «Miljødirektoratet,» u.å.. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BA00040696.

[49] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2004. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BA00040755.

[50] Rambøll, «NV50E6SV-YML-NOT-4003 E6 Hellstranda. Metodikk for fastsetting av grense mellom bløtbunn og kantsone.,» 2024.

[51] Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, «Trusselvurdering for sjøørret. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 12, 37 s.,» Trondheim, 2023.

[52] Y. B. J. &. D. J. Liu, Social-Cultural Ecosystem Services of Sea Trout Recreational, 2019.

[53] Rambøll, «Risikovurdering Silingsnotat kompensasjon. (I-not-001),» 2025.

[54] Luftfartstilsynet, «Flysikkerhetsinformasjon,» Hentet fra: https://luftfartstilsynet.no/aktorer/flysikkerhet/flysikkerhetsinformasjon/, 2025.

[55] Stjørdal kommune, «Kommuneplanens arealdel 2025-2037 - Planbeskrivelse,» [Internett]. Available: https://www.stjordal.kommune.no/_f/p3/i320749de-0196-4fa5-9ea0-1d39b887957d/vedlegg-3-planbeskrivelse_revidert-10042025.pdf.

[56] Stjørdal kommune, «Kommuneplan,» Hentet fra https://kart4.nois.no/varnes/Content/Main.aspx?layout=stjordal&time=638700207822447067&vwr=asv, u.å.

[57] Avinor AS, «Masterplan Trondheim lufthavn 2019 - 2040,» 6 Juni 2019. [Internett]. Available: https://www.avinor.no/globalassets/trondheim-lufthavn/om-oss/masterplan-2019-2040.pdf.

[58] J. V. Arnekleiv, P. I. Bergan, L. E. Sundt-Hansen, Ø. N. Kielland, A. Foldvi, J. G. Davidsen, M. Først og K. A. Vaskinn, «Miljødesign i regulerte laksevassdrag: Stjørdalselva i Meråker kommune,» NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2020-4: 1-105, Trondheim, 2020.

[59] Steg Entreprenør AS, «u.å,» Hentet fra https://steg.no/nodig-metoder/tunnelering.

[60] Ø. Haugland og F. Jørgensen, «Frie fiskeveger. Nr. 973,» Statens vegvesen , 2024.

[61] Rambøll, «Design af Hellstrandas flyttede ydermole, tværsnit. NV50E6SV-KNS-RAP-4002,» 2025.

[62] Rambøll, «Anleggsgjennomføring - Hovedgrep. NV50E6SV-PLA-NOT-4004,» 2025.

[63] Miljødirektoratet, «Bløtbunnsområder i strandsonen og kystnære havområder,» https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/blotbunnsomrader-i-strandsonen-og-kystnare-havomrader , 2020.

[64] Meld. St. 20, «Nasjonal transportplan 2022–2033. Samferdselsdepartementet,» 2020 - 2021. [Internett].

[65] «Naturbase,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/naturbase/. [Funnet 01 10 2024].

[66] «Rødlista for arter,» Artsdatabanken, [Internett]. Available: https://artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter. [Funnet 01 10 2024].

[67] «Lakseregisteret,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://lakseregisteret.statsforvalteren.no/visElv.aspx?id=124.Z. [Funnet 01 10 2024].

[68] Miljøridektoratet, «Naturbase faktaark,» 2024. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120401. [Funnet 21 11 2024].

[69] Oug, E.; J. Gjøsæter; T. Anker-Nilssen; T. Bakken; J.A. Sneli; J. Rueness, «Marine miljø. Ss 13-25 i: J. A. Kålås, S. Henriksen, S. Skjelseth and Å. Viken. Miljøforhold og påvirkninger for rødlistearter.,» *Trondheim, Artsdatabanken.,* 2010.

[70] Lovdata.no, «Forskrift om fredning av Vikanbukta fuglefredningsområde, Stjørdal kommune, Nord-Trøndelag,» [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2008-09-12-1017. [Funnet 25 11 2024].

[71] Fylkesmannen i Trøndelag, «Nye Veier - utslippstillatelse Hell - Værneskrysset. Ref. 2020/3754.,» 2020.

[72] Miljødirektoratet, «Naturtyper - Miljødirektoratets instruks,» [Internett]. Available: https://register.geonorge.no/register/versjoner/produktark/miljodirektoratet/naturtyper-miljodirektoratets-instruks. [Funnet 25 11 2024].

[73] «Naturbase faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120402. [Funnet 25 11 2024].

[74] «Naturbase faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00128480. [Funnet 25 11 2024].

[75] «Naturbase Faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120403. [Funnet 25 11 2024].

[76] «Naturbase Faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120403. [Funnet 25 11 2024].

[77] «Naturbase Faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120404. [Funnet 25 11 2024].

[78] «Naturbase kart,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase. [Funnet 25 11 2024].

[79] Rambøll, «E6 Ranheim-Værnes Marint - Naturmangfold E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0017,» 2019.

[80] S. Harbak, «Habitat use of sea trout (Salmo trutta) veterans in two Norwegian estuaries. Master thesis,» NTNU, Trondheim, 2022.

[81] C. Schulze, «Habitat use in an estuary - a comparative study of Atlantic salmon (Salmo salar) and sea trout (Salmo trutta) of two life stages. Master thesis,» NTNU, Trondheim, 2022.

[82] Gaute, «XXXX Byttedyr ved Hellstranda XXX husk å legge inn dokumentnr,» 2025.

[83] Rambøll, «Befaring Hellstranda. Internt notat,» 2022.

[84] Kystverket, «Molohåndboka,» Hentet fra https://www.kystverket.no/contentassets/0c0d63671a2d46b4b700a0a2f823e188/molohandbok-enkeltsider.pdf, 2018.

[85] I. Bryhni, «kroksjø,» Store norske leksikon, [Internett]. Available: https://snl.no/kroksj%c3%b8. [Funnet 2025].

[86] Rambøll, «Sedimentprøvetaking, CTD og befaring på Langøra, Stjørdal,» 2024.

[87] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2025. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BA00040701.

[88] Rambøll, «Silingsrapport alternative vegløsninger NV50E6SV-PLA-NOT-4002,» 2024.

[1] Davidsen, J.G.; Husby, M.; Foldvik, A., «Konsekvenser for sjøørret, villaks og fugl ved utfylling av deler av elveosen til Stjørdalselva. Kunnskapsoppsummering og foreløpige

forslag til avbøtende og kompenserende tiltak,» NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2020-11: 1-36, 2020.

[2] Google Earth, 2024. [Internett].

[3] Meld. St. 25, «På rett vei. Reformer i veisektoren,» Samferdselsdepartementet, 2014 - 2015.

[4] Davidsen, J.G.; Sjursen, A.D.; Rønning, L.; Davidsen, A.G; Eldøy, S.H.; Daverdin, M.; Kjærstad, G., «Utbygging av ny E6 ved Hellstranda – kartlegging av områdebruk til sjøørret og laks, samt forslag til kompenserende tiltak.,» NTNU Vitenskapsmuseet, 2021.

[5] Miljødirektoratet i samarbeid med Vegdirektoratet og Jernbaneverket, «M-20XX. Veileder til økologisk kompensasjon i samferdselssektoren,» XXXX..

[6] Miljødirektoratet, «Vann-nett.no, "Waterbodies - kart",» [Internett]. Available: https://vann-nett.no/waterbodies/map.

[7] Klima- og miljødepartementet, «Veileder - Naturmangfoldloven kapitel II,» [Internett]. Available: https://www.regjeringen.no/contentassets/76ba044f8515433c93c259e7e86420f4/t-1554.pdf.

[8] Miljødirektoratet, «Veilder M-1941: Konsekvensutredning av klima og miljø,» 2023.

[9] Trøndelag fylkeskommune , «Trøndelag fylkeskommune,» [Internett]. Available: https://www.trondelagfylke.no/vare-tjenester/folkehelse-idrett-frivillighet/friluftsliv/nyhetsarkiv/trondheimsfjorden/.

[10] Rambøll, «SILINGSRAPPORT VEI 2024 LEGG INN RIKTIG,» 2024.

[11] Rambøll og Henning Larsen, Tverrfaglig rapport, mur mot fylling, NV50E6SV-PLA-NOT-4003, 2025.

[12] Multiconsult, «E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0017 rev02 Marint naturmangfold,» 2019.

[13] Statens Vegvesen, «Vegkart.no,» [Internett]. Available: https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:nib/@295821,7043148,12.

[14] Rambøll, «NV50E6SV-YML-RAP-4014 Hydrologirapport - modellering af påvirkning som følge af udbygning av E6.,» 2025.

[15] DHI, *Tilgængelige baggrundsfotos i MIKE Zero 2024,* 2024.

[16] Miljødirektoratet, «Naturbase kart,» 2024. [Internett]. Available: https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase. [Funnet 21 11 2024].

[17] A. Foldvik og J. Järnegren, *Fiskebiologiske undersøkelser og kartlegging av marine naturtyper i utløpet av Stjørdalselva: Resultater fra elektrisk båtfiske og ROV undersøkelser 2020,* Trondheim: Norsk Institutt for Naturforskning, 2020.

[18] Multiconsult, «E6 Ranheim - Værnes. Rapport marint - miljøgifter i sediment. E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0014,» 2019.

[19] Rambøll, «Resipientundersøkelse Stjørdalselva nytt utløp og Stjørdalsfjorden - 2021. E6RV-RAM-EV-RPT-DZ06-0001,» 2022.

[20] Rambøll, «Stjørdalselvas utløp og Stjørdalsfjorden - 2022. E6RV-RAM-EV-RPT-DZ06-0001,» 2023.

[21] Rambøll, «Årsrapport marint 2023. E6RV-RAM-EV-RPT-DZ06-0002,» 2023.

[22] «Vannmiljø,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/. [Funnet 26 11 2024].

[23] Direktoratsgruppen vanndirektivet, «Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann,» 2018.

[24] NTNU Vitenskapsmuseet, «Makroalger ved Hellstranda badeplass, undersøkelser og befaring 2021.,» 2021.

[25] Rambøll, «NV50E6SV-YML-RAP-4013 - Oppsummeringsrapport av kunnskapsgrunnlaget for vannmiljø for E6 Hellstranda,» 2025.

[26] I. K. Sjøtun, «ålegras,» Store norske leksikon, [Internett]. Available: https://snl.no/%C3%A5legras. [Funnet 2025].

[27] Havforskningsinstituttet, 2024. [Internett]. Available: https://www.hi.no/hi/temasider/arter/alegras. [Funnet 2025].

[28] Miljødirektoratet, «Kartleggingsinstruks, Kartlegging av terrestriske naturtyper etter NiN2, veildeder M-2209,» 2023.

[29] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2024. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2410179435.

[30] Rambøll, «Naturtypekartlegging Sandfærhus befaringsnotat,» 2024.

[31] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2024. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2410183275.

[32] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2001. [Internett]. Available: https://geocortex02.miljodirektoratet.no/vertigisstudio/web/?app=a3a09afee5c24c459c53a9a9ff0915f1.

[33] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2020. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=VKU-NINFP2010056259.

[34] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2310142031.

[35] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2310142020.

[36] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2310142021.

[37] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2023. [Internett]. Available: https://nin-faktaark.miljodirektoratet.no/naturtyper/?id=NINFP2410159650.

[38] Artsdatabanken , «artskart.artsdatabanken.no,» [Internett]. Available: https://artskart.artsdatabanken.no/.

[39] J. Endresen, «Individual habitat use of sea trout (Salmo trutta) in the estuary of river Stjørdalselva. Master thesis,» NTNU, Trondheim, 2023.

[40] Davidsen, J.G.; Sjursen, A.D.; Rønning, L.; Davidsen, A. G.; Daverdin, M., «Kartlegging av sjøørret i habitat-område ved utløpet av Stjørdalselva, Nord-Trøndelag og konsekvensanalyse av tre utfyllingsalternativer – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-4: 1-27.,» 2017.

[41] Davidsen, J.G., Thingstad, P.G., Øien, D.-I., Bakken, T., Eidnes, G. & Kjærstad, G., «Utfylling av områder på og rundt Langøra sør, Stjørdal. Konsekvenser for naturverdier og vurdering av restaurerende og kompenserende tiltak. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2018-3: 1-40,» 2018.

[42] M. Husby, «Konsekvenser for fugl ved en forlengelse av flystripa utover fjorden ved Trondheim Lufthavn Værnes,» 2008.

[43] M. Husby og B. Rindal, «Anleggsveg langs Trondheim lufthavn, Værnes. Konsekvenser for biologisk mangfold. Høgskolen i Nord-Trøndelag. Utredning nr 108,» 2009.

[44] Husby, M., «Konsekvenser for fuglelivet ved eventuell mudring i Halsøen, Stjørdal kommune. HiNT Utredning nr. 158: 22 s.,» 2014.

[45] M. Husby, «Konsekvenser for fuglelivet ved eventuell gjenfylling av det gamle elveløpet på Sandfærhus, Stjørdal kommune. Høgskolen i Nord-Trøndelag. Utredning nr 156.,» 2014.

[46] M. V. P. &. Ø. T. Husby, «Forundersøkelse av fuglebestandene i forbindelse med ny E6 Hell – Sandfærhus, Stjørdal kommune, 2020-2022 – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2023-7: 1-36.,» 2023.

[47] M. Husby, «Konsekvenser for fuglelivet ved eventuell igjenfylling av bukta på vestsida av Langøra Sør, Stjørdal kommune. Høgskolen i Nord-Trøndelag.,» 2014.

[48] Naturbase, «Miljødirektoratet,» u.å.. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BA00040696.

[49] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2004. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BA00040755.

[50] Rambøll, «NV50E6SV-YML-NOT-4003 E6 Hellstranda. Metodikk for fastsetting av grense mellom bløtbunn og kantsone.,» 2024.

[51] Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, «Trusselvurdering for sjøørret. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 12, 37 s.,» Trondheim, 2023.

[52] Y. B. J. &. D. J. Liu, Social-Cultural Ecosystem Services of Sea Trout Recreational, 2019.

[53] Rambøll, «Risikovurdering Silingsnotat kompensasjon. (I-not-001),» 2025.

[54] Luftfartstilsynet, «Flysikkerhetsinformasjon,» Hentet fra: https://luftfartstilsynet.no/aktorer/flysikkerhet/flysikkerhetsinformasjon/, 2025.

[55] Stjørdal kommune, «Kommuneplanens arealdel 2025-2037 - Planbeskrivelse,» [Internett]. Available: https://www.stjordal.kommune.no/_f/p3/i320749de-0196-4fa5-9ea0-1d39b887957d/vedlegg-3-planbeskrivelse_revidert-10042025.pdf.

[56] Stjørdal kommune, «Kommuneplan,» Hentet fra https://kart4.nois.no/varnes/Content/Main.aspx?layout=stjordal&time=638700207822447067&vwr=asv, u.å.

[57] Avinor AS, «Masterplan Trondheim lufthavn 2019 - 2040,» 6 Juni 2019. [Internett]. Available: https://www.avinor.no/globalassets/trondheim-lufthavn/om-oss/masterplan-2019-2040.pdf.

[58] J. V. Arnekleiv, P. I. Bergan, L. E. Sundt-Hansen, Ø. N. Kielland, A. Foldvi, J. G. Davidsen, M. Først og K. A. Vaskinn, «Miljødesign i regulerte laksevassdrag: Stjørdalselva i Meråker kommune,» NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2020-4: 1-105, Trondheim, 2020.

[59] Steg Entreprenør AS, «u.å,» Hentet fra https://steg.no/nodig-metoder/tunnelering.

[60] Ø. Haugland og F. Jørgensen, «Frie fiskeveger. Nr. 973,» Statens vegvesen , 2024.

[61] Rambøll, «Design af Hellstrandas flyttede ydermole, tværsnit. NV50E6SV-KNS-RAP-4002,» 2025.

[62] Rambøll, «Anleggsgjennomføring - Hovedgrep. NV50E6SV-PLA-NOT-4004,» 2025.

[63] Miljødirektoratet, «Bløtbunnsområder i strandsonen og kystnære havområder,» https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/blotbunnsomrader-i-strandsonen-og-kystnare-havomrader , 2020.

[64] Meld. St. 20, «Nasjonal transportplan 2022–2033. Samferdselsdepartementet,» 2020 - 2021. [Internett].

[65] «Naturbase,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/naturbase/. [Funnet 01 10 2024].

[66] «Rødlista for arter,» Artsdatabanken, [Internett]. Available: https://artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter. [Funnet 01 10 2024].

[67] «Lakseregisteret,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://lakseregisteret.statsforvalteren.no/visElv.aspx?id=124.Z. [Funnet 01 10 2024].

[68] Miljøridektoratet, «Naturbase faktaark,» 2024. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120401. [Funnet 21 11 2024].

[69] Oug, E.; J. Gjøsæter; T. Anker-Nilssen; T. Bakken; J.A. Sneli; J. Rueness, «Marine miljø. Ss 13-25 i: J. A. Kålås, S. Henriksen, S. Skjelseth and Å. Viken. Miljøforhold og påvirkninger for rødlistearter.,» *Trondheim, Artsdatabanken.,* 2010.

[70] Lovdata.no, «Forskrift om fredning av Vikanbukta fuglefredningsområde, Stjørdal kommune, Nord-Trøndelag,» [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2008-09-12-1017. [Funnet 25 11 2024].

[71] Fylkesmannen i Trøndelag, «Nye Veier - utslippstillatelse Hell - Værneskrysset. Ref. 2020/3754.,» 2020.

[72] Miljødirektoratet, «Naturtyper - Miljødirektoratets instruks,» [Internett]. Available: https://register.geonorge.no/register/versjoner/produktark/miljodirektoratet/naturtyper-miljodirektoratets-instruks. [Funnet 25 11 2024].

[73] «Naturbase faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120402. [Funnet 25 11 2024].

[74] «Naturbase faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00128480. [Funnet 25 11 2024].

[75] «Naturbase Faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120403. [Funnet 25 11 2024].

[76] «Naturbase Faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120403. [Funnet 25 11 2024].

[77] «Naturbase Faktaark,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BM00120404. [Funnet 25 11 2024].

[78] «Naturbase kart,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase. [Funnet 25 11 2024].

[79] Rambøll, «E6 Ranheim-Værnes Marint - Naturmangfold E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0017,» 2019.

[80] S. Harbak, «Habitat use of sea trout (Salmo trutta) veterans in two Norwegian estuaries. Master thesis,» NTNU, Trondheim, 2022.

[81] C. Schulze, «Habitat use in an estuary - a comparative study of Atlantic salmon (Salmo salar) and sea trout (Salmo trutta) of two life stages. Master thesis,» NTNU, Trondheim, 2022.

[82] Gaute, «XXXX Byttedyr ved Hellstranda XXX husk å legge inn dokumentnr,» 2025.

[83] Rambøll, «Befaring Hellstranda. Internt notat,» 2022.

[84] Kystverket, «Molohåndboka,» Hentet fra https://www.kystverket.no/contentassets/0c0d63671a2d46b4b700a0a2f823e188/molohandbok-enkeltsider.pdf, 2018.

[85] I. Bryhni, «kroksjø,» Store norske leksikon, [Internett]. Available: https://snl.no/kroksj%c3%b8. [Funnet 2025].

[86] Rambøll, «Sedimentprøvetaking, CTD og befaring på Langøra, Stjørdal,» 2024.

[87] Naturbase, «Miljødirektoratet,» 2025. [Internett]. Available: https://faktaark.naturbase.no/?id=BA00040701.

[88] Rambøll, «Silingsrapport alternative vegløsninger NV50E6SV-PLA-NOT-4002,» 2024.

Vedlegg 1: Modellering af påvirkning som følge af udbygning af E6 (NV50E6SV-YML-RAP-4014)

Dokumenttype
Rapport

Dato
April, 2025

Udbygning af E6 ved Hellstranda

Modellering af påvirkning som følge af udbygning af E6



RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

Confidential

Udbygning af E6 ved Hellstranda

Modellering af påvirkning som følge af udbygning af E6

Projektnavn	**E6 Hellstranda - Konsekvensutredning-kompensasjon**
Projektnr.	**1350057430-008**
Dokumenttype	**Teknisk baggrundsrapport**
Version	**1.0**
Dato	**April, 2025**
Udarbejdet af	**JQHN, JAK**
Kontrolleret af	**LHST**
Godkendt af	**VEKR**

Rambøll
Prinsensgade 11
DK-9000 Aalborg

T +45 5161 1000
https://dk.ramboll.com

Indhold

1.	Baggrund – udbygning af E6 ved Hellstranda	3
1.1	Formål og metode	4
1.2	Indhold i nærværende rapport	4
2.	Historisk udvikling af projektlokaliteten	6
3.	Beskrivelse af de hydrauliske forhold baseret på foreliggende data	8
3.1	Drivende hydrauliske forhold	8
3.1.1	Præsentation af måledata for Stjørdalselva	8
3.1.2	Præsentation af data for Trondheimfjorden	12
3.1.3	Vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva	22
3.2	Opsummering af sæsontendenser	23
4.	Modelopsætning	24
4.1	Modeldomæne, vanddybder og diskretisering	26
4.1.1	Opmåling 2024	26
4.1.2	Flybåren LiDAR og MBES	27
4.1.3	Elektroniske søkort	29
4.1.4	Interpolerede vanddybder i model	29
4.1.5	Modeldiskretisering	31
4.1.6	Modelforcering	32
5.	Evaluerede modelscenarier	34
5.1	Opstillede modeller	34
5.1.1	Nuværende forhold	34
5.1.2	Fremtidige forhold – Kompensationstiltag A	34
5.1.3	Fremtidige forhold – Kompensationstiltag B	35
5.1.4	Forbedring af vandudskiftningsforhold nord for Trondheim Lufthavn	36
5.2	Undersøgte hydrodynamiske modelscenarier	38
5.3	Undersøgte følsomheder af modelparametre	39
6.	Resultater: Hydrodynamiske forhold - nuværende forhold	41
6.1	Modelresultater for nuværende forhold – normal sommervandføring i Stjørdalselva	41
6.1.1	Lokale strømforhold	42
6.1.2	Vandføring	47
6.1.3	Salinitets- og temperaturforhold	48
6.2	Modelresultater for nuværende forhold - ekstrem vandføring i Stjørdalselva	56
6.2.1	Lokale strømforhold	57
6.2.2	Salinitets- og temperaturforhold	58
6.3	Modelresultater for nuværende forhold - inkl. Tiltag C1 for øget vandudskiftning i det gamle elvudløb nord for Trondheim Lufthavn	60
6.3.1	Lokale strømforhold	61

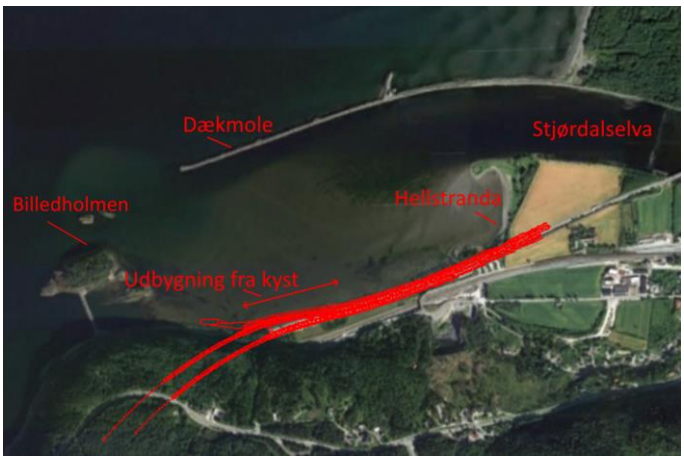
Confidential

6.3.2	Vandføring	62
6.3.3	Temperatur- og salinitetsforhold	66
6.4	Modelresultater for nuværende forhold – inkl. Tiltag C2 for øget vandudskiftning i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn	72
6.4.1	Lokale strømforhold	72
6.4.2	Vandføring	73
6.4.3	Salinitets- og temperaturforhold	75
6.5	Opsummering: Nuværende forhold	77
7.	Resultater: Hydrodynamiske forhold – fremtidige forhold	79
7.1	Modelresultater og vurdering af forholdene efter udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A	79
7.1.1	Indvirkning på lokale strømforhold	79
7.1.2	Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold	85
7.1.3	Opsummering – indvirkning fra udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A	88
7.2	Modelresultater og vurdering af indvirkning fra Kompensationstiltag B	89
7.2.1	Indvirkning på lokale strøm- og vandstandsforhold	89
7.2.2	Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold	92
7.2.3	Opsummering – indvirkning fra Kompensationstiltag B	97
7.3	Modelresultater og vurdering af effekt af tiltag for øget vandudskiftning nord for Trondheim Lufthavn	98
7.3.1	Indvirkning på lokale strømforhold	98
7.3.2	Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold	101
7.3.3	Opsummering – indvirkning fra Tiltag C1	103
8.	Sedimentation og erosion	104
8.1	Teoretisk sammenhæng mellem sedimenttransport og kornstørrelse	104
8.2	Formål og metode	105
8.3	Datagrundlag	106
8.4	Modelberegninger	109
8.4.1	Undersøgte sedimenttransport scenarier	110
8.5	Resultater	110
8.5.1	Sedimenttransport under normal sommervandføring i Stjørdalselva	110
8.5.2	Sedimenttransport ifm. en 1-års vandføring i Stjørdalselva	112
8.5.3	Aflejringsområder for sedimenter fra Stjørdalselva	114
8.6	Opsummering af sedimentation og erosion	116
9.	Opsummering af væsentlige konklusioner og diskussion af modelresultater	117
9.1	Opsummering af væsentlige konklusioner	117
9.2	Diskussion modelusikkerheder samt den videre brug af modelresultater	119
10.	Referenceliste	122

Confidential

1. Baggrund – udbygning af E6 ved Hellstranda

Udvidelsen af motorvej E6 medfører, at kystlinjen på dele af vejstrækningen ved Hellstranda skal rykkes op til ca. 35 m søværts. Hellstranda ligger ud til Trondheimfjorden øst for Trondheim ved udløbet af Stjørdalselva. Figur 1-1 viser Hellstranda-området samt tracéet for motorvejsudvidelsen og figur 1-2 viser området umiddelbart nord for Hellstranda, hvor det oprindelige udløb for Stjørdalselva var.



Figur 1-1: Illustration af projektområdet ved Hellstranda. Den røde markering viser den del af det fremtidige vejtracé, som ligger mest kystnært, og hvor der på dele af strækningen sker en udbygning søværts for den nuværende kystlinje. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).



Figur 1-2: Illustration af området umiddelbart nord for Hellstranda ved Trondheim Lufthavn. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Det relativt lavvandede område ved Hellstranda (området umiddelbart nord for kyststrækningen, hvor E6 skal udvides) er, foruden et velbesøgt badeområde om sommeren, et vigtigt yngleområde for fisk fra Stjørdalselva pga. bl.a. de specielle dybde-, salinitets- og temperaturforhold.

Området nord for Hellstranda er præget af etableringen af Trondheim Lufthavn, som medførte en omlægning af udløbet af Stjørdalselva til det nuværende ved Hellstranda, hvilket er nærmere beskrevet i afsnit 2.

1.1 Formål og metode

Der er gennemført hydrauliske modelberegninger med det formål at skabe det bedst mulige grundlag for at vurdere og analysere, i hvilket omfang en udbygning af E6 i det lavvandede område kan påvirke de nuværende gunstige hydrauliske forhold i og omkring fiskeyngleområdet. Metoden indebærer en sammenligning af de hydrauliske forhold i den nuværende situation (dagens situation) med forholdene en projekteret fremtidig situation, der inkluderer udbygningen af E6. Da der stilles krav om 1:1-erstatning for tab af naturområder, er der i modellen for de fremtidige forhold indarbejdet kompenserende tiltag, med det formål at sikre opfyldelse af dette krav.

Der er opstillet en detaljeret hydraulisk model, baseret på foreliggende datagrundlag, som anvendes til at simulere de hydrauliske forhold under forskellige repræsentative scenarier dækkende både sæsonvariationer samt normale- og ekstreme forhold. Nærværende analyser indeholder ikke de egentlige miljøvurderinger, dvs. vurderinger af en evt. påvirkning af fisk, men udgør derimod det tekniske grundlag, som efterfølgende kan danne baggrund for miljøvurderingerne. Metoden er opsummeret nedenstående:

1. Der etableres en hydraulisk model, som anvendes til at simulere lokale hydrauliske forhold; herunder lokale strømforhold, salinitet og vandtemperatur.

2. Modellen anvendes til at simulere de nuværende forhold, dvs. dagens situation uden udbygningen af E6. Der simuleres forskellige repræsentative scenarier for bl.a. vandføring i Stjørdalselva samt vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva. Disse modelberegninger danner baggrund (sammenligningsgrundlag) for den efterfølgende vurdering af indflydelsen på de hydrauliske forhold, som følge af udbygningen af E6.

3. Der analyseres på påvirkning af lokale hydrauliske forhold for de fremtidige forhold med udbygningen af E6 inkl. kompenserende tiltag. Hertil analyseres på bl.a. påvirkning af strøm, salinitet samt vandtemperatur.

4. Der er gennemført supplerende modelberegninger med udgangspunkt i de nuværende forhold med henblik på at undersøge om vandudskiftningen, i den del af det gamle elv-udløb, der ligger nord for Trondheim Lufthavn, kan forbedres.

1.2 Indhold i nærværende rapport

Indhold i de resterende afsnit i nærværende rapport er beskrevet i det følgende:

- **Afsnit 2 -** *"Historisk udvikling af projektlokaliteten"*: Der gives et kort overblik over den historiske udvikling af projektlokaliteten, herunder ændringen af udløbet fra Stjørdalselva. Formålet er at danne en baggrund for den efterfølgende hydrauliske vurdering samt danne baggrund for mulige kompensationstiltag for at afværge potentielle effekter fra etableringen af E6.

- **Afsnit 3 -** *"Beskrivelse af de hydrauliske forhold"*: Der gives indledningsvist en overordnet beskrivelse af de styrende hydrauliske forhold i hhv. Trondheimfjorden samt i Stjørdalselva. Formålet er at beskrive de nuværende hydrauliske forhold i området ved Hellstranda baseret på foreliggende datagrundlag samt at etablere et grundlag for de efterfølgende vurderinger af påvirkninger fra etableringen af E6.

- **Afsnit 4 – "***Modelopsætning*": Der gives en beskrivelse af opsætningen af den hydrauliske model, der anvendes til vurdering af forholdene ved Hellstranda under forskellige hydrauliske scenarier, baseret på det etablerede grundlag i afsnit 3. Modellen opstilles i flere varianter, så den kan anvendes til vurdering af de nuværende forhold, påvirkningen fra udbygningen af E6 (inkl. kompenserende tiltag) samt til vurdering om vandudskiftningen nord for Trondheim Lufthavn kan forbedres.

- **Afsnit 5 –** *"Evaluerede modelscenarier "*: Der gives en beskrivelse af evaluerede modelscenarier. Formålet er, i kombination med foregående afsnit, at danne grundlag for de videre analyser.

- **Afsnit 6 –** *"Resultater: Hydrodynamiske forhold - nuværende forhold*": Resultater fra den gennemførte modellering af de nuværende forhold (dagens situation) for de specificerede scenarier præsenteres. Resultaterne danner sammenligningsgrundlag for den efterfølgende analyse af påvirkninger relateret til udbygningen af E6.

  Desuden præsenteres resultater for modelberegninger, hvis formål er at vurdere om der kan gennemføres tiltag til at forbedre vandudskiftningen i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn.

- **Afsnit 7 -** *"Resultater: Hydrodynamiske forhold – fremtidige* forhold*"*: Resultater for de fremtidige forhold (inkl. udbygningen af E6 og 1:1 erstatningen) præsenteres og sammenlignes med resultaterne repræsentative for de nuværende forhold.

- **Afsnit 8 –** *"Sedimentation og erosion"*: Resultater for indledningsvise vurderinger af påvirkningen af sedimenttransportforholdene som følge af udvidelsen af E6 (inkl. effekt fra kompenserende tiltag) præsenteres.

- **Afsnit 9** – *"Opsummering af væsentlige konklusioner og diskussion af modelresultater":* Væsentlige konklusioner fra modellering af påvirkninger fra udbygningen af E6 opsummeres.

2. Historisk udvikling af projektlokaliteten

Baseret på flyfotos gives i det følgende en overordnet historisk gennemgang af projektlokalitetens udvikling gennem tiden. Dette danner baggrund for både den efterfølgende hydrauliske vurdering og for mulige tiltag ift. at kompensere for indvirkninger fra etableringen af E6.

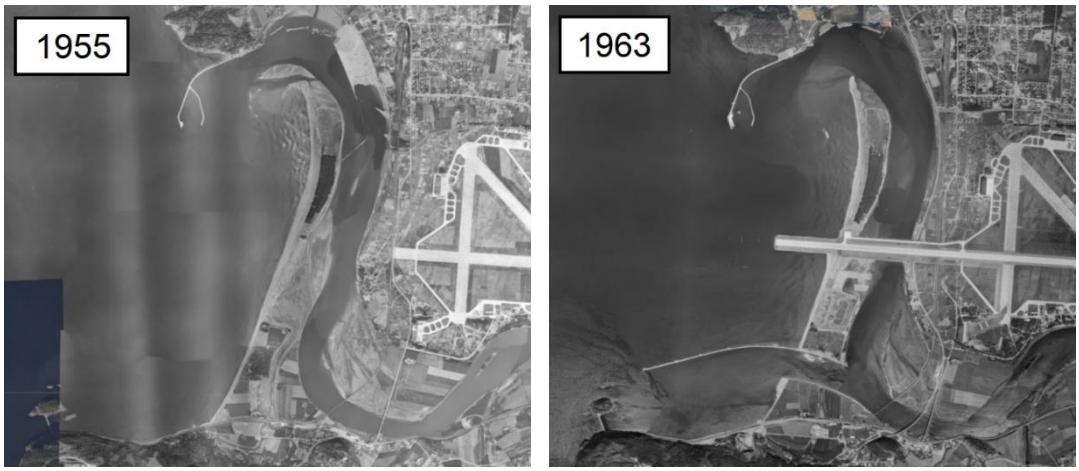
Flyfotos fra år 1955, 1963, 1976, 1991, 1999 samt 2022 er vist i hhv. figur 2-1, figur 2-2 samt figur 2-3. Af flyfotos kan følgende uddrages:

- I perioden 1955 – 1963 blev landingsbanen til Trondheim Lufthavn forlænget, hvilket medførte at Stjørdalselva udløb til Trondheimfjorden blev omlagt til et sydligere og mere direkte udløb. Desuden blev der etableret en dækmole nord for udløbet. Ændringen af udløbet fra Stjørdalselva kombineret med etableringen af dækmolen medførte at området, som i dag betegnes som Hellstranda, opstod.

- I perioden 1963 – 1976 blev der etableret et "stryg" (reduceret vanddybde) umiddelbart i svinget ved det oprindelige elvudløb. Baggrunden for etableringen af stryget har formodentlig været at sikre vandspejlet i Stjørdalselva efter udretningen og afkortningen af elvudløbet og evt. at reducere indtrængning af marint vand i Stjørdalselva.

- I perioden 1976 – 1991 blev marinaen ved Stjørdal bådforening umiddelbart nord for det oprindelige udløb af Stjørdalselva etableret. Desuden blev der etableret en landudfyldning ved molen ved det oprindelige elvudløb umiddelbart vest for den nyetablerede marina. Af tilgængelige flyfotos fremgår det yderligere, at der i 1991 var påbegyndt etableringen af en bredere landingsbane ved Trondheim lufthavn.

- I perioden 1999 – 2022 blev marinaen ved Stjørdal bådforening udvidet.



Figur 2-1: Flyfotos ved Stjørdal i år 1955 (*venstre*) og år 1963 (*højre*). (Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder)

Confidential



Figur 2-2: Flyfotos ved Stjørdal i år 1976 (*venstre*) og år 1991 (*højre*). (Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder)



Figur 2-3: Flyfotos ved Stjørdal i år 1999 (*venstre*) og år 2022 (*højre*). (Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder)

Af flyfotos fremgår det desuden at den stenmole, som forbinder Billedholmen, se navngivning i figur 1-1, med land var delvist etableret i 1955. Årsagen til etableringen af stenmolen var for at hindre direkte tilførsel af ferskvand fra Hellstranda-området og dermed øget isdannelse til området sydvest for Billedholmen efter ændringen af udløbet for Stjørdalselva.

Der foreligger ikke historiske pejlinger for området omkring det oprindelige udløb fra Stjørdalselva og Hellstranda-området. Det har derfor ikke været muligt at vurdere på udviklingen/ændringer i dybdeforhold (erosions- og sedimentationsforhold) som følge af påvirkningerne fra Stjørdalselva's ændrede udløb. Oversigtsbillederne kan ikke anvendes pga. den relativt store tidevandsamplitude ved Stjørdal (se nærmere i afsnit 3). Overordnet vurderes det, at ændringen af Stjørdalselva's udløb har medført øget vanddybde ved det nye udløb ved Hellstranda, som følge af erosion og reduceret vanddybde ved det oprindelige udløb, som følge af sedimentation.

Desuden vurderes det for sandsynligt at området med reduceret vanddybde (sandpude) vest for dækmolen er opstået efter flytningen af Stjørdalselva's udløb samt etableringen af dækmolen, som følge af en naturlig tilpasning af vanddybden langs molen til Stjørdalselva's vandføring (den dybe rende) samt aflejringer af sedimenter transporteret fra Stjørdalselva. Se mere omkring dybdeforholdene i afsnit 4.1.

3. Beskrivelse af de hydrauliske forhold baseret på foreliggende data

De overordnede hydrauliske forhold (vandstand, strøm) samt salinitets- og temperaturforhold, for området ved Hellstranda, beskrives i det følgende. Formålet er dels at etablere et vidensgrundlag til brug for opstilling af den hydrauliske model og dels til fastlæggelse af væsentlige repræsentative modelscenarier til analysen af påvirkninger, som følge af udbygningen af E6 ud fra kysten. I beskrivelsen indgår en del stednavne, som overordnet er angivet i figur 1-1.

3.1 Drivende hydrauliske forhold

Lokale hydrodynamiske forhold i området ved Hellstranda, og i fiskeyngleområdet generelt, er i høj grad præget af vandføringen fra Stjørdalselva samt en stor tidevandsvariation i Trondheimfjorden, der i perioder medfører, at store dele af de lavvandede områder er tørlagte. Opblandingen af det ferske vand fra Stjørdalselva med det salte marine vand fra Trondheimfjorden samt forskellene i vandtemperaturer medfører, at der i områder og i perioder kan opstå densitetsforskelle, som kan give anledning til densitetslagdeling i vandsøjlen. Således er lokale strømforhold i høj grad tre-dimensionelle, og er styret af sæsonvariationer i både Trondheimfjorden samt i Stjørdalselva.

Drivende hydrauliske forhold samt variation heraf, baseret på foreliggende data, præsenteres i det følgende.

3.1.1 Præsentation af måledata for Stjørdalselva

Der haves måledata for Stjørdalselva Hegra bru, se placering i figur 3-1. Data er tilgængelige fra (Sildre, 2024).

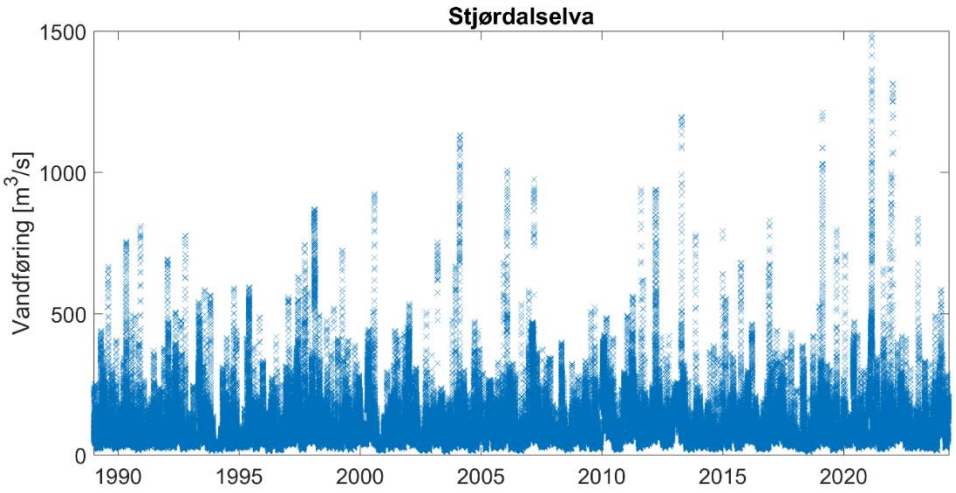


Figur 3-1: Placering af målestation ved Hegra Bru. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Målestationen ved Hegra bru er beliggende ca. 15 m over havniveau på position 306449 m øst; 7042912 m nord (UTM33). Relevante data fra målestationen i denne sammenhæng er vandføring, vandstand samt vandtemperatur, hvilke er præsenteret i det følgende.

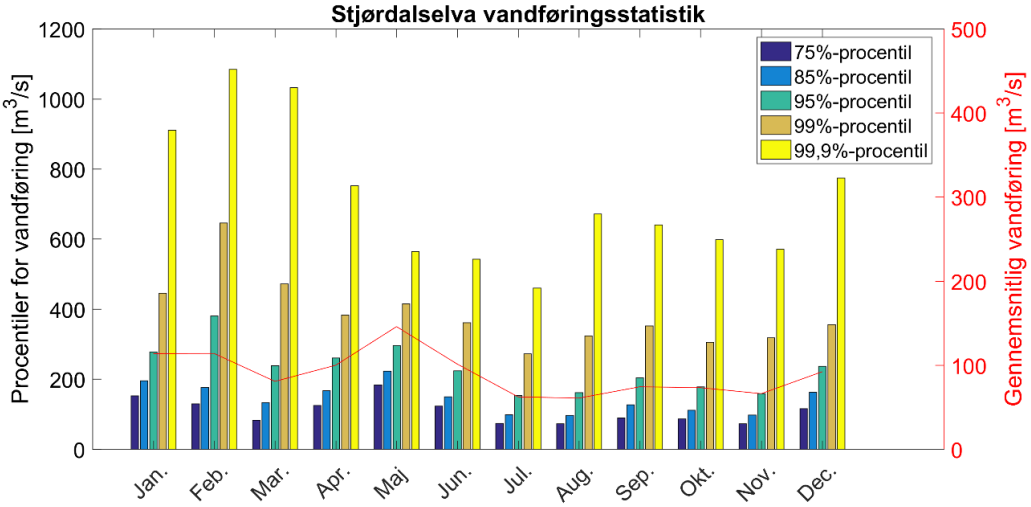
Vandføring i Stjørdalselva

En tidsserie af vandføringsmålinger i Stjørdalselva i perioden 1989 - 2024 er vist i figur 3-2. Målingerne har en tids-diskretisering på én time. Som det fremgår af figuren, forekommer der relativt store variationer i målt vandføring, med enkelthændelser i måleperioden på op imod 1.500 m^3/s.



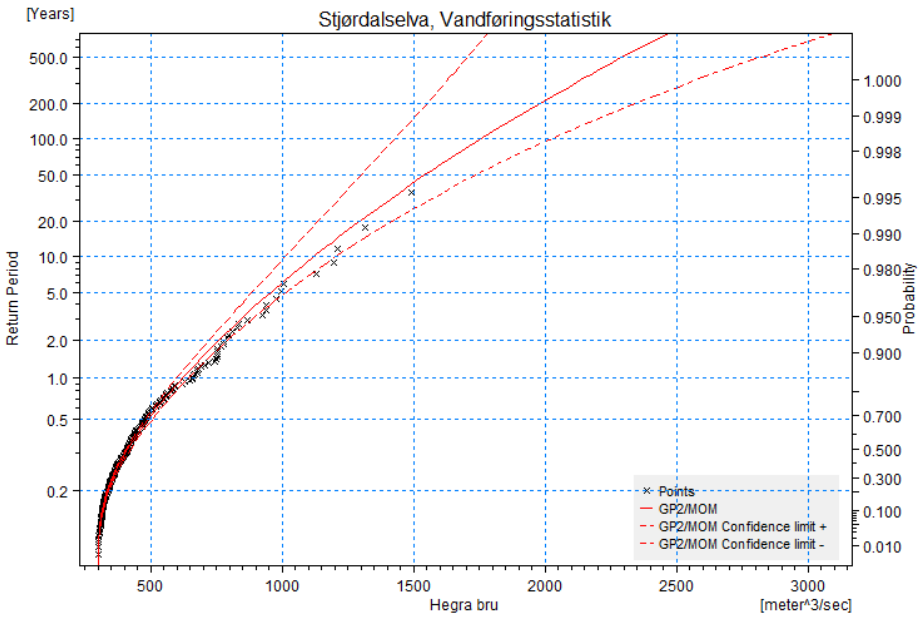
Figur 3-2: Vandføring i Stjørdalselva i perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

Månedsopdelt statistik for vandføringen i Stjørdalselva er vist i figur 3-3. Som det fremgår af figuren, forekommer en vis sæsonvariation i vandføringen, med den højeste gennemsnitlige vandføring i maj måned. Den gennemsnitlige årlige vandføring ligger på imellem 100 – 150 m^3/s, mens flomhændelser kan medføre en vandføring på op imod 1.000 – 1.500 m^3/s (jf. figur 3-2).



Figur 3-3: Månedlig vandføringsstatistik i Stjørdalselva baseret på data dækkende perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandføring.

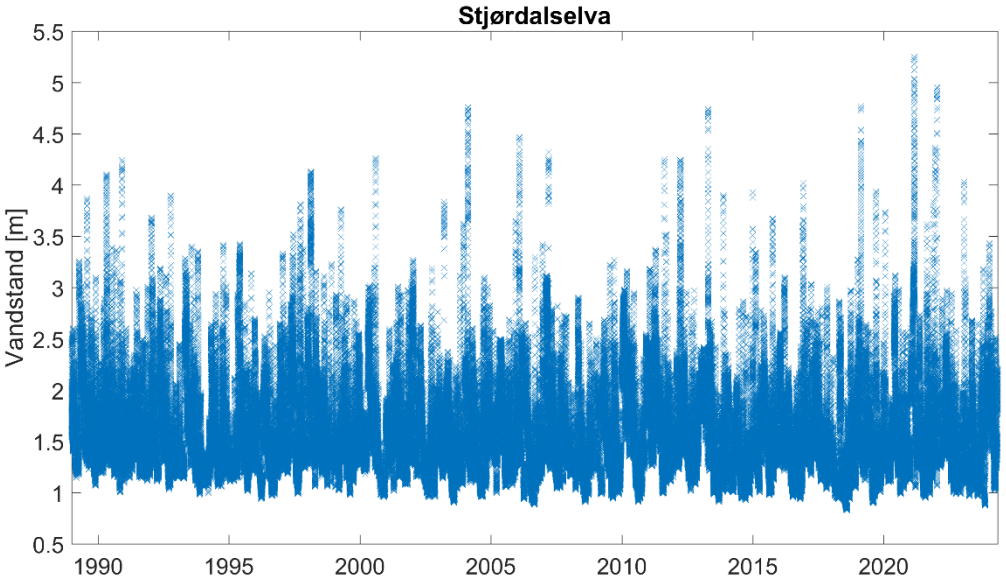
Ekstremværdistatistik for vandføring ved Hegra bru er vist i figur 3-4. Heraf fremgår det bl.a. at en 1 års hændelse er ca. 600 m^3/s, mens en 200-års flomhændelse medfører en vandføring på ca. 2.000 m^3/s.



Figur 3-4: Ekstremværdistatistik for Stjørdalselva baseret på data for perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

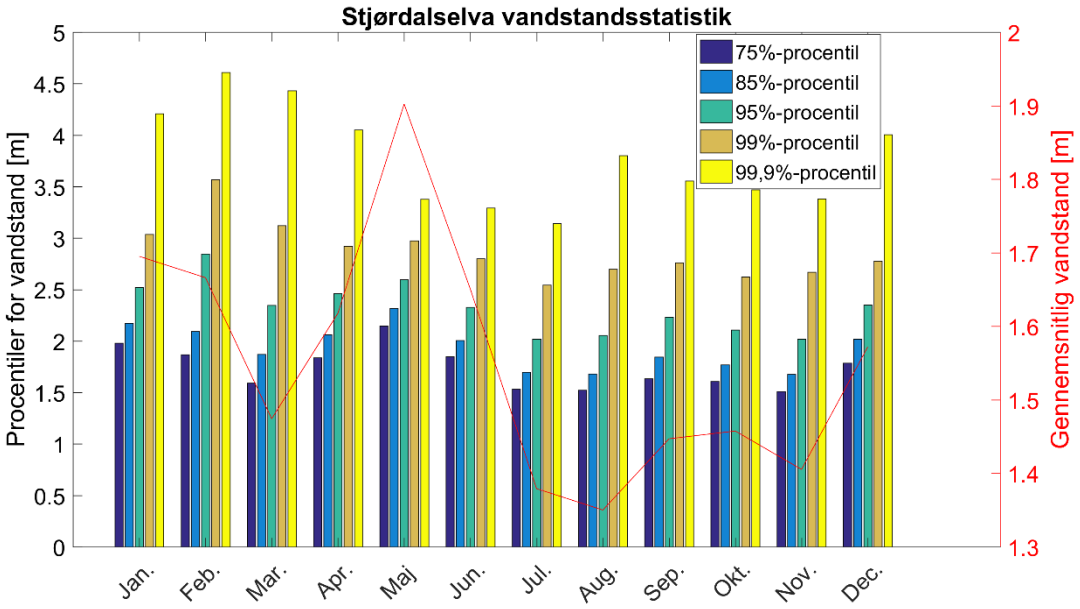
Vandstand i Stjørdalselva

En tidsserie af vandstandsmålinger i Stjørdalselva i perioden 1989 - 2024 er vist i figur 3-5. Målingerne har en tids-diskretisering på én time. Som det fremgår af figuren, er der, som for vandføringen, relativt store variationer, med enkelte målte vandstande på over 5 m. Vertikalreferencen for vandstand er "observeret vandstand" (Sildre, 2024).



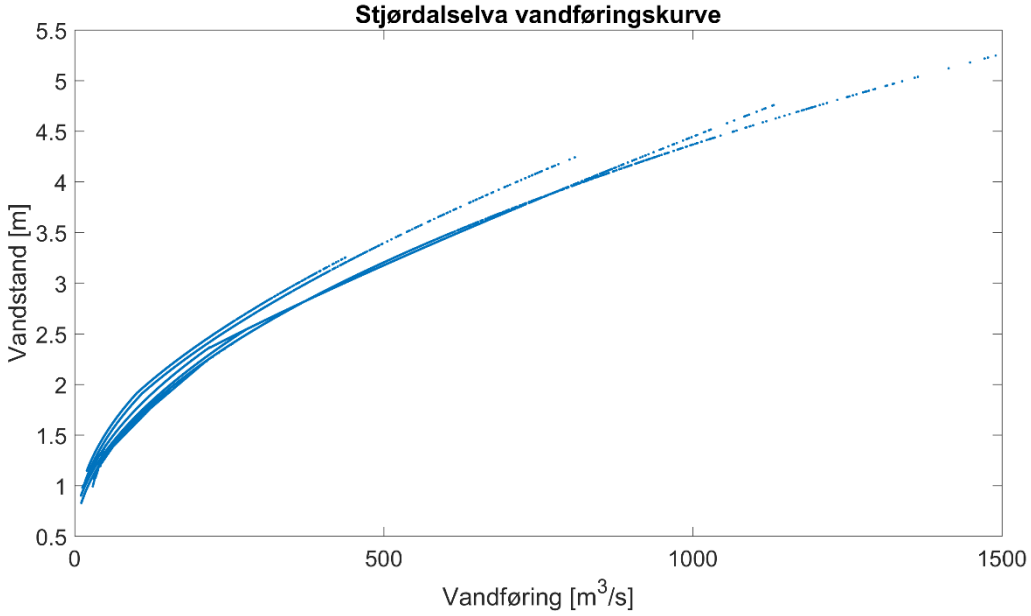
Figur 3-5: Vandstandsmålinger i Stjørdalselva for perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

Statistik for vandstand i Stjørdalselva er vist i figur 3-6. Som det fremgår af figuren, forekommer der en vis sæsonvariation, hvor den gennemsnitlige vandstand i Stjørdalselva ses at ligge lidt højere i maj måned sammenlignet med den resterende del af året. Der er dermed samme tendens for vandstand som for vandføring. Den gennemsnitlige årlige vandstand ved målestationen ligger på imellem 1,4 – 1,9 m, hvorimod ekstreme flomhændelser medfører vandstand på op imod 4 – 5 m.



Figur 3-6: Månedlig vandstandsstatistik i Stjørdalselva baseret på data i perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandstand.

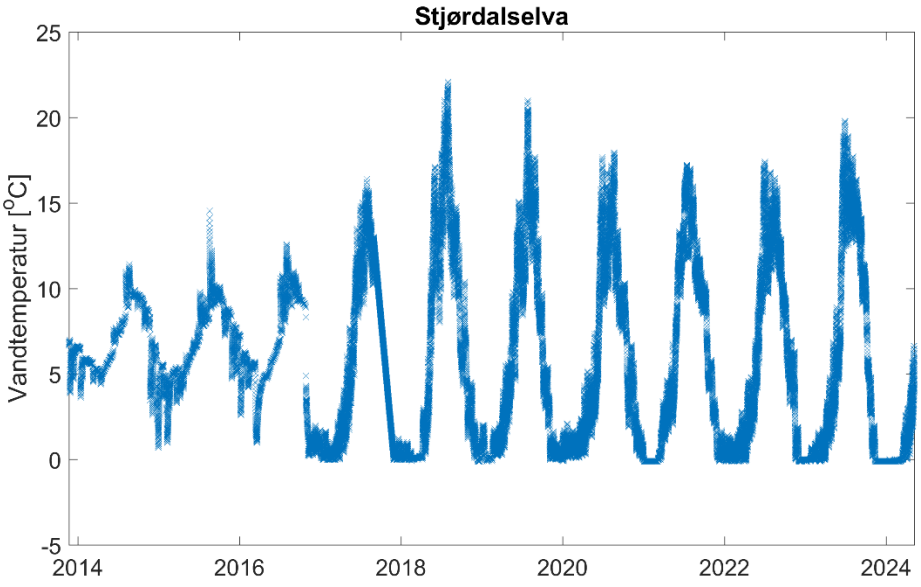
Korrelationen mellem vandføring og vandstand i Stjørdalselva er illustreret i figur 3-7, hvoraf det fremgår, at der er en tydelig sammenhæng. Således er ekstrem vandføring sammenfaldende med ekstrem vandstand på hhv. ca. 1.500 m^3/s og ca. 5 m.



Figur 3-7: Vandføringskurve for sammenhæng imellem vandføring og vandstand i Stjørdalselva baseret på data for perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

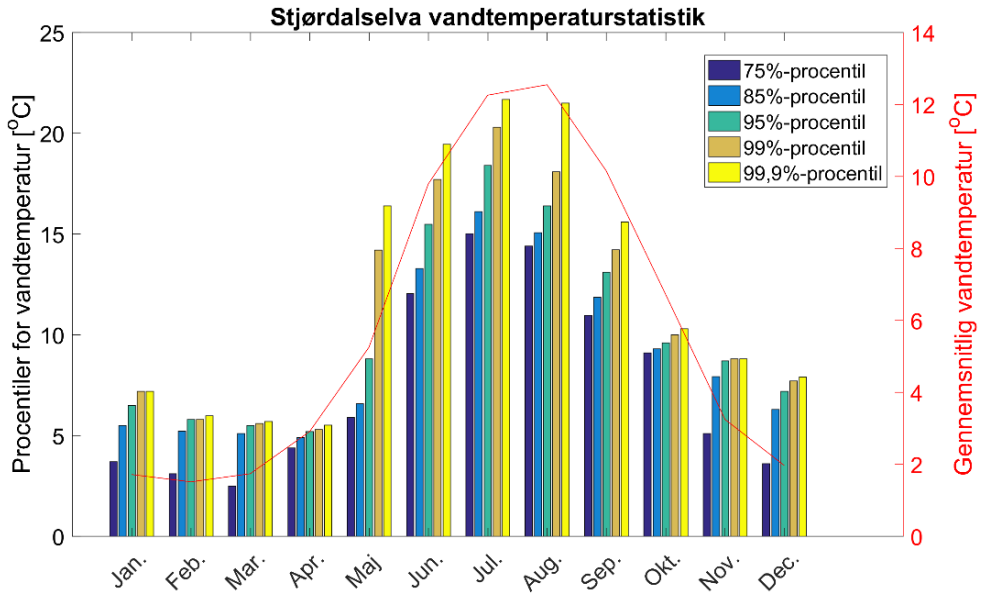
Vandtemperatur i Stjørdalselva

En tidsserie for vandtemperaturmålinger i Stjørdalselva i perioden 2014 - 2024 er vist i figur 3-8. Som det fremgår af figuren, haves der, som forventet, store årlige vandtemperaturvariationer, imellem ca. 0 – 22°C.



Figur 3-8: Vandtemperaturmålinger i Stjørdalselva for perioden 2014 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

Statistik for vandtemperatur i Stjørdalselva er vist i figur 3-9. Som forventet er der en klar sæsonvariation i vandtemperaturen, der i juli/august måned gennemsnitligt er ca. 12°C (op til ca. 22°C) og i januar/februar gennemsnitligt er ca. 2°C.



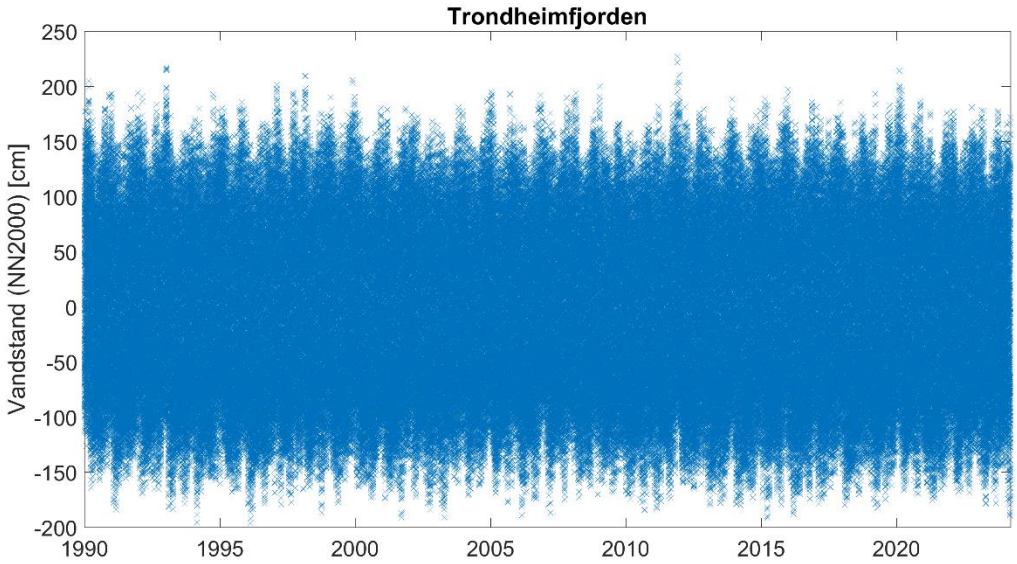
Figur 3-9: Månedlig vandtemperaturstatistik i Stjørdalselva baseret på data for perioden 2014 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandtemperatur.

3.1.2 Præsentation af data for Trondheimfjorden

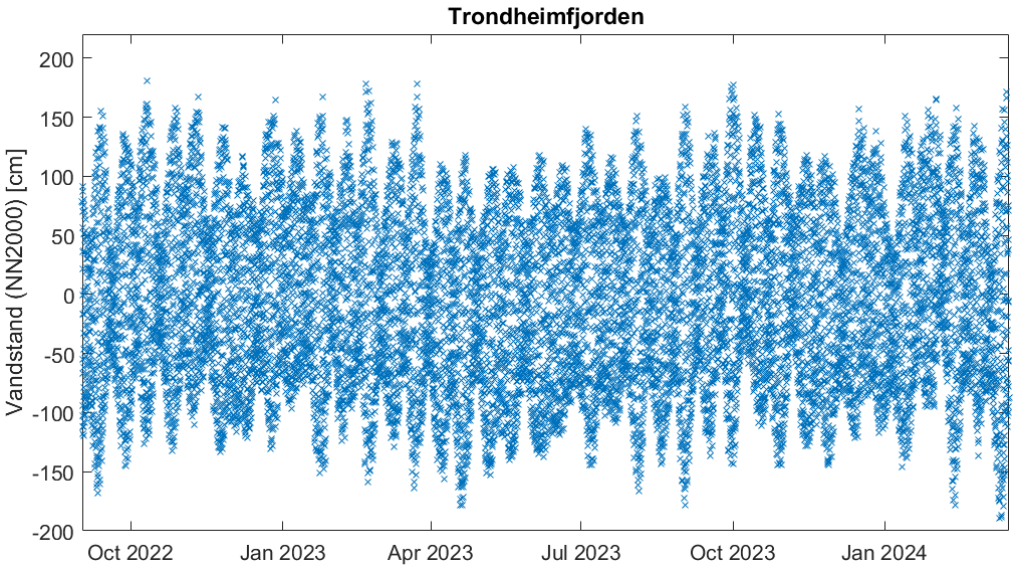
Data for Trondheimfjorden er bestående af en kombination af måledata fra målebøjer, lokale vandstandsmålinger samt offentligt tilgængeligt hindcastdata. Data for Trondheimfjorden præsenteres i det følgende.

Vandstand i Trondheimfjorden

Tidsserie for målt vandstand ved Trondheim, baseret på data fra (Kartverket, 2024), er vist i figur 3-10 og figur 3-11. Dataperioden dækker 1990-2024 og målingerne har en tids-diskretisering på én time. Målingerne viser, at vandstandsvariationerne primært skyldes tidevandsvariationer.

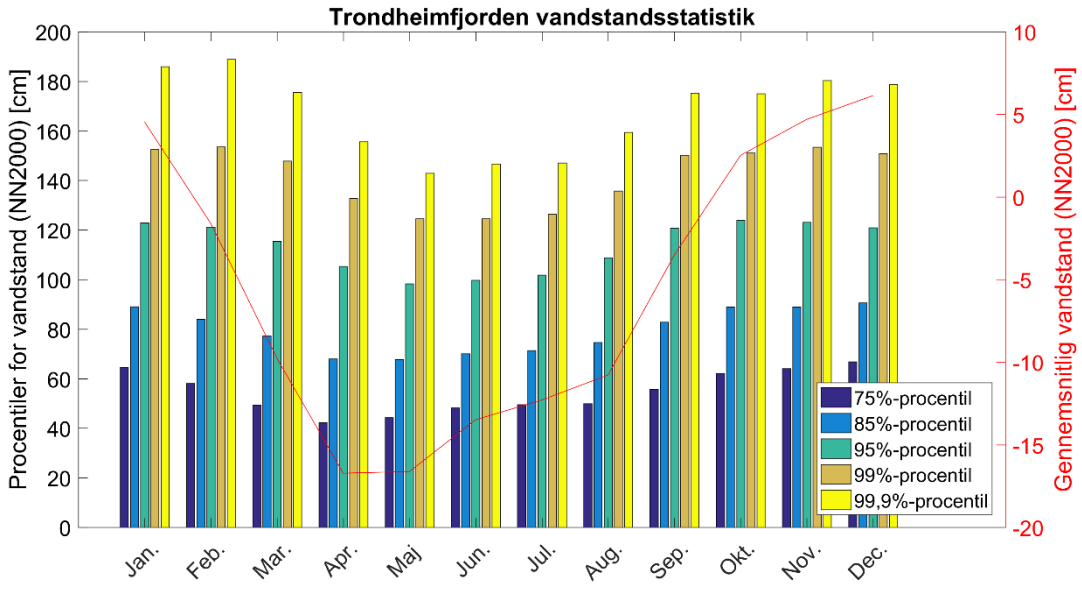


Figur 3-10: Observeret vandstand i Trondheim, perioden 1990-2024. Vandstandsniveauet er relativt til NN2000 og data stammer fra (Kartverket, 2024).



Figur 3-11: Observeret vandstand i Trondheim, perioden 2022-2024. Vandstandsniveauet er relativt til NN2000 og data stammer fra (Kartverket, 2024). Der ses en tydelig tidevandsvariation i de observerede måledata.

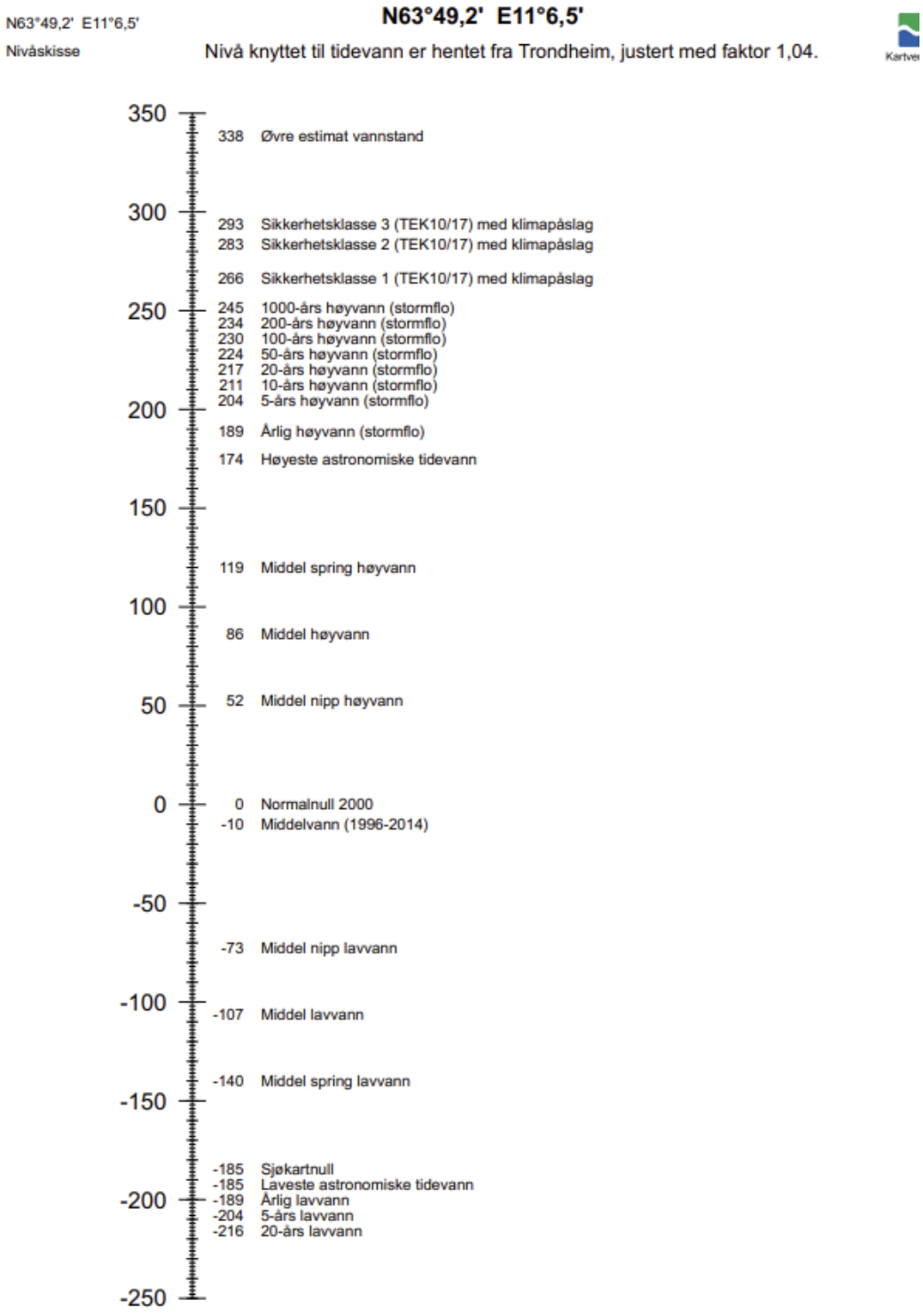
Sæsonvariation for vandstand ved Trondheim er vist i figur 3-12. Af figuren fremgår det, at der i vinterhalvåret forekommer lidt højere vandstandsekstremer sammenlignet med sommerhalvåret.



Figur 3-12: Sæson-vandstandsvariation i Trondheimfjorden baseret på vandstandsmålinger ved Trondheim i perioden 1990-2024. Vandstandsniveauet er relativt til NN2000 og data stammer fra (Kartverket, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandstand.

Den officielle statistik for vandstandsniveauer i Trondheimfjorden er vist i figur 3-13. Som det f.eks. fremgår af figuren, er den årlige højvandstand ca. 15 cm højere sammenlignet med højeste astronomiske vandstand, og den årlige laveste vandstand er ca. 4 cm lavere end laveste astronomiske vandstand. Dette understøtter, at vandstandsforhold er tidevandsdominerede.

Confidential



Figur 3-13: Vandstandsstatistik i Trondheimfjorden. (Kartverket, 2024)

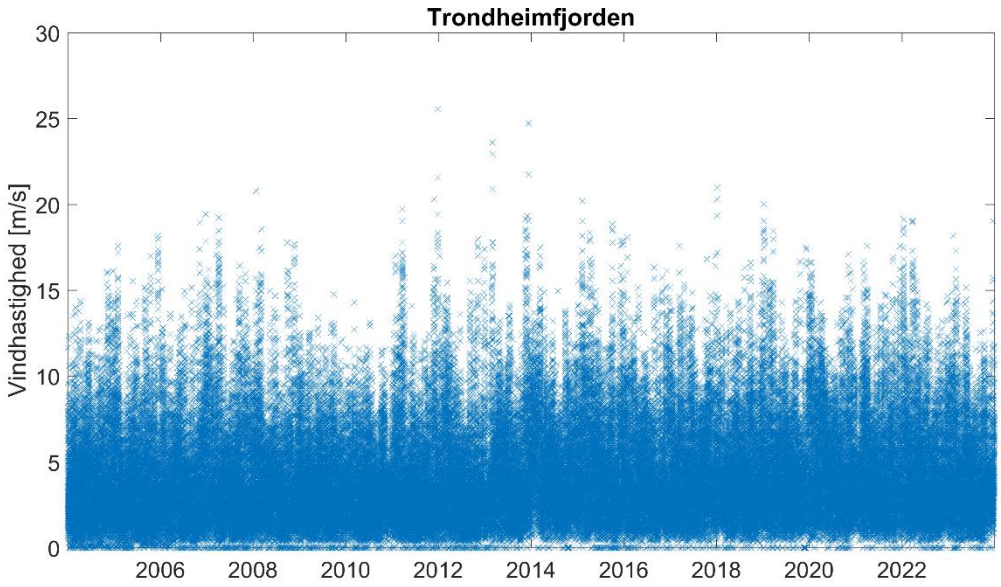
Vindforhold ved Trondheim

Der haves vindmålinger fra en målestation fra Trondheim Lufthavn, station *Værnes* 63.46/10.93 (LAT/LONG) (Norsk Klima Service Senter, 2024), se måleposition i figur 3-14. Målingerne er foretaget 12 meter over terræn NN2000 og med en diskretisering på én time. Data er til nærværende analyser indhentet i perioden 2004 til 2024.



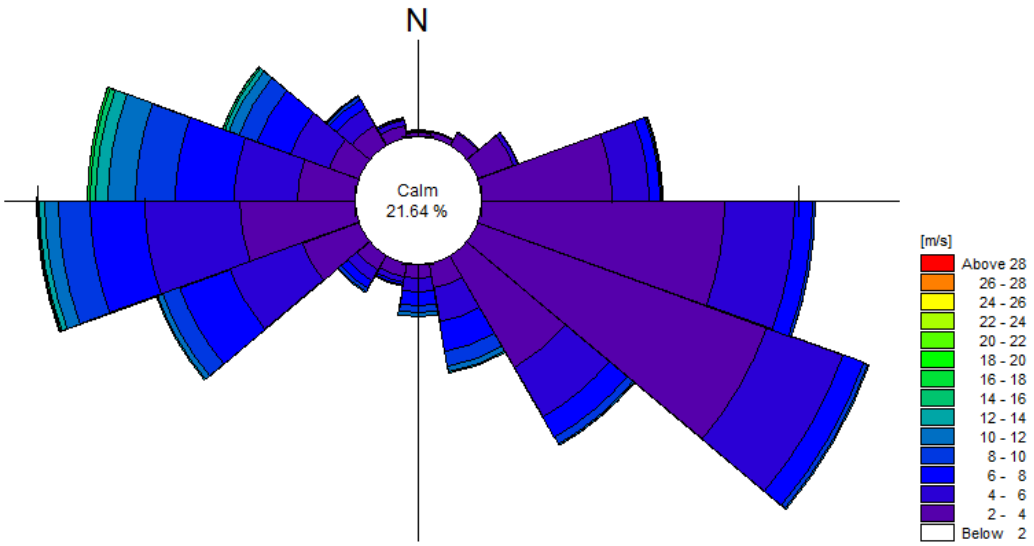
Figur 3-14: Placering af Værnes vejrstation i forhold til projektområdet. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

En tidsserie af vinddata ses i figur 3-15 og en vindrose i figur 3-16. Af figurerne fremgår det, at der i måleperioden er registreret vindhastigheder på over 25 m/s, hvoraf de højeste vindhastigheder er fra vestlige retninger. Hyppigst forekommende vindretninger er fra vest og østsydøst.

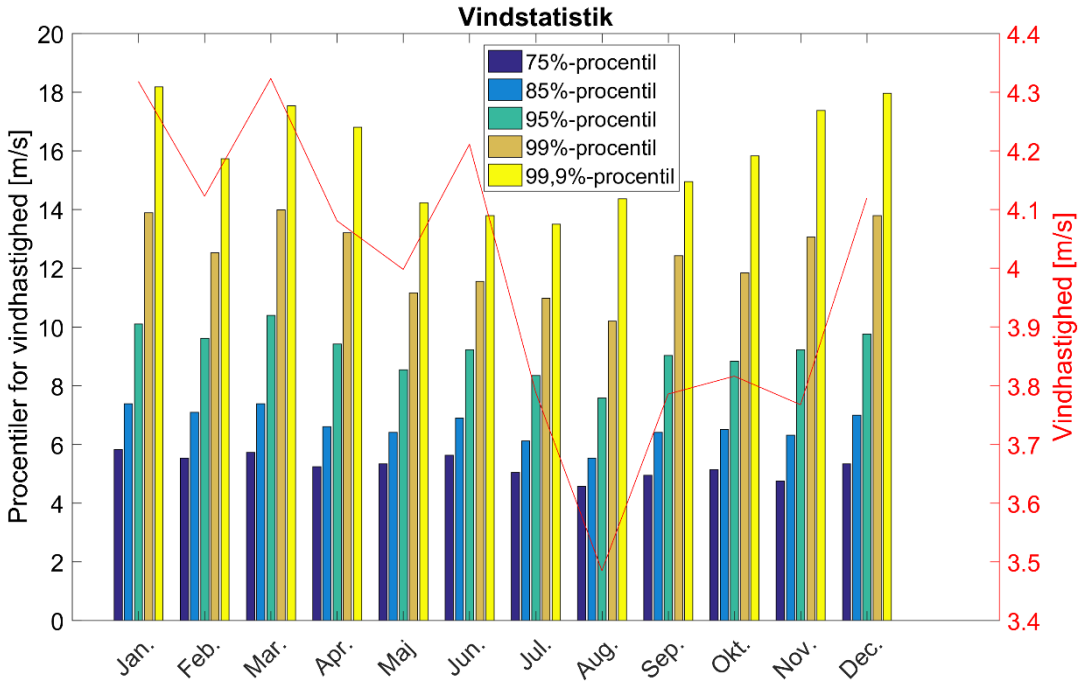


Figur 3-15. Målte vindhastigheder ved station Værnes i perioden 2004-2024. Data er fra (Norsk Klimaservicesenter, 2024).

Confidential



Figur 3-16: Vindrose baseret på 20 års vindmåledata fra station Værnes. Retninger er angivet som vind kommende fra. Data er fra (Norsk Klimaservicesenter, 2024).



Figur 3-17: Vindstatistik ved Trondheim baseret på vindmålinger fra station Værnes i perioden 2004-2024. Data er fra (Norsk Klimaservicesenter, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vindhastighed.

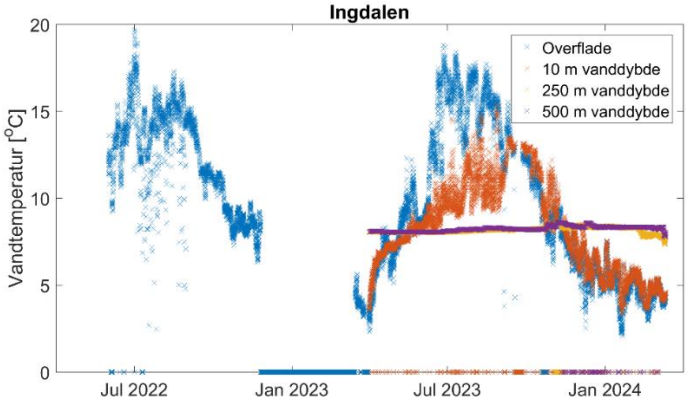
Vandtemperatur i Trondheimfjorden

Der er vandtemperaturmålinger tilgængelig fra to målestationer i Trondheimfjorden ved hhv. Ingdalen (547357.137 m; 7037379.737 m UTM32) samt Munkholmen (568409.904 m; 7037297.062 m UTM32), se placeringer i figur 3-18. Målestationerne er drevet af SINTEF og NTNU (Oceanlabobservatory, 2024). Data fra (Oceanlabobservatory, 2024) er til rådighed i perioden 2022 (juli) – 2024 og med 1-times interval.

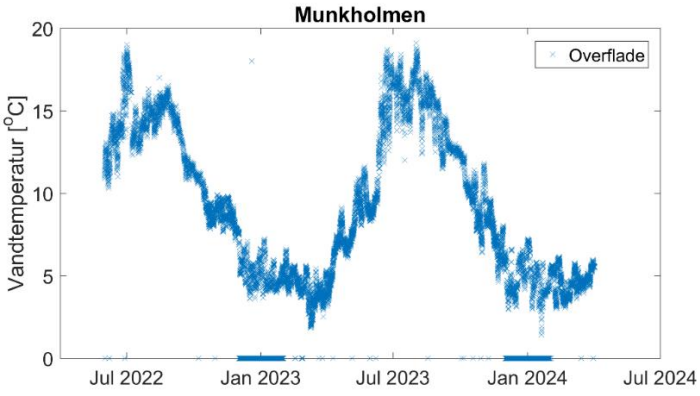


Figur 3-18: Placering af målestationer i Trondheimfjorden. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Målte tidsserier med vandtemperaturer er vist i figur 3-19 og figur 3-20. Ved Ingdalen er der vandtemperaturmålinger i både overfladen samt ned igennem vandsøjlen, hvorimod der ved Munkholmen udelukkende er vandtemperaturmålinger i den øvre vandsøjle. Som forventeligt forekommer der en stor sæsonvariation i vandtemperatur i den øvre del af vandsøjlen med omkring 15 – 20 °C i juli/august og ca. 0 - 5°C i december/januar. I den nedre vandsøjle (ved Ingdalen) er vandtemperaturen dog stort set konstant omkring ca. 7 - 8°C



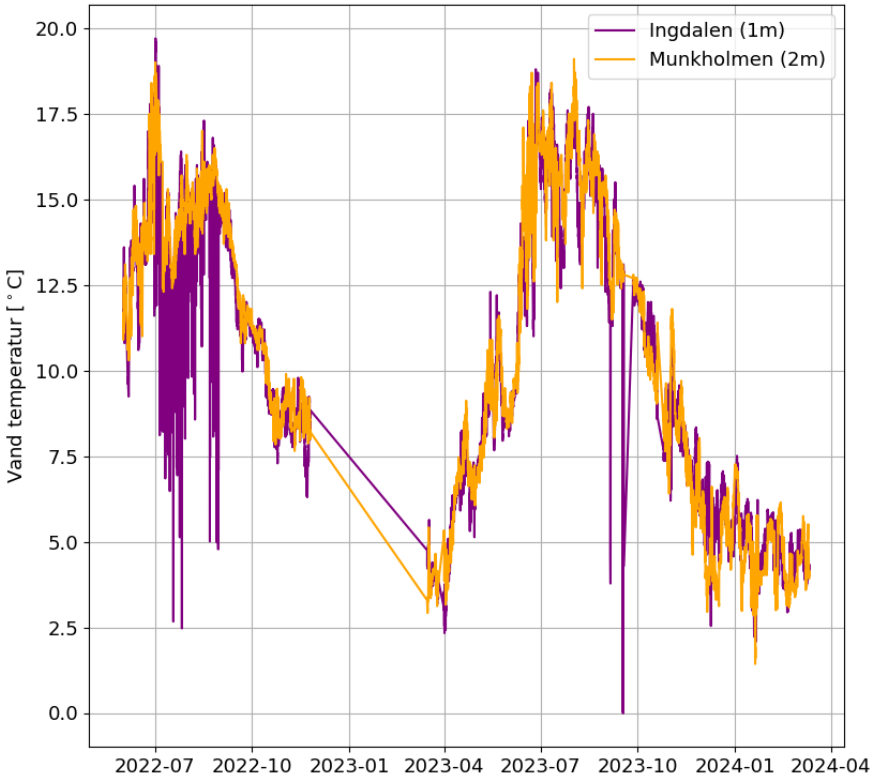
Figur 3-19. Tidsserie med målt vandtemperatur ved Ingdalen i hhv. vandoverfladen samt i 10 (orange kryds), 250 (gul kryds), og 500 (lilla kryds) m vanddybde. Data er stillet til rådighed fra (Oceanlabobservatory, 2024).



Figur 3-20. Tidsserie med målt vandtemperatur i overfladen ved Munkholmen. Data er stillet til rådighed fra (Oceanlabobservatory, 2024).

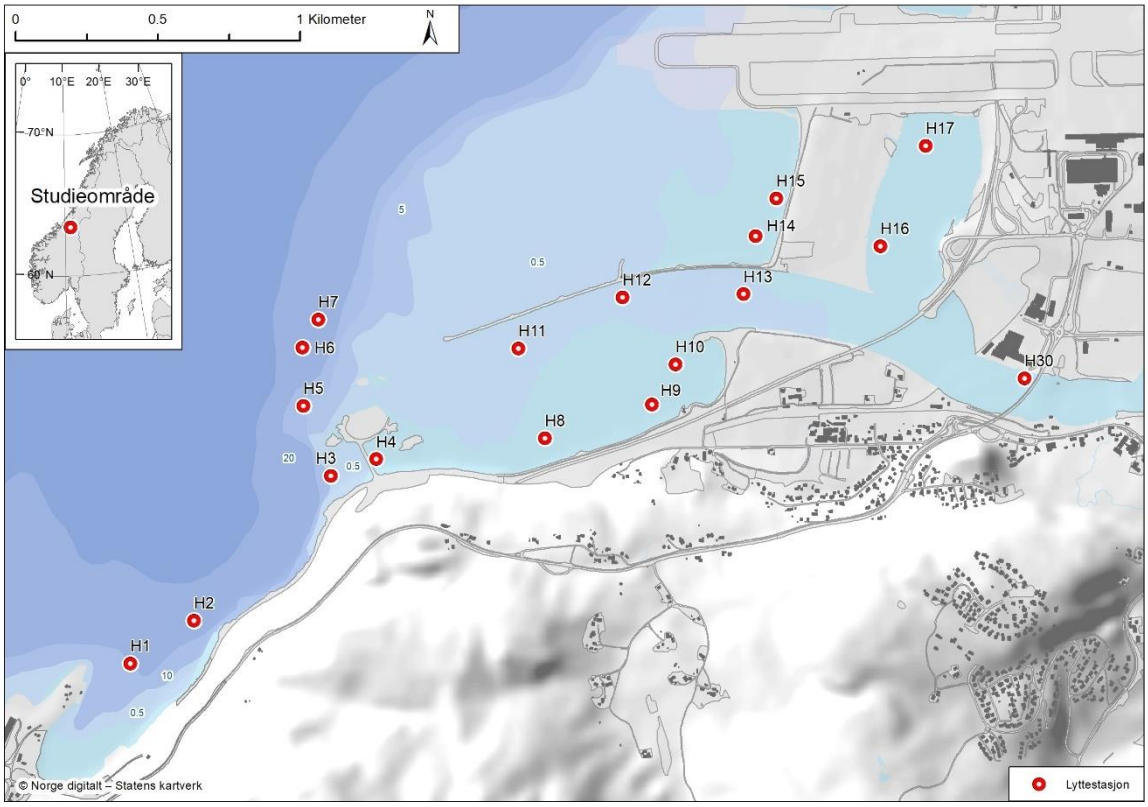
Confidential

En sammenligning af målte vandtemperaturer ved Ingdalen og Munkholmen i den øvre del af vandsøjlen er vist i figur 3-21. Som det fremgår af figuren, er der stor overensstemmelse imellem målte overfladevandtemperaturer på de to positioner.



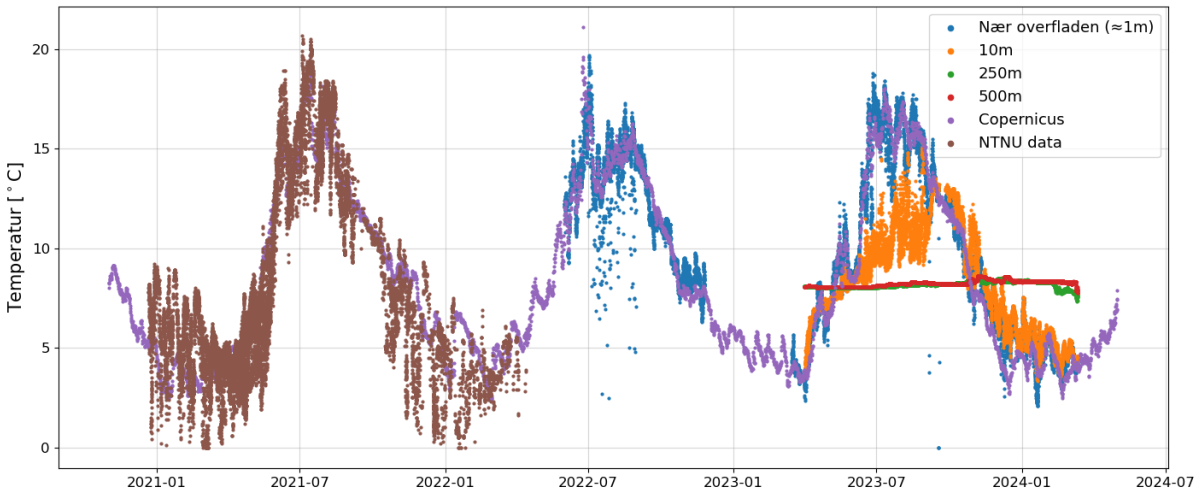
Figur 3-21. Tidsserie med målt vandtemperatur ved Munkholmen og Ingdalen i vandoverfladen. Tidsserien har huller, hvilket ses ved den lige linje mellem data fra 11.2022 – 03.2023. Den lige linje er ikke repræsentativ for måledata i den pågældende periode. Data er stillet til rådighed fra (Oceanlabobservatory, 2024).

Udover vandtemperaturmålinger fra (Oceanlabobservatory, 2024) er der målinger af vandtemperaturen tilgængelig fra NTNU i området omkring udløbet fra Stjørdalselva. Målingerne er gennemført ved indsætning af måleudstyr på fisk, som så afgiver data ved angivne såkaldte lyttestationer, se placeringer af lyttestationer i figur 3-22. Metoden medfører, at data kommer når fiskene svømmer forbi lyttestationerne og dermed ikke i et fast tidsinterval.



Figur 3-22. Placering af fiske-lyttestationer ifm. måling af vandtemperaturer. Figur er udleveret af NTNU.

Figur 3-23 viser sammenligning af vandtemperaturdata fra Ingdalen (målinger) med målinger ved fiskelyttestationer (NTNU-data). I figuren indgår desuden såkaldte hindcast data for overflade-vandtemperatur fra Copernicus "model GLOBAL_ANALYSISFORECAST_PHY_001_024" (Copernicus, 2024), baseret på en global hindcast model med en diskterisering på 0,083° × 0,083°.

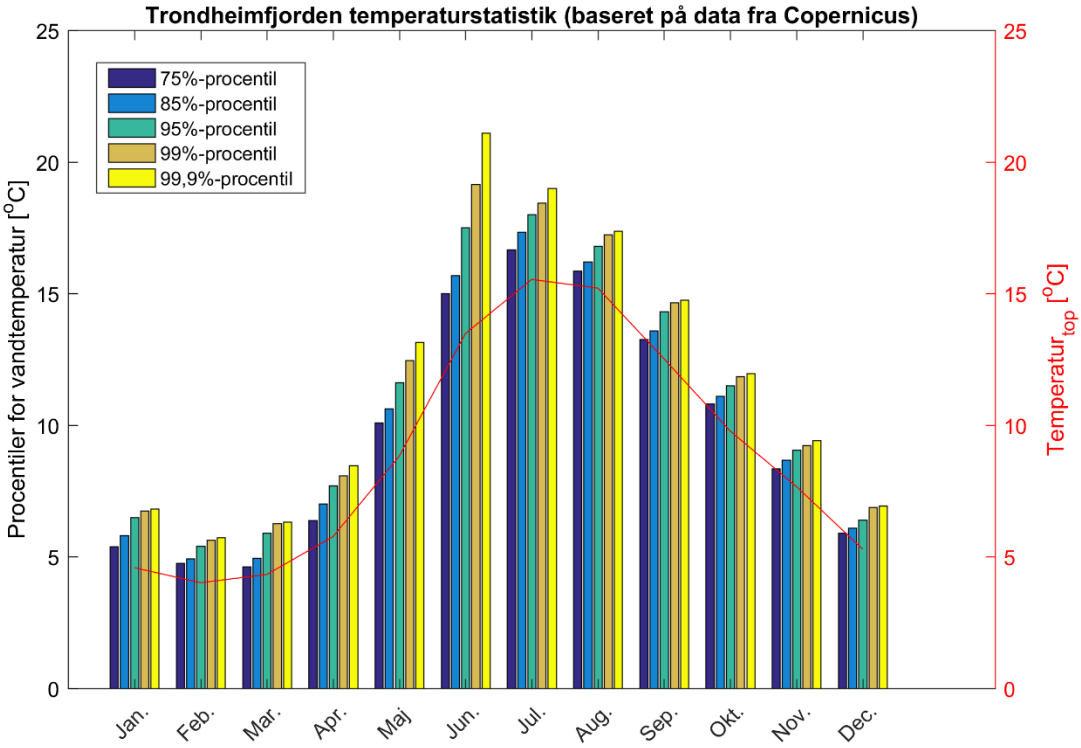


Figur 3-23. Sammenligning af vandtemperaturmålinger fra Ingdalen med hindcastdata fra (Copernicus, 2024) samt målinger ved lyttestationer for fisk (NTNU-data).

Som det fremgår af figur 3-23 er der en relativ god overensstemmelse imellem de forskellige vandtemperatur-datasæt, og det kan desuden konstateres, at overflade-vandtemperatur fra Ingdalen (Munkholmen) og Copernicus stemmer relativt godt overens med måledata fra fiske-lyttestationer ved udløbet fra Stjørdalselva. På den baggrund konstateres, at den lokale

vandtemperatur i det lavvandede område ved udløbet fra Stjørdalselva stemmer godt overens med overfladetemperaturen i Trondheimfjorden.

Vandtemperaturstatistik baseret på data fra Copernicus er vist i figur 3-24. Som det fremgår af figuren, har der i data-perioden været en gennemsnitlig sommervandtemperatur på ca. 15°C (juni – august), hvorimod der i vinterperioden (december – april) er en gennemsnitstemperatur på ca. 5°C. Fordelen ved anvendelse af Copernicus-data er, at disse er tilgængelige i en længere periode (2020 – 2024) sammenlignet med målinger fra Ingdalen og Munkholmen, og er desuden fri for huller i datasættet samt målefejl (outliers). Den længere dataperiode er bl.a. en fordel ved sammenligning med målte vandtemperatur fra Stjørdalselva (temperaturdifferens) i afsnit 3.1.3.



Figur 3-24. Overflade-vandtemperaturstatistik baseret på data fra Copernicus (Copernicus, 2024) i perioden 2020 – 2024. Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandtemperatur for den øvre vandsøjle.

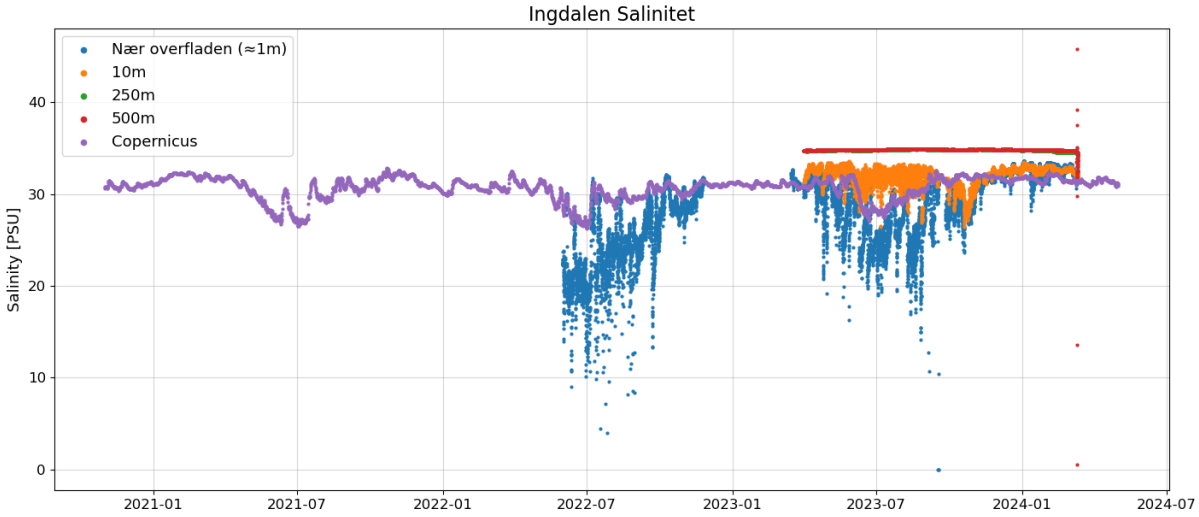
Salinitet i Trondheimfjorden

Figur 3-25 viser en tidsserie af salinitetsmålinger ved Ingdalen (Oceanlabobservatory, 2024) både i vandoverfladen samt ned igennem vandsøjlen. Desuden er der i figuren inkluderet hindcastdata fra Copernicus (Copernicus, 2024). Der er ikke salinitetsmålinger fra Munkholmen.

Som det fremgår af figur 3-25, viser salinitetsmålinger ved Ingdalen periodisk lav salinitet i overfladen, hvorimod saliniteten er mere konstant fra ca. 10 m vanddybde. Den store variation i salinitet i overfladen skyldes formodentlig lokale forhold som f.eks. ferskvandstilførsel i nærheden af måleudstyret. Tendensen er desuden, at saliniteten øges med vanddybden, hvilket er forventeligt pga. densitetsforskelle. På øget vanddybde kan det konstateres, at saliniteten bliver mere konstant. Ved omkring 10 m vanddybde kan det konstateres, at der haves relativt god overensstemmelse imellem salinitetsmålinger og hindcastdata fra Copernicus.

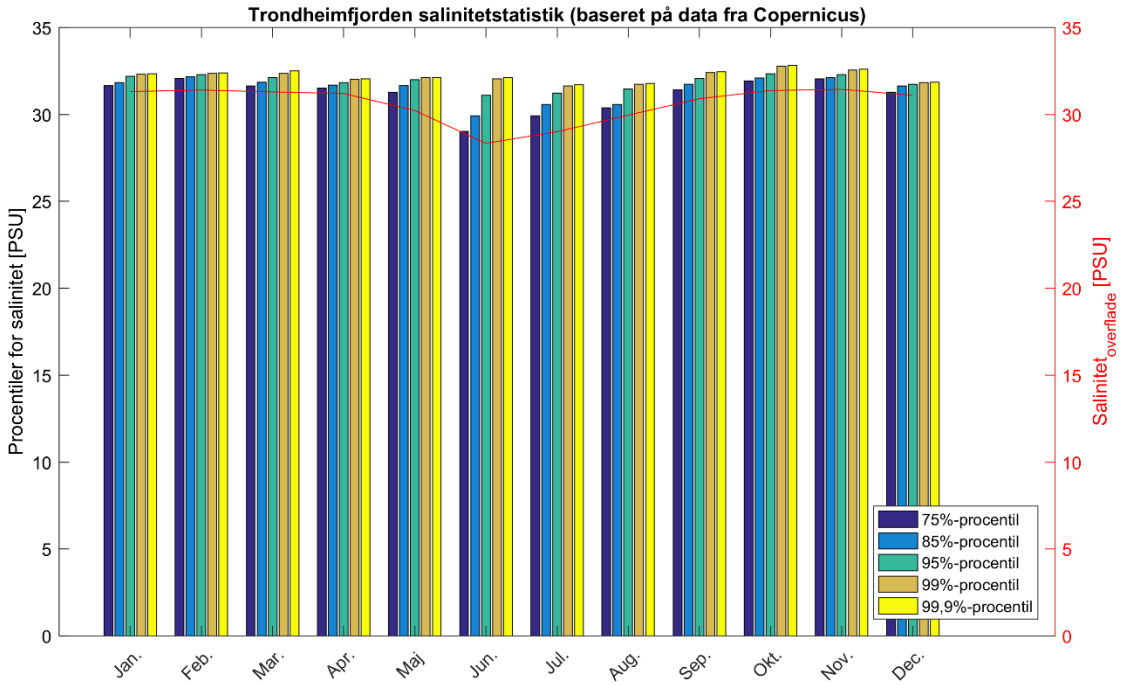
Det vides ikke med sikkerhed om der forekommer en områdespecifik variation i salinitet i Trondheimfjorden, da der ikke haves et tilstrækkeligt datagrundlag til at vurdere dette, men det

må forventes at der i områder med ferskvandstilførsel vil forekomme lavere salinitet, primært i overfladevandet.



Figur 3-25. Salinitetsmålinger fra Ingdalen (Oceanlabobservatory, 2024) og Copernicus (Copernicus, 2024).

Sæsonvariation af salinitet for Trondheimfjorden baseret på Copernicus-data (som vurderes at være beskrivende for de generelle forhold i Trondheimfjorden) er vist i figur 3-26. Som det fremgår af figuren, er den årlige variation i salinitetsniveau relativt beskeden. Tendensen er dog at der i perioden maj – august forekommer en lidt lavere salinitet sammenlignet med resten af året, hvilket kan hænge sammen med en potentielt øget ferskvandstilførsel (som bl.a. er tilfældet for Stjørdalselva jf. afsnit 3.1.1).

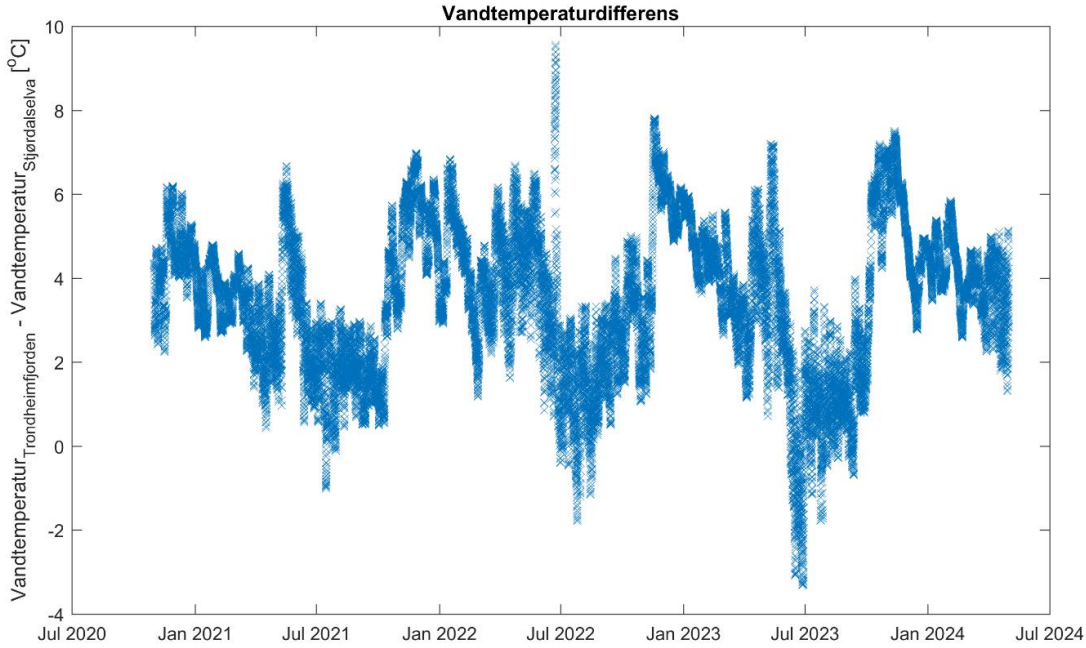


Figur 3-26. Salinitetsstatistik for Trondheimfjorden baseret på data fra (Copernicus, 2024) for perioden 2020 - 2024. Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig salinitet i den øvre vandsøjle.

3.1.3 Vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva

Baseret på det tilgængelige datagrundlag er forskellen i vandtemperatur imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva vist i figur 3-27. Som det fremgår af figuren, forekommer der i

sommermånederne perioder, hvor vandet i Stjørdalselva er varmere end vandet i Trondheimfjorden. Den generelle tendens (i den resterende del af året) er dog, at vandtemperaturen er højere i Trondheimfjorden. Da dataperioden for sammenligningen er relativt kort, kan det ikke udelukkes, at der i perioder kan forekomme højere temperaturdifferenser.



Figur 3-27. Vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva. Positivt fortegn viser højere vandtemperatur i Trondheimfjorden sammenlignet med i Stjørdalselva og vice versa.

3.2 Opsummering af sæsontendenser

Tendenser for sæsonvariationer er opsummeret i tabel 3-1. Sæsonvariationerne er baseret på data præsenteret i afsnit 3.1.1 - 3.1.2. Således er der, som følge af det forholdsvise begrænsede data for bl.a. vandtemperatur i Trondheimfjorden, en vis usikkerhed tilknyttet de opsummerede tendenser i tabel 3-1.

Periode:	Trondheimfjorden:			Stjørdalselva:	
	Vandstand [m]	Temperatur [˚C]	Salinitet [PSU]	Vandføring [m³/s]	Temperatur [˚C]
Marts - maj	Tidevandsdomineret	~ 6	~ 32	~ 110	~ 4
Juni - august	Tidevandsdomineret	~ 16	~ 30	~ 70	~ 12,5
September - november	Tidevandsdomineret	~ 10	~ 32	~ 75	~ 5
December - februar	Tidevandsdomineret	~ 4	~ 32	~ 90	~ 2

Tabel 3-1: Opsummering af tendenser for sæsonvariation i temperatur, salinitet, vandføring i hhv. Trondheimfjorden og i Stjørdalselva.

Sæsontendenser i tabel 3-1 vil indgå i vurderingen af repræsentative modelscenarier ifm. modelleringen af hydrodynamiske forhold ved Hellstranda og herunder påvirkningen fra etablering af E6.

4. Modelopsætning

Modellen anvendt til simulering af de lokale hydrauliske forhold ved Hellstranda er en tre-dimensionel model, opstillet i programmet MIKE3-FM, der er udviklet af Dansk Hydraulisk Institut (DHI).

MIKE3-FM er et tredimensionelt (3D) modulbaseret modelleringsværktøj udviklet til at simulere fx hydrodynamiske forhold, bølgeudvikling, sedimenttransport og -spredning, spredning af partikler eller opløst stof, afhængig af hvilke moduler, der anvendes og/eller kobles. I dette projekt anvendes det hydrodynamiske modul MIKE3 HD FM til simulering af strømforhold, vandstandsvariationer samt ændring af salinitet/temperatur/densitet samt sandtransportmodulet til simulering af sedimenttransport.

Det hydrodynamiske modul, MIKE3 HD FM, er udviklet til anvendelse ved offshore og kystnære områder, hvor der hersker en fri overfladestrømning. Strømmen i modellen genereres af de påførte forceringsdata, herunder randbetingelser. I beregningerne tages der højde for effekten fra:

- Vindpåvirkning
- Vandstandsvariation
- Dybdeforhold
- Bundruhed
- Udtørring og/eller oversvømmelse af områder
- Densiteten af vandet, der simuleres som en funktion af salinitet og vandtemperatur

Sand transportmodulet er udviklet til at bestemme sediment transportkapaciteten drevet af enten bølger, strøm eller kombinationen heraf og er koblet med det hydrodynamiske modul ift. beregning af sedimenttransportkapaciteten under de modellerede hydrodynamiske forhold.

Da der ikke foreligger et detaljeret datagrundlag til kalibrering og validering af modellen lokalt ved Hellstranda, er der valgt en tilgang baseret på relative sammenligninger af de lokale hydrauliske forhold og sedimenttransport for forskellige repræsentative scenarier og forudsætninger. Disse scenarier dækker både den nuværende situation og en fremtidig situation, hvor udbygningen af E6 er inkluderet. Forventningen er, at eventuelle modelusikkerheder derved delvist vil udligne hinanden. Denne tilgang suppleres med robusthedsanalyser samt vurderinger under varierende hydrauliske scenarier – herunder både normale og ekstreme forhold – for at belyse mulige variationer i de relative påvirkninger fra udbygningen og for at vurdere robustheden af modellens konklusioner.

Medmindre andet er angivet, anvendes som udgangspunkt den anførte modelopsætning i tabel 4-1 og tabel 4-3. Inputparametre i modelopsætningen ændres efter behov ifm. robusthedsvurderinger (se nærmere i Bilag 2 og 3).

Tabel 4-1: Overblik over anvendte parametre i modelopsætningen for det hydrodynamiske modul i modellen.

Parameter (hydrodynamic module)	Value
Basic equation	Shallow water equations
Solution technique	Higher order, critical CFL number = 0,8
Density	Function of temperature and salinity
Eddy viscosity	Horinzontal; Smagorinsky constant = 0,28 Vertically; two-equation turbulence model
Bed Resistance	Roughness height – constant = 0,2 m

	Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 3
Coriolis forcing	None
Wind forcing	No Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 2
Sources	None
Structures	None
Boundary conditions	Specified water level (Trondheimfjorden), specified discharge (Stjørdalselva).

Tabel 4-2: Overblik over anvendte parametre i modelopsætningen for temperatur/salinitet modulet i modellen.

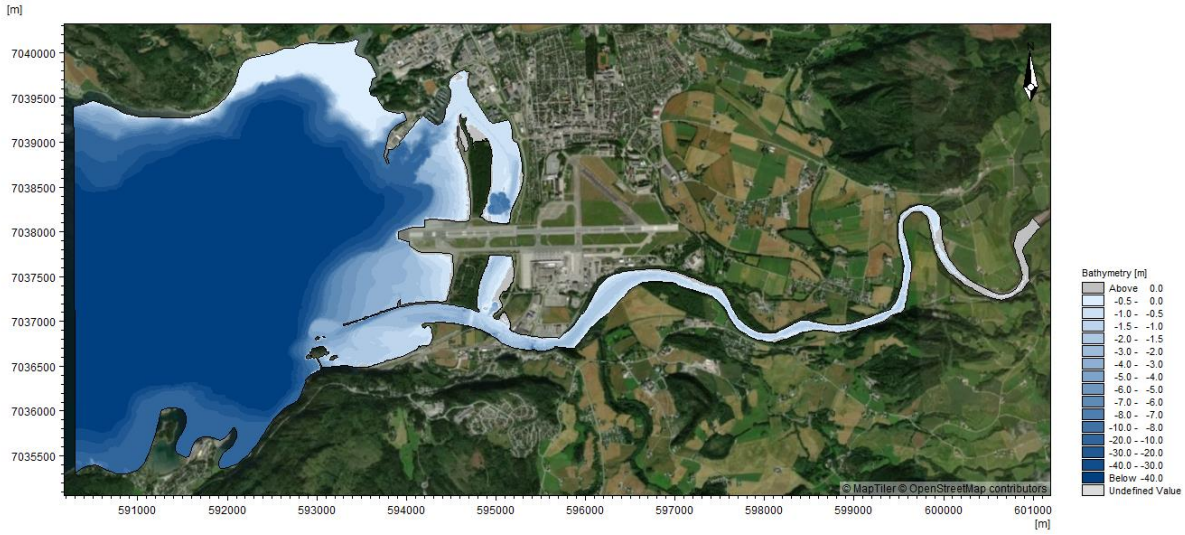
Parameter (Temperature/Salinity module)	Value
Solution technique	Higher order
Density	Function of salinity
Dispersion	Constant value = 0 (vertical) Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 2
Heat exchange	Not included
Coriolis forcing	None
Sources	None
Structures	None
Turbulence Module	k-epsilon, high-order, dispersion=1
Boundary conditions	Specified water temperature and salinity (Trondheimfjorden and Stjørdalselva). Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 1

Tabel 4-3: Overblik over anvendte parametre i modelopsætningen for sandtransportmodulet i modellen.

Parameter (Sand transport module)	Value
Model definition	Pure current
Solution technique	Higher order
Sediment properties	Varying in domain. Se dog følsomhedssimuleringer i Bilag 5
Bed resistance	Konstant = Manning = 32 $m^{1/3}/s$
Initial conditions	Layer thickness Medfører at der alene inkluderes erosion i Hellstranda området.
Boundary conditions	Ingen ved vurdering af erosion / sedimentation grundet omfordeling i Hellstranda området Specificeret koncentration ved vurdering af aflejringsområder af sedimenter tilført fra Stjørdalselva.
Morphology	Include feedback on hydrodynamic

4.1 Modeldomæne, vanddybder og diskretisering

Det anvendte modeldomæne i MIKE3 FM-modellen er illustreret i figur 4-1. Som det fremgår af figuren, strækker modellen sig fra den inderste del af Trondheimfjorden i vest, til ca. 8,5 km opstrøms Stjørdalselva mod øst.

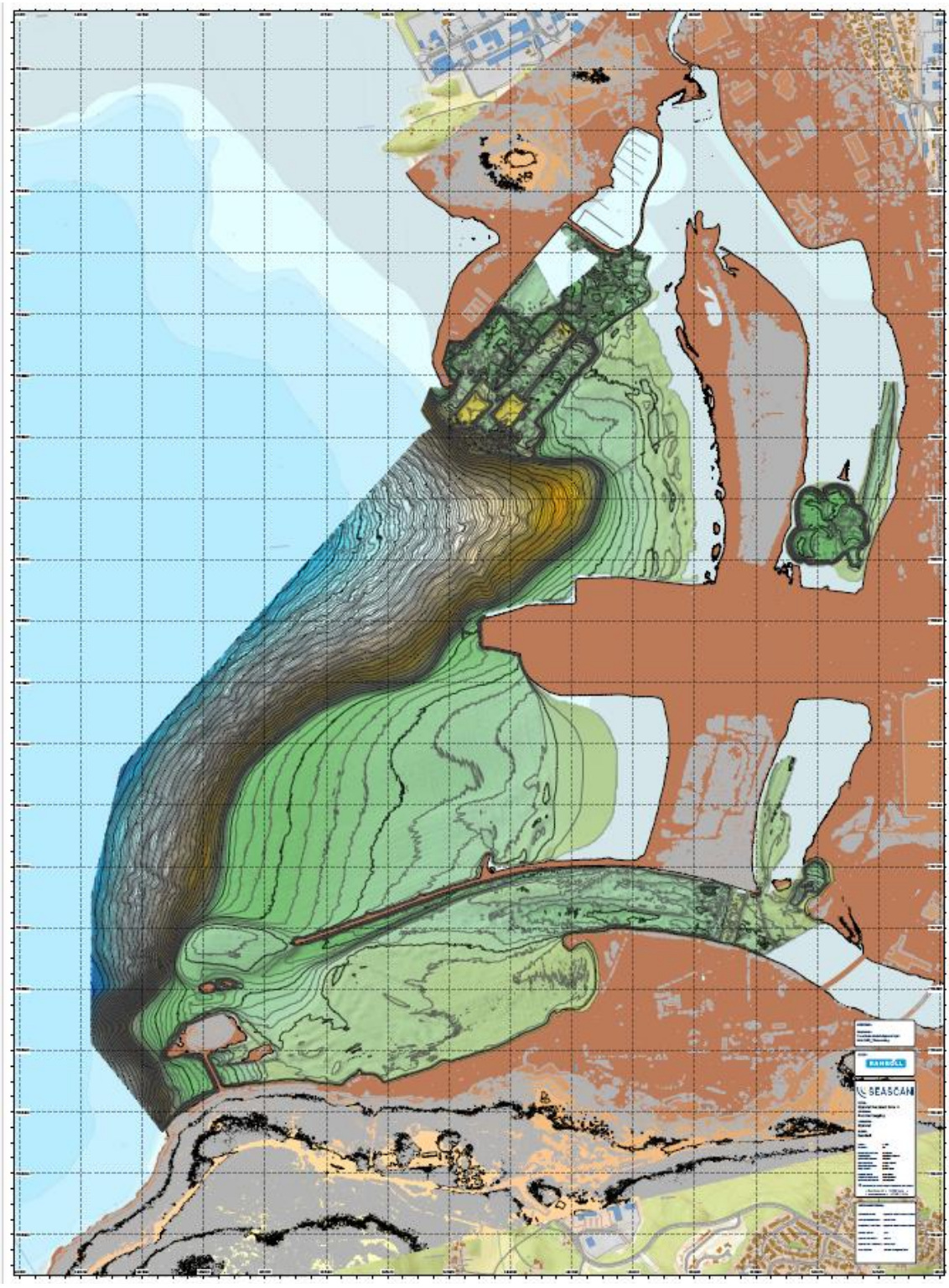


Figur 4-1: Anvendt modeldomæne i MIKE3 HD FM-modellen. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

I prioriteret rækkefølge er vanddybder baseret på data fra multibeam opmåling i 2024, trianguleret dybdedata fra MBES og flybåren LiDAR (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019), elektroniske søkort fra MIKE C-MAP (DHI, 2011) og tilgængelige søkort i (Norgeskart, 2024). I områder, hvor der ikke foreligger data fra nogle af de nævnte kilder, er dybdeforholdene estimeret.

4.1.1 Opmåling 2024

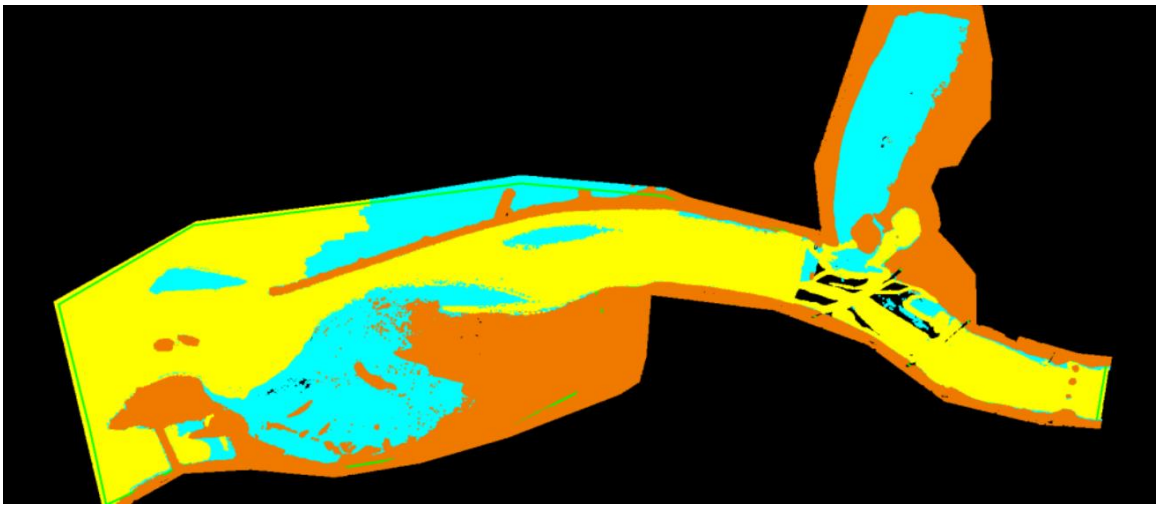
Der er gennemført en opmåling af havbunden ved Hellstranda i efteråret 2024, se udstrækning af opmålt område samt 0,25 m konturlinjer på figur 4-2. Dybdemålingerne er gennemført som en multibeam-opmåling og er leveret med en punkttæthed på 50 x 50 cm i vertikalreference NN2000.



Figur 4-2: Konturlinjer baseret på multibeam opmåling i 2024. Vertikalreference NN2000. (SeaScan, 2024).

4.1.2 Flybåren LiDAR og MBES

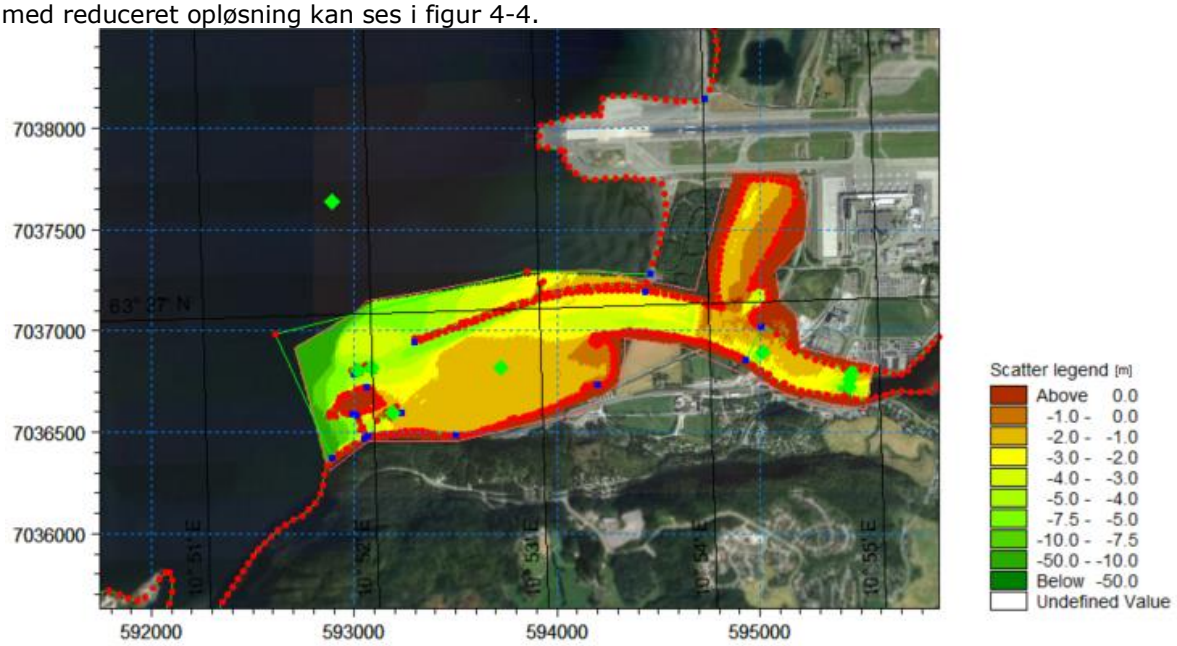
Den flybårne LiDAR (*grøn laserscanning "Light Detection and ranging"*) er foretaget i slutningen af august 2019, hvorefter der er udført MBES (*multistråle ekkolodspejling*) i slutningen af september, som et supplement de områder, hvor vanddybden var for stor til at flybåren LiDAR kunne anvendes med tilstrækkelig præcision. Dataskyen ses i figur 4-3.



Figur 4-3: Datasky konstrueret ved flybåren LiDAR og MBES. Topografi (opmåling af land) målt med flybåren LiDAR er markeret med brunt, områder med vanddybder målt med flybåren LiDAR ses med turkis og områder med vanddybder målt med MBES ses med gult (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019).

Målenøjagtighed for den flybårne LiDAR er ± 5 cm for topgrafi og ± 10 cm for vanddybder, mens målenøjagtigheden for MBES er ± 10-15 cm. De sorte huller i figur 4-3 afbilleder områder, hvor sigtbarheden var for lav til at anvende luftbåren LiDAR og der samtidigt var for lav vanddybde til at udføre MBES. I den anvendte bathymetri i modellen, er der blevet interpoleret for at udfylde disse huller, og her er unøjagtigheden estimeret til mindre end 30 cm.

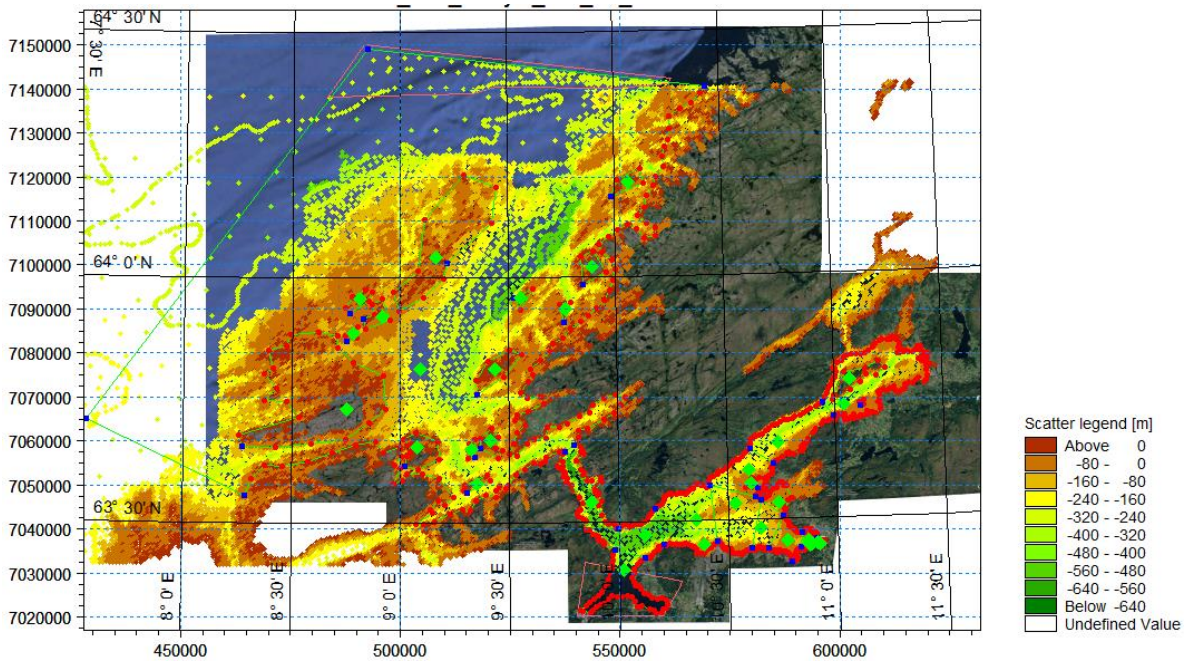
Dataskyen har oprindelig en punkttæthed på 50 cm x 50 cm og er blevet konverteret til NN2000 (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019). Efterfølgende er datamængden reduceret til en opløsning på 1,0 m x 1,0 m inden implementering i dybdemodellen. Dybdedata fra dataskyen med reduceret opløsning kan ses i figur 4-4.



Figur 4-4: Dybdedata fra MBES og flybåren LiDAR, vertikalreference NN2000 (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019). Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

4.1.3 Elektroniske søkort

Vanddybderne hentet fra de elektroniske søkort har middelvandstanden som vertikal reference og her er vandstanden angivet i hele meter (DHI, 2011). Data ses i figur 4-5.



Figur 4-5: Elektroniske søkort data, vertikalreference er middelvandstand (DHI, 2011). Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

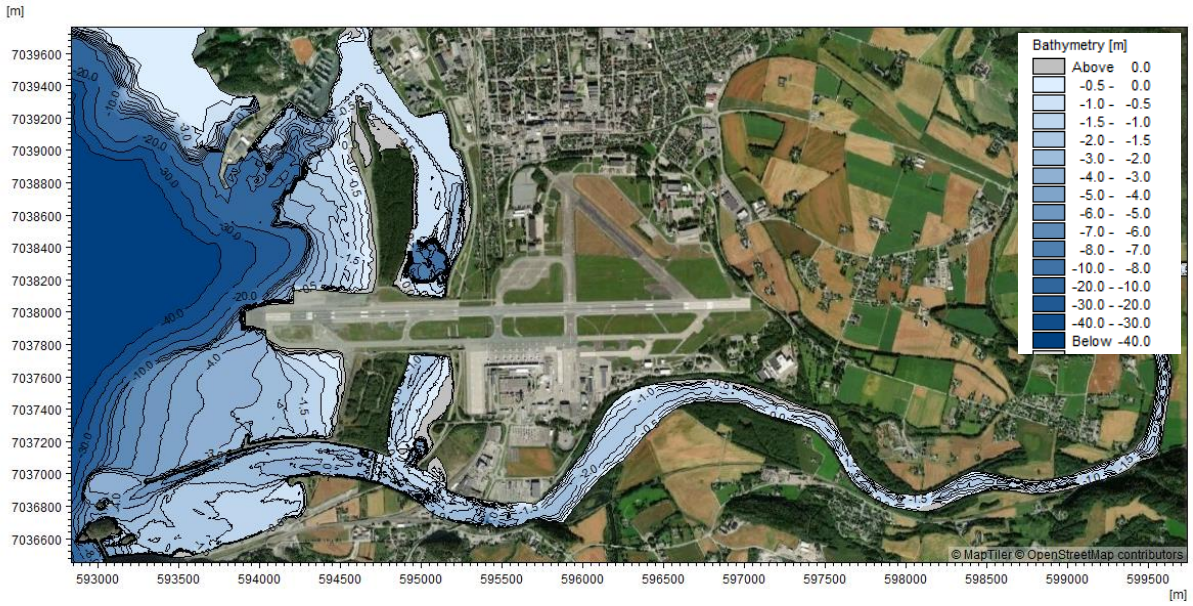
Dybdedata fra det elektroniske søkort ligger dermed 5 cm under dybdedataet fra dataskyen (Kartverket, 2021). Differensen vil sandsynligvis allerede være udvandet pga. den vertikale diskretisering af det elektroniske søkort og vil ikke blive brugt ved projektlokalitet, men vil blive anvendt til at estimere dybder i resten af modeldomænet, hvor forskellen på 5 cm vil være mindre signifikant.

4.1.4 Interpolerede vanddybder i model

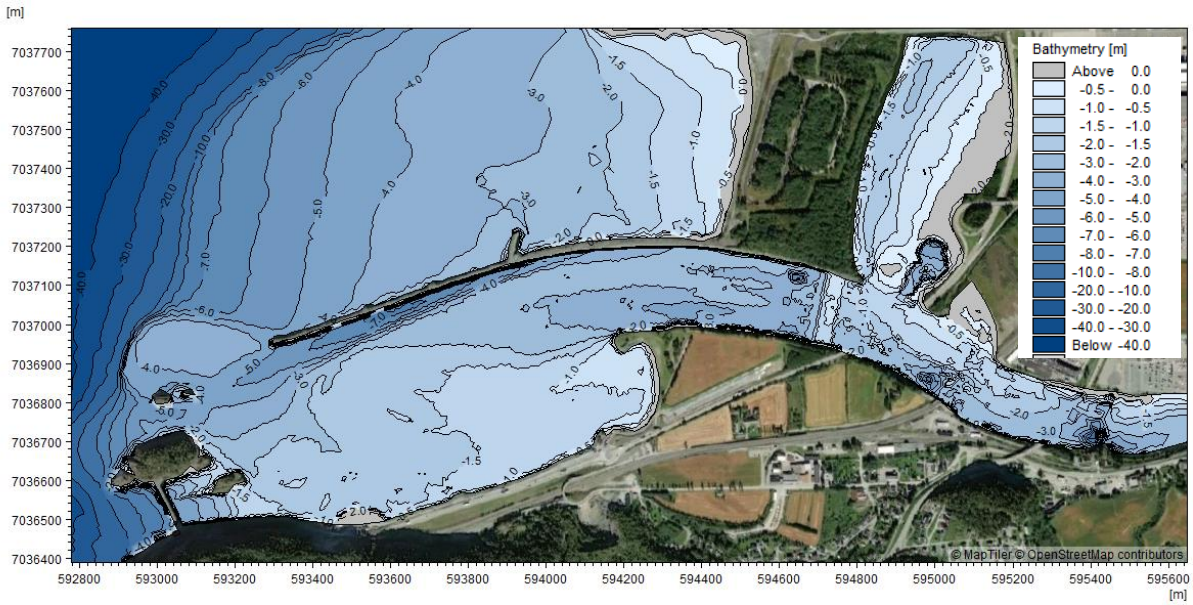
Den etablerede dybdemodel er baseret på interpolerede værdier med udgangspunkt i data beskrevet i afsnit 4.1.1 - 4.1.3, og suppleret med data fra (Norgeskart, 2024) og estimater i de områder, hvor der ikke er tilgængelige data. Lokale dybdeforhold i modellen er vist i figur 4-6 samt figur 4-7.

Vanddybder i dele af området nord for Trondheim Lufthavn, både øst og vest for Langøra nord er estimerede, da der ikke er dybdedata og/eller detaljerede søkort, der dækker disse områder. Dybdedata i disse områder er således behæftet med en væsentlig usikkerhed.

Confidential



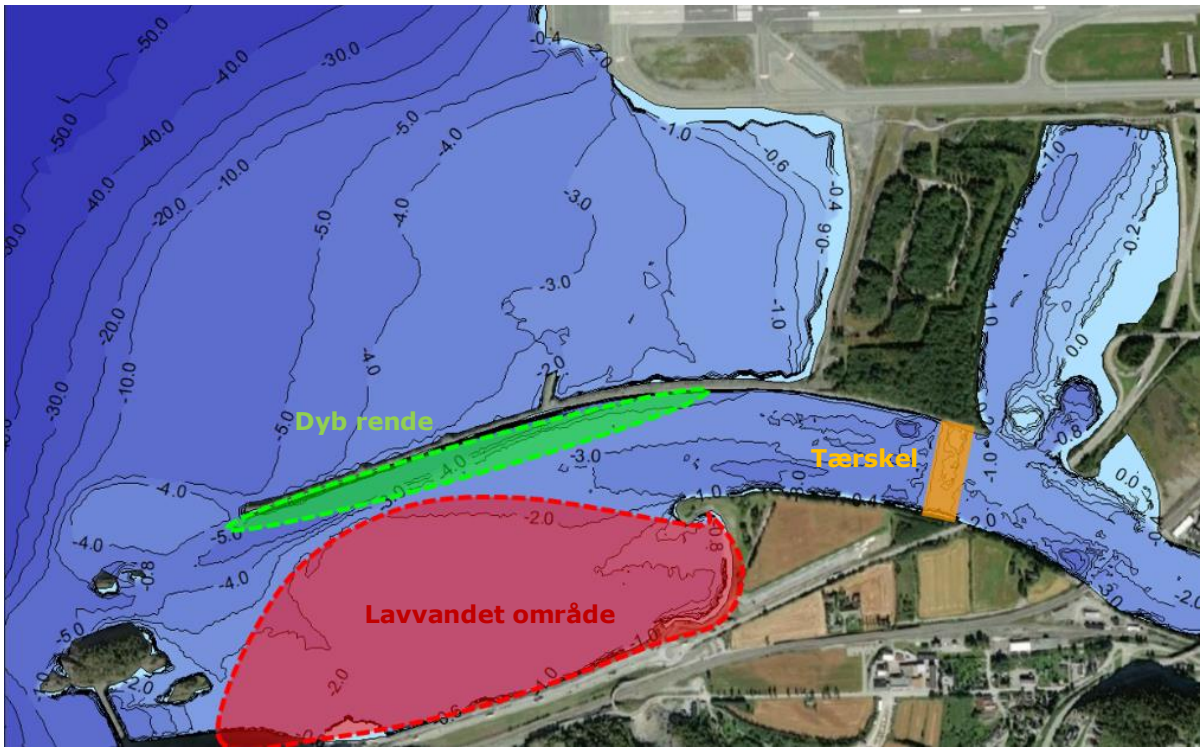
Figur 4-6: Forudsatte vanddybder i modellen. Vertikalreference NN2000. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).



Figur 4-7: Forudsatte vanddybder i modellen lokalt ved Hellstranda. Vertikalreference NN2000. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

Som det bl.a. fremgår af figur 4-8 er der i området ved Hellstranda en relativt dyb rende langs dækmolen mod nord (grøn skravering) og et relativt lavvandet område/plateau langs kysten, hvor udvidelsen af E6 strækker sig udenfor den nuværende kystlinje (rød skravering). Den dybe rende vurderes at være opstået som følge af høje strømhastigheder ifm. udstrømning fra Stjørdalselva, og deraf erosion. Det lavvandede plateau formodes at være opstået og udviklet som følge af sedimentation af sediment fra Stjørdalselva kombineret med rolige strøm- og bølgeforhold efter dækmolen er etableret.

Umiddelbart øst for udløbet ses en lavvandstærskel, illustreret i figur 4-8 med orange skravering, som formodes at fungere som en modstand dels for at sikre vandstanden i Stjørdalselva og dels for at hindre indtrængning af marint vand i Stjørdalselva jf. afsnit 2.



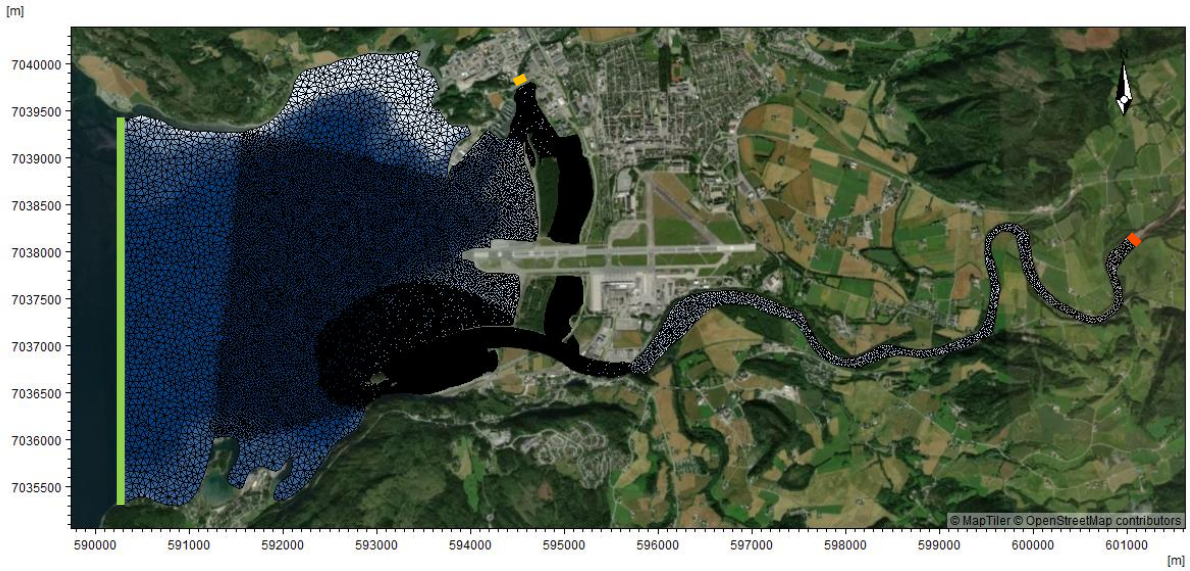
Figur 4-8: Illustration af repræsentative dybdeforhold ved Hellstranda. Vertikalreference NN2000. Baggrundsfoto er fra (Google Earth, 2024).

4.1.5 Modeldiskretisering

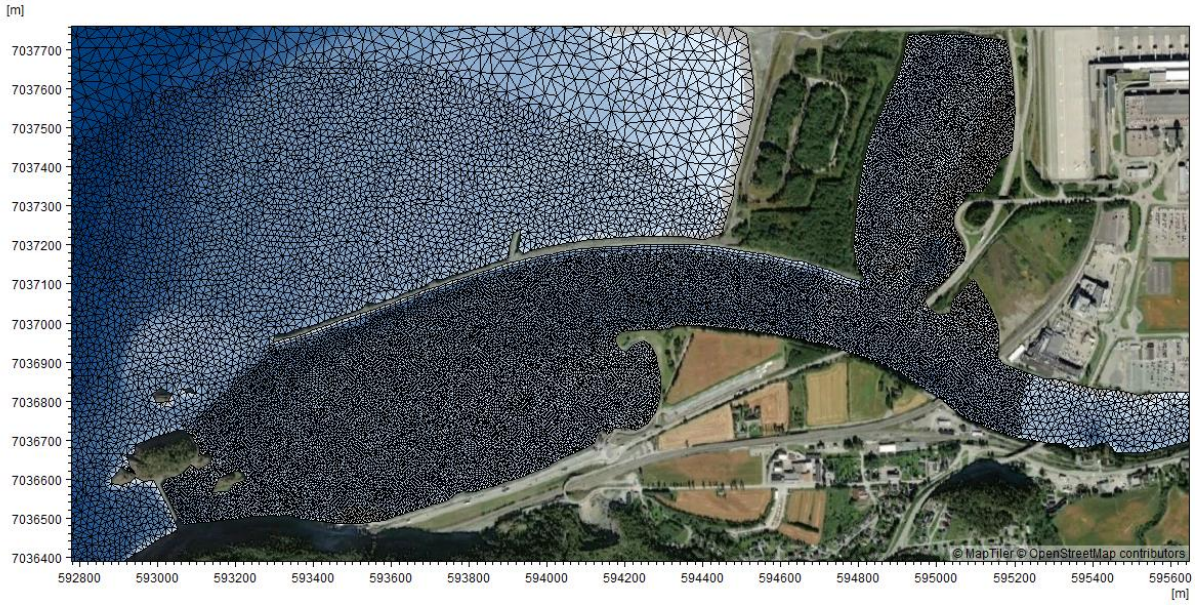
Der anvendes varierende diskretisering (inddeling af beregningsnet) i modellen afhængig af behovet for detailgrad. Generelt anvendes et finere beregningsnet lokalt i den nedre del af Stjørdalselva og Hellstranda-området, hvor der er ønske om en højere detailgrad for strøm/temperatur/salinitet. Ift. at simulere potentiel lagdeling af strøm og salinitet er vandsøjlen opdelt i ti såkaldte sigmalag i modellen, hvilket betyder at lagtykkelsen tilpasses den lokale vanddybde i modellen.

I forbindelse med model-opsætningen er forskellige diskretiseringer af beregningsnettet undersøgt (både horisontalt og vertikalt). Den anvendte model-diskretisering er optimeret baseret på konvergensanalyse og behovet for en optimering af nøjagtighed og beregningstid. I alt består modeldomænet af ca. 71.000 beregning-elementer i hvert vertikale lag – dvs. i alt ca. 10 x 71.000 beregnings-elementer.

Modeldiskretiseringen er illustreret i figur 4-9, hvor også randene er markeret mens et zoom lokalt ved Hellstranda er vist i figur 4-10. Som det fremgår af figurerne, er der i modellen anvendt rektangulære modelelementer langs molen ved Hellstranda, med henblik på at repræsentere skråningen af dækmolen i modellen.



Figur 4-9: Anvendt diskretisering af modeldomænet, samt markering af åbne rande (grøn, rød og orange). Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

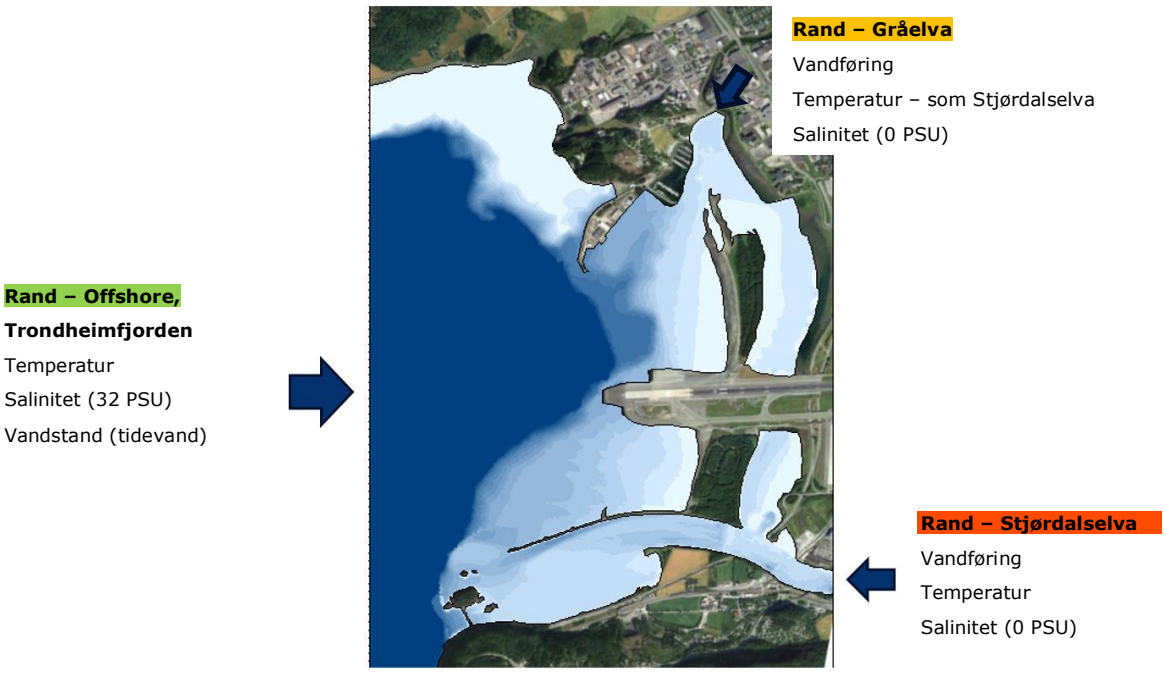


Figur 4-10: Zoom af anvendt diskretisering af modeldomænet. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

4.1.6 Modelforcering

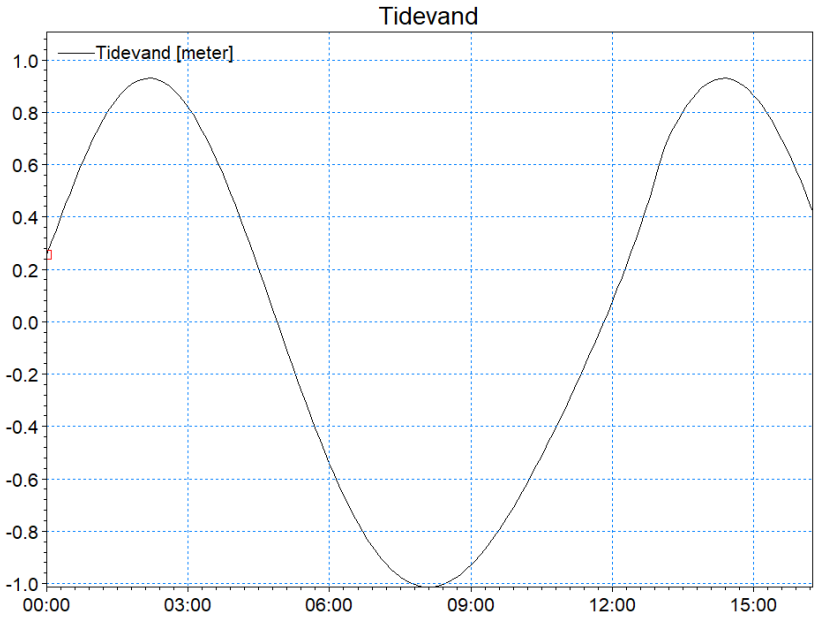
Modellen forceres ved at inkludere vandstandsvariation, salinitet og vandtemperatur på modelranden mod vest samt vandføring, salinitet og vandtemperatur i Stjørdalselva mod øst og ved Gråelva mod nord (se illustration i figur 4-11). Dette er videre beskrevet i afsnit 5.

Der har ikke været vandførings- og temperaturdata tilgængelig for Gråelva, så modelberegningerne er generelt gennemført med en antagelse om at vandføringen i Gråelva svarer til 10% af vandføringen i Stjørdalselva og at Gråelva har samme temperatur- og salinitetsforhold som Stjørdalselva. Desuden er gennemført følsomhedsanalyser ift. den antagne vandføring, se Bilag 2.



Figur 4-11: Illustration af modelforcering. Placeringen af randene fremgår af figur 4-9. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

Jf. afsnit 3.1.2 er vandstandsforholdene i Trondheimfjorden primært domineret af tidevand. Derfor tages der i alle modelscenarier udgangspunkt i vandstandsvariationer, der svarer til en tidevandsperiode (se figur 4-12).



Figur 4-12: Illustration af vandstandsrandbetingelsen med tidevandsvarierende forhold på modelranden mod vest. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Temperatur, salinitet samt vandføring tager udgangspunkt i variationer og sæsontendenser præsenteret i afsnit 3. De aktuelle modelscenarier er præsenteret i afsnit 5. Ift. salinitet og vandtemperatur er det primære fokus at afdække densitetsforskelle og -variationer.

5. Evaluerede modelscenarier

I det følgende præsenteres de evaluerede scenarier, der er anvendt i forbindelse med analysen af påvirkningen af de hydrauliske forhold som følge af udbygningen af E6.

5.1 Opstillede modeller

De forskellige varianter af de opstillede modeller er kort præsenteret i det følgende.

De to præsenterede kompensationsløsninger er udvalgt på baggrund af en screening gennemført i den indledende fase af projektet.

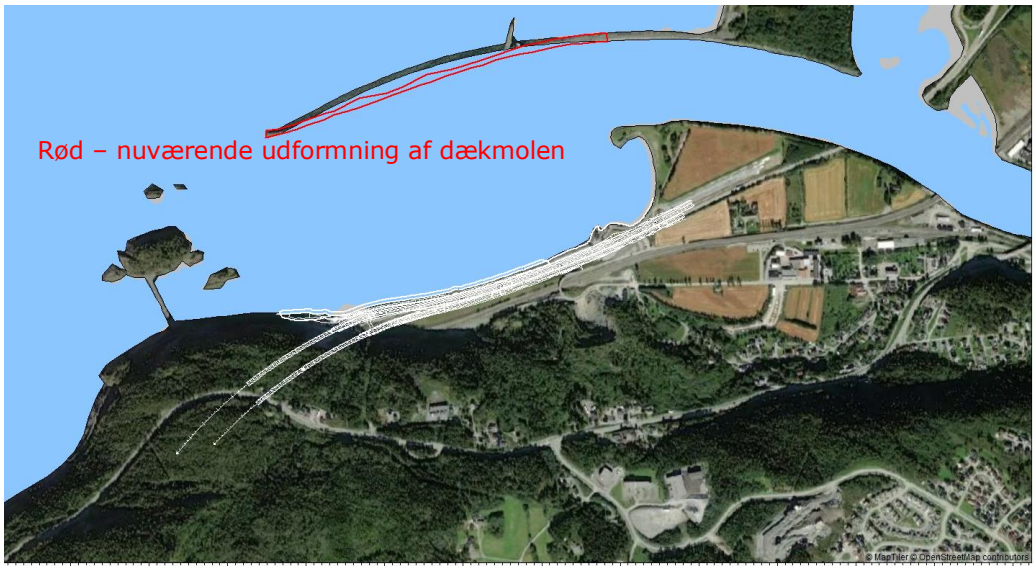
5.1.1 Nuværende forhold

Der er opstillet en model af de nuværende forhold (dagens situation) med udgangspunkt i det præsenterede grundlag i afsnit 4.1. Resultaterne herfra danner sammenligningsgrundlaget for vurderingen af, hvordan forholdene påvirkes af udvidelsen af E6, inkl. kompenserende foranstaltninger samt tiltag til forbedring af vandudskiftningen. Alle vurderinger foretages relativt i forhold til de nuværende forhold.

5.1.2 Fremtidige forhold – Kompensationstiltag A

Udbygningen af E6 medfører, som tidligere nævnt, at der inddrages en del af det nuværende lavvandede område til vejudvidelsen, hvilket medfører et krav om, at der gennemføres kompenserende foranstaltninger.

For at erstatte det vandareal, som inddrages til vejudbygningen indeholder Kompensationstiltag A en flytning/justering af dækmolen nord for Hellstranda, så der opnås minimum samme vandareal mellem dækmolen og kysten, som der er i dag. Flytningen gennemføres således at molehovedet (spidsen af molen) fastholdes på samme position som i dag. Hermed undgås at der forekommer en ændret tilstrømning af marint vand og/eller ændret bølgepåvirkning ind i området, hvilket potentielt kan medføre en væsentlig påvirkning de lokale hydrodynamiske forhold. Modellen med justeringen/flytningen af dækmolen er illustreret i figur 5-1, hvor også det nuværende forløb af dækmolen er skitseret.



Figur 5-1: Illustration af fremtidige forhold, kompensationstiltag A med en justering af dækmolen nord for Hellstranda. Det nuværende forløb af dækmolen er markeret med rødt, hvormed det fremgår, at positionen af molehovedet er uændret. Baggrundskort fra (DHI, 2025)

Ud over justeringen af dækmolen indeholder Kompensationstiltag A også en justering af de lokale dybdeforhold, så den dybe rende langs dækmolen flyttes i samme omfang som dækmolen, med henblik på at udvide det lavvandede område (se definition af de repræsentative dybdeforhold i afsnit 4.1). Formålet er at etablere et område af minimum samme størrelse og som har nogenlunde samme dybde- og hydrodynamiske forhold, som det nuværende lavvandede område.

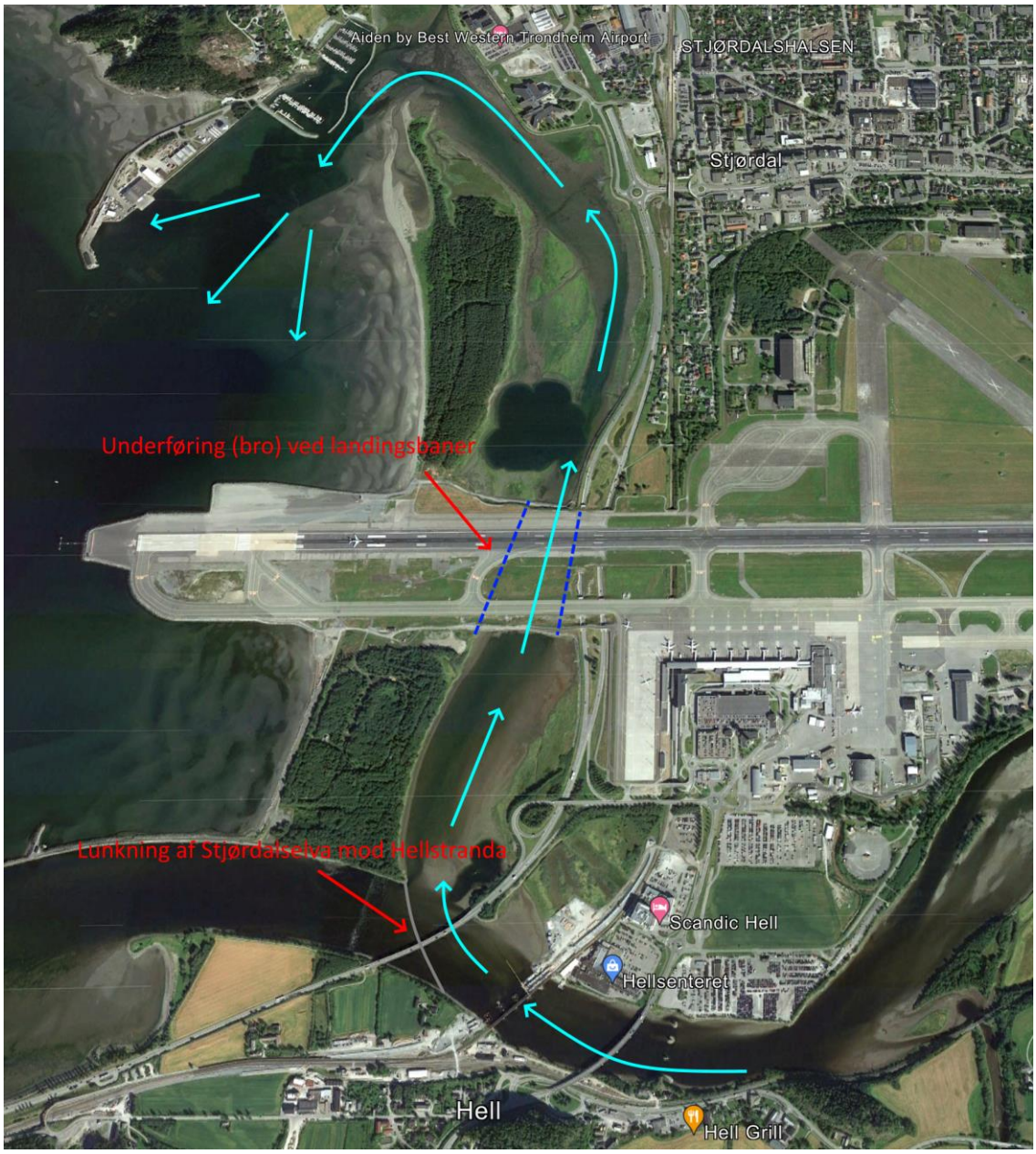
5.1.3 Fremtidige forhold – Kompensationstiltag B

Som et alternativ til at kompensere arealet mellem dækmolen og kysten ved en flytning af dækmolen (Kompensationstiltag A) undersøges effekten af at reetablere det oprindelige udløb af Stjørdalselva nord om Trondheim Lufthavn og ud langs Stjørdal Bådforening (situationen i 1955 jf. afsnit 2), se illustration i figur 5-2. I dette scenarie lukkes det nuværende udløb fra Stjørdalselva. Underføringen af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavn forudsættes at være et fuldt gennemstrømningstværsnit, dvs. hvor landingsbanen ved Trondheim Lufthavn bibeholdes i form at en broløsning over udløbet.

Dette kompensationsscenarie er ikke nødvendigvis en 1:1 kompensation, som den lokale justering/flytning af dækmolen ved Hellstranda er. Derimod er hensigten så vidt muligt at genskabe forholdene som de var før etableringen af Trondheim Lufthavns forlængede landingsbane, hvor området nord for Trondheim Lufthavn i langt højere grad var påvirket af udløbet af ferskvand fra Stjørdalselva end det er i dag.

Det skal nævnes, at der til trods for en re-etablering af det oprindelige forløb af Stjørdalselva ikke opnås identiske forhold, som de var i perioden før etableringen af den forlængede landingsbane. Dette skyldes, at fx molerne ved Stjørdal Bådforening og landindvinding ved Stjørdal medfører at strømtværsnittet vil være anderledes sammenlignet med forholdene inden landingsbanen blev forlænget.

En reetablering af udløbet fra Stjørdalselva vil betyde, at vanddybderne i de berørte områder skal indstille sig på de nye forhold. Som nævnt i afsnit 4.1 kendes hverken vanddybderne før omlægningen af udløbet fra Stjørdalselva eller de nuværende vanddybder i dele af området nord for Trondheim Lufthavn. Der er dermed stor usikkerhed forbundet med dybdeforholdene for dette kompensationstiltag, både i Hellstranda-området og i det gamle elv-udløb.



Figur 5-2: Illustration af Kompensationstiltag B med reetablering af det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

5.1.4 Forbedring af vandudskiftningsforhold nord for Trondheim Lufthavn

For at forbedre vandkvaliteten i det gamle udløb af Stjørdalselva nord for Trondheim Lufthavn er der vurderet på to tiltag;

Tiltag C1: Delvis underføring af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavn

Dette tiltag indebærer, at der etableres en kulvert under Trondheim Lufthavn således der kan ske en udveksling af ferskt og marint vand mellem områderne nord og syd for landingsbanen. Dette implementeres i modellen ved at inkludere en kulvert-løsning med cirkulære åbninger med en diameter på 2 m samtidig med at det eksisterende udløb af Stjørdalselva bibeholdes.

Der er ikke gennemført en optimering af dette tiltag, men der vurderes på effekten som følge af forskellige grader af åbning for udveksling af vand, dvs. indflydelse fra forskellige antal rørunderføringer (1 - 3 rør) samt den vertikale placering af rørene.

En illustration af det undersøgte Tiltag C1 er skitseret i figur 5-3.



Figur 5-3: Illustration af Tiltag C1, der er en kulvert-løsning med rørunderføringer under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn. Antal rørunderføringer i illustrationen er blot vist som et eksempel. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Tiltag C2: Etablering af vandudskiftning gennem Langøra nord for Trondheim Lufthavn

Dette tiltag undersøger muligheden for at forbedre vandudskiftningen i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn ved at etablere en gennemstrømningsmulighed mellem Trondheimfjorden og det gamle elv-udløb via halvøen Langøra. I modellen er dette implementeret ved at inkludere 1-3 cirkulære rør med en diameter på 2 m. Se illustration i figur 5-4, hvor området med rørføringer er blå-skraveret.



Figur 5-4: Illustration af gennemstrømningsmulighed gennem halvøen Langøra nord for Trondheim Lufthavn. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

5.2 Undersøgte hydrodynamiske modelscenarier

I det følgende præsenteres de hydrodynamiske scenarier, der er anvendt ved modelberegningerne. Scenarierne tager udgangspunkt i de præsenterede hydrauliske forhold i Stjørdalselva og Trondheimfjorden jf. afsnit 3.

Som udgangspunkt evalueres både de nuværende og de fremtidige forhold – inklusive udvidelsen af E6 og tilhørende kompensationsscenarier – for de samme hydrodynamiske scenarier. Dette muliggør relative sammenligninger og dermed en vurdering af, hvordan udbygningen af E6 påvirker de hydrauliske forhold. Det skal dog bemærkes, at der ikke nødvendigvis er gennemført simuleringer for samtlige mulige kombinationer af hydrodynamiske og kompensationsmæssige scenarier. I stedet er der fokuseret på at analysere de kombinationer, der vurderes at have størst sandsynlighed for at medføre den mest markante relative påvirkning sammenlignet med de nuværende forhold.

Undersøgte hydrodynamiske modelscenarier ifm. vurdering af de relative påvirkninger fra udbygningen af E6 repræsenterer både normale og relativt ekstreme forhold. Det skal dog nævnes, at det ikke er statistiske ekstreme scenarier og det kan dermed ikke udelukkes, at der kan forekomme situationer, som ikke er afdækket i modellen.

Confidential

- Variation af temperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva:
  - -6°C i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva (svarende til ekstremsituation for vandtemperaturdifferens i en sommerperiode)
  - +6°C i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva (svarende til vandtemperaturdifferens i en typisk vinterperiode) – resultater er i bilag 1
  - 0°C vandtemperaturdifferens (svarende til typiske forhold i en sommerperiode) – resultater er i bilag 1

- Vandføring i Stjørdalselva (baseret på statistik i afsnit 3.1.1):
  - 84 m^3/s i Stjørdalselva (svarende til sommergennemsnit)
  - 1.976 m^3/s i Stjørdalselva (svarende til flom-scenarie med returperiode på ca. 200 år)

- Vandstandsforhold i Trondheimfjorden:
  - Almindelige tidevandsforhold i Trondheimfjorden (jf. figur 4-12)

- Salinitet i Trondheimfjorden:
  - 32 PSU i Trondheimfjorden gennem hele vandsøjlen (ca. svarende til årsgennemsnit)
  - 0 PSU i vandet fra Stjørdalselva

- Vindpåvirkning:
  - 0 m/s (ingen vindpåvirkning vind i modellen)

Ifm. modelopsætningen og udvælgelsen af ovenstående hydrodynamiske scenarier er gennemført analyser af andre varianter. Resultater for udvalgte af disse er indeholdt i bilag 3, hvoraf nogle alene er gennemført for forhold der er repræsentative for nuværende forhold:

- Vandføring i Stjørdalselva
  - Resultater for andre udvalgte vandføringer i Stjørdalselva er indeholdt i bilag 3 for nuværende forhold for at afdække de lokale strømforhold under disse forhold.

- Vandstandsforhold i Trondheimfjorden:
  - Tidevandsforhold i Trondheimfjorden i kombination med 0,2 m vandstands-forøgelse - resultater for nuværende forhold er indeholdt i bilag 3
  - Tidevandsforhold i Trondheimfjorden i kombination med 0,2 m vandstands-reduktion - resultater for nuværende forhold er indeholdt i bilag 3

- Vindpåvirkning:
  - 20 m/s fra vest (svarende til kraftig vind) - resultater er indeholdt i bilag 3 for både nuværende og fremtidige forhold

5.3 Undersøgte følsomheder af modelparametre

Udover evalueringen af forskellige hydrodynamiske modelscenarier er desuden undersøgt om den relative påvirkning er følsom overfor forskellige fysiske og/eller modelparametre. Denne følsomhedsanalyse er inkluderet, da der ikke foreligger et tilstrækkeligt datagrundlag til at kalibrere og validere modellen. Resultater fra udvalgte undersøgte følsomheder er præsenteret i bilag 2 og 3, men konklusioner herfra er indeholdt i opsummeringen i afsnit 9. Undersøgte modelfølsomheder præsenteres i det følgende:

Confidential

- Evaluering af anvendt dispersion i modellen. Via dispersionen er det muligt at tilføre spredning/turbulens i modellen, der ikke nødvendigvis er korrekt repræsenteret. Da dispersionen i modellen er afhængig af model-diskretisering er dette en parameter, som udelukkende kan justeres korrekt, hvis der forekommer et tilstrækkeligt datagrundlag til kalibrering af modellen. Der er gennemfør setup/følsomhedssimuleringer for følgende varianter:
    - Horisontal- og vertikal dispersion på 0 (hvilket svarer til at der i modellen ikke inkluderes yderligere spredning, udover den spredning, der inkluderes via turbulensmodellen. Dette svarer til en nedre-værdi for spredning af temperatur og salinitet i modellen og medfører den største lagdeling. Modelberegningerne præsenteret i afsnit 6 og 7 er alle baseret på en antagelse om ingen ekstra vertikal opblanding (vertikal dispersion = 0). Følsomhedssimuleringer ift. den vertikale opblanding er nærmere analyseret i bilag 2.
    - Horisontal- og vertikal dispersion på 1 (hvilket svarer til at der i modellen tilføres en signifikant spredning, som følge af fx turbulens – udover den spredning der inkluderes via turbulensmodeller). Dette svarer til en øvre-værdi for spredning af temperatur og salinitet i modellen.

- Evaluering af bundruheden i modellen. Bundruheden er et udtryk for den strømningsmodstand, der forekommer langs bunden i modellen. Høj bundruhed vil f.eks. give anledning til stor variation i f.eks. strømhastighed ned igennem vandsøjlen samt stor vertikal opblanding af temperatur/salinitet:
    - Bundruhed på 0,05 m (hvilket i modellen svarer til en relativt lavt ruhed som medfører relativt lille variation i det vertikale strømprofil).
    - Bundruhed på 0,2 m (hvilket i modellen svarer til en relativt høj ruhed med relativt stor indflydelse på det vertikale strømprofil).

Desuden er inkluderet enkelte følsomhedsvurderinger over for vanddybder for Kompensationstiltag A, se bilag 2.

Confidential

6. Resultater: Hydrodynamiske forhold - nuværende forhold

I det følgende præsenteres modelresultaterne for simuleringerne af de nuværende forhold (dagens situation). Disse resultater definerer reference-forholdene og udgør dermed grundlaget for at vurdere ændringer/påvirkninger for de fremtidige forhold.

Resultaterne præsenteres for udvalgte af de undersøgte hydrodynamiske scenarier defineret i afsnit 5.2, mens resultaterne for de resterende hydrodynamiske scenarier er inkluderet i bilag 1. Der tages udgangspunkt i den oplistede modelopsætning i tabel 4-1. De gennemførte supplerende følsomhedsvurderinger af udvalgte modelparametre er præsenteret og vurderet nærmere i bilag 2 og bilag 3.

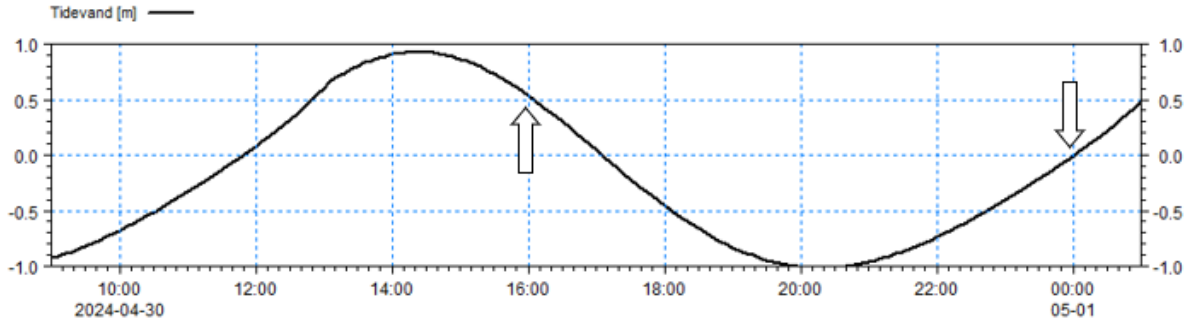
6.1 Modelresultater for nuværende forhold – normal sommervandføring i Stjørdalselva

Modelresultater for lokale strømforhold samt temperatur- og salinitetsforhold præsenteres i det følgende. Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest).

Resultaterne består dels af tidsserieplot, der viser forholdene i et specifikt punkt gennem simuleringsperioden og øjebliksplots, der viser forholdene til et specifikt tidspunkt.

Øjebliksplots er generelt taget ud til to tidspunkter, der enten repræsenterer forholdene ifm. aftagende vandstand i Trondheimfjorden (høje strømhastigheder i Hellstranda-området) eller ifm. tiltagende vandstand, se de to tidspunkter i tidevandscyklus på figur 6-1.

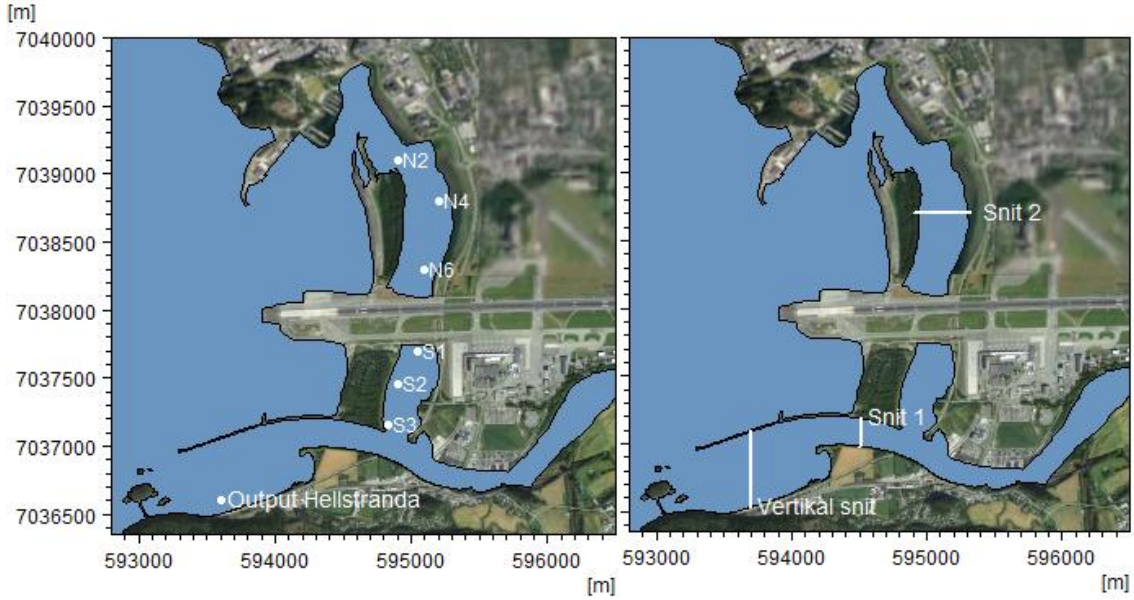
Ift. at få den bedste vurdering af forholdene bør både øjebliks- og tidsserie-plots anvendes, da øjebliksplots alene viser forholdene til det specifikke tidspunkt, mens tidsserieplots alene viser forholdene i det specifikke punkt.



Figur 6-1: Udsnit af tidevandscyklus med markering af tidspunkter hvor øjebliksplots er trukket ud. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Positionen for udtrækspunkter og snit er vist på figur 6-2 og i tabel 6-1. Udtrækspunkterne fx "output Hellstranda" er i geografisk samme position for hhv. nuværende og fremtidige forhold, hvilket betyder, at afstanden til kysten ikke er identisk for de to model-scenarier, idet kysten på dele af strækningen (herunder i området omkring output Hellstranda) rykkes ud som følge af

vejudvidelsen. Positionen af udtrækspunkter og snit er også vist på areal-plot af resultaterne, men kan på enkelte plot være svære at se og der henvises derfor generelt til figur 6-2 for positioner.



Figur 6-2: Placering af punkter og snit for udtrækning af resultater i modellerne. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Tabel 6-1: Koordinater til punkter og snit, hvori der er udtrukket tidsserier, vandføring eller vertikalsnit.

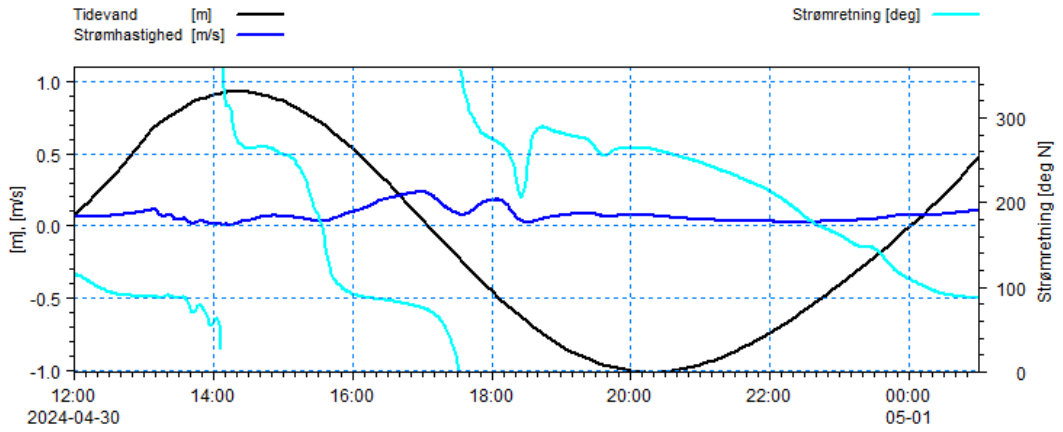
Position	UTM 32 koordinater (E; N)	Position	UTM 32 koordinater (E; N)
Output Hellestranda	7037150; 7036600	N2	594900; 7039100
S1	595050; 7037700	N4	595200; 7038800
S2	594900; 7037450	N6	595100; 7038300
S3	594830; 7037150		
		Snit 1	E = 594500
Vertikal snit	E = 5937000	Snit 2	N = 7038700

Hvis ikke andet er nævnt specifikt er resultaterne repræsentative for dybdemidlede forhold, dvs. de gennemsnitlige forhold i vandsøjlen.

6.1.1 Lokale strømforhold

Et eksempel på variationen i de lokale strømforhold gennem en tidevandsperiode (tidsserie) er vist i figur 6-3, hvoraf vandstandsvariationen (sort linje) samt strømhastighed og -retning (hhv. blå og turkis linje) fremgår. Positionen for output-punktet for tidsserien er på det lavvandede plateau umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde for E6, jf. figur 6-2, positionen er også markeret på figur 6-4 og figur 6-5.

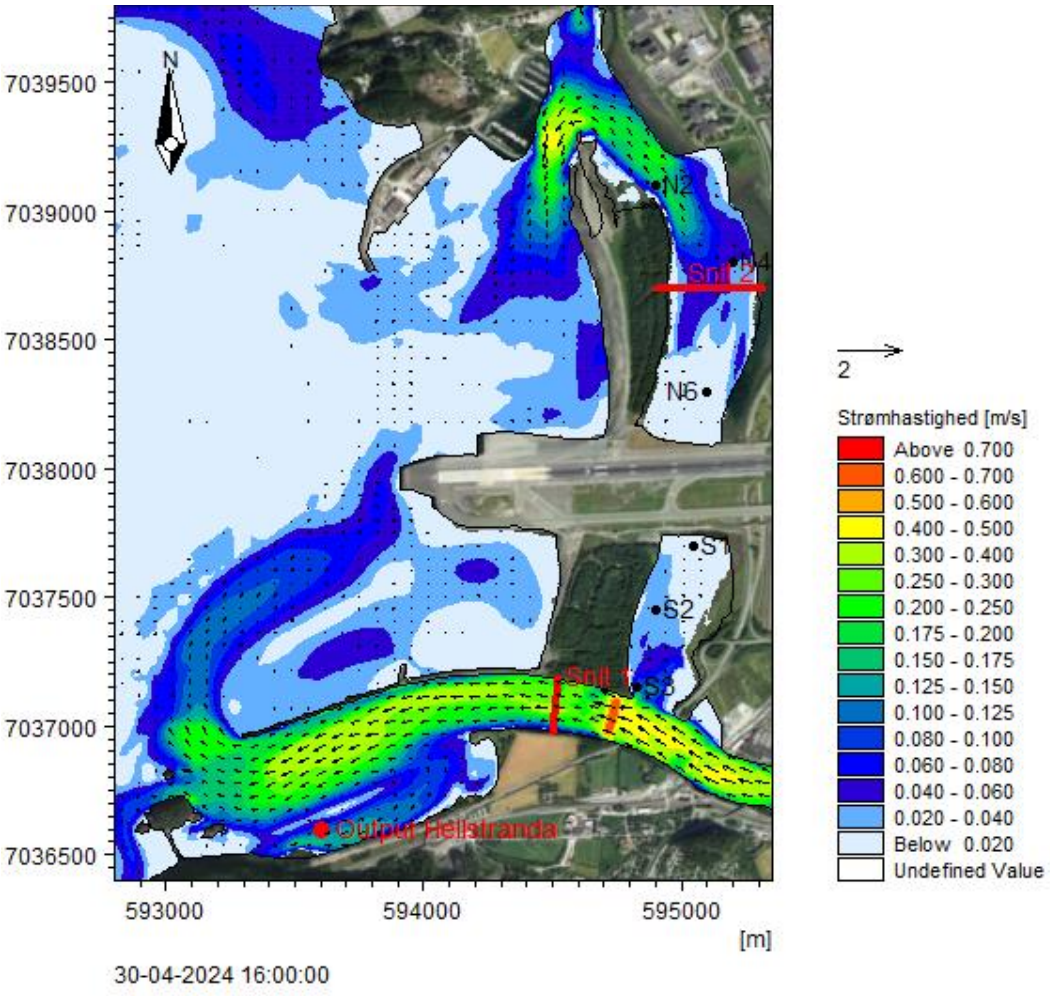
Som det fremgår af figur 6-3, ses der lokalt ud for det planlagte opfyldningsområde en vandstandsvariation, der følger tidevandet i Trondheimfjorden. Denne variation medfører skiftende strømhastigheder og -retninger. Generelt er strømhastighederne lave i det kystnære område, op til ca. 25 cm/s ifm. normal sommervandføring i Stjørdalselva. De højeste strømhastigheder forekommer under de største vandstandsændringer, det vil sige under stigende og faldende vandstand – hvor gradienten i vandstandstidsserien er størst.



Figur 6-3: Tidsserie for variation af vandstand samt strømhastighed og -retning i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede forhold for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Strømretningen er "gående mod". Output punkt er illustreret i figur 6-2. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

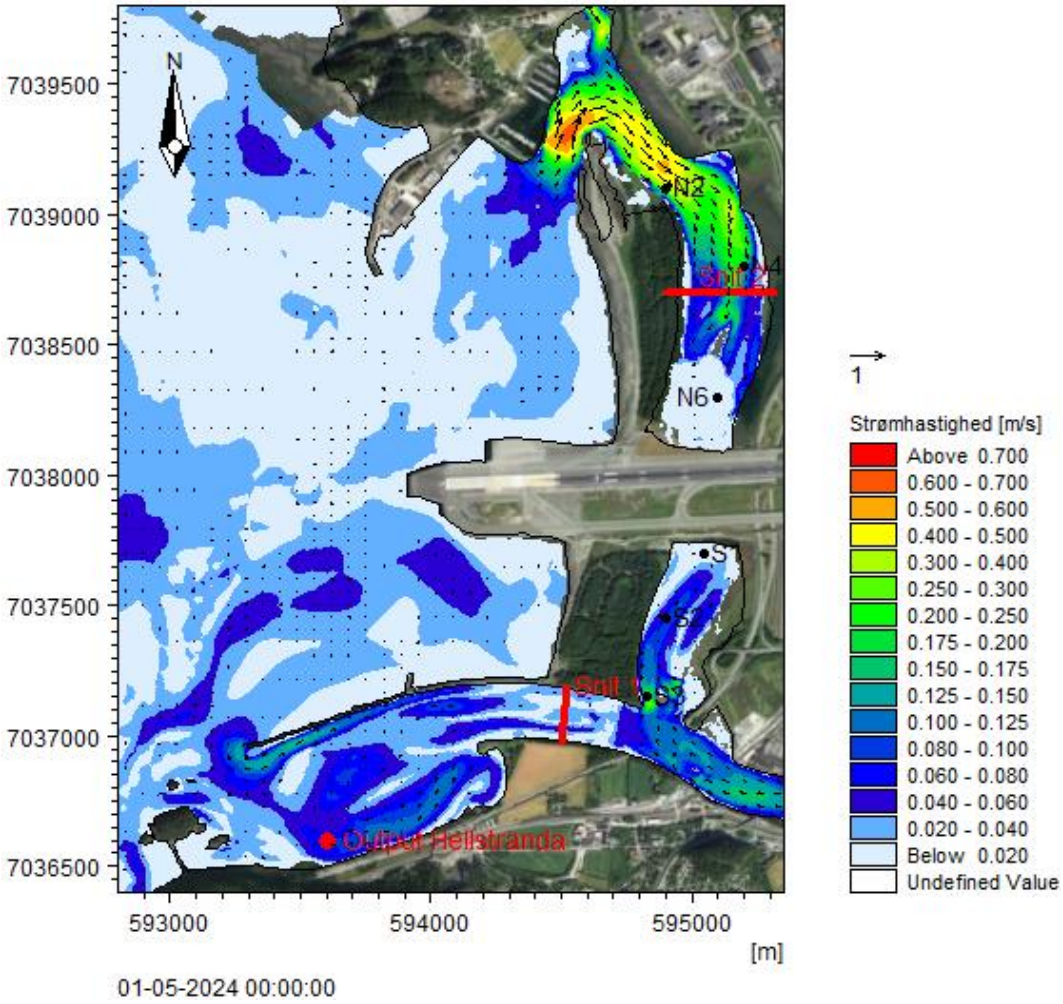
Arealplots af de dybdemidlede strømforhold lokalt ved Hellstranda er vist i figur 6-4 og figur 6-5 for to tidspunkter med hhv. aftagende og tiltagende tidevand. Som det fremgår af figurerne, er der en betydelig geografisk variation. Ved aftagende vandstand i Trondheimfjorden er strømmen i Hellstranda-området generet vestgående, mens den ved stigende vandstand i Trondheimfjorden skifter til østgående. Dette skyldes indstrømning af vand fra Trondheimfjorden, hvilket delvist modvirker den vestgående strøm forårsaget af vandføringen i Stjørdalselva. Som forventet forekommer de højeste strømhastigheder - jf. figur 6-4 - over lavvandstærsklen samt i strømrenden langs dækmolen.

Confidential



Figur 6-4: Dybdemidlet strømhastighed i området ved Hellstranda til et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til høje lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

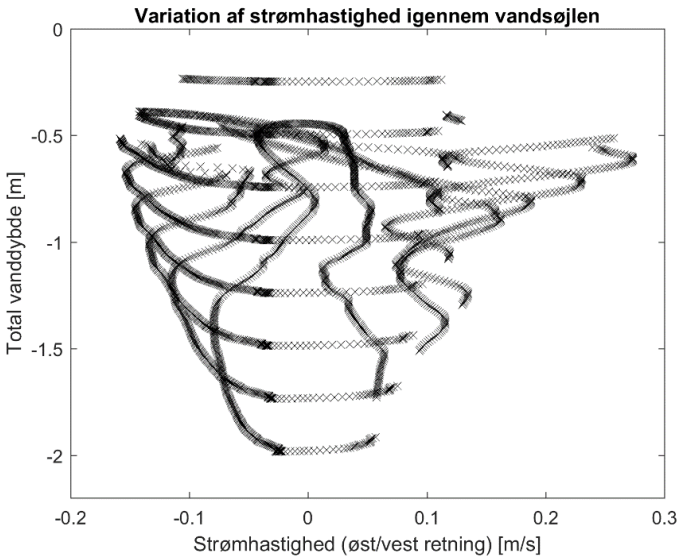


Figur 6-5: Dybdemidlet strømhastighed i området ved Hellstranda til et tidspunkt (kl. 00:00) med stigende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til lave lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til typiske sommerforhold. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Som det fremgår af både tidsserieplottet i figur 6-3 og arealplottene af strømforholdene på figur 6-4 og figur 6-5 kan der lokalt i Hellstranda-området forekomme modsat rettede strømme (returstrømme) således at der under fx dominerende vestgående strøm (figur 6-4) også forekommer områder, hvor strømmen er østgående.

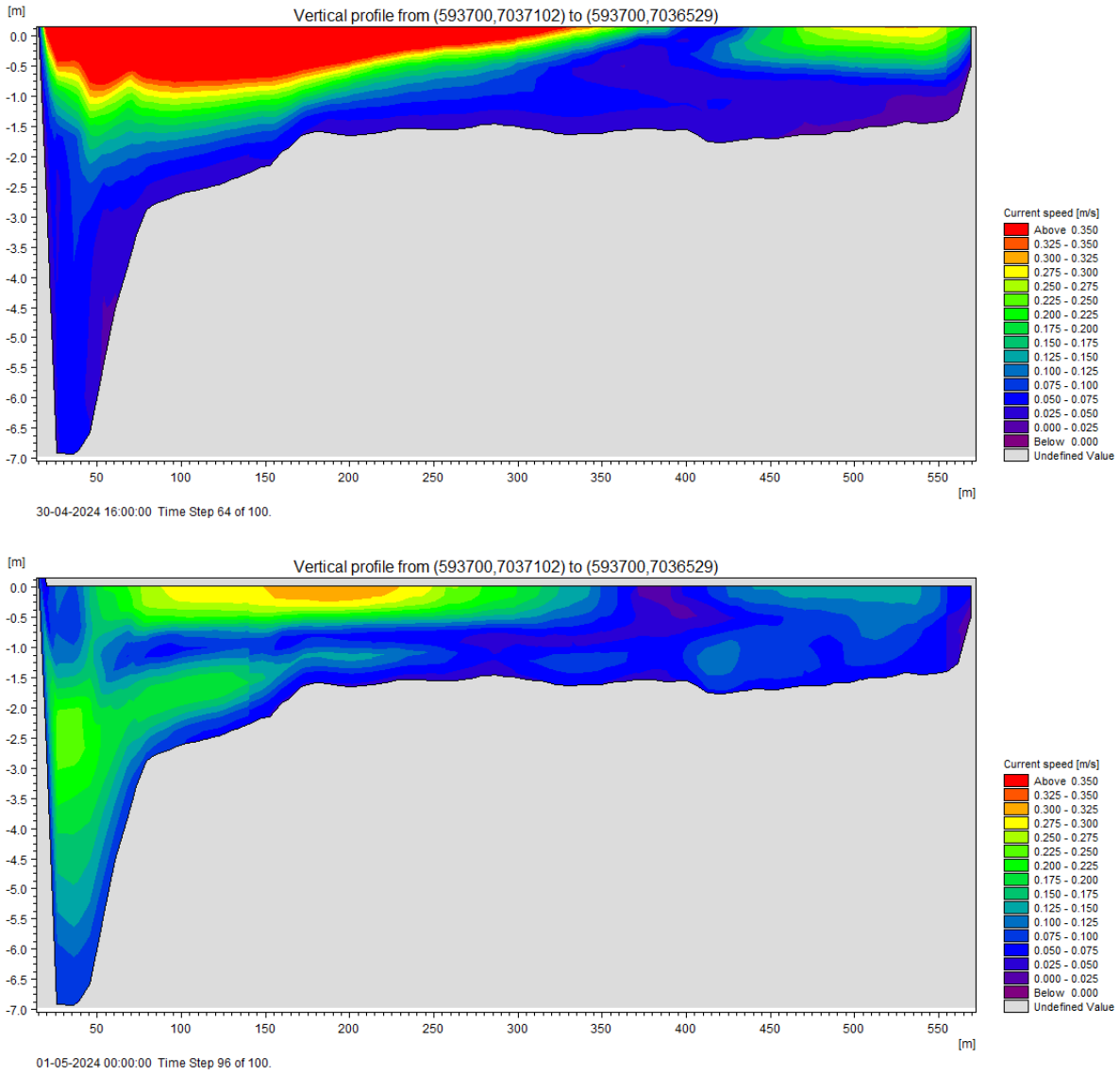
Udover stor tidsmæssig og geografisk variation af strømforholdene ved Hellstranda er der også en stor variation igennem vandsøjlen. Figur 6-6 viser variation i øst/vest strømkomposanten ned igennem vandsøjlen (positivt fortegn er østgående) ved output-punktet i Hellstranda-området (placering af punkt jf. figur 6-2). Af figuren fremgår retningen for hvert minut igennem den ca. 12 timers tidevandsperiode i hvert af de ti lag. Den vertikale diskretisering i ti lag medfører de stepvise variationer i figuren, mens vandstandsvariationerne medfører det lidt buede forløb i hvert lag – idet lagtykkelsen afhænger af den faktiske vandstand.

Som det fremgår af figur 6-6, er der hen over en tidevandsperiode vekslende strømretning ned gennem hele vandsøjlen. De højeste strømhastigheder forekommer i den øvre del af vandsøjlen og på den aktuelle position forekommer de højeste strømhastigheder i forbindelse med østgående strøm. Denne tendens er dog ikke generel for området, da Stjørdalselva medfører højere vestgående strømhastighed i den dybe rende nær dækmolen.



Figur 6-6: Variation i øst/vest strøm-komposant ved output-punkt markeret i figur 6-4. Positivt fortegn indikerer østgående strøm. Vertikalreference for vanddybde er NN2000.

Et eksempel på en øjebliksfordeling af strømhastighed igennem et vertikalt snit for hhv. høj- og lav strømhastighed er vist i figur 6-7, langs den illustrerede linje for vertikal-snit i figur 6-2. Figuren viser samme tendens med de højest strømhastigheder i den øvre del af vandsøjlen og underbygger yderligere forekomsten af en vis lagdeling. Lagdelingen i modellen afhænger dog af den vertikale dispersion, hvilket betyder, at den faktiske lagdeling kan afvige fra det præsenterede i figur 6-7. Som tidligere nævnt er resultaterne præsenteret i afsnit 6 og 7 alle baseret på en antagelse om ingen ekstra vertikal opblanding (vertikal dispersion = 0), hvormed der opnås den største lagdeling. Følsomhedssimuleringer ift. den vertikale opblanding er nærmere analyseret i bilag 2.

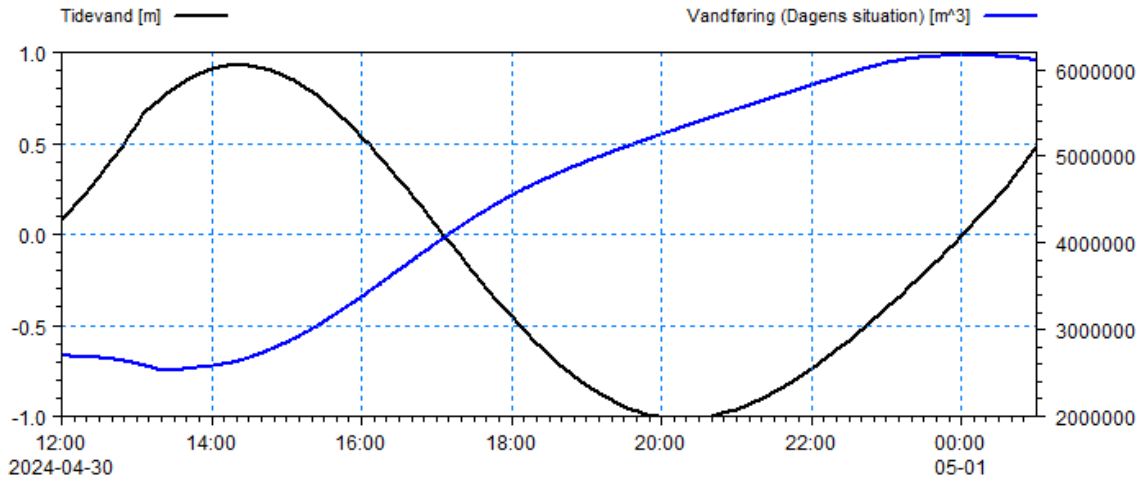


Figur 6-7: Vertikalt snit, der viser variationen i strømhastighed igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 6-2 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden - kl. 16:00 (*øverst*) og kl. 00:00 svarende til tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (*nederst*). Snittet går fra dækmolen og ind mod kysten.

6.1.2 Vandføring

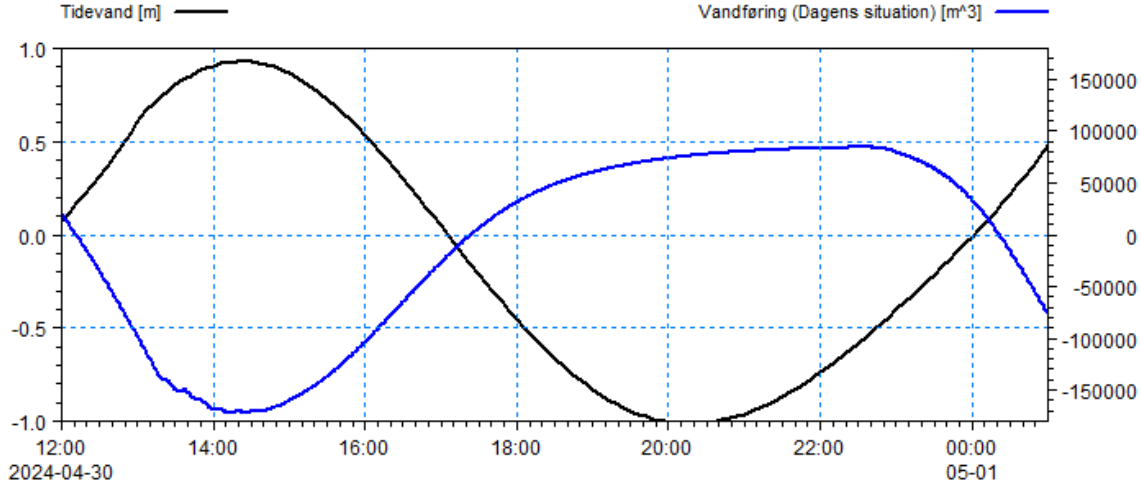
Den akkumulerede vandføring gennem en tidevandsperiode i snit 1 (se position for snit 1 på figur 6-2) er vist på figur 6-8. Heraf fremgår det, at vandføringen primært er gående mod Trondheimfjorden, hvilket skyldes vandføringen i Stjørdalselva. I perioder, hvor vandstanden er høj i Trondheimfjorden bremses vandet fra Stjørdalselva lidt, mens der i perioder med faldende vandstand er der stor udstrømning.

Confidential



Figur 6-8: Akkumuleret vandføring for nuværende forhold gennem snit 1 ved udløbet af Stjørdalselva til Hellstranda, se position af snittet i figur 6-4 og figur 6-5. Stigende akkumuleret vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Den akkumulerede vandføring gennem snit 2, der er beliggende i den gamle del af Stjørdalselva's udløb nord for Trondheim Lufthavn (se position for snit 2 på figur 6-2) er vist på figur 6-9. Heraf fremgår det, at der er en signifikant lavere vandføring gennem snit 2 sammenlignet med vandføringen gennem snit 1. Desuden ses det, at der forekommer en vekslende strømretning, der varierer med vandstanden i Trondheimfjorden, således, at der under tiltagende vandstand i Trondheimfjorden forekommer en strømning ind det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn (faldende akk. vandføring), mens der i forbindelse med faldende vandstand i Trondheimfjorden sker en udstrømning fra det lavvandede område ud mod Trondheimfjorden (stigende akk. vandføring gennem snit 2).



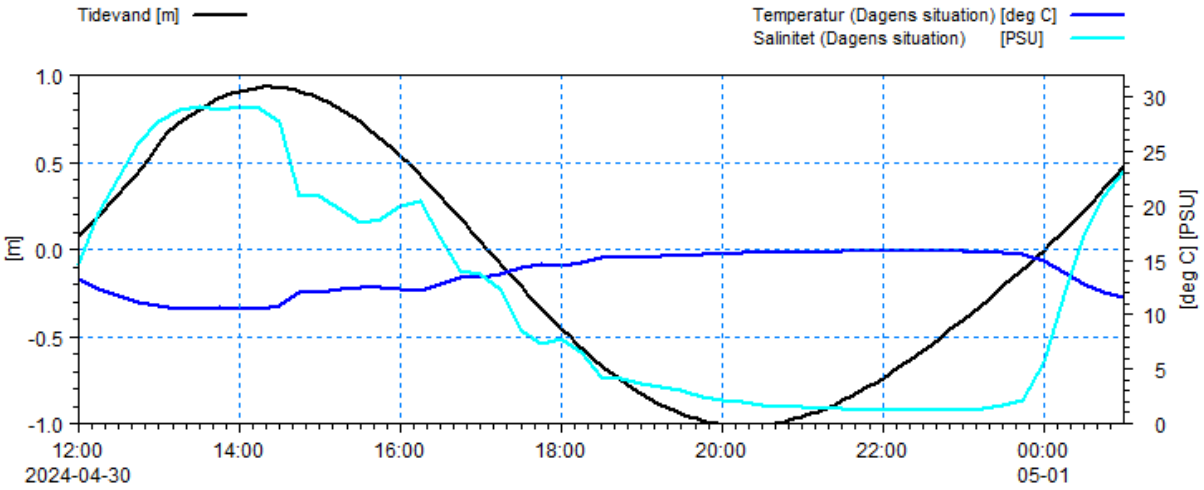
Figur 6-9: Akkumuleret vandføring gennem snit 2 i det gamle udløb nord for Trondheim Lufthavn, se position af snittet i figur 6-2. Stigende akkumuleret vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

6.1.3 Salinitets- og temperaturforhold

Den tidsmæssige variation i dybdemidlet salinitet og temperatur i det lavvandede område ved kysten, hvor E6 skal bygges ud er vist i figur 6-10 for det hydrodynamiske scenarie med 32 PSU og 10˚C i Trondheimfjorden samt en typisk sommervandføring i Stjørdalselva, med en vandtemperatur på 16˚C og en salinitet på 0 PSU (positionen af punktet fremgår af figur 6-2). Som det fremgår af figuren, reduceres saliniteten ved Hellstranda under aftagende vandstand i

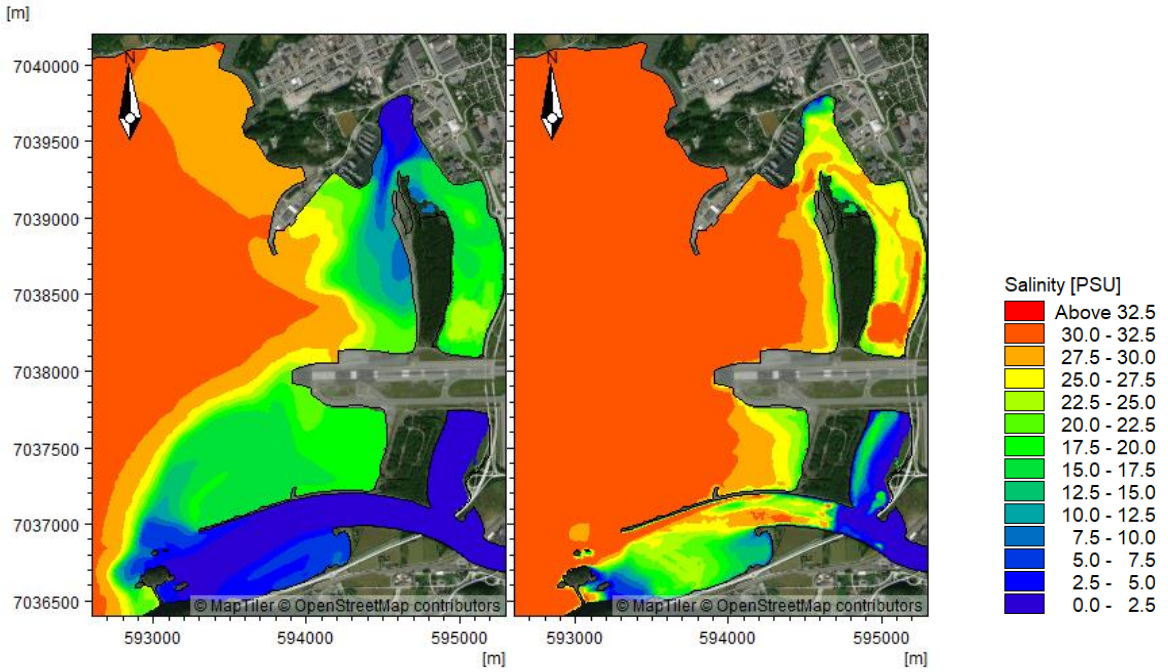
Confidential

Trondheimfjorden, idet vandet fra Stjørdalselva bliver dominerende. Dette medfører en midlertidig brakvandssituation. Pga. den højere vandtemperatur i Stjørdalselva i det pågældende scenarie stiger vandtemperaturen i området samme periode. Når vandstanden stiger i Trondheimfjorden opstår de modsatte tendenser, dvs. der sker en stigning i saliniteten og temperaturen falder.

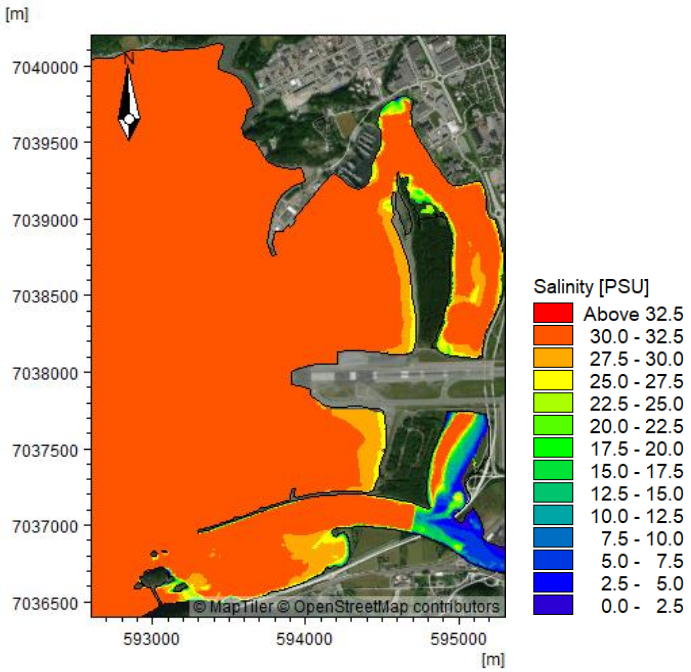


Figur 6-10: Tidsserie, der viser variationen af dybdemidlet salinitet og vandtemperatur i løbet af en normal tidevandsperiode i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved udvidelsen af E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Output punkt er illustreret i figur 6-4. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Den geografiske variation i salinitet i området ved Hellstranda i toppen, midten og bunden af vandsøjlen er vist i figur 6-11 og figur 6-12 til tidspunktet kl. 16:00, hvor tidevandet i Trondheimfjorden er aftagende og ferskvandsforekomsten er dominerer. Som vist i figurerne, resulterer ferskvandets lavere densitet i en lav salinitet i toppen af vandsøjlen, mens der i bunden er en høj koncentration af marint vand med højere salinitet. Det fremgår også, at lavvandstærsklen forhindrer det marine vand i at trænge op i Stjørdalselva, hvilket sandsynligvis har været en del af formålet med etableringen af tærsklen.



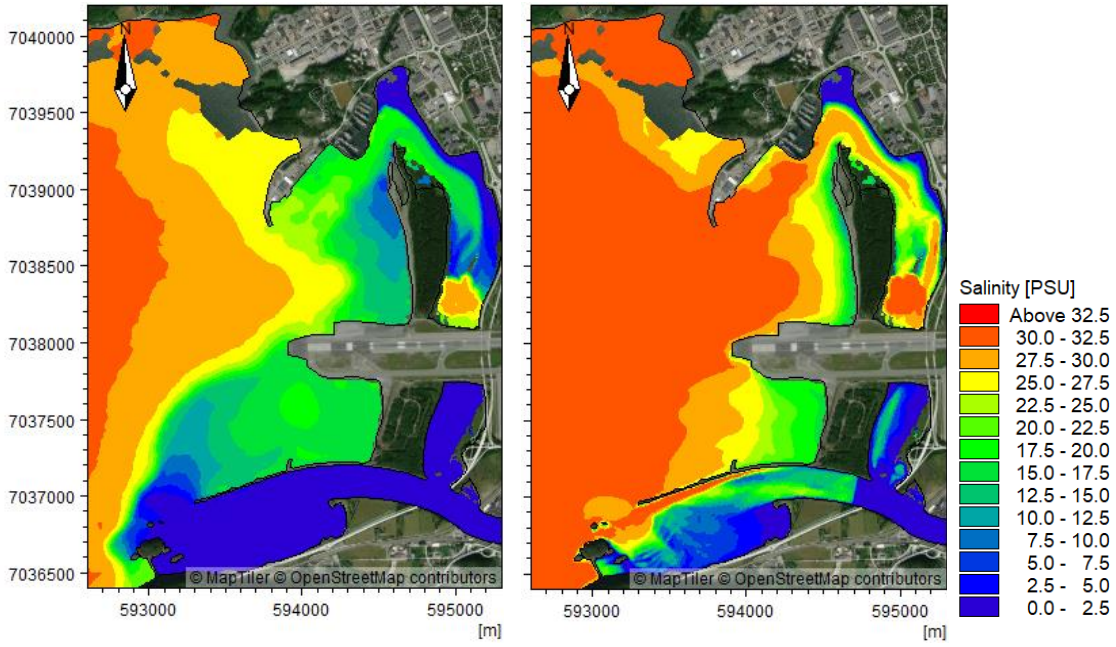
Figur 6-11: Geografisk variation af saliniteten i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*) og midten af vandsøjlen (*højre*) til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (DHI, 2025) .



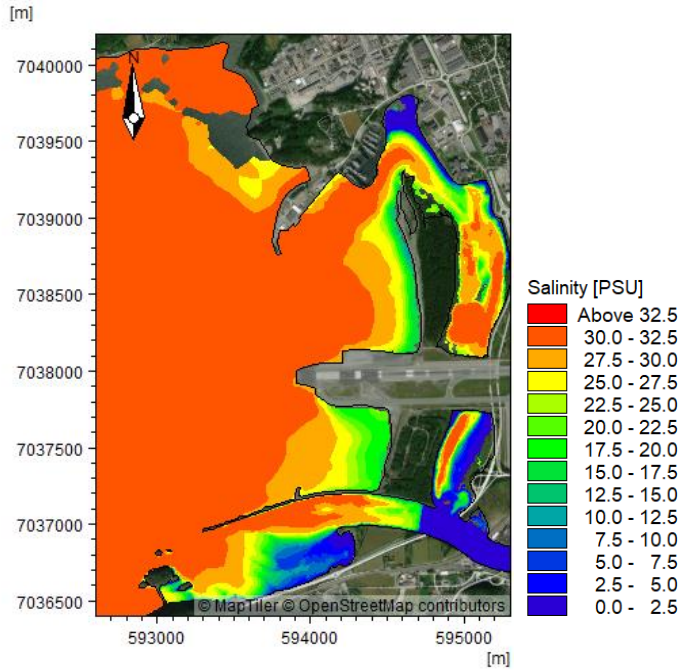
Figur 6-12: Geografisk variation af saliniteten i området ved Hellstranda i bunden af vandsøjlen til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (DHI, 2025) .

Den geografiske variation i salinitet i området ved Hellstranda i toppen, midten og bunden af vandsøjlen er vist i figur 6-13 og figur 6-14 til et tidspunkt med stigende vandstand i Trondheimfjorden, og dermed indtrængning af marint vand. På samme vis som i figur 6-11 og figur 6-12 ses en lagdeling med lav salinitet i toppen af vandsøjlen og højere salinitet nær

bunden. I dette tilfælde forekommer der dog generelt på det lavvandede plateau en relativt lav salinitet selv ved bunden.



Figur 6-13: Geografisk variation af saliniteten i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*) og midten af vandsøjlen (*højre*) for et tidspunkt med stigende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00 jf. figur 6-10). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

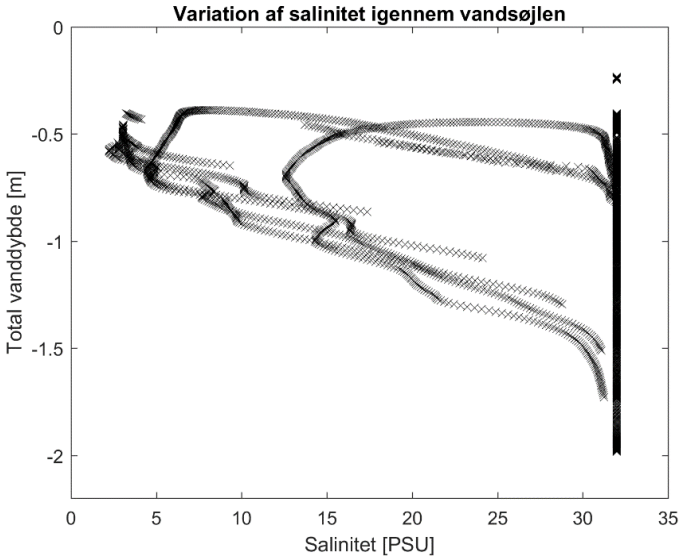


Figur 6-14: Geografisk variation af salinitet i området ved Hellstranda i bunden af vandsøjlen til et tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00 jf. figur 6-10). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (DHI, 2025) .

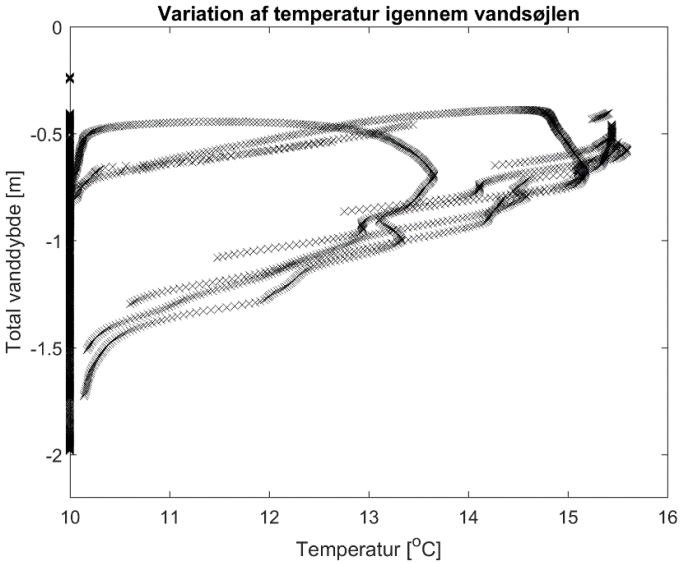
Variationen i salinitet og temperatur igennem vandsøjlen i output-punktet ud for udbygningen af E6 (placering vist i figur 6-2), for samme scenarie som i ovenstående, er vist i hhv. figur 6-15 og figur 6-16. Som det fremgår af figurerne, forekommer de største variationer i den øverste del af

Confidential

vandsøjlen, hvilket er samme tendens som for strømmen jf. figur 6-6. Det skal dog hertil nævnes, at vandstanden også varierer betragteligt i løbet af den evaluerede tidevandsperiode, hvilket bidrager væsentligt til salinitets- og temperaturvariationerne i figurerne.



Figur 6-15: Variation i salinitet ved output-punktet angivet i figur 6-2. Af figuren ses, at initialsaliniteten er 32 PSU. Vertikalreference for vanddybden er NN2000.

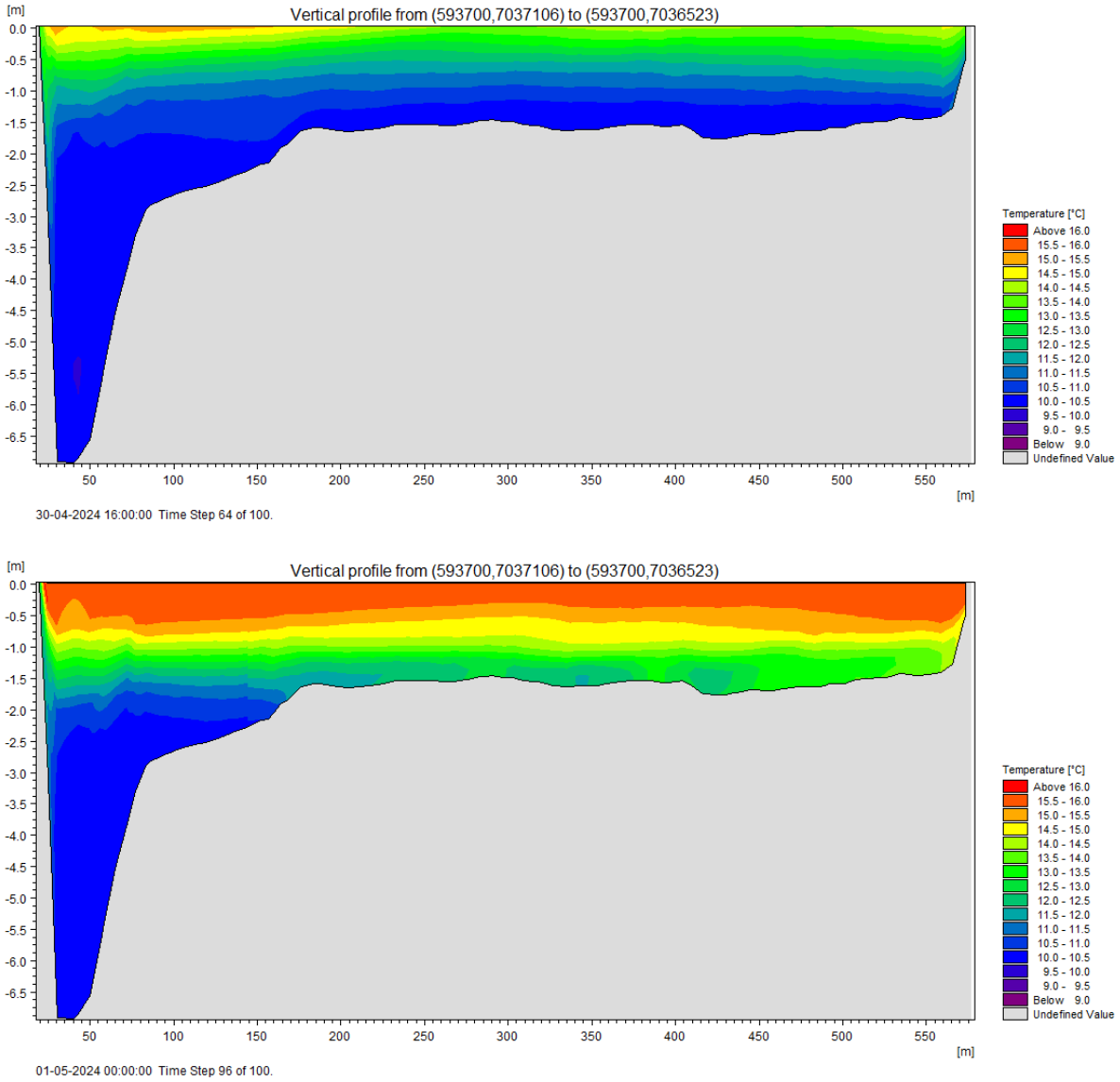


Figur 6-16: Variation i vandtemperatur ved output punkt angivet i figur 6-2. Af figuren fremgår det at initialbetingelsen er en vandtemperatur på 10°C. Vertikalreference for vanddybden er NN2000.

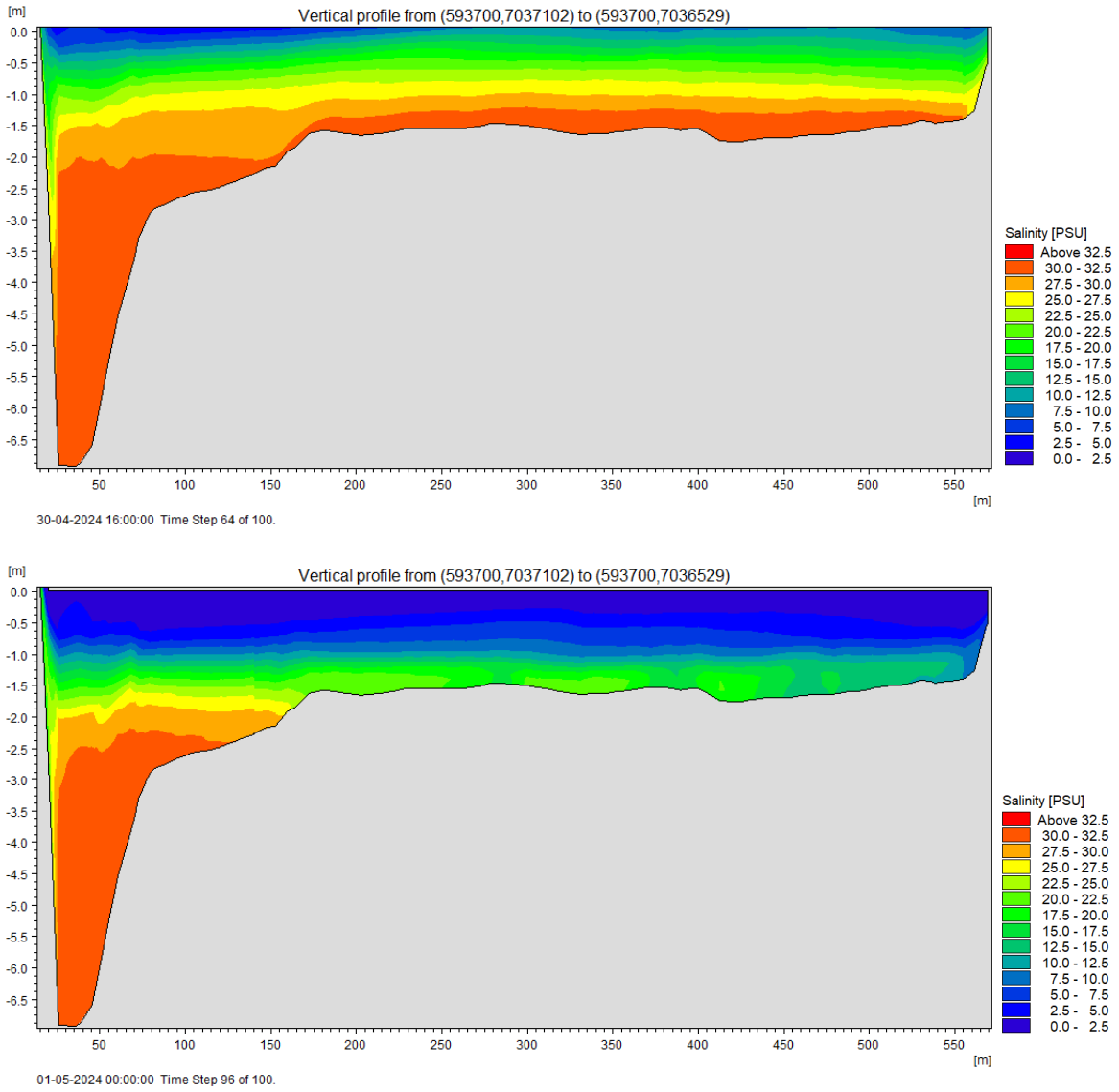
Øjebliksbilleder af temperatur- og salinitetsvariation igennem vandsøjlen langs snittet vist i figur 6-2 (vertikalsnit) er vist i hhv. figur 6-17 og figur 6-18. Vertikalsnittene er vist til kl. 16:00, hvor der er aftagende vandstand i Trondheimfjorden, og dermed stærk vestgående strøm, samt til kl. 00:00 med stigende vandstand og dermed lav strømhastighed. Figurerne illustrerer, at den primære forekomst af marint vand er i den dybe kanal langs dækmolen, hvilket medfører lav temperatur (pga. scenariet med 6˚C højere vandtemperatur i Stjørdalselva) samt højere salinitet. For det pågældende scenarie ses en tydelig salinitets- og temperaturlagdeling, hvilket skyldes densitetsforskellene igennem vandsøjlen (pga. variationen i temperatur og salinitet mellem det

Confidential

ferske vand fra Stjørdalselva og det marine vand i Trondheimfjorden) samt den antagne dispersion i modellen.



Figur 6-17: Vertikalt snit, der viser variationen af temperaturen igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 6-2 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) (*øverst*) samt til et tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00) (*nederst*).

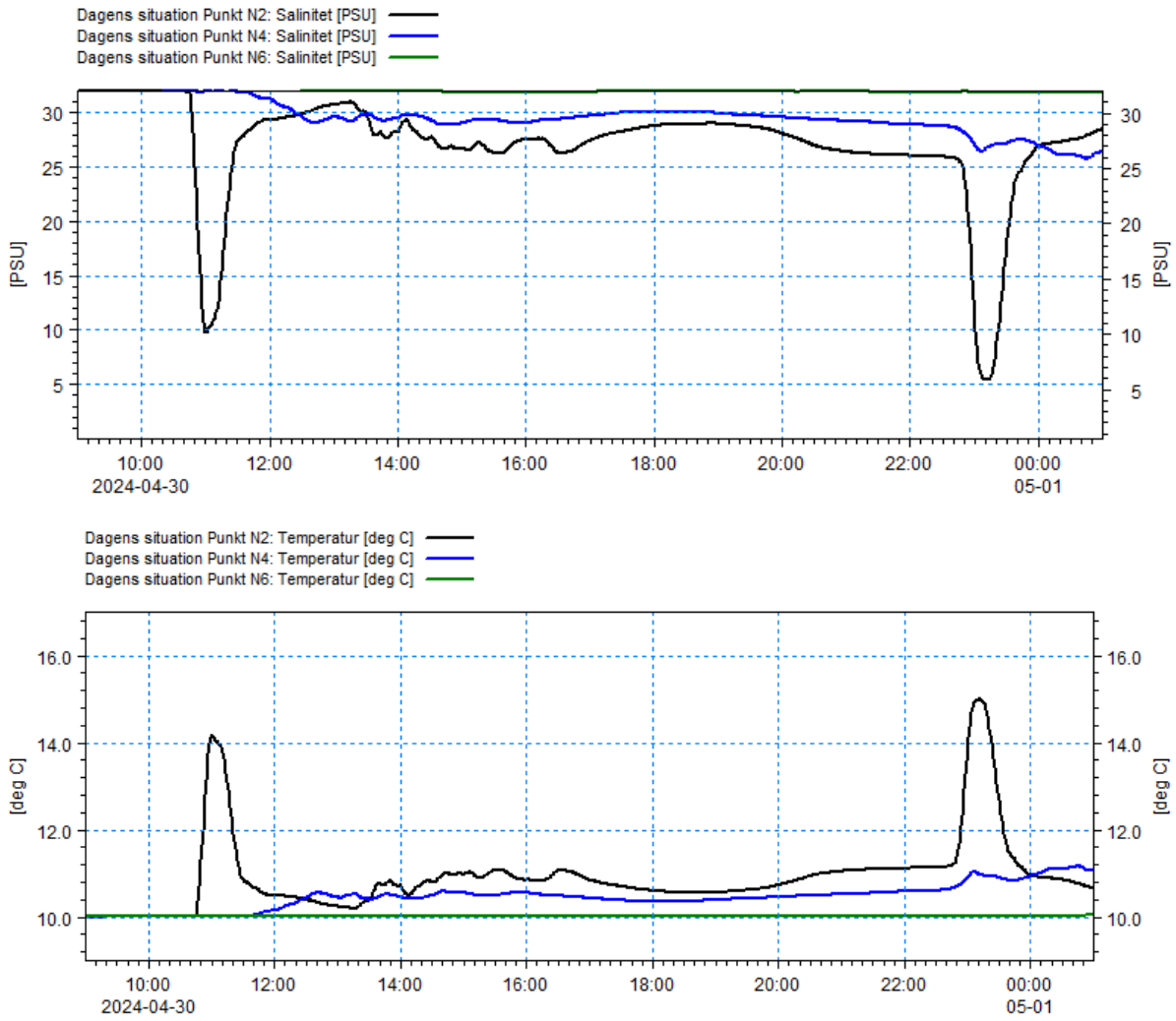


Figur 6-18: Vertikalt snit, der viser variationen af saliniteten igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 6-2 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) (*øverst*) samt til et tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00) (*nederst*).

De tidsmæssige variationer af salinitets- og temperaturforholdene i det gamle udløb fra Stjørdalselva hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn er vist på figur 6-19 og figur 6-20. Udtrækspositionerne er vist på figur 6-2.

Det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn er domineret af forholdene i Trondheimfjorden med relativ høj salinitet og temperatur som i Trondheimfjorden. I perioder kommer, der en påvirkning af ferskt vand fra Gråelva, primært i punkt N2, der er beliggende nærmest Gråelva.

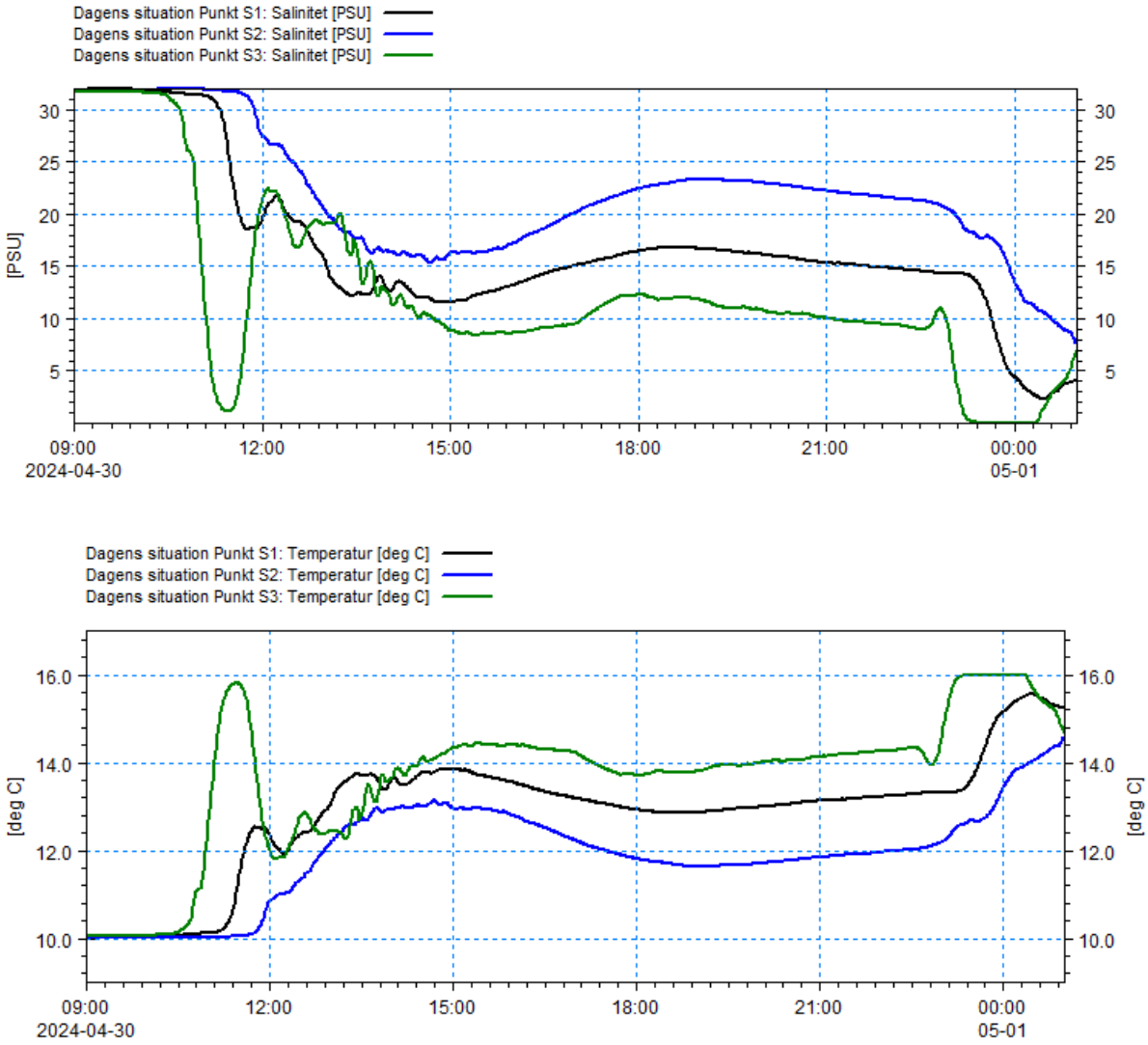
Confidential



Figur 6-19: Salinitets- (øverst) og temperaturvariationer (nederst) for tre punkter i det gamle udløb af Stjørdalselva nord for Trondheim Lufthavn, Udtrækspositionerne er vist på figur 6-2. Resultaterne er repræsentative for dybdemidlede forhold. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Variationerne i salinitets- og temperaturforholdene i det gamle udløb af Stjørdalselva, der ligger syd for Trondheim Lufthavn er vist gennem en tidevandsperiode for tre punkter i figur 6-20, positionen af punkter fremgår af figur 6-2 samt af snit ved tidsserierne.

Området syd for Trondheim Lufthavn er relativt dynamisk og der er stor variation i salinitets- og temperaturforholdene både tidsmæssigt og geografisk i området. Tidsserieplottene viser, at der midt i vandsøjlen til tidspunktet kl. 21:00 forekommer en forskel på 13 PSU i de tre punkter, da der i punkt S2 er 23 PSU, mens der i punkt S1 er 10 PSU. Den geografiske variation fremgår også af areal-plottene på figur 6-11 - figur 6-14.



Figur 6-20: Salinitets- (øverst) og temperaturvariationer (nederst) for tre punkter i det gamle udløb af Stjørdalselva syd for Trondheim Lufthavn. Resultaterne er repræsentative for dybdemidlede forhold. Udtrækspositionerne er vist på figur 6-2. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

6.2 Modelresultater for nuværende forhold - ekstrem vandføring i Stjørdalselva

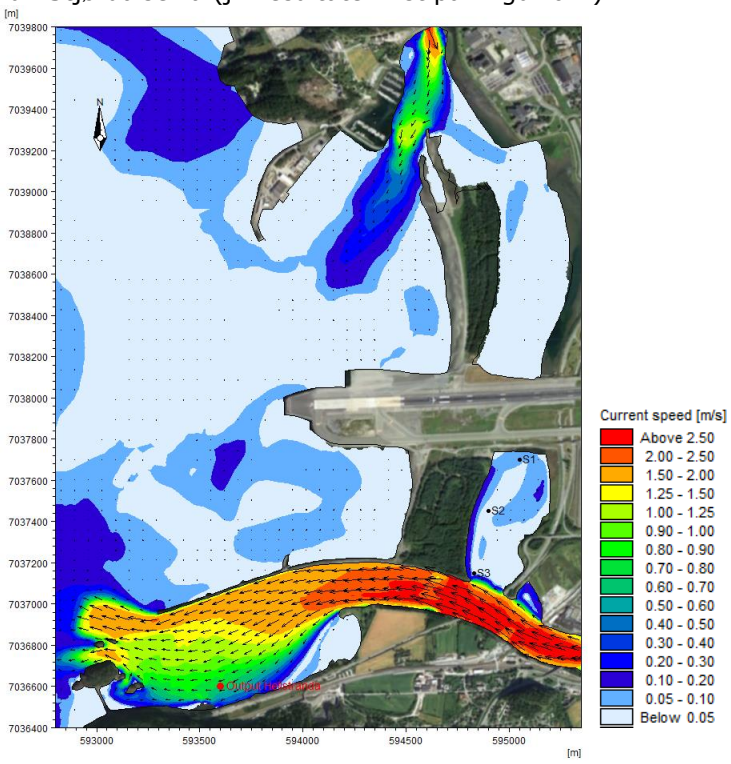
I forbindelse med flom er vandføringen i Stjørdalselva signifikant højere end under normale forhold (jf. afsnit 3), hvilket blandt andet medfører højere vandstand og potentielt ændrede hydrauliske forhold i Hellstranda-området. I perioder med ekstrem vandføring fra Stjørdalselva kan der forventelig også forekomme en påvirkning af de lokale dybdeforhold (erosion) pga. de høje strømhastigheder.

Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, ekstrem vandføring i Stjørdalselva svarende til en 200 års hændelse (1976 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest). I modelberegningerne er antaget at vandføringen i Stjørdalselva er konstant i hele simuleringsperioden.

6.2.1 Lokale strømforhold

I det følgende præsenteres de modellerede strømforhold ved Hellstranda under en 200 års flomsituation for de nuværende forhold. Disse forhold danner grundlag for sammenligning med modelresultater for den fremtidige situation – med effekten fra etablering af E6. Da variationer i dybdeforhold, som følge af ekstrem vandføring i Stjørdalselva ikke kendes, tages der udgangspunkt i de dybdeforhold, der er opmålt i 2024, jf. afsnit 4.1.1.

Et øjebliksbillede af de dybdemidlede strømforhold under aftagende vandstand i Trondheimfjorden for 200-års flomsituationen er vist i figur 6-21. Som det fremgår, ses de højeste strømhastigheder fortsat i den dybde rende langs dækmolen (jf. afsnit 6.1). Flomsituationen medfører dog markant højere strømhastighed i hele området, herunder langs kysten, sammenlignet med de mere normale vandføringsforhold i Stjørdalselva (jf. resultater vist på i figur 6-4).

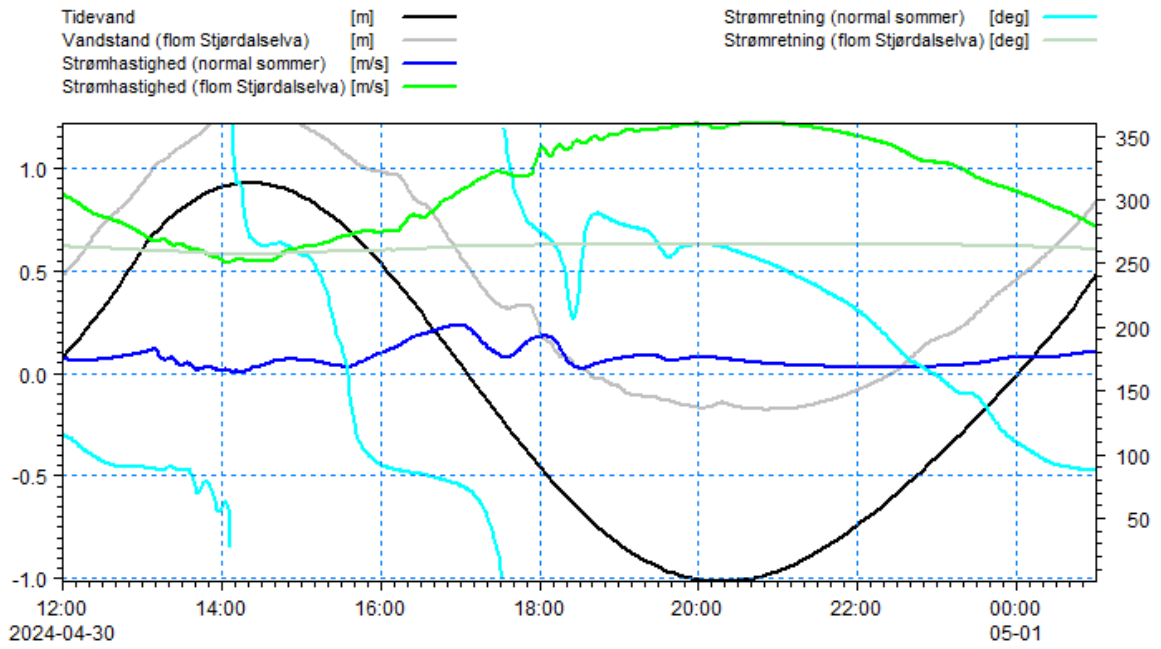


Figur 6-21: Dybdemidlede strømforhold ved Hellstranda for en situation med ekstrem vandføring i Stjørdalselva (flom situation) ca. svarende til en 200-års returperiode. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Som nævnt vurderes, at de relativt høje lokale strømhastigheder ved Hellstranda, der opstår under ekstreme flom-hændelser, vil kunne påvirke de lokale vanddybder (og dermed også strømhastighederne), som følge af en midlertidig forøgelse af sedimenttransporten. Der vurderes derfor, at der kan forekomme en vis dynamik i de lokale dybdeforhold ved Hellstranda, som følge af varierende strømforhold under både normale og ekstreme vandføringssituationer i Stjørdalselva. Dette kan dog ikke verificeres, da det ville kræve løbende dybdemonitorering, data, der ikke er tilgængelige. Der er derfor forudsat tilsvarende dybdeforhold i modelberegningerne for både nuværende og fremtidige forhold, hvormed en relativ sammenligning er muligt.

De tidsmæssige variationer i lokale strømforhold under en ekstrem 200-års flom i et punkt ved Hellstranda er vist i figur 6-22. Figuren viser desuden strømforholdene under en normal sommervandføring fra Stjørdalselva. Ved sammenligning ses, at flomsituationen medfører en konstant vestgående strøm og væsentlig højere strømhastigheder sammenlignet med forholdene under en normal sommervandføring.

Confidential



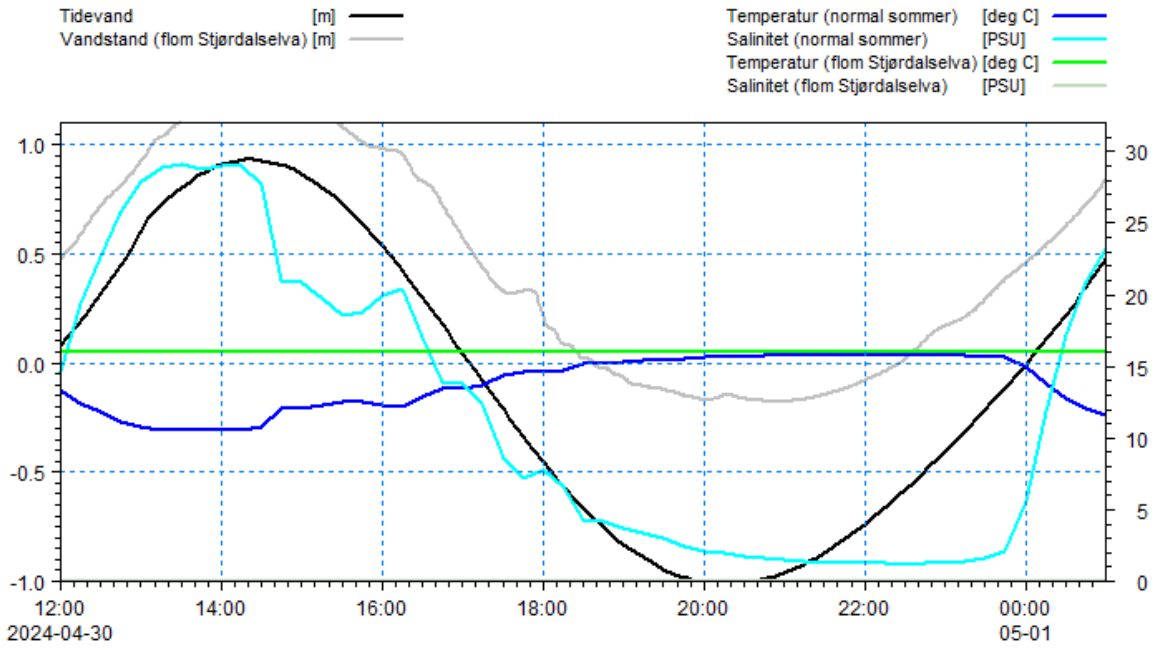
Figur 6-22: Tidsserie, der viser variationen i strømforholdene i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6, se position på figur 6-2. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva samt for et scenarie der svarer til en 200-års flom i Stjørdalselva. Strømretning er "gående mod". Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Vandstanden i Hellstranda-området kan i perioder med ekstrem flom også være højere end vandstanden ude i Trondheimfjorden. Dette ses ligeledes i figur 6-22, hvor vandstanden i for normale forhold er vist med sort og vandstanden ifm. den ekstreme flomsituation i punktet ud for opfyldningsområdet er vist med grå.

6.2.2 Salinitets- og temperaturforhold

Under flom er også temperatur- og salinitetsforholdene i Hellstranda-området domineret af Stjørdalselva. Dette fremgår af figur 6-23, hvor temperatur- og saliniteten i et punkt umiddelbart udenfor det planlagte opfyldningsområde ved E6 viser, at der under flom er konstant salinitet og temperatur svarende Stjørdalselva's.

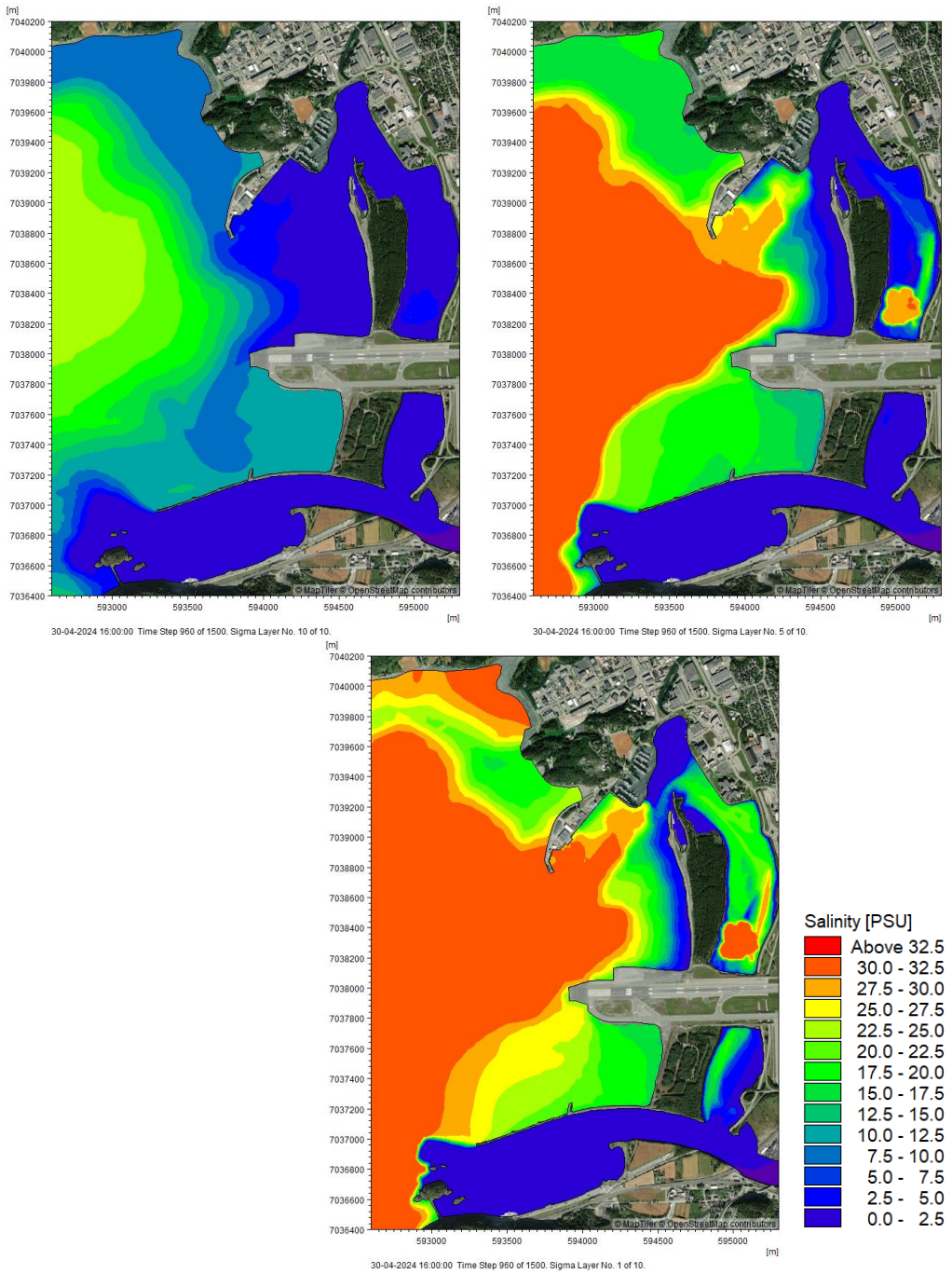
Confidential



Figur 6-23: Tidsserie, der viser variationen i temperatur og salinitet i et punkt umiddelbart ud for det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva samt ekstrem 200-års flomsituation i Stjørdalselva. Output punkt er illustreret i figur 6-2. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Øjebliksplots af saliniteten til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden i toppen, midten og nederst i vandsøjlen er vist på figur 6-24. Heraf ses, at det ferske vand dominerer den øvre del af vandsøjlen også i den inderste del af Trondheimfjorden, mens det marine (mere saline vand) dominerer den nederste del af vandsøjlen. Dog er både Hellstranda og det gamle udløb nord og syd for Trondheim Lufthavn i høj grad præget af tilførslen af ferskvand fra hhv. Stjørdalselva og Gråelva.

Confidential



Figur 6-24: Geografisk variation af salinitet i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*), midten af vandsøjlen (*højre*) og i bunden af vandsøjlen (*nederst*) til et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende vandstand i Trondheimfjorden. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en flomhændelse med en returperiode på ca. 200 år. Baggrundskort fra (DHI, 2025).

6.3 Modelresultater for nuværende forhold - inkl. Tiltag C1 for øget vandudskiftning i det gamle elvudløb nord for Trondheim Lufthavn

Der er gennemført modelberegninger for nuværende forhold inkl. en rørgennemføring under Trondheim Lufthavn ift. at undersøge om det kan have en positiv effekt på vandudskiftningen i det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn, jf. afsnit 5.1.4.

Confidential

Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsstyrede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest).

Modelberegningerne er gennemført for følgende varianter af rørgennemføringerne og sammenholdes med resultaterne for de nuværende forhold:

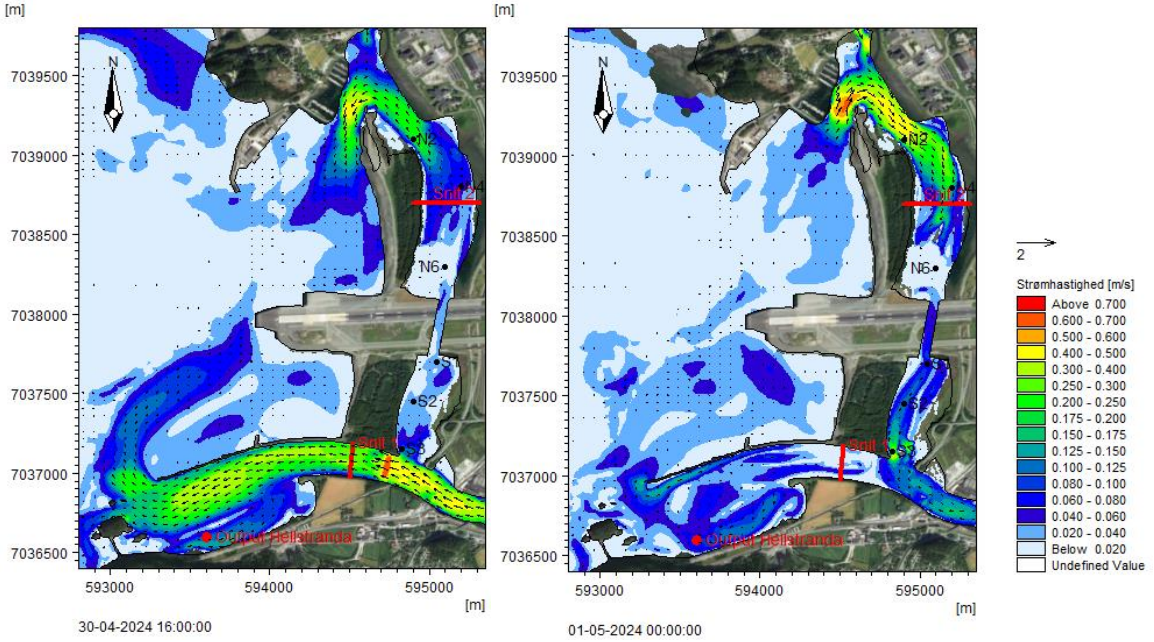
- 1 rør med bund i kote 0 m
- 1 rør med bund i kote -1m Rør-diameteren = 2 m
- 3 rør med bund i kote -1m

Der er ikke gennemført en optimering af løsningerne ift. at opnå størst effekt for øget vandudskiftning, men alene set på effekten af udvalgte løsninger med rørgennemføringer.

De lokale dybdeforhold i dele af området nord for Trondheim Lufthavn kendes ikke og er derfor baseret på antagelser og estimater. Afvigelser fra de antagede vanddybder kan have en påvirkning af effekten af løsningen og bør undersøges nærmere i en senere fase, hvis der ønskes en løsning til forbedring af vandudskiftningen med rørgennemføringer under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn. Desuden bør løsningen optimeres ift. vedligehold, da en evt. tilstopning af rørene grundet fx sedimentation vil påvirke effekten.

6.3.1 Lokale strømforhold

Areal plot af strømhastigheder for Tiltag C1 for modellen med 3 rør med bund i kote -1m er vist på figur 6-25 til to tidspunkter med hhv. faldende og stigende vandstand i tidevandscyklus, jf. tidevandscyklus og markeringerne på figur 6-1. Bemærk, at det i plottet ser det ud til, at det er en åben forbindelse/kanal, der forbinder de to områder nord og syd for landingsbanen, men det er kun visuelt/modelteknisk. Løsningen er modelleret som en kulvert med 1-3 rør med en diameter på 2 m, som eneste mulighed for udveksling af vand mellem de to områder.

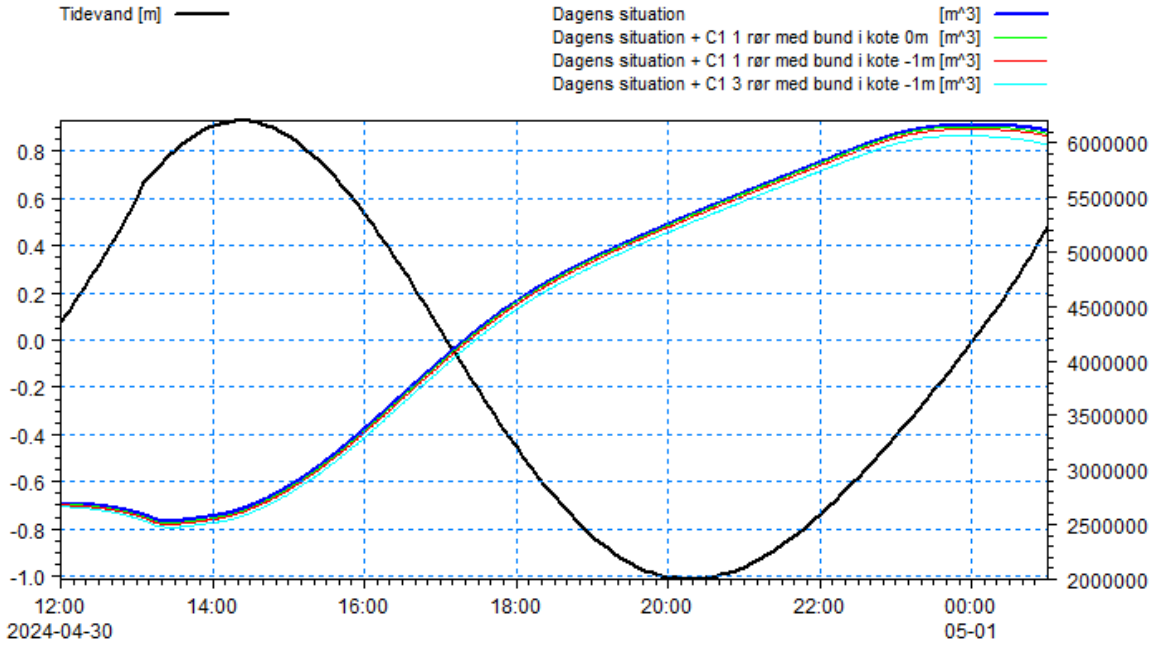


Figur 6-25: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. Tiltag C1 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m til et tidspunkt med aftagende tidevand (venstre) og tiltagende tidevand (højre). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Desuden er markeret punkter og snit, hvor der er udtrukket tidsserier for sammenligning af scenarier, positionerne er de samme som der er markeret på figur 6-2.

Confidential

6.3.2 Vandføring

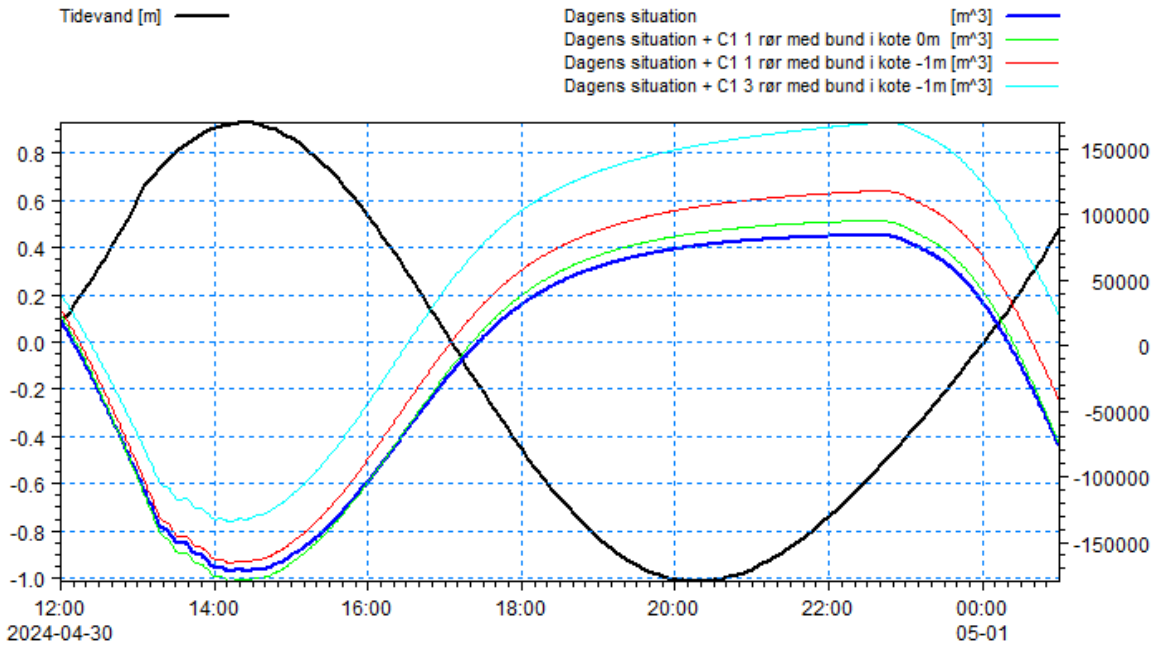
Den akkumulerede vandføring i snit 1 (ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda, se position af snit 1 på figur 6-2) for nuværende forhold samt for undersøgte varianter for forbedring af vandudskiftning via rørføring under Trondheim Lufthavn (Tiltag C1) fremgår af figur 6-26. Heraf ses det, at der i snit 1 kun forekommer en mindre påvirkning af vandføringen. Størst påvirkning er for varianten med tre rørføringer, hvor den maksimale akkumulerede vandføring i simuleringsperioden er reduceret mindre end 2% og mindst påvirkning er for varianten med 1 rør med bund i kote 0.



Figur 6-26: Akkumuleret vandføring i snit 1 ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Den akkumulerede vandføring i snit 2 (i det gamle elv-udløb nord for landingsbanen), se position af snit 2 på figur 6-2, er vist på figur 6-27. Heraf fremgår det, at der sker en påvirkning af vandføringen gennem snit 2. Størst påvirkning er for varianten med tre rørføringer, hvor den maksimale akkumulerede vandføring mod Trondheimfjorden i perioder er fordoblet indenfor en tidevandsperiode og mindst påvirkning er for varianten med 1 rør med bund i kote 0 m. I perioder med indadgående strøm (tiltagende vandstand i Trondheimfjorden og aftagende akkumuleret vandføring) er vandføringen gennem snittet reduceret, hvilket forventelig skyldes, at der sker en tilstrømning til området både fra nord (om Langøra nord) og via rørene kombineret med de lidt komplekse strømforhold i et område med lav vanddybde og kyststrækninger på begge sider, med ujævn kyststrækning.

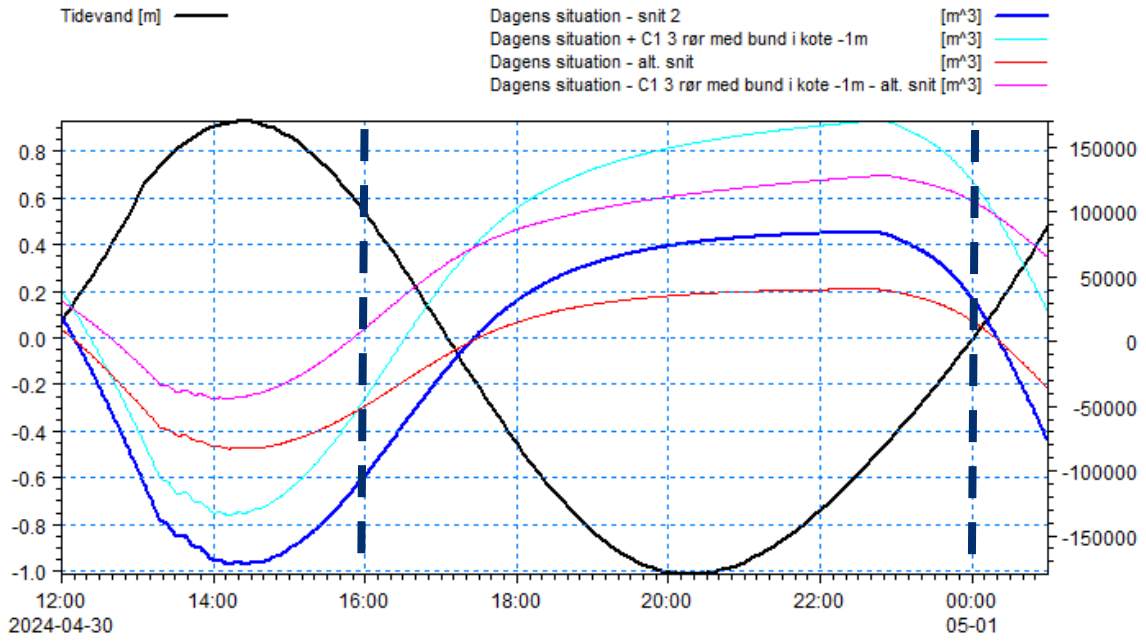
Confidential



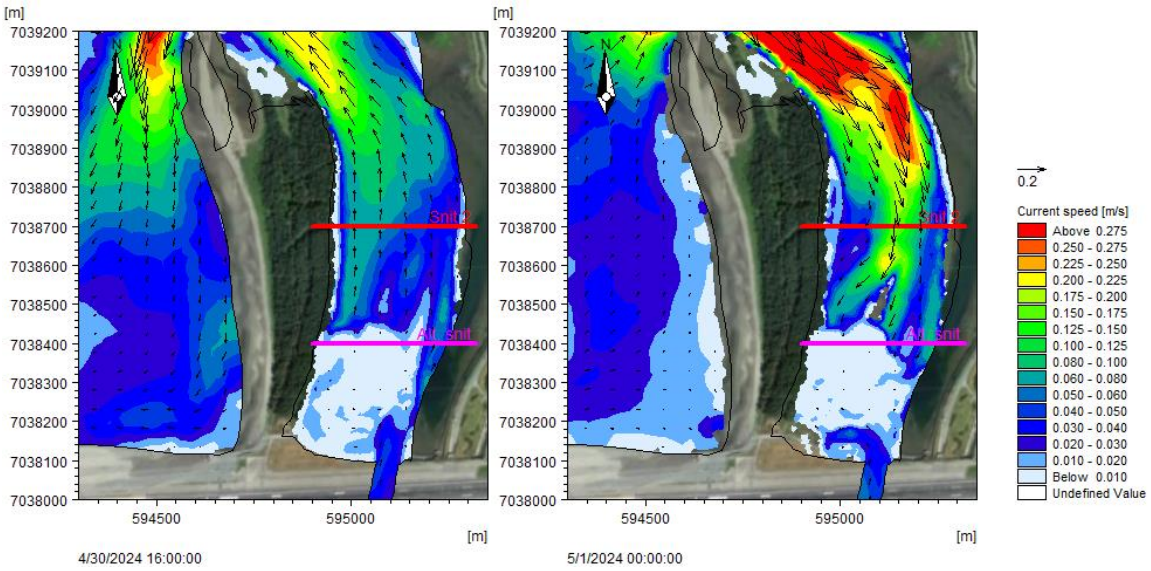
Figur 6-27: Akkumuleret vandføring gennem snit 2 i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn for de nuværende forhold med og uden varianterne af Tiltag C1. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Grundet de komplekse strømforhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn vil den akkumulerede vandføring gennem et snit afhænge af snittets placering, se vandføringen gennem snit 2 og et alternativt snit på figur 6-28 for hhv. de nuværende forhold med og uden Tiltag C1 (3 rør) samt et øjebliksplot af strømforholdene samt markeringen af det alternative snit på figur 6-29. Betragtes den akkumulerede vandføring gennem et snit, der er placeret nærmere Trondheim Lufthavn, så betyder lokale returstrømninger og strømskel, at vandføringen gennem dette snit er lavere sammenlignet med vandføringen gennem snit 2, men der vil stadig forekomme en forøgelse af vandføringen ved at etablere en rørunderføring, hvormed udveksling mellem området syd og nord for Trondheim Lufthavn muliggøres.

Øjebliksplottene viser også at der både ifm. udad- og indadgående strømning (figur 6-29) sker en tilstrømning fra det gamle elv-udløb syd for landingsbanen via rørføringen. Dette skyldes, at Stjørdalselva tilfører vand til dette område, hvormed vandstanden generelt er højere her.



Figur 6-28: Akkumuleret vandføring i to snit nord for Trondheim Lufthavn. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. De stiplede linjer markerer tidspunktet for øjebliksbillederne i figur 6-29, med hhv. aftagende vandstand i Trondheimfjorden og dermed udadgående strømning og stigende akk. vandføring og stigende vandstand i Trondheimfjorden og dermed indadgående strømning og faldende akk. vandføring. Vertikalreference for vandstand er NN2000.



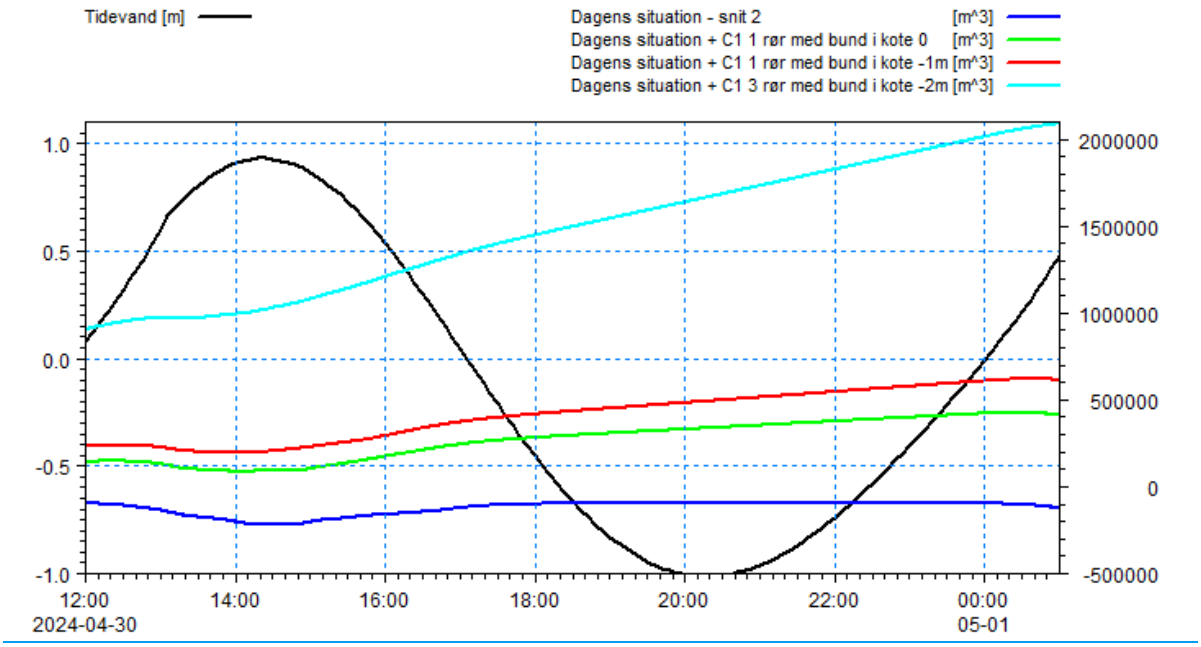
Figur 6-29: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C1 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (venstre) og tiltagende tidevand (højre). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Desuden er markeret punkter og snit, hvor der er udtrukket tidsserier for sammenligning af scenarier. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Indvirkning på vandføring under en ekstrem flomsituation

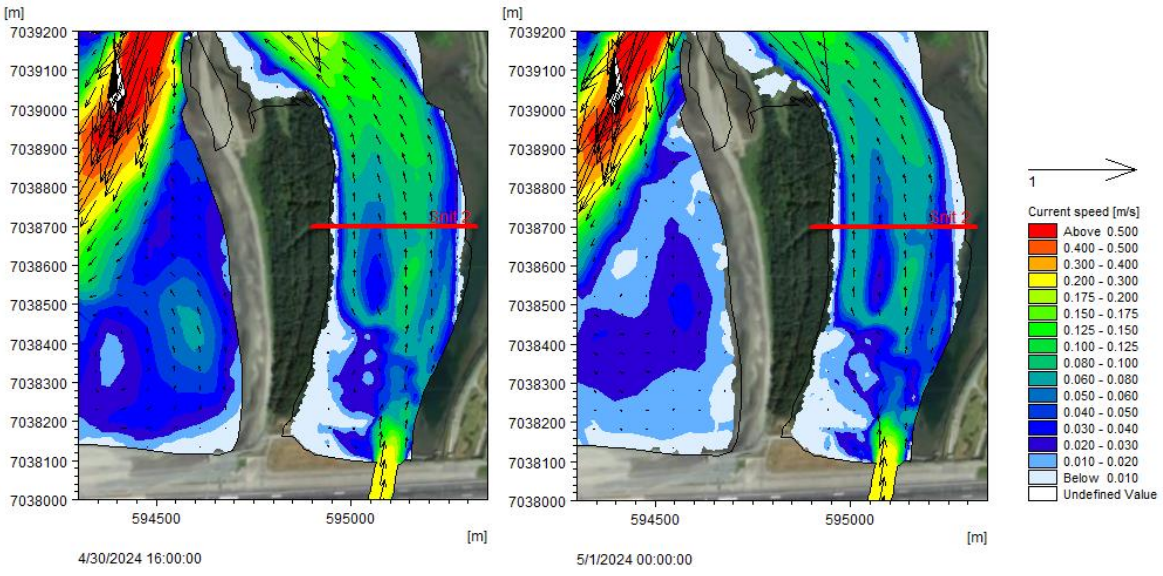
For den ekstreme flom-situation er vandføringen gennem snit 2, der er beliggende i det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn, (se position af snit 2 på figur 6-2) vist på

figur 6-30. Heraf fremgår det, at også ifm. ekstreme vandføringer i Stjørdalselva vil der forekomme en øget vandudskiftning i den del af det gamle elvudløb, der ligger nord for

Trondheim Lufthavn, som følge af vandudvekslingen mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn. Øjebliksbillede af strømforholdene er vist på figur 6-31.



Figur 6-30: Akkumuleret vandføring gennem snit 2 i det lavvandede område i det gamle udløb af Stjørdalselva nord for Trondheim Lufthavn. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden.

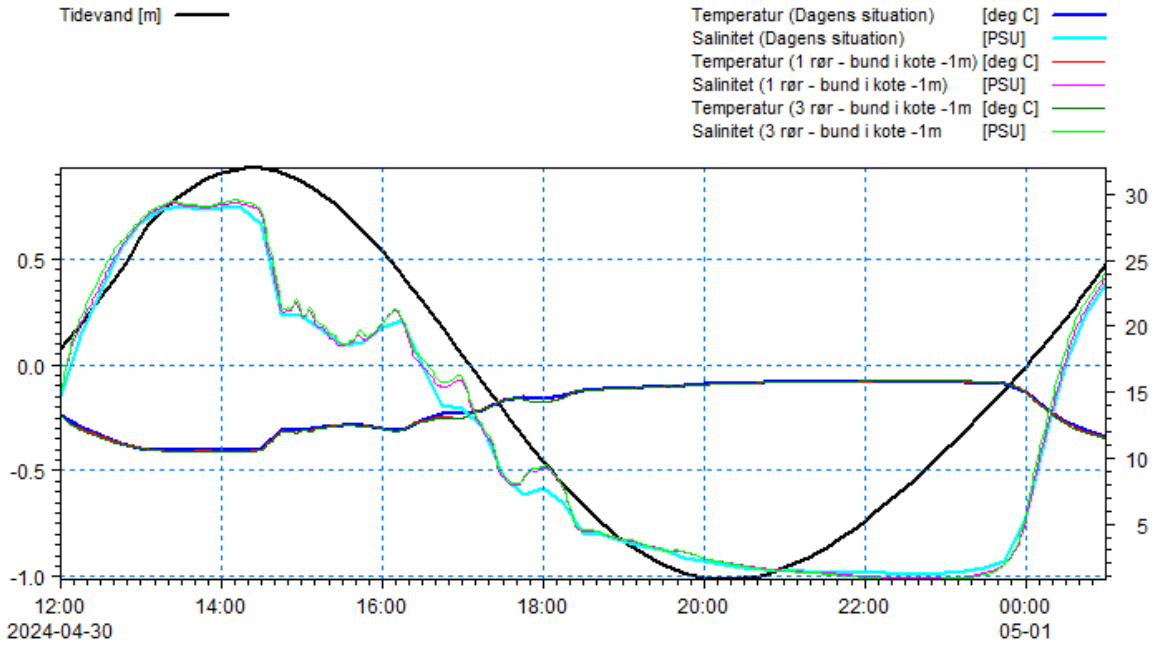


Figur 6-31: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C1 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (*venstre*) og tiltagende tidevand (*højre*) for scenariet med ekstrem vandføring i Stjørdalselva, svarende til en flom med en returperiode på 200 år. Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

6.3.3 Temperatur- og salinitetsforhold

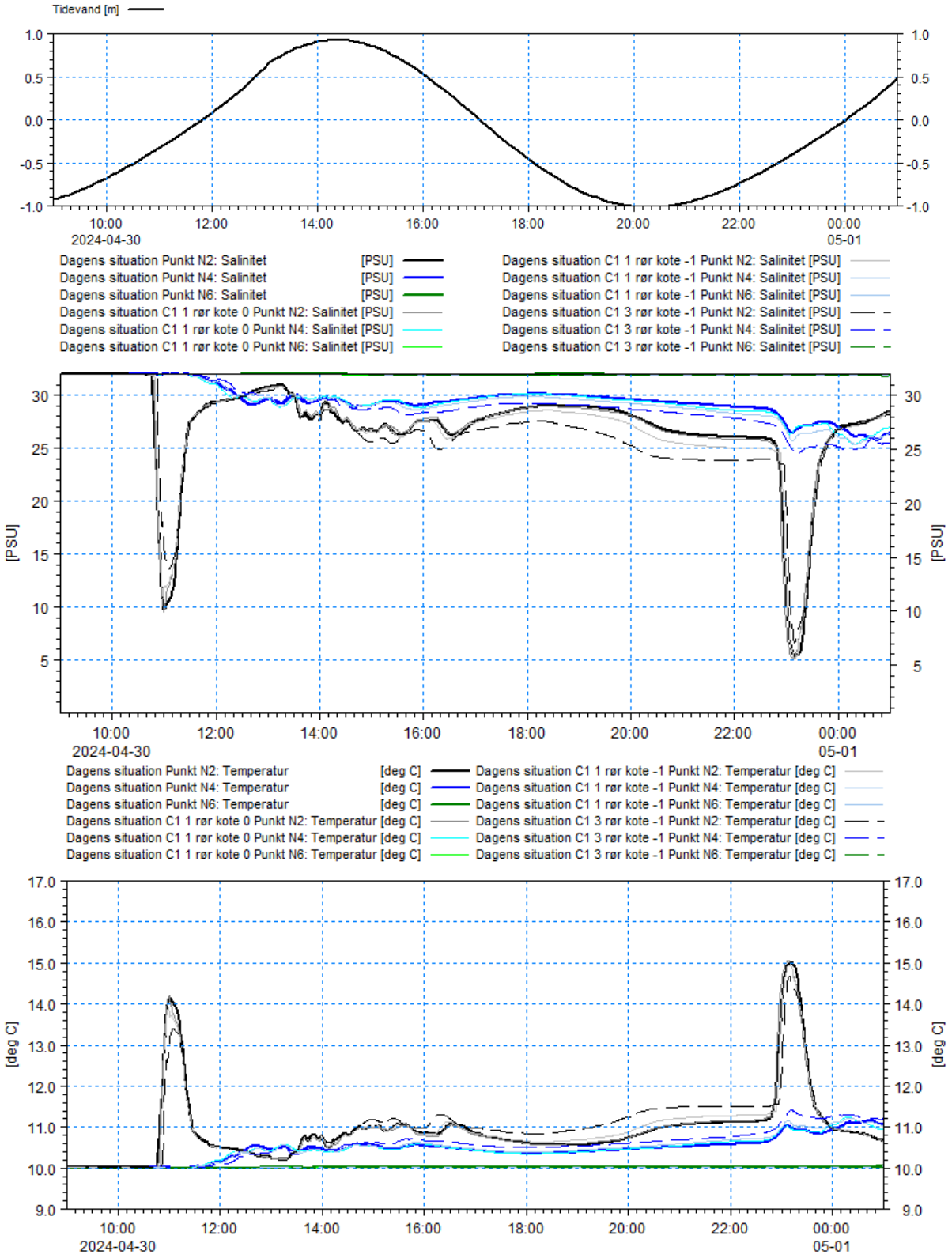
Variationer i temperatur- og salinitetsforholdene i et punkt ved Hellstranda ud for E6 udvidelsen er vist på figur 6-32. Heraf ses, at salinitet og temperatur i det lavvandede område ikke forventes at blive påvirket signifikant af etablering af tiltag C1.



Figur 6-32: Tidsserie af temperatur- og salinitetsforholdene i output punktet i det lavvandede område ud for E6 udbygningen for hhv. dagens situation samt tiltag C1 med varierende antal rørgennemføringer og bundkote for rørene. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

De tidsmæssige variationer i salinitet og temperatur i det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn er vist i figur 6-33 for tre punkter, se positionen af punkterne på figur 6-2. Figuren viser, at en vandudveksling mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn vil medføre en mindre påvirkning af både salinitet og temperatur. Dette skyldes, at vandet syd for Trondheim Lufthavn i perioder er præget af tilstrømningen af ferskvand fra Stjørdalselva. Tiltag C1 vil dermed forventelig medføre en reduktion af saliniteten i den gamle del af elv-udløbet, der ligger nord for Trondheim Lufthavn. Den største påvirkning (af de undersøgte varianter) ses ved etablering af tre rør med bund i kote -1m, mens den mindste påvirkning forekommer ved én rørføring med bund i kote 0 m.

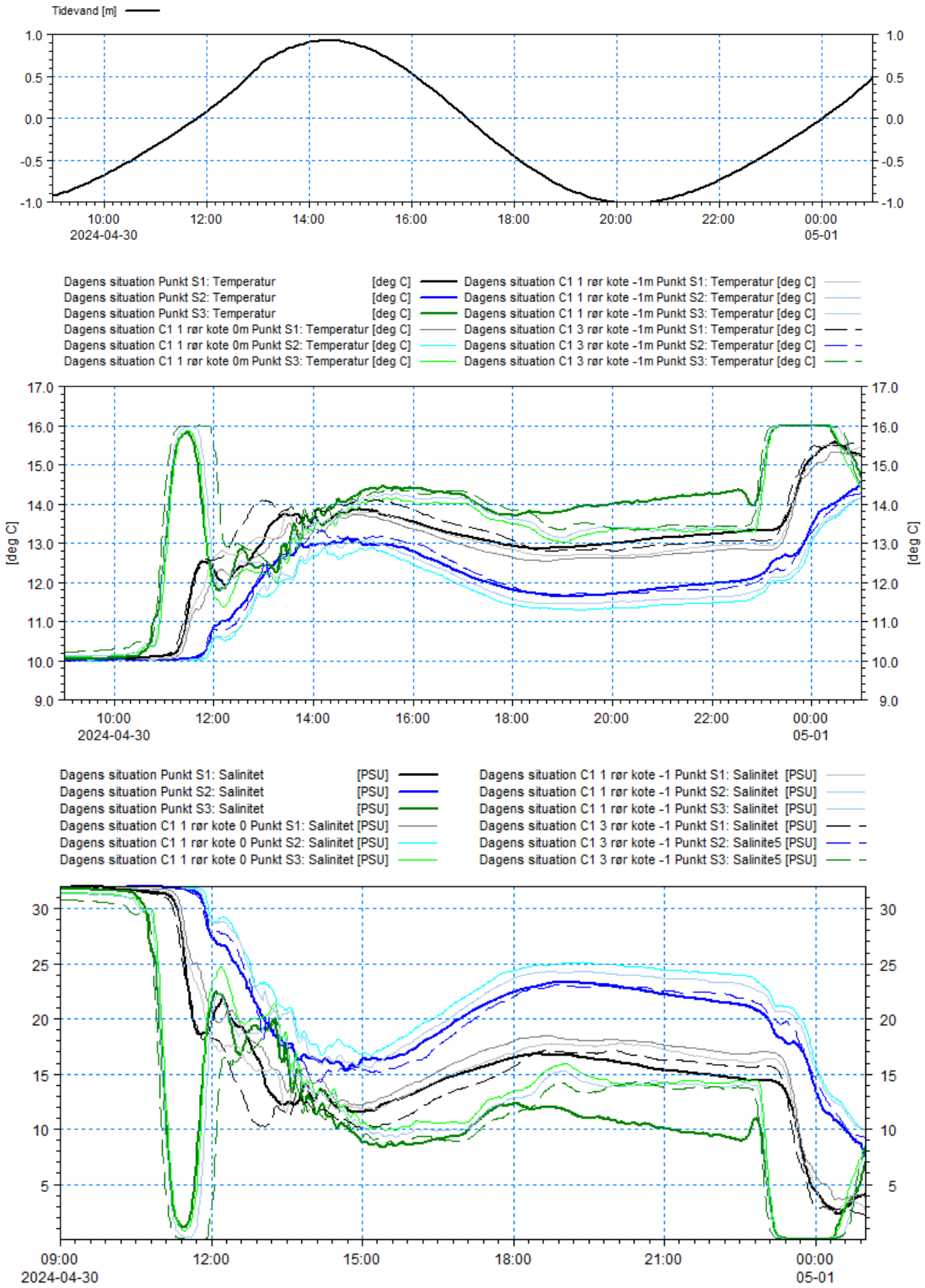
Confidential



Figur 6-33: Tidsserie af vandstand i Trondheimfjorden (*øverst*), saliniteten (*midt*) og temperaturen (*nederst*) i tre punkter i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

De tidsmæssige variationer og påvirkninger af salinitet og temperatur i området syd for Trondheim Lufthavn er vist på figur 6-34. Generelt er området dynamisk med store variationer i temperatur og salinitet, afhængig af om det er forholdene i Trondheimfjorden eller Stjørdalselva, der dominerer. En åbning for udveksling af vand mellem området hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn vil påvirke saliniteten og temperaturen. Ændringerne er dog små sammenlignet med den store naturlige variation, der forekommer i området indenfor en normal tidevandsperiode.



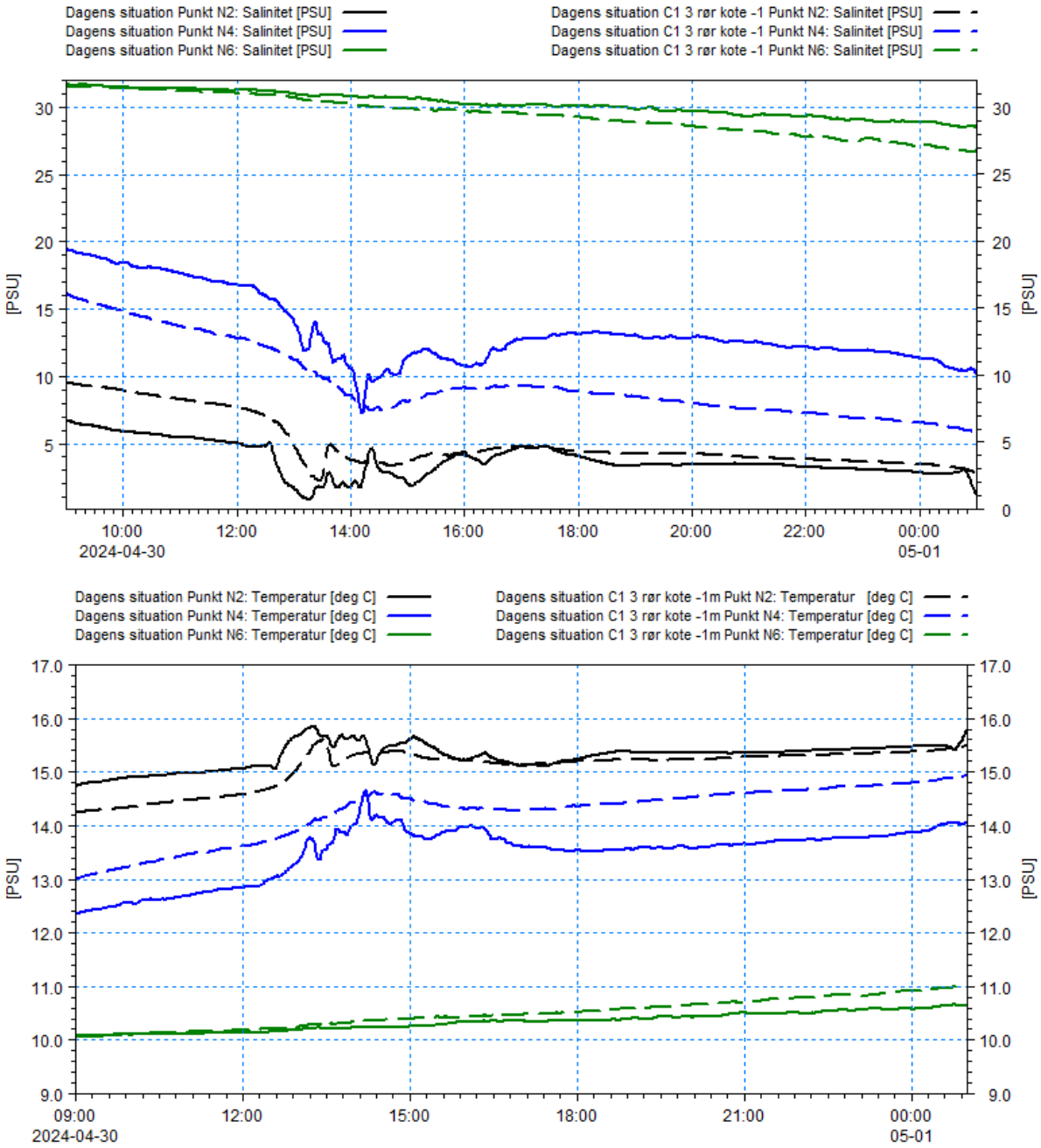
Figur 6-34: Tidsserie af vandstand i Trondheimfjorden (øverst), salinitet (midt) og temperatur (nederst) i tre punkter i området syd for Trondheim Lufthavn. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Confidential

Indvirkning på temperatur og salinitet under en ekstrem flomsituation

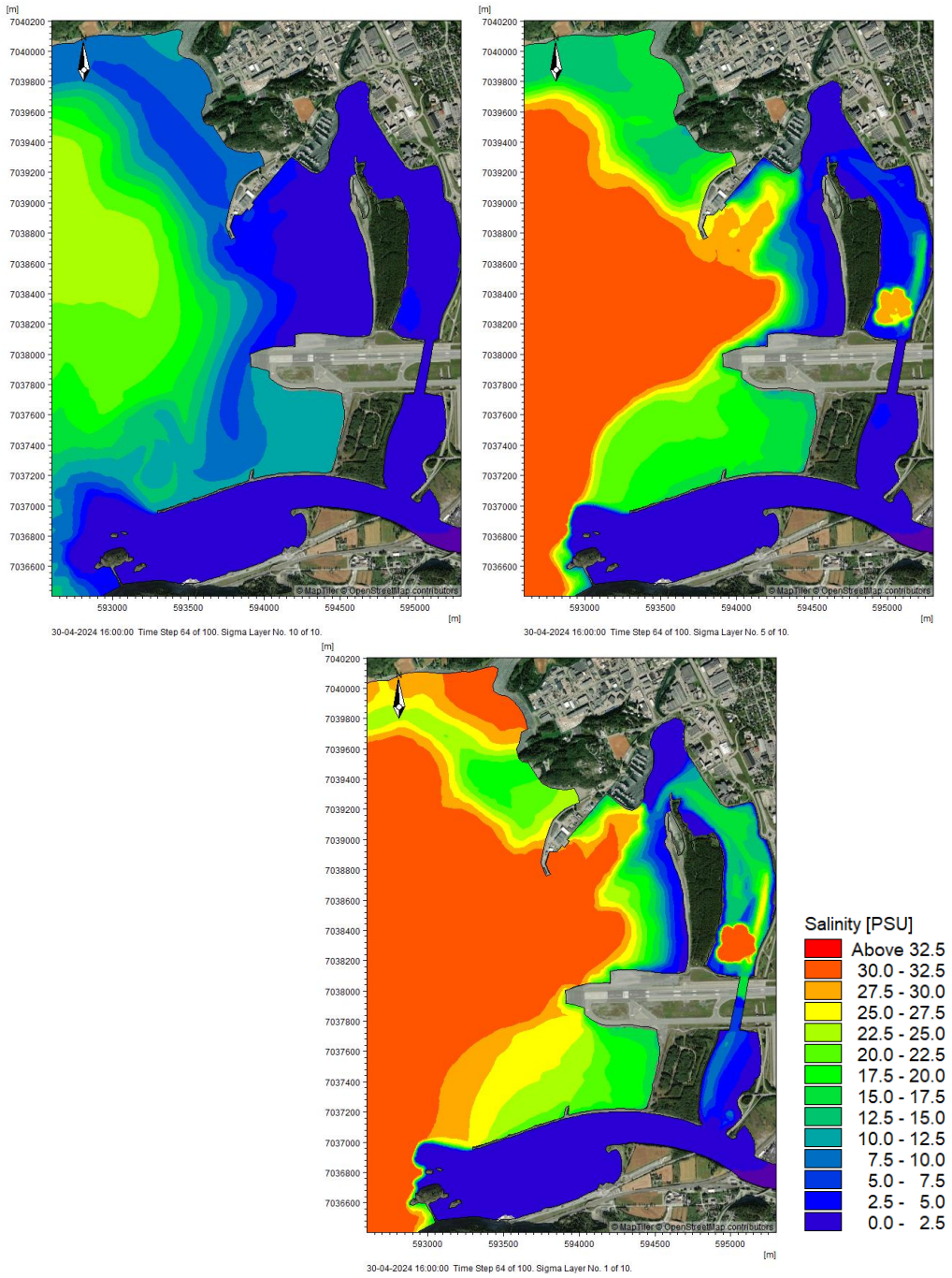
De tidsmæssige variationer i salinitet og temperatur i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn under en ekstrem flomhændelse er illustreret i figur 6-33 for de nuværende forhold med og uden Tiltag C1. Heraf fremgår det, at en mulig vandudveksling mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn (Tiltag C1) vil medføre en mindre påvirkning af saliniteten og temperatur idet der tilføres vand fra området syd for Trondheim Lufthavn, der i høj grad er domineret af Stjørdalelva under flom.

I det gamle elv-udløb nord for Trondheim er der en ferskvandstilførsel fra Gråelva.



Figur 6-35: Tidsserie af salinitet (øverst) og temperatur (nederst) i tre punkter i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn for scenariet med flom for nuværende forhold med og uden Tiltag C1. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen.

Øjebliksplots af saliniteten til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden i toppen, midten og nederst i vandsøjlen er vist på figur 6-36. Ved en sammenligning med de tilsvarende resultater i figur 6-24, for de nuværende forhold uden Tiltag C1 ses det, at der generelt sker en reduktion af saliniteten, primært i de nedre dele af vandsøjlen, da den øverste del også uden Tiltag C1 er domineret af det ferske vand.



Figur 6-36: Variation af salinitet i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*), midten af vandsøjlen (*højre*) og i bunden af vandsøjlen (*nederst*) til et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende tidevand i Trondheimfjorden for nuværende forhold inkl. Tiltag C1 med 3 rør. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til flom med en returperiode på ca. 200 år. Baggrundskort fra (DHI, 2025).

Confidential

6.4 Modelresultater for nuværende forhold – inkl. Tiltag C2 for øget vandudskiftning i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn

Der er gennemført modelberegninger for nuværende forhold inkl. rørgennemføringer gennem halvøen Langøra nord ift. at undersøge om det kan have en positiv effekt på vandudskiftningen i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn, jf. afsnit 5.1.4.

Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest).

Modelberegningerne er gennemført for følgende varianter af rørgennemføringerne og sammenholdes med resultaterne for de nuværende forhold:

- 1 rør med bund i kote 0 m
- 1 rør med bund i kote -1m Rør-diameteren = 2 m
- 3 rør med bund i kote -1m

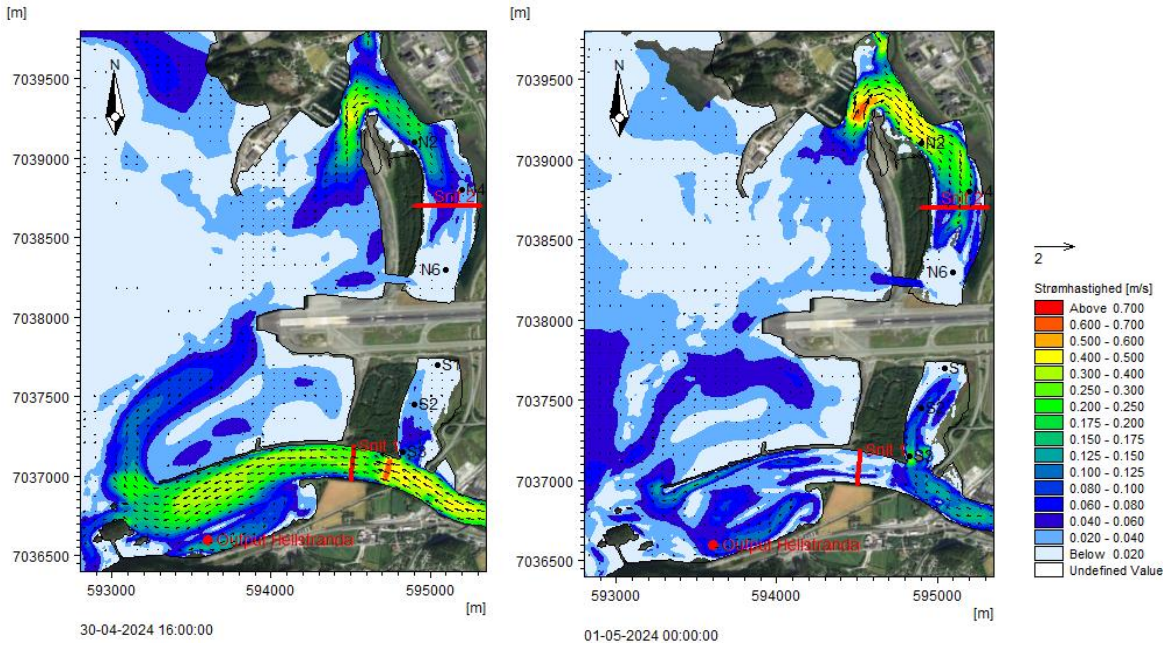
Der er ikke gennemført en optimering af løsningerne ift. at opnå størst effekt for øget vandudskiftning, men alene set på effekten af udvalgte løsninger med rørgennemføringer.

De lokale dybdeforhold i dele af området nord for Trondheim Lufthavn kendes ikke og er derfor baseret på antagelser og estimater. Afvigelser herfra kan have en påvirkning af effekten af løsningen og bør undersøges nærmere i en senere fase, hvis der ønskes en løsning til forbedring af vandudskiftningen med rørføringer gennem Langøra nord. Desuden bør løsningen optimeres ift. vedligehold, da en evt. tilstopning af rørene grundet fx sedimentation reducerer effekten.

6.4.1 Lokale strømforhold

Øjebliksplot af strømhastigheder for tiltag C2 for modellen med 3 rør med bund i kote -1m er vist på figur 6-37 til to tidspunkter med hhv. faldende og stigende vandstand i tidevandscyklus, jf. tidevandscyklus og markeringerne på figur 6-1. Bemærk, at det i plottet ser det ud til, at det er en åben kanal, der forbinder de to områder, men det er kun visuelt/modelteknisk. Det er modelleret som en kulvert med 1-3 rør med en diameter på 2 m som eneste mulighed for udveksling af vand mellem de to områder.

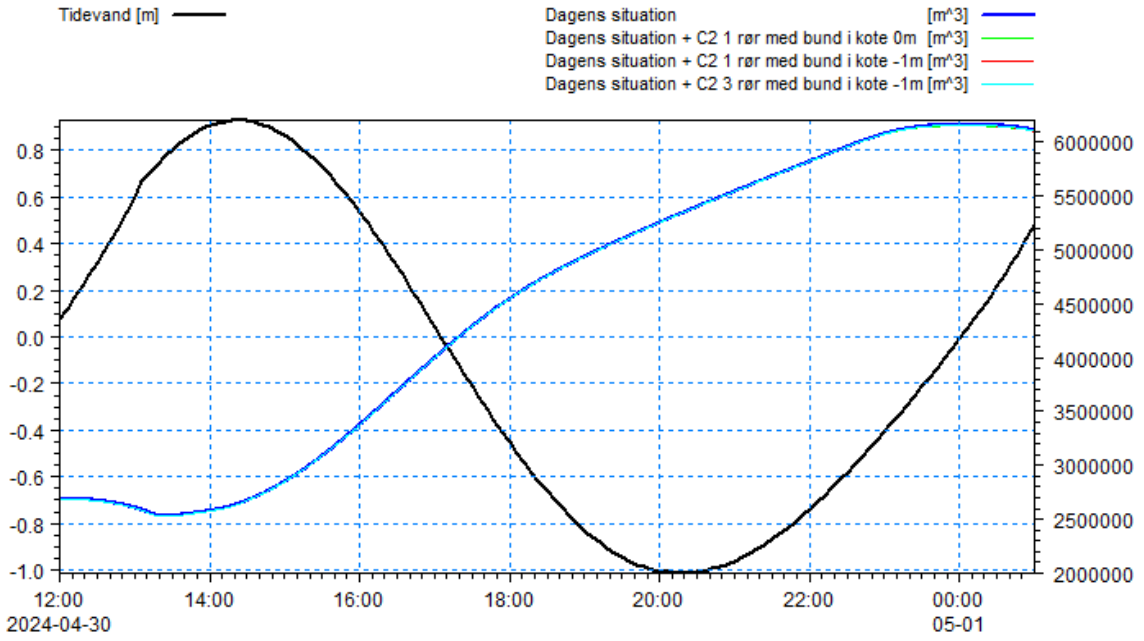
Confidential



Figur 6-37: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C2 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (*venstre*) og tiltagende tidevand (*højre*). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Desuden er markeret punkter og snit, hvor der er udtrukket tidsserier for sammenligning af scenarier. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

6.4.2 Vandføring

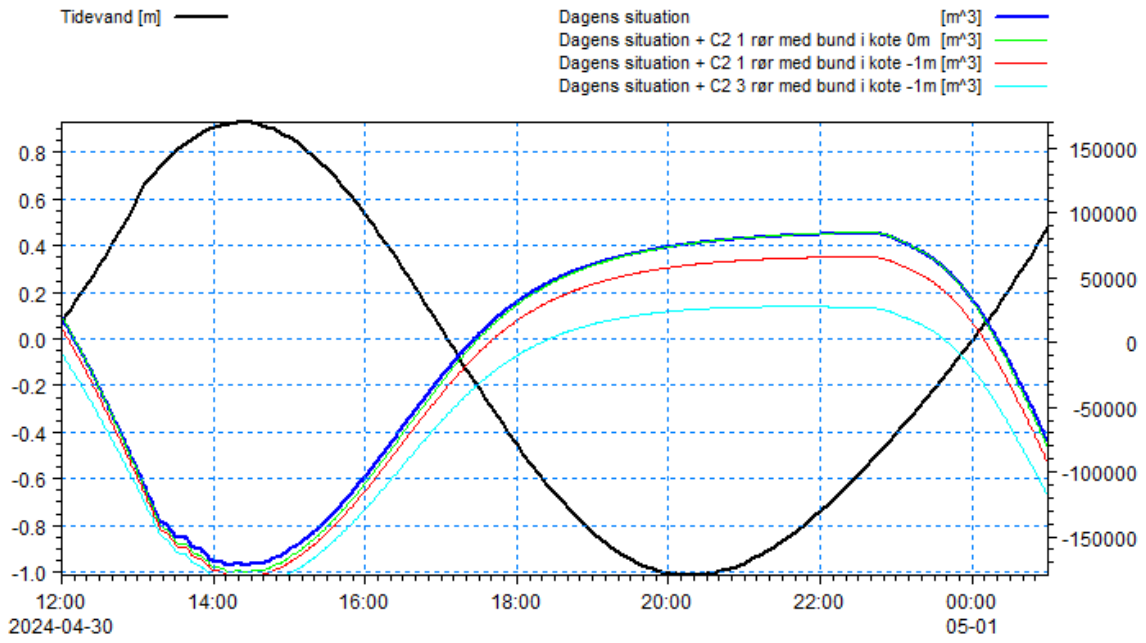
Den akkumulerede vandføring i snit 1 (ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda, se position af snit 1 på figur 6-2) for nuværende forhold samt for undersøgte varianter for forbedring af vandudskiftning via rørføring gennem Langøra nord for Trondheim Lufthavn (tiltag C2) fremgår af figur 6-38. Heraf ses det, at der i snit 1 ikke forekommer en påvirkning af vandføringen



Figur 6-38: Akkumuleret vandføring i snit 1 ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

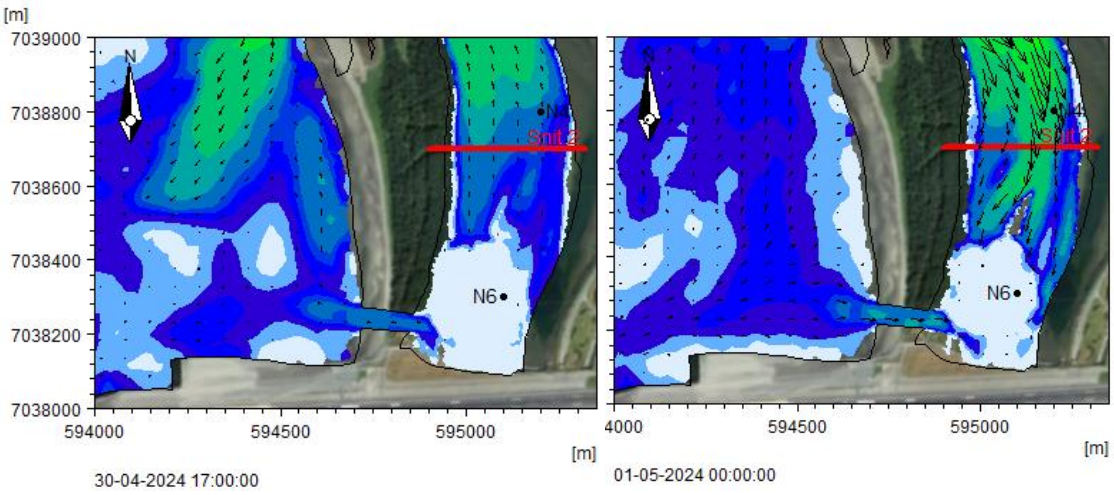
Confidential

Den akkumulerede vandføring i snit 2 (i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn), se position af snit 2 på figur 6-2, er vist på figur 6-39. Heraf fremgår det, at et enkelt rør med bund i kote 0 m ikke vil påvirke vandføringen gennem snit 2. Etablering af 1 eller 3 rør med bund i kote -1 m vil reducere vandføringen gennem snit 2, hvilket primært skyldes, at vandet inkl. Tiltag C2 kan løbe ud i Trondheimfjorden både i den nordlige og sydlige ende.



Figur 6-39: Akkumuleret vandføring i snit 2 i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

De komplekse strømforhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn vil medføre, at den akkumulerede vandføring gennem et snit afhænger af snittets placering, se øjebliksplot af strømforholdene i det gamle elv-udløb på figur 6-40, hvor der viser udadgående strømning ved aftagende vandstand i Trondheimfjorden og indadgående strømning ved tiltagende vandstand i Trondheimfjorden.



Figur 6-40: Øjebliksbillede af strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C2 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (*venstre*) og tiltagende tidevand (*højre*). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

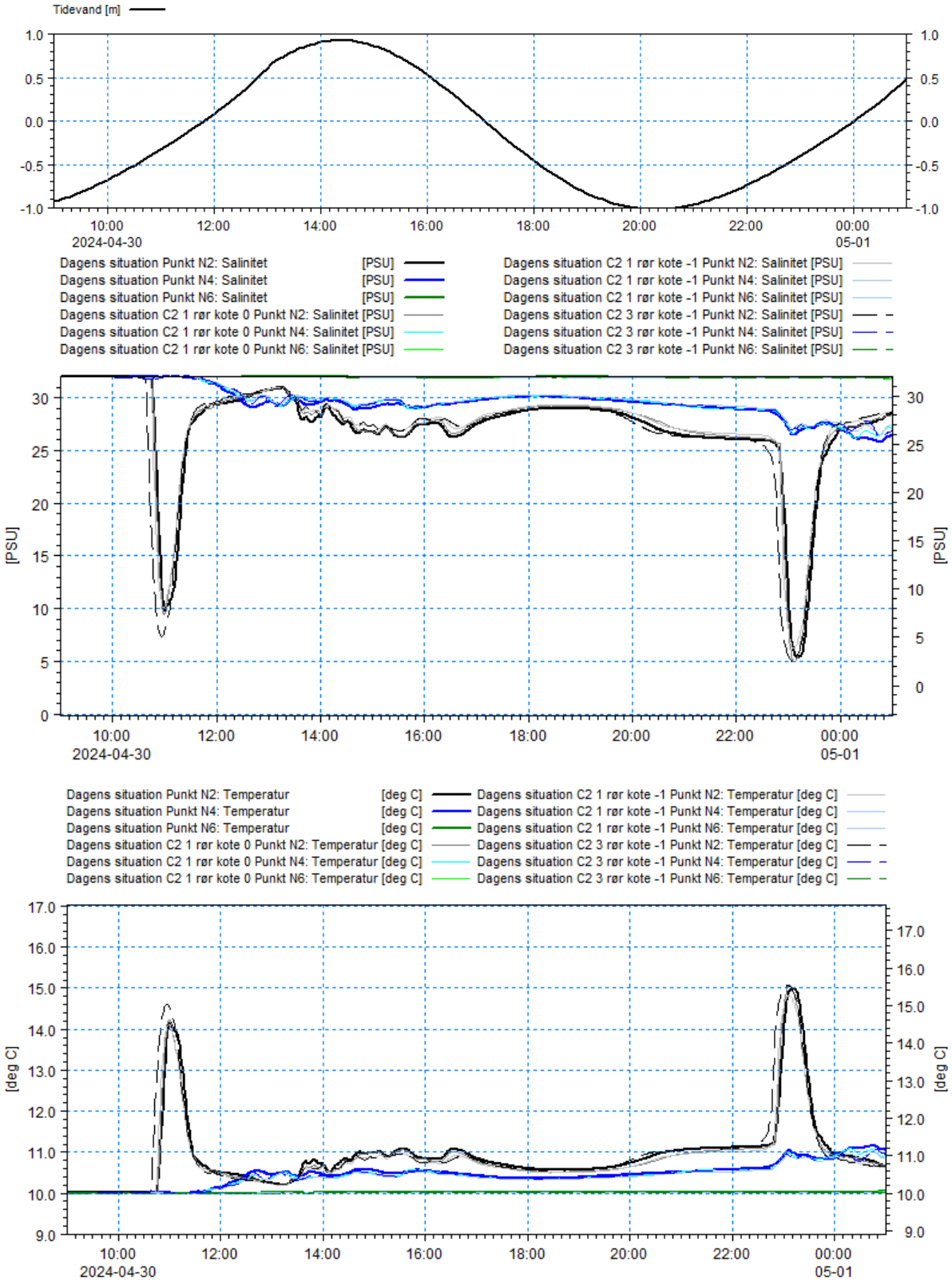
6.4.3 Salinitets- og temperaturforhold

Variationer i temperatur og salinitet i Hellstranda-området påvirkes ikke af Tiltag C2 og derfor præsenteres udelukkende resultaterne for det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn.

De tidsmæssige variationer i temperatur og salinitet er vist på figur 6-41 for tre udvalgte punkter (se deres placering på figur 6-2 eller på snip ved tidsserierne). Resultaterne viser, at forholdene generelt styres af Trondheimfjordens hydrodynamik, bortset fra enkelte peaks, hvor der sker en tilførsel af ferskvand fra Gråelva.

Etableringen af rørføringer mellem det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn og Trondheimfjorden vil ikke have en væsentlig effekt på saliniteten og temperaturen, da vandet der tilføres er fra Trondheimfjorden. Den begrænsede påvirkning, der i perioder observeres, skyldes udledningen fra Stjørdalselva, som i perioder bevæger sig langs kysten mod nord og kan infiltrere det lavvandede område hvor rørføringen er etableret, hvilket medfører at det "tilføres" det gamle elv-udløb tidligere ved Tiltag C2 end det ellers ville, hvis der kun var mulighed for vandudveksling nord for Langøra nord.

Confidential

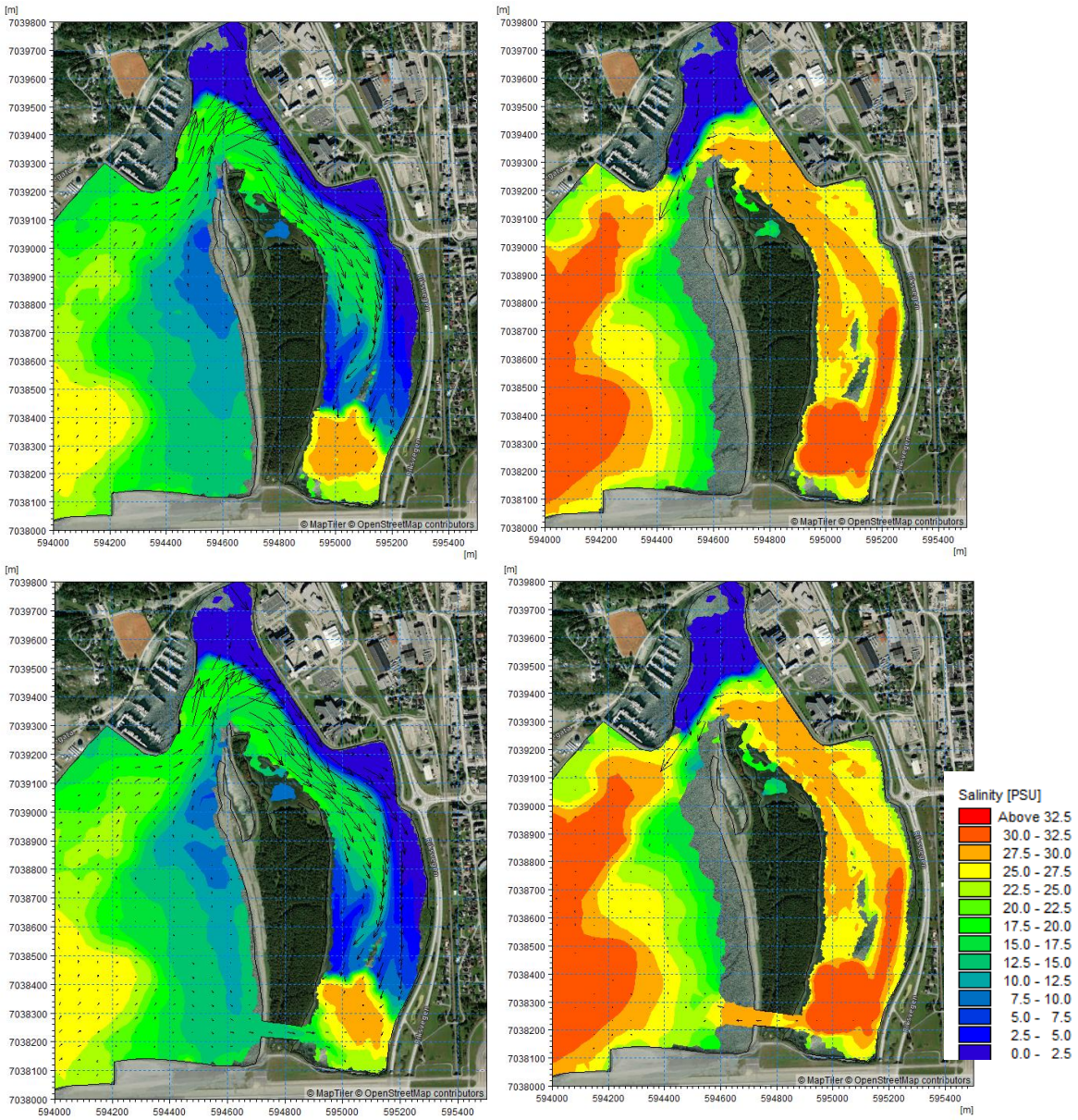


Figur 6-41: Tidsserie af vandstand i Trondheimfjorden (øverst), salinitet (midt) og temperatur (nederst) i tre punkter i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Confidential

Saliniteten til to tidspunkter med hhv. ind- og udstrømning er vist på figur 6-42 for nuværende forhold med og uden Tiltag C2 (3 rør). Ved indadgående strømning vises forholdene i toppen af vandsøjlen, mens forholdene ved udadgående strømning vises for midten af vandsøjlen.

Øjebliksplottene bekræfter, at åbningen for vandudveksling gennem Langøra nord ikke medfører en væsentlig ændring af saliniteten, da det primært er vand med samme karakteristika der tilføres hhv. nord for Langøra og via rørføringen.



Figur 6-42: Øjebliksplot af saliniteten i toppen af vandsøjlen (venstre) og midt i vandsøjlen (højre) for nuværende forhold (øverst) og nuværende forhold + Tiltag C2 (3 rør) (nederst). Baggrundskort fra (DHI, 2025).

6.5 Opsummering: Nuværende forhold

De lokale hydrodynamiske forhold ved Hellstranda er i høj grad styret af de tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, kombineret med tilførslen af ferskvand fra Stjørdalselva. Derudover spiller sæsonafhængige forskelle i salinitet og temperatur en væsentlig

Confidential

rolle, hvilket alt sammen medfører betydelige naturlige variationer og store densitetsforskelle i området. Dette resulterer også i markante variationer i både temperatur og salinitet gennem vandsøjlen. Under flom øges strømhastighederne markant i forhold til de normale tidevandsforhold, hvilket yderligere forstærker den lokale hydrodynamik og de naturlige variationer. Under flom vurderes, at der kan forekomme en påvirkning af de lokale dybdeforhold.

For at forbedre vandkvaliteten i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn er der set på to tiltag til at øge vandudskiftningen;

- Tiltag C1; hvor der etableres en mulighed for udveksling af vand mellem det gamle elv-udløbs områder nord og syd for Trondheim Lufthavn i form af en kulvert med 1-3 cirkulære åbninger.
- Tiltag C2; hvor der etableres en lignende løsning bare gennem den nederste del af Langøra nord, hvilket muliggør udveksling af vand mellem den gamle del af elv-udløbet nord for Trondheim Lufthavn og Trondheimfjord.

Begge løsninger indikerer, at de kan påvirke vandføringen og/eller strømforholdene i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Effekten af løsningerne vil i høj grad afhænge af den faktiske udformning (antal rør og placeringen af disse), idet de indledende modelberegninger har vist, at et rør med bund i kote 0 m har lavere effekt end et rør med bund i kote -1 m og tre rør har større effekt end ét rør. Desuden vurderes, at effekten vil afhænge af de faktiske dybdeforhold og vedligehold.

Hvis der ønskes en løsning til at forbedre vandkvaliteten i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn bør der gennemføres en mere detaljeret vurdering og optimering på et mere oplyst grundlag, herunder både de faktiske vandføringer i Gråelva samt de faktiske dybdeforhold og variationer heraf. Variationer kan påvirke det nødvendige vedligehold ift. at sikre optimal drift. Desuden bør der gennemføres dynamiske simuleringer med varierende vandføring i både Stjørdalselva og Gråelva for en kritisk periode for vandkvaliteten, dette kunne fx være ifm lav vandføring og lav vandstand. Dette med henblik på at vurdere om tiltagene C1 og C2 kan medføre den ønskede effekt i de kritiske perioder ift. vandkvaliteten og om en evt. optimering af løsningen kan forbedre effekten.

Da strømforholdene i det gamle elvudløb nord for Trondheim Lufthavn er komplekse, og da tiltagene C1 og C2 muliggør tilførsel eller udveksling af vand med henholdsvis Stjørdalselva og Trondheimfjorden, anbefales det, at der foretages en vurdering af, hvorvidt det er ønskeligt at tilføre en øget mængde ferskvand eller marint vand. Begge typer vandtilførsel kan potentielt ændre de eksisterende forhold i området og bør derfor nøje overvejes i forhold til de ønskede miljømæssige og hydrauliske mål.

7. Resultater: Hydrodynamiske forhold – fremtidige forhold

Udvidelsen af E6, udenfor den nuværende kystlinje, kræver, som tidligere nævnt, en form for kompensation eller erstatning af tabt natur. De fremtidige forhold efter udvidelsen af E6 – inklusiv de kompensationstiltag, der er præsenteret i afsnit 5– er blevet analyseret ved anvendelse af numerisk modellering. Resultaterne af denne analyse præsenteres i det følgende og sammenlignes med de tilsvarende resultater for nuværende forhold.

I indeværende afsnit præsenteres resultater for de samme hydrodynamiske scenarier, som dem der er vist i afsnit 6 (nuværende forhold), mens resultaterne for de resterende scenarier findes i bilag 1. De overordnede forudsætninger for modelopsætningen fremgår af tabel 4-1, hvortil der er suppleret med følsomhedsanalyser af udvalgte modelparametre. Disse følsomhedsanalyser er uddybet i bilag 2 og bilag 3, mens væsentlige resultater opsummeres i nærværende afsnit.

7.1 Modelresultater og vurdering af forholdene efter udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A

Formålet med Kompensationstiltag A er at sikre, at der som minimum er samme vandareal mellem dækmolen og kysten – også efter udvidelsen af E6, jf. uddybende beskrivelse i afsnit 5.1.2. Dette sikres ved en flytning af dækmolen. Desuden forudsættes en justering af de lokale dybdeforhold, så den dybe rende flyttes i samme omfang som dækmolen. Dette gøres for at sikre samme størrelse af det lavvandede plateau (se definition af de repræsentative dybdeforhold i figur 4-8). Følsomhedssimuleringer ift. de estimerede dybdeforhold er indeholdt i bilag 2.

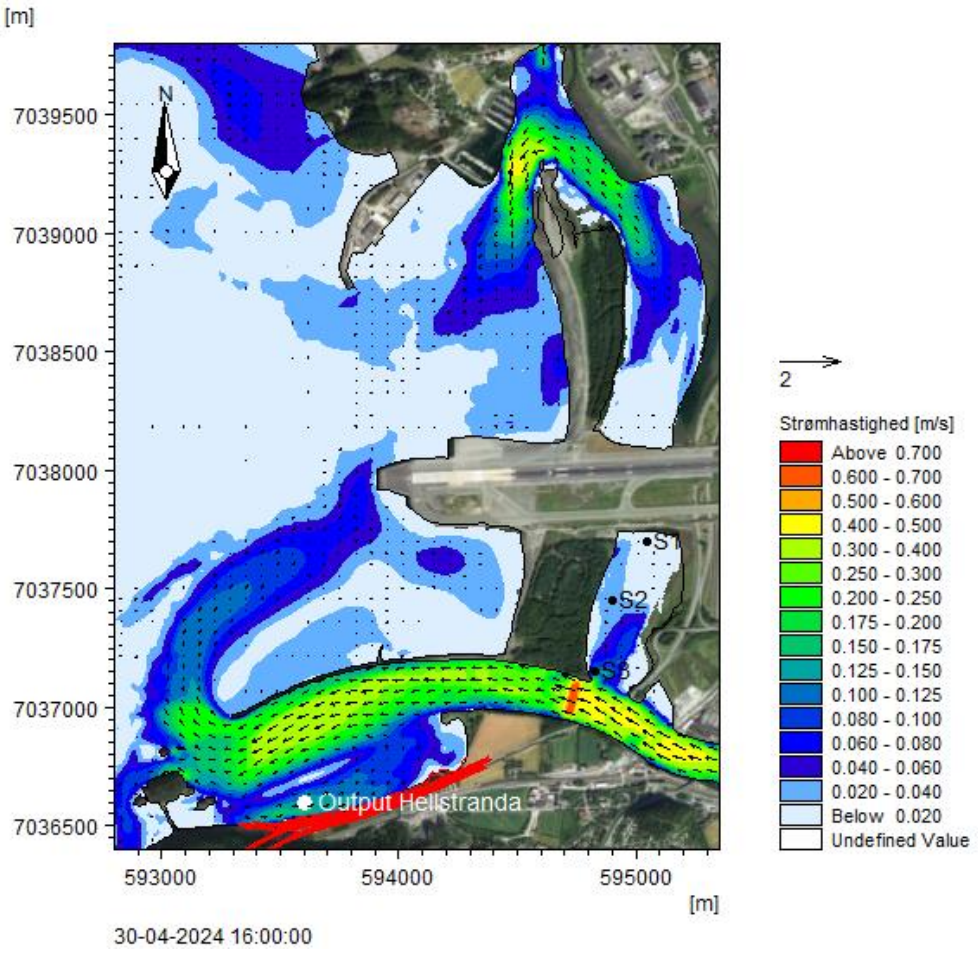
Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt for flom med en returperiode på 200 år. Temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva er 6°C (Stjørdalselva er varmest), resultater for andre temperaturdifferencer er indeholdt i bilag 1.

Resultaterne i dette afsnit vurderes relativt til resultaterne præsenteret i afsnit 6.1 og 6.2.

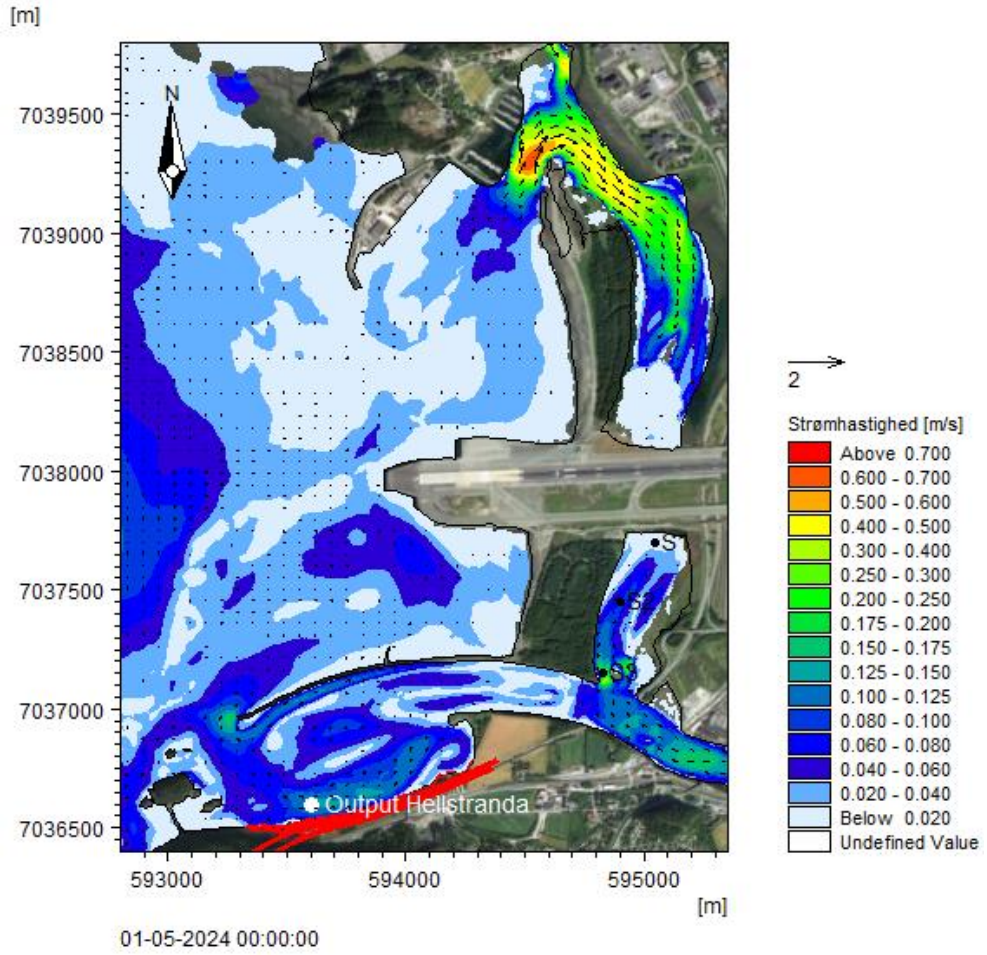
7.1.1 Indvirkning på lokale strømforhold

Øjebliksbilleder af dybdemidlede strømforhold ved hhv. aftagende- og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden for normale forhold inkl. vejudvidelsen og Kompensationstiltag A er vist i figur 7-1 og figur 7-2. Ved sammenligning med dagens situation i figur 6-4 og figur 6-5, kan det konstateres at de lokale strømforhold, på nær meget lokale ændringer, er stort set upåvirkede.

Confidential



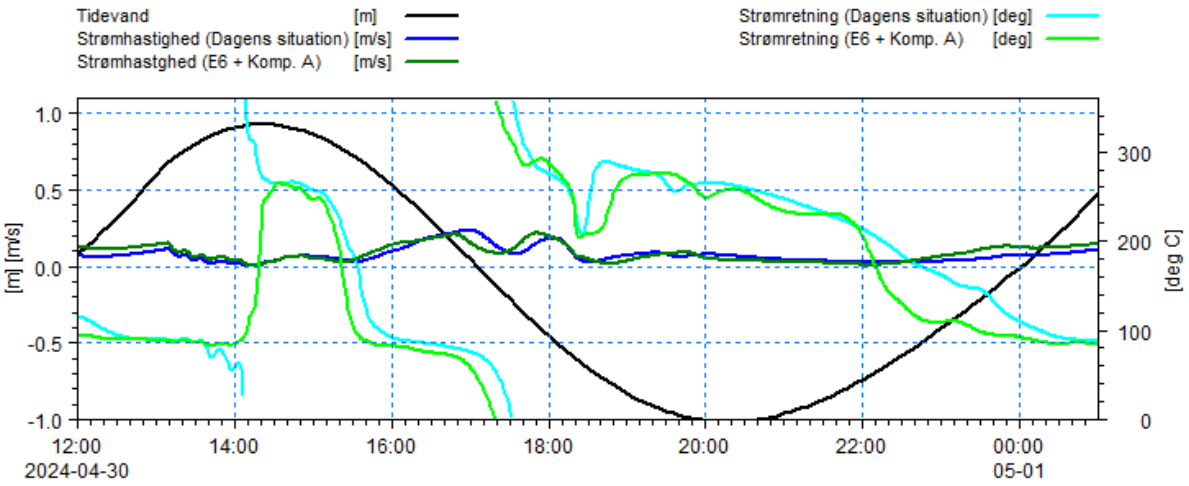
Figur 7-1: Geografisk variation af strømhastighed i området ved Hellstranda efter etablering af udvidelsen af E6 samt Komp. A for et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til høje lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).



Figur 7-2: Geografisk variation af strømhastighed i området ved Hellstranda efter etablering af E6 samt Komp. A for et tidspunkt (kl. 00:00) med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til lave lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

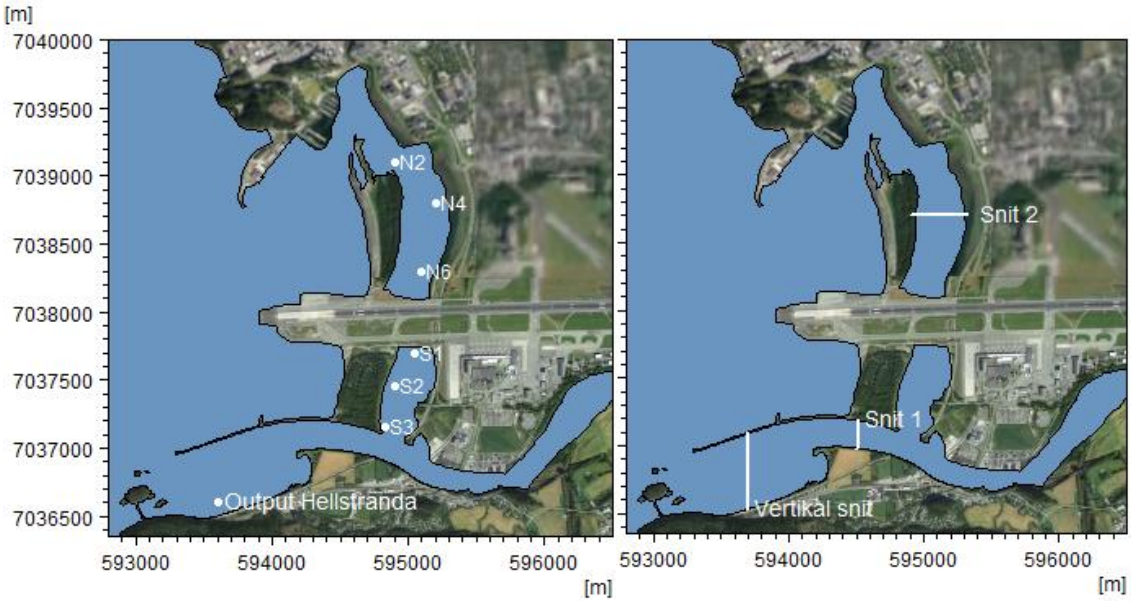
En sammenligning af tidsserier for dybdemidlet strømhastighed og -retning igennem en normal tidevandsperiode er vist i figur 7-3 i en position umiddelbart ud for den planlagte udbygning fra kysten (se placering af output punkt på figur 7-1 og figur 7-2). Som det fremgår af figuren, medfører udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A kun relativt små påvirkninger af de lokale strømforhold. Påvirkningerne skal desuden ses i lyset af den i forvejen relativt store dynamik i de lokale hydrodynamiske forhold – indenfor en tidevandsperiode med normal sommervandføring i Stjørdalselva. Dertil kommer de naturlige variationer, der forekommer som følge af andre vandføringer i Stjørdalselva, der indenfor et år ligger på op til ca. 600 m^3/s.

Det bør desuden bemærkes, at output-punktet er fasthold ift. geografisk koordinat, hvilket betyder, at det for de fremtidige forhold vil være beliggende lidt nærmere kysten efter udbygningen af E6 - sammenlignet med positionen for nuværende forhold.



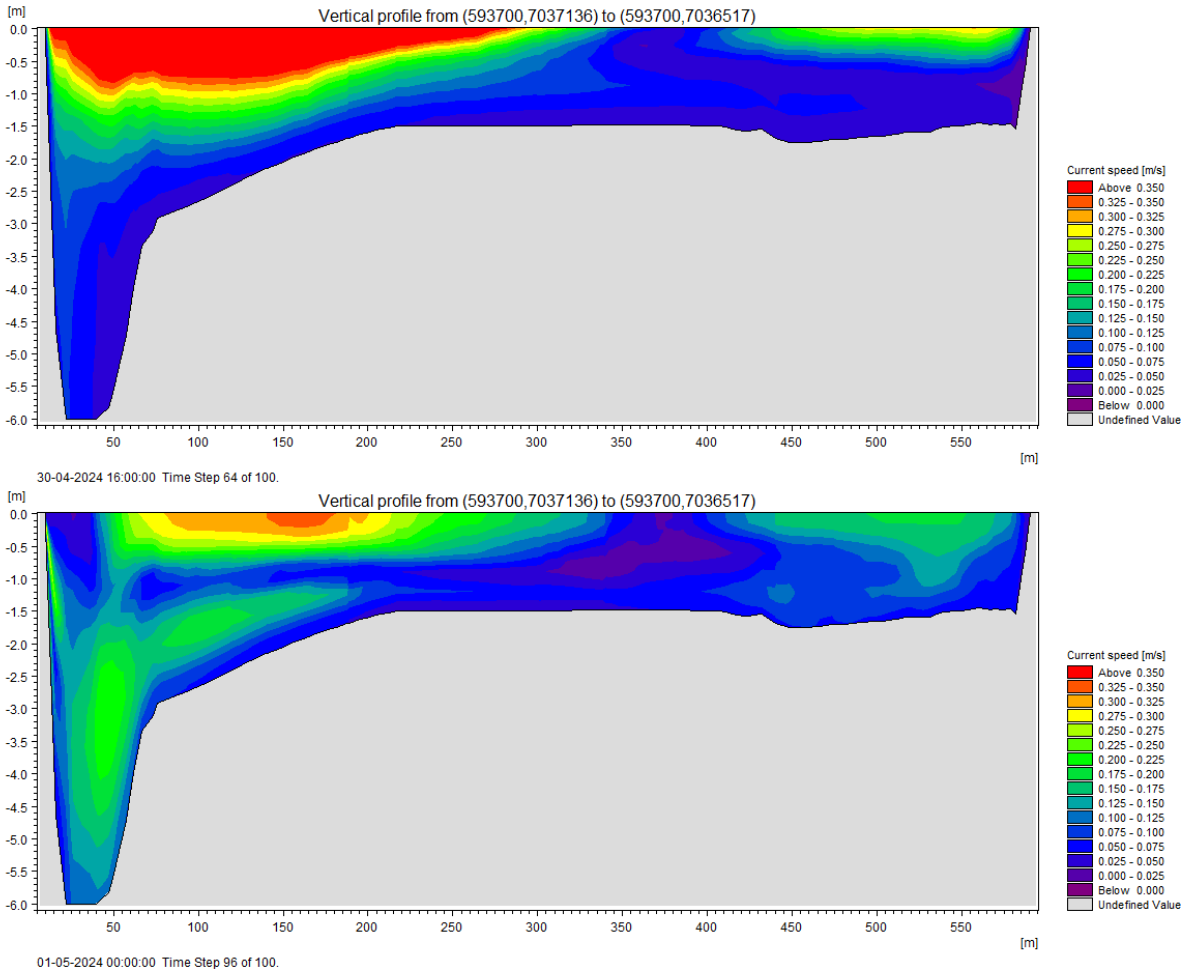
Figur 7-3: Tidsserie, der viser variationen i vandstand og strømforhold for nuværende forhold (dagens situation) og den fremtidige situation (efter udbygning af E6 samt efter etablering af Kompensationstiltag A) i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede strømforhold samt for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Strømretning er "gående mod". Output punkt er illustreret i figur 7-2. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Et øjebliksbillede af strømhastigheden for den fremtidige situation inkl. effekten fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag A igennem et vertikalt snit er vist i figur 7-5 (position af vertikalsnit fremgår af figur 7-4). De forudsatte dybdeforhold er kun et eksempel på, hvordan det kan se ud efter Kompensationstiltag A er fuldt etableret, men følsomhedssimuleringer har vist, at strømforholdene i det lavvandede område ikke er signifikant følsomme overfor hvordan kompensationen af det lavvandede område etableres, se nærmere i bilag 2.



Figur 7-4: Placering af punkter og vertikalt snit for udtrækning af resultater i model. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

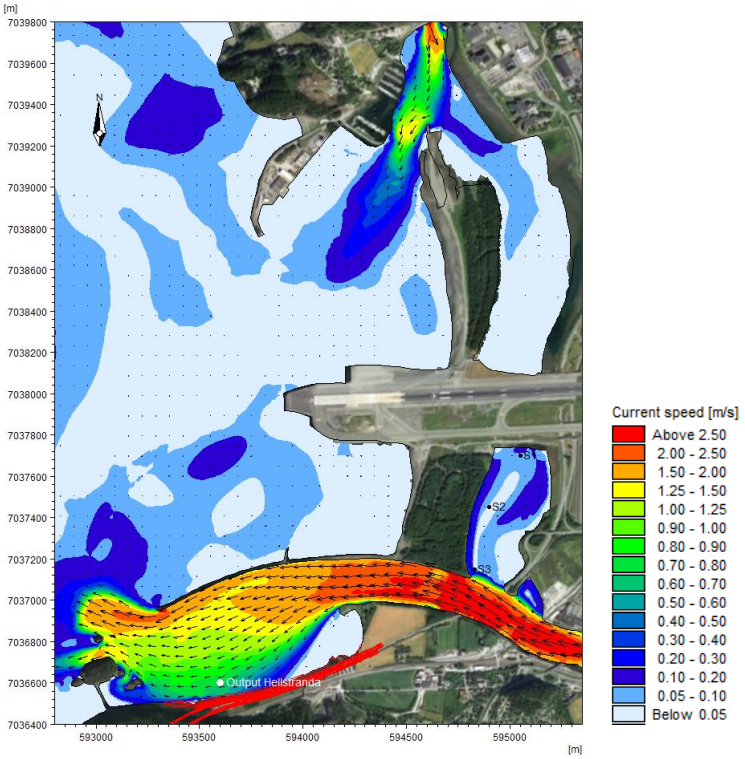
Ved sammenligning af figur 7-5 med et lignende vertikalt snit for eksisterende situation (figur 6-7) ses kun relativt små ændringer i strømhastighederne – og primært relateret til den dybe rende, der har et andet tværsnit end den nuværende.



Figur 7-5: Vertikalt snit, der viser strømhastigheden igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 7-4 for de fremtidige forhold med E6 udvidelsen og Kompensationstiltag A til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) (*øverst*) og et tidspunkt med stigende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00) (*nederst*).

Indvirkning på lokale strømforhold under en ekstrem flomsituation

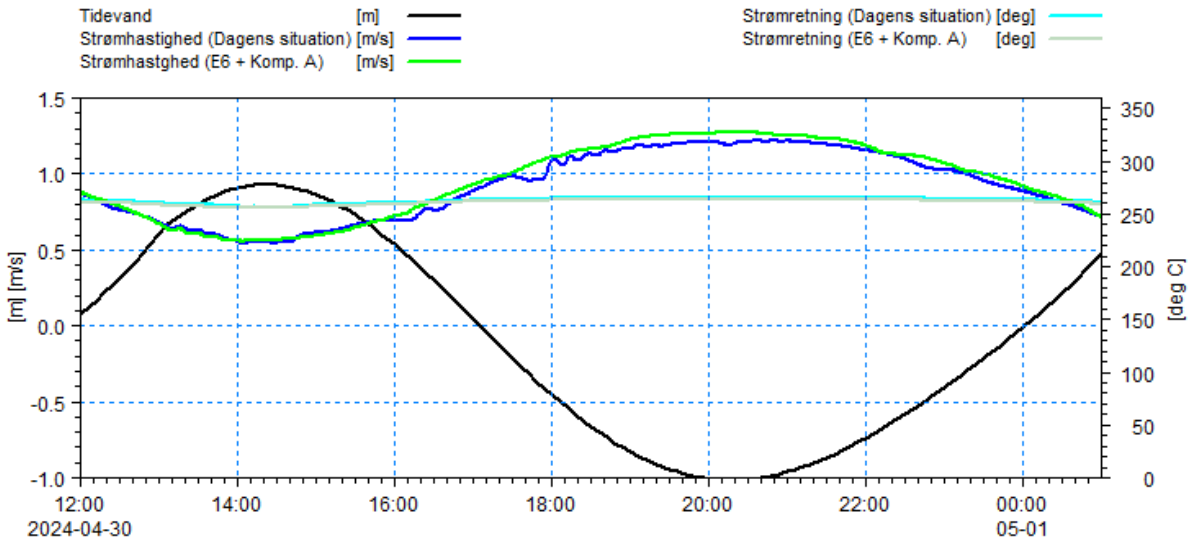
Et øjebliksbillede af dybdemidlede strømforhold for de fremtidige forhold inkl. E6 udvidelsen og Kompensationstiltag A under ekstrem flom er vist i figur 7-6. Ved sammenligning med figur 6-21 for nuværende forhold, uden effekten fra E6, kan det konstateres, at der kun forekommer en meget begrænset påvirkning af strømforholdene.



Figur 7-6: Dybdemidlede strømforhold ved Hellstranda for en situation med ekstrem vandføring i Stjørdalselva (flom med en returperiode på 200 år) for de fremtidige forhold inkl. udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

En sammenligning af tidsserier for den dybdemidlede strømhastighed under flom for hhv. nuværende og fremtidige forhold er vist i figur 7-7 i et punkt umiddelbart ud for den planlagte udbygning fra kysten, se position på figur 7-4. Heraf fremgår det, at påvirkningen af strømhastighederne er små sammenlignet med den naturlige variation. Det vurderes derfor, at der ikke forekommer en betydende påvirkning af strømhastighederne, der generelt er dynamiske i området og stærkt vekslende med vandstandsforholdene i Trondheimfjorden og vandføringen i Stjørdalselva. Det bemærkes desuden, at output-punktet er beliggende i samme geografiske koordinat for de to scenarier (dagens situation og fremtidige forhold), hvilket betyder at afstanden til kysten ikke er den samme.

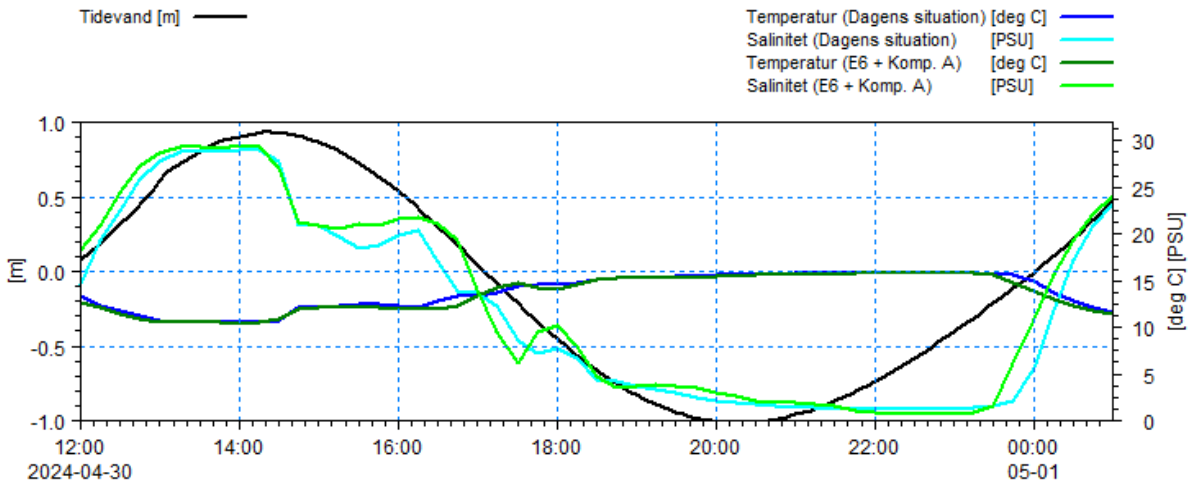
Confidential



Figur 7-7: Tidsserier af dybdemidlet strømforhold ved Hellstranda for en situation med ekstrem vandføring i Stjørdalselva (flom situation) svarende til en 200-års hændelse for nuværende forhold samt situationen med udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A i output punktet. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

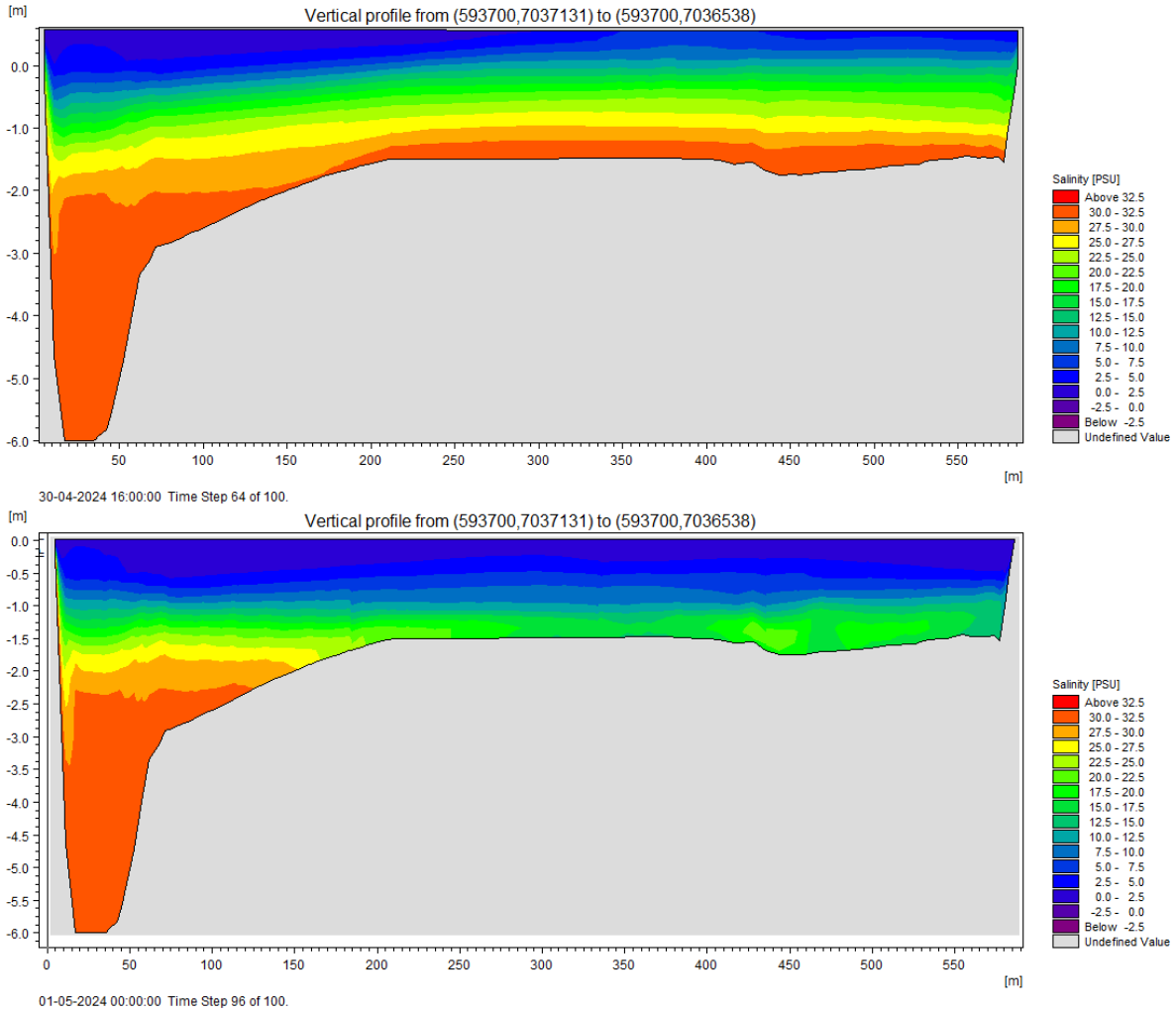
7.1.2 Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold

På samme vis som for strømforholdene er variationen i temperatur og salinitet for hhv. nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 og Kompensationstiltag A) vist på figur 7-8 for et normalt sommerscenarie ift. vandføringen i Stjørdalselva. Som det fremgår af figuren, forekommer der også for temperatur og salinitet kun en relativ lille påvirkning som følge af E6-udbygningen. Variationen er desuden langt mindre end de i forvejen meget dynamiske lokale forhold. Igen bemærkes, at output-punktet er beliggende i samme geografiske koordinat for de to scenarier (dagens situation og fremtidige forhold), hvilket betyder at afstanden til kysten ikke er den samme.

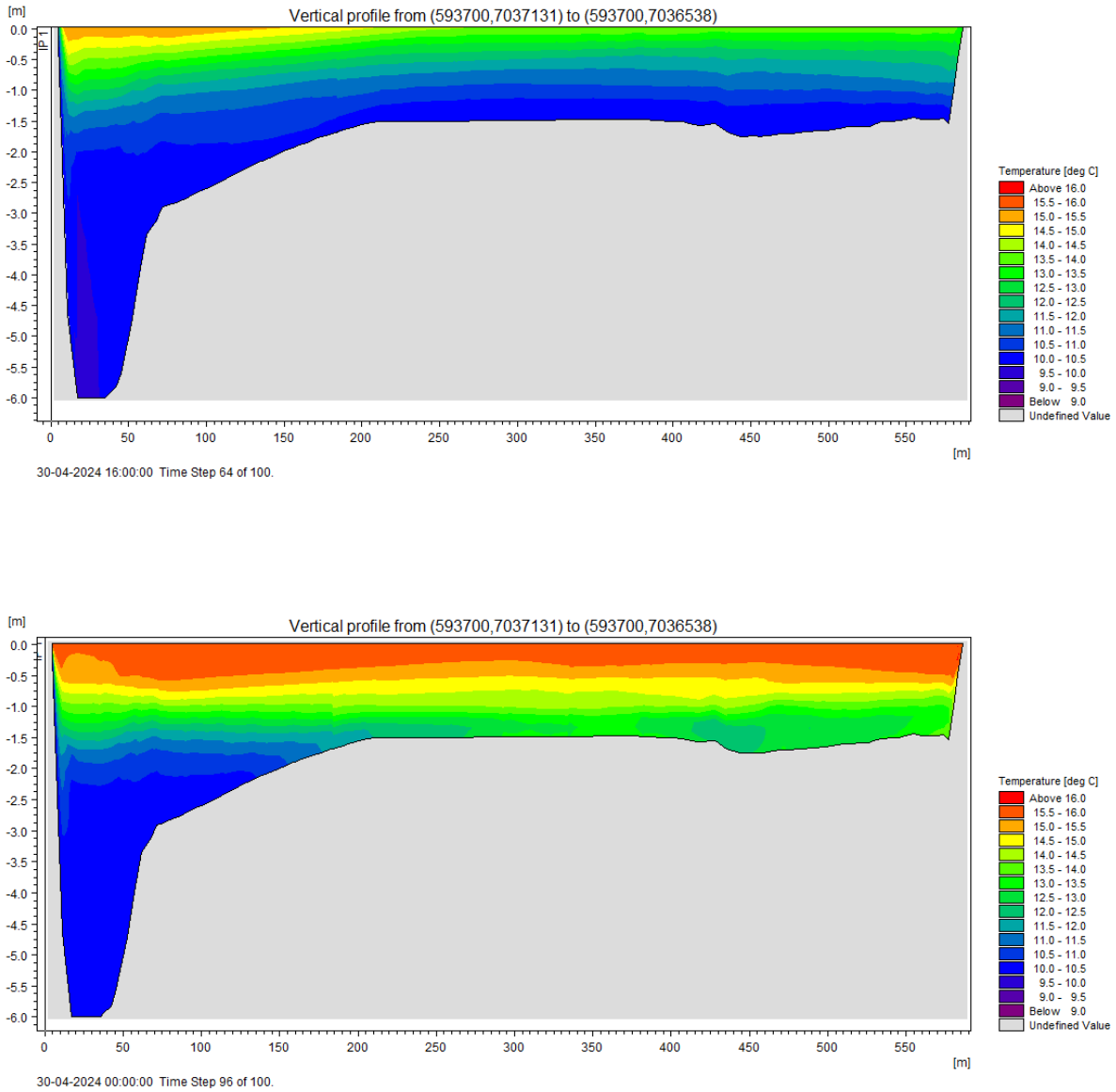


Figur 7-8: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur under nuværende- og fremtidige forhold (E6 og Kompensationstiltag A) i løbet af en normal tidevandsperiode i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede forhold i det specifikke punkt og for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva, samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Output punkt er illustreret i figur 7-6. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Vertikale snit, der viser momentane strømhastigheder for de fremtidige forhold inkl. Kompensationstiltag A til hhv. aftagende og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden for salinitet og vandtemperatur langs outputlinjen (position vist i figur 7-4) er vist i figur 7-9 og figur 7-10. Ved sammenligning med tilsvarende resultater for de nuværende forhold (figur 6-17 og figur 6-18), kan det konkluderes, at der kun forekommer relativt små variationer – og primært relateret til den dybe rende, der kun er et eksempel på, hvordan de fremtidige dybdeforhold kan være i det område. Således kan det forventes, at Kompensationstiltag A kun i meget begrænset grad påvirker den naturlige salinitets- og temperaturlagdeling ved Hellstranda.



Figur 7-9: Vertikalt snit for fordeling af salinitet igennem vandsøjlen for de fremtidige forhold inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag A langs det viste snit i figur 7-4 til et tidspunkt med aftagende vandstand ved Hellstranda (*øverst*) og til et tidspunkt med tiltagende vandstand (*nederst*).



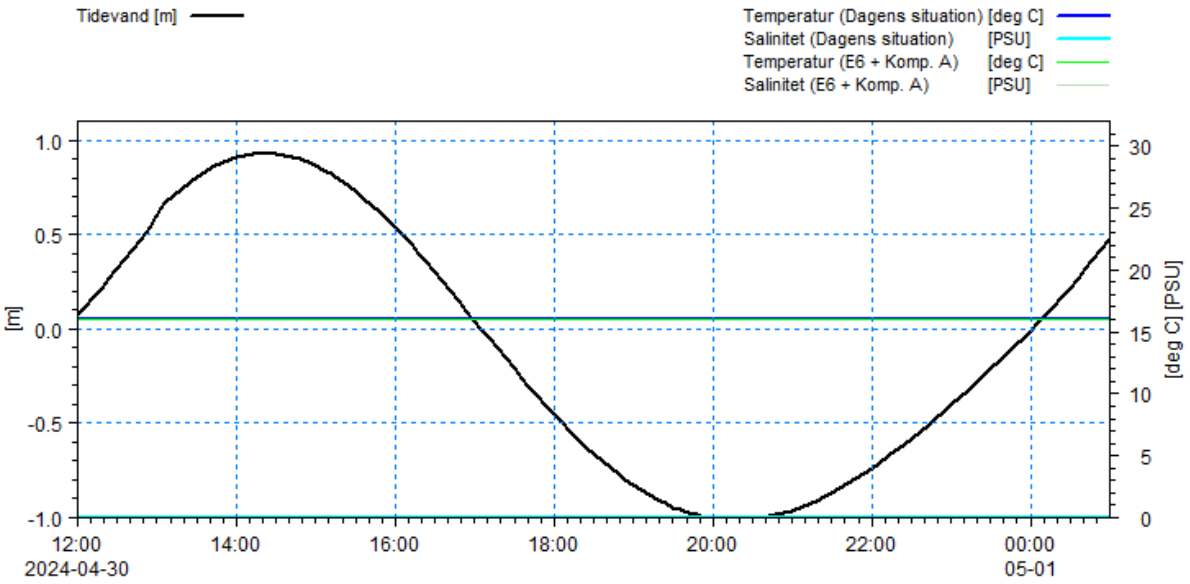
Figur 7-10: Vertikalt snit for fordeling af vandtemperatur igennem vandsøjlen for de fremtidige forhold inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag A langs det viste snit i figur 7-4 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (*øverst*) og til et tidspunkt med tiltagende vandstand (*nederst*).

Den vertikale fordeling påvirkes af den faktiske vertikale opblanding (udtrykt ved dispersionen). Resultaterne her er for samme antagelse, som resultaterne præsenteret i afsnit 6.1, mens følsomheder ift. den anvendte dispersion er vist i bilag 2. Konklusionen er dog den samme for scenariet med fuld vertikal dispersion, at påvirkningen fra udbygningen af E6 inkl. Komp. A ikke vil medføre en signifikant påvirkning af saliniteten og temperaturen gennem vandsøjlen sammenlignet med de naturlige variationer, der er inden for en tidevandsperiode.

<u>Indvirkning på lokal temperatur og salinitet under en ekstrem flomsituation</u>

På figur 7-11 er variationen i temperatur og salinitet for hhv. nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 og Kompensationstiltag A) vist for scenariet med ekstrem vandføring i Stjørdalselva. Under flom er Hellstranda-området i højere grad præget af forholdene fra Stjørdalselva end forholdene i Trondheimfjorden og der vil forventelig ikke være en påvirkning af temperatur og salinitet som følge af E6-udvidelsen inkl. Kompensationstiltag A.

Confidential



Figur 7-11: Tidsserie for variation af salinitet og temperatur under nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 og Kompensationstiltag A) i løbet af en tidevandsperiode i et punkt umiddelbart ud for det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede forhold i det specifikke punkt og for et scenarie med ekstrem vandføring i Stjørdalselva svarende til flom med en returperiode på ca. 200 år. Temperaturen i Stjørdalselva er 16˚C, mens den er 10˚C i Trondheimfjorden. Salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Output punkt er illustreret i figur 7-4. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.1.3 Opsummering – indvirkning fra udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A

Kompensationstiltag A indebærer, at det vandareal, der inddrages i forbindelse med udvidelsen af E6 erstattes ved at flytte dele af dækmolen ved Hellstranda. Herved sikres, at vandarealet mellem dækmolen og kysten, i fremtiden som minimum, svarer til det nuværende area. Samtidig justeres de lokale dybdeforhold, således at den dybe rende, som i dag løber langs dækmolen, flyttes tilsvarende. Formålet er, at genskabe et kompensationsområde med overordnet sammenlignelige dybde- og hydrodynamiske forhold, som det område, der inddrages til E6-udbygningen.

En sammenligning af modelresultater repræsentative for hhv. nuværende forhold og fremtidige forhold - inkl. udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A – viser, at de hydrauliske parametre som strømforhold, salinitet og temperatur er meget robuste overfor de pågældende ændringer. Der observeres således ingen signifikant påvirkning. Det skal desuden bemærkes, at de naturlige variationer i området er store og stærkt afhængige af variationer i vandstanden i Trondheimfjorden og vandføringen i Stjørdalselva, der årligt kan komme op på ca. 600 m^3/s.

Som følge af ændringen af de lokale dybdeforhold – herunder "genskabelsen" af det lavvandede plateau og flytningen af dækmolen – vil der efterfølgende ske en naturlig tilpasning, indtil en ny ligevægt har indstillet sig. Omfanget af disse ændringer er vanskeligt at forudsige med det nuværende datagrundlag, eftersom der mangler detaljeret dokumentation af den nuværende dynamik. Der må derfor forventes en vis usikkerhed ift. de antagede fremtidige dybdeforhold.

Dog er det vurderet, at de hydrauliske forhold ikke er udpræget følsomme overfor mindre og lokale ændringer af dybdeforholdene (jf. bilag 2). For at sikre, at det nye kompensationsareal i videst muligt omfang opnår tilsvarende dybdeforhold og dynamik, som området der inddrages til vejudvidelsen anbefales det, at der efter etableringen foretages løbende inspektioner og eventuelle justeringer.

Det vurderes samtidig som rimeligt at antage, at de nuværende dybdeforhold ved Hellstranda repræsenterer et gennemsnitligt niveau, hvor der i forvejen forekommer en vi naturlig variation.

7.2 Modelresultater og vurdering af indvirkning fra Kompensationstiltag B

Som nævnt i afsnit 5.1.3 består Kompensationstiltag B i en "reetablering" af det oprindelige udløb for Stjørdalselva nord for Hellstranda og Trondheim Lufthavn. Kompensationstiltag B indeholder dermed en lukning af det nuværende udløb, underføring af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavns landingsbane samt udløb nord for Trondheim Lufthavn ved Stjørdal Bådforening (jf. situationen i 1955 se afsnit 2). Underføringen af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavns start- og landingsbane forudsættes at svare til et fuldt gennemstrømningstværsnit, dvs. hvor landingsbanen ved lufthavnen reetableres via en bro-løsning over Stjørdalselva.

Hensigten er så vidt muligt at genskabe de historiske hydrauliske forhold nord for Trondheim Lufthavn fra før forlængelsen af landingsbanen og dermed omlægningen af udløbet. Kompensationstiltag B vil dog ikke medføre identiske forhold, som i perioden før etableringen af Trondheim Lufthavn, da andre tiltag, herunder molerne ved Stjørdal Bådforening og landopfyldninger medfører ændret gennemstrømningstværsnit.

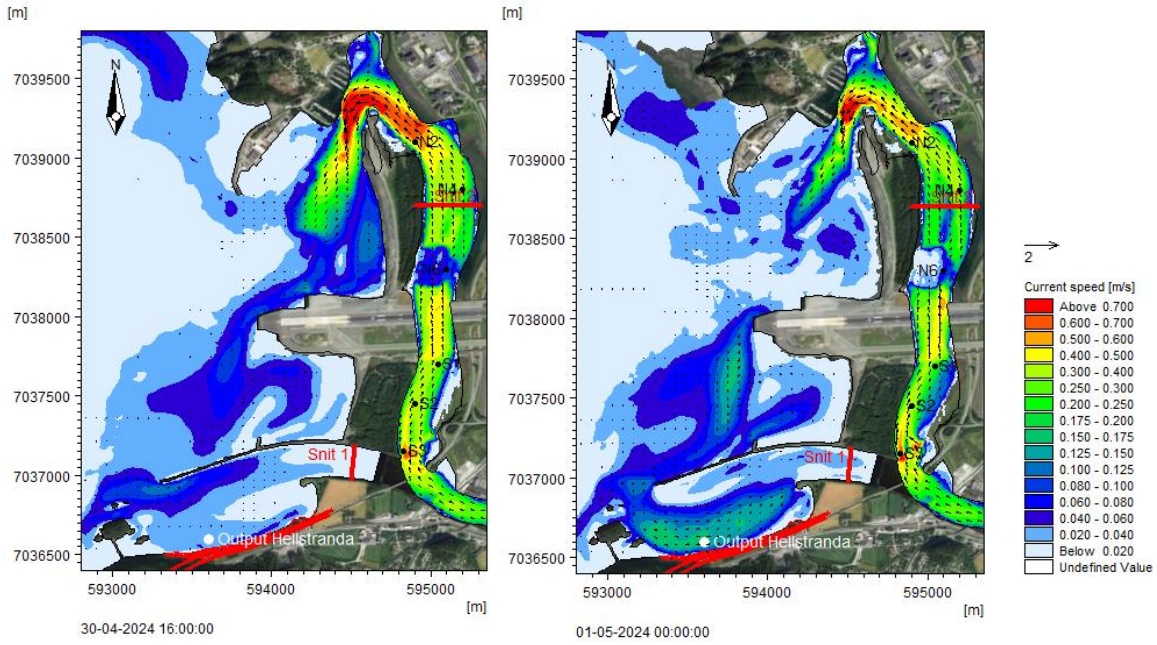
I forbindelse med den gennemførte modellering kendes hverken nuværende eller tidligere dybdeforhold i områderne nord for Trondheim Lufthavn, hvilket giver anledning til en vis usikkerhed af de opnåede resultater. Desuden må forventes, at en omlægning af Stjørdalselva's udløb vil ændre dybdeforholdene indtil en ny "ligevægt", som passer med de ændrede strømforhold, har ind stillet sig. Efterfølgende må forventes naturlige variationer, som følge af fx vekslende vandføring i Stjørdalselva. Da forudsatte vanddybder i modellen har en stor betydning for de modellerede strømhastigheder og vandstande er der således en signifikant usikkerhed forbundet med disse modelresultaterne for dette kompensationstiltag.

Indvirkning fra Kompensationstiltag B på lokale strøm- og vandstandsforhold samt temperatur- og salinitetsforhold vurderes i det følgende. Indvirkningerne vurderes med udgangspunkt i relative sammenligninger ift. nuværende forhold ved Hellstranda – dog uden at forsøge identiske forhold.

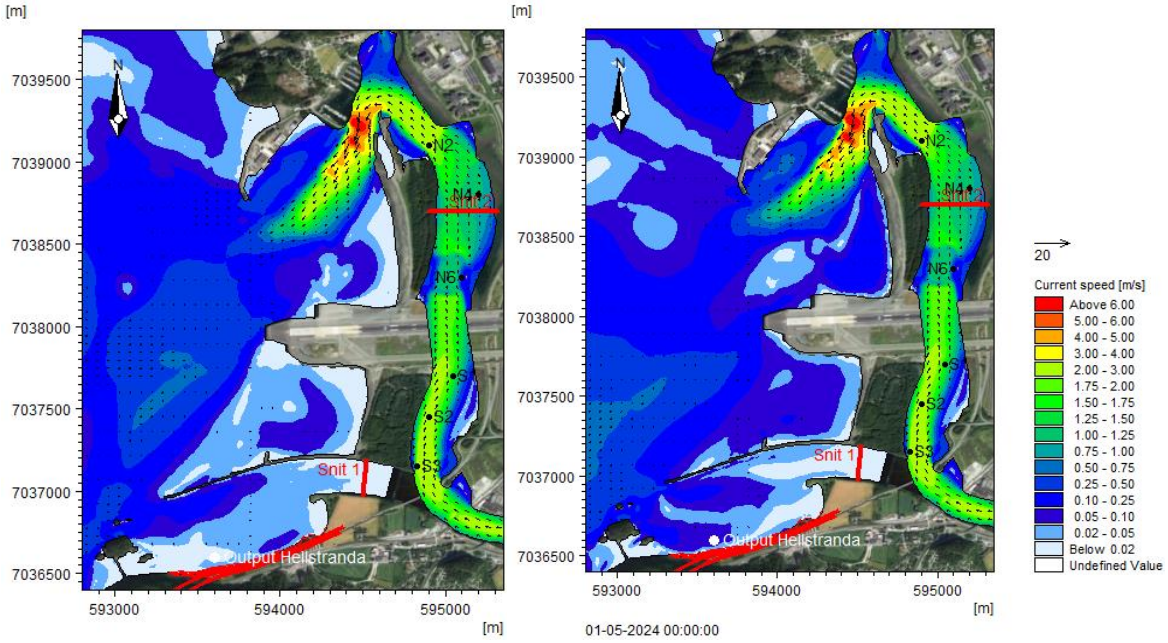
7.2.1 Indvirkning på lokale strøm- og vandstandsforhold

Dybdemidlede strømforhold for en normal sommerhændelse med en vandføring i Stjørdalselva på 84 m^3/s er vist i figur 7-12 og for en ekstrem flom på figur 7-13 til et tidspunkt med hhv. aftagende og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden. Som det fremgår af figurerne, haves der en stor geografisk variation i strømhastigheder med en relativt høj hastighed i Stjørdalselva's primære løb. Sammenlignet med de nuværende forhold ses en signifikant reduktion af strømhastighederne i Hellstranda-området.

Confidential

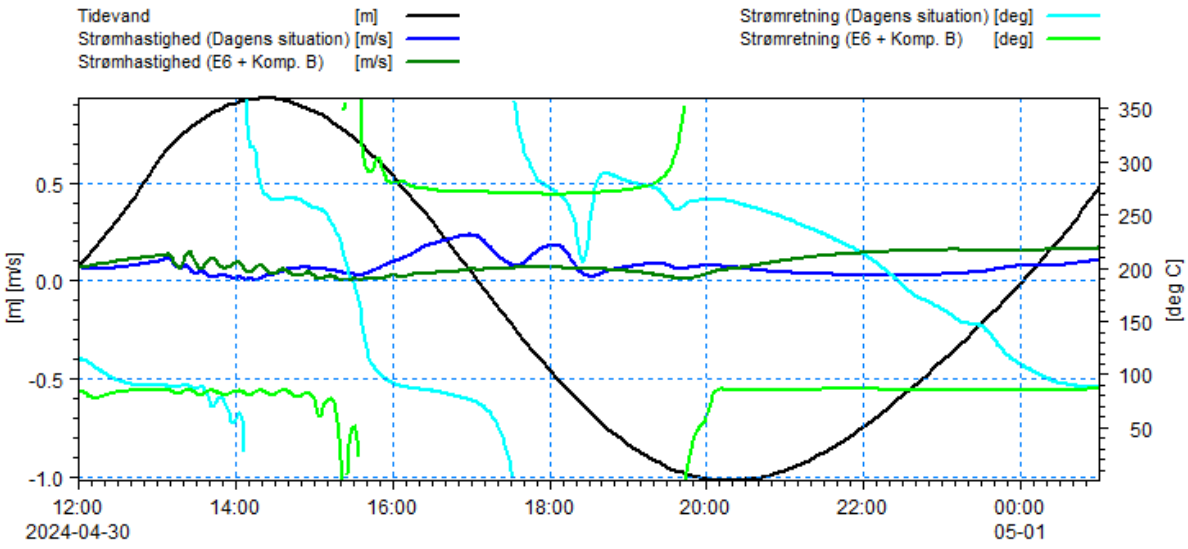


Figur 7-12: Dybdemidlede strømforhold for et scenarie med Kompensationstiltag B for en normal sommer vandføring i Stjørdalselva, til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (*venstre*) og stigende vandstand (højre). Baggrundsfoto er fra (Google Earth, 2024)



Figur 7-13: Dybdemidlede strømforhold for et scenarie med Kompensationstiltag B for en flom-vandføring i Stjørdalselva (returperiode på ca. 200 år) til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (*venstre*) og stigende vandstand (*højre*). Baggrundsbillede fra (Google Earth, 2024)

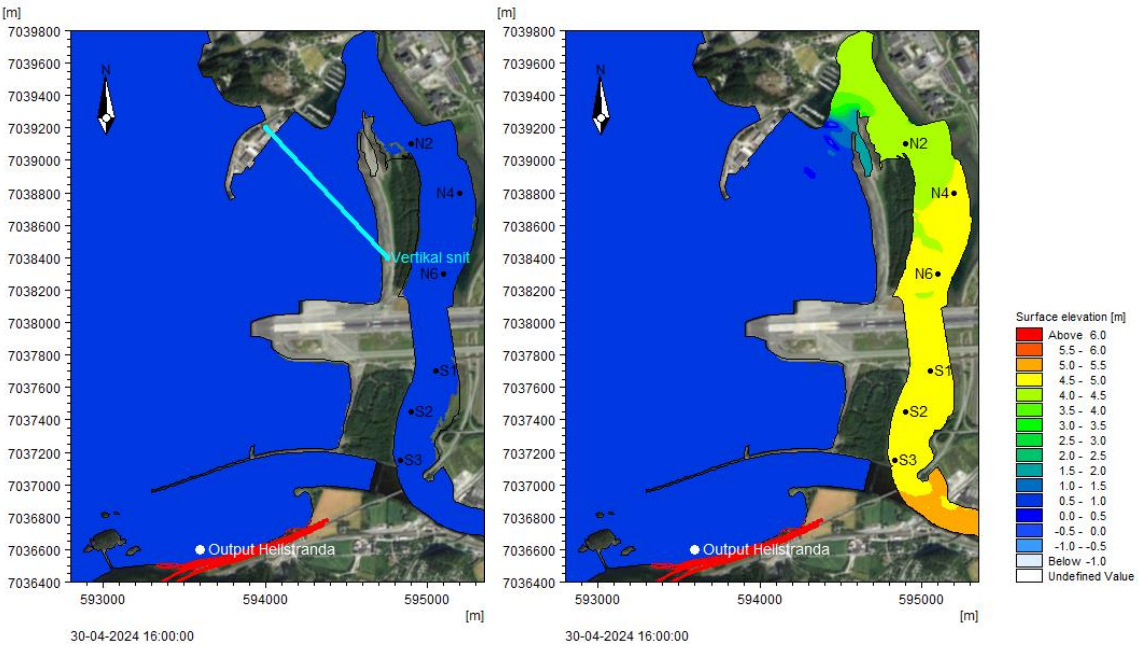
I et punkt ud for kysten, hvor E6 skal retableres, er strømforholdene for hhv. nuværende forhold og Komp. B vist på figur 7-14. Heraf fremgår det, at strømforholdene stadig vil være dynamiske indenfor en tidevandsperiode, men at både strømhastigheden og -retningen generelt ændres som følge af at Stjørdalselva ikke har udløb ved Hellstranda.



Figur 7-14: Tidsserieplot af strømforhold i et punkt ud for kysten, hvor E6 skal udbygges for hhv. nuværende forhold (Dagens situation) og Komp. B, hvor det nuværende udløb fra Stjørdalselva lukkes og det oprindelige udløb reetableres. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

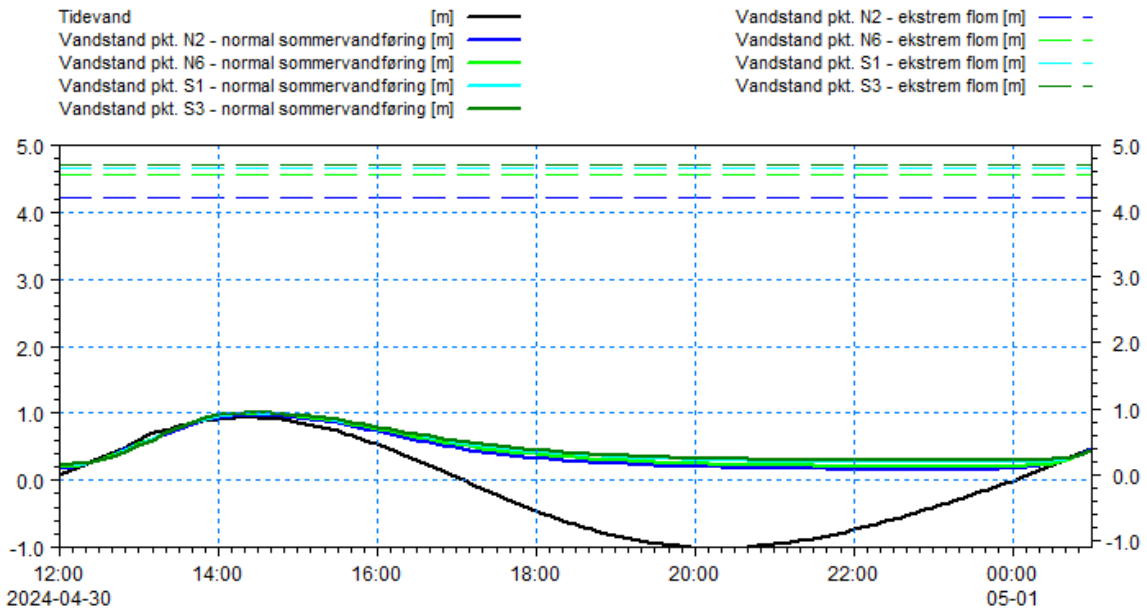
Et øjebliksbillede af vandstandsniveauet er vist i figur 7-15 for hhv. normal vandføring i Stjørdalselva samt under ekstrem flom. Heraf fremgår det, at der under ekstrem flom forekommer en signifikant forøgelse af vandstanden til mere end 4 m NN2000 i svinget ved den eksisterende lavvandstærskel samt i området ved Trondheim Lufthavn.

Det skal bemærkes, at modellen ikke inkluderer effekten af oversvømmelse af evt. lavtliggende områder. Hvis der er sådanne områder vil de oversvømmes og vandstanden vil således potentielt reduceres. Det må dog forventes, at det ikke kan tolereres, at bebyggede arealer oversvømmes, hvormed Kompensationstiltag B sandsynligvis vil nødvendiggøre en forøgelse af topkoten for kantbeskyttelsen til Stjørdalselva.



Figur 7-15: Vandstandsforhold for et scenarie med Kompensationstiltag B for en normal sommer vandføring i Stjørdalselva (*venstre*) og ekstrem vandføring i Stjørdalselva (*højre*). Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Tidsserieplot af vandstanden i udvalgte punkter markeret i figur 7-15 er vist i figur 7-16.
Af tidsserierne fremgår det, at vandstanden i den oprindelige del af elvudløbet er relativ høj, med den laveste vandstand nærmest udløbet til Trondheimfjorden.

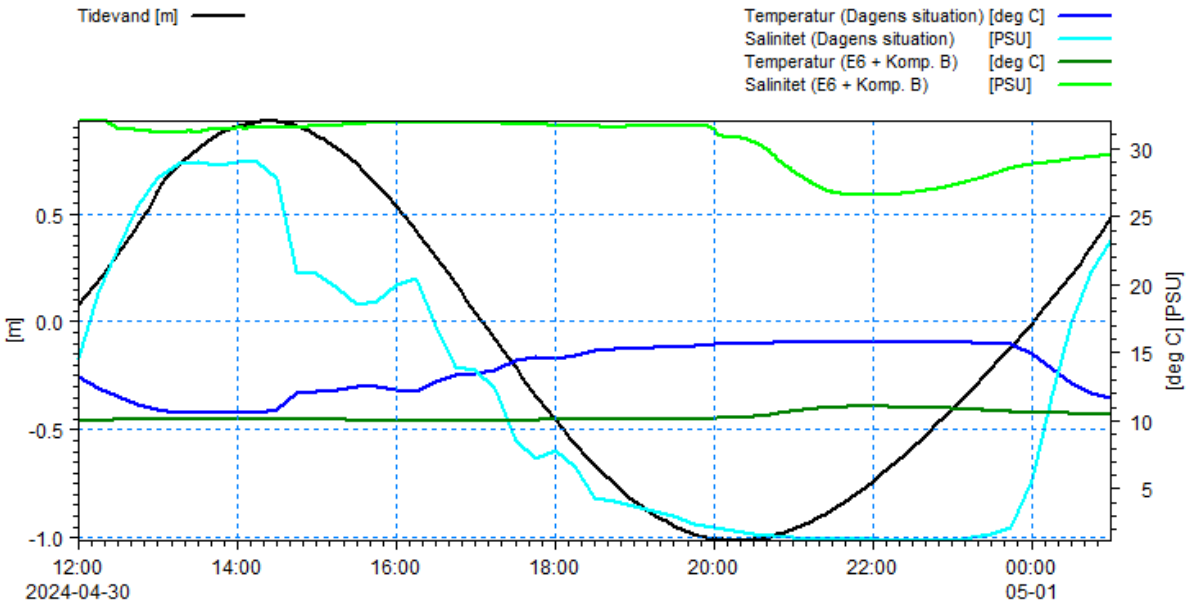


Figur 7-16: Tidsserieplot af vandstandsvariationen i Stjørdalselva i forskellige punkter angivet i figur 7-15 for normal sommervandføring og ekstrem flom svarende til en 200 års hændelse. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.2.2 Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold

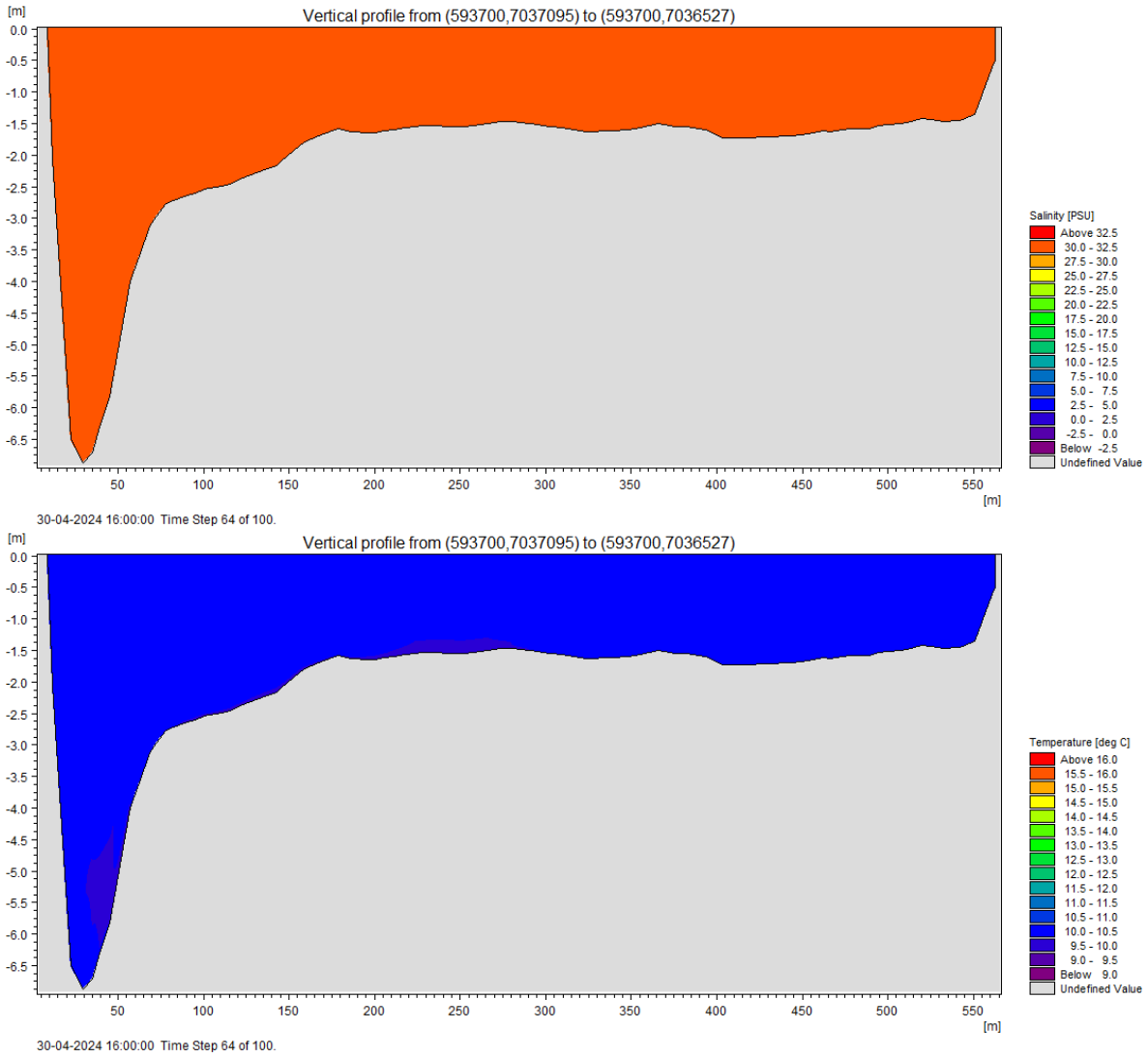
Figur 7-17 viser den tidsmæssige variation indenfor en tidevandsperiode i hhv. temperatur og salinitet for Kompensationstiltag B i et punkt ud for kysten, hvor udbygningen af E6 etableres (se placering af punktet på figur 7-12). Som det fremgår af figuren vil temperaturen og saliniteten i Hellstranda-området ændres signifikant ift. nuværende forhold, da de primært vil være præget af de marine forhold i Trondheimfjorden, da der ikke direkte tilføres ferskvand fra Stjørdalselva. Variationen gennemvandsøjlen til et tidspunkt med aftagende vandstand er vist på figur 7-18.

Confidential



Figur 7-17: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur for scenariet med Kompensationstiltag B indenfor en normal tidevandsperiode i et punkt ved Hellstranda ud for kysten hvor E6 udbygges. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, samt et typisk salinitetsniveau i Trondheim fjorden på 32 PSU og 6°C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

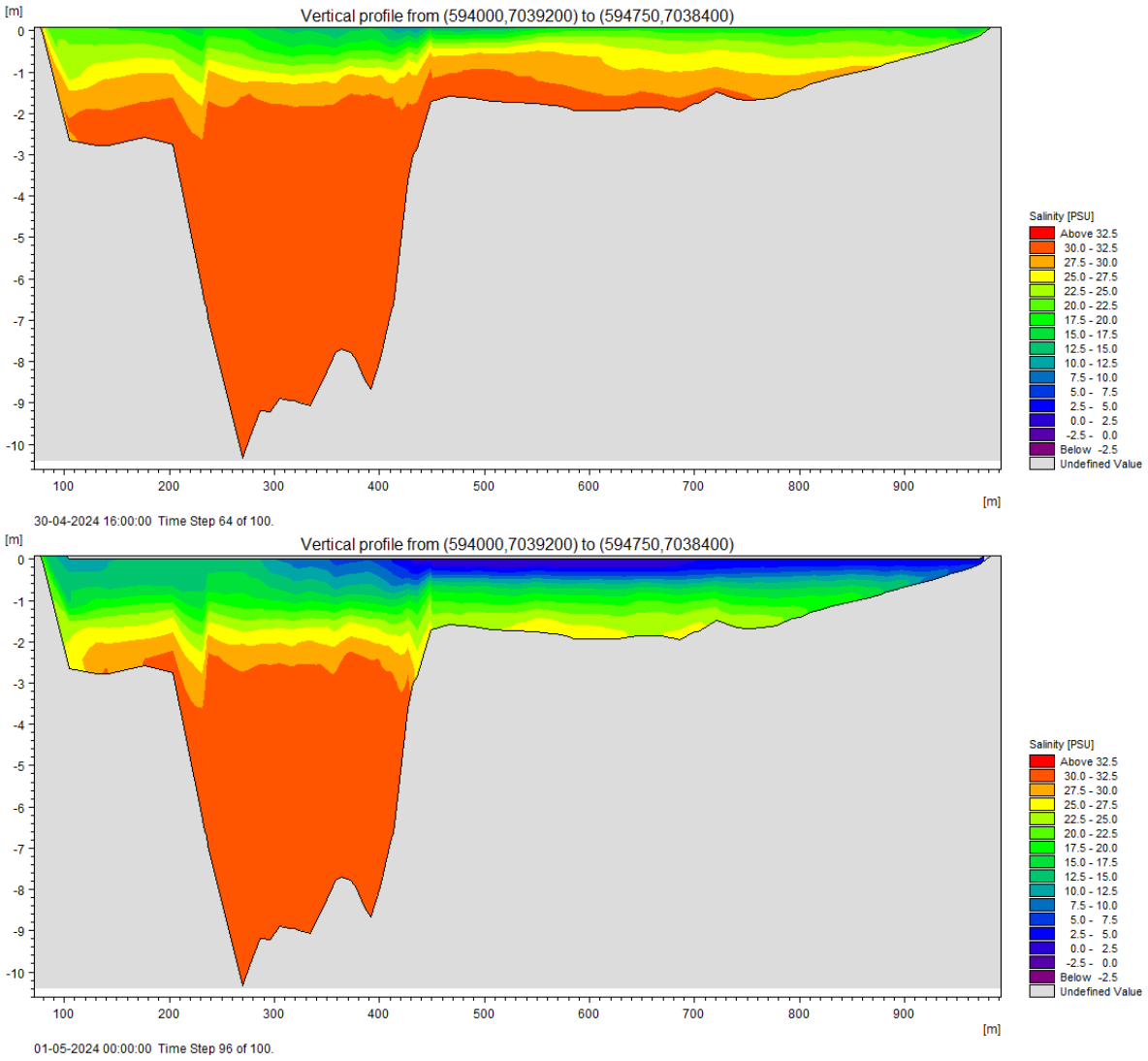
Confidential



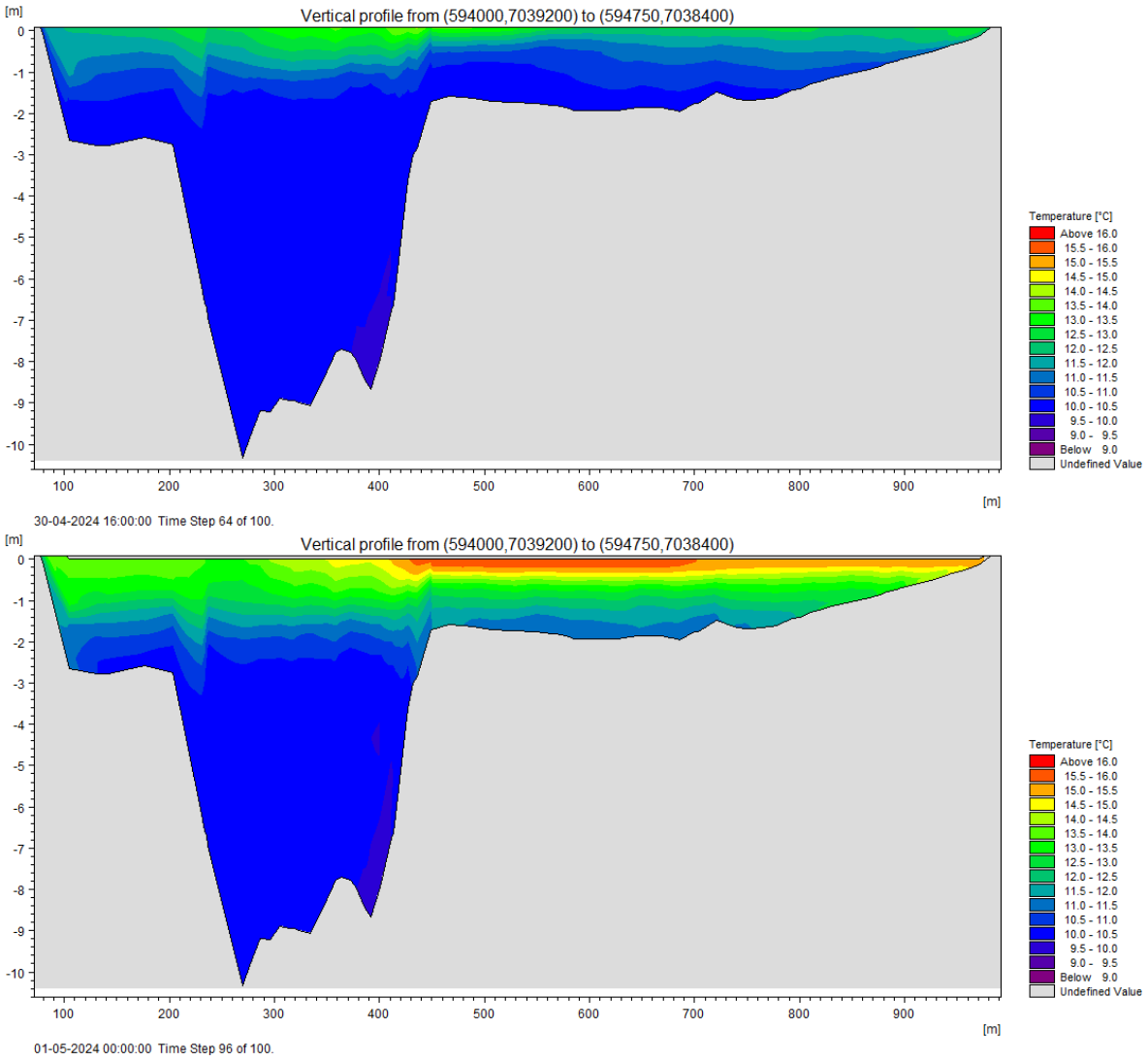
Figur 7-18: Vertikalt snit for fordeling af salinitet (øverst) og vandtemperatur (nederst) igennem vandsøjlen for Komp. B langs det viste snit i figur 7-4 til kl. 16:00 – svarende til aftagende vandstand.

Vertikale snit, der viser variationen af hhv. salinitet og temperatur gennem vandsøjlen i området efter Stjørdalselva's udløb for Kompensationstiltag B til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) og tiltagende vandstand (kl 00:00) er vist på figur 7-19 og figur 7-20. Placeringen af det vertikale snit ses på figur 7-15.

De vertikale snit viser, at der forekommer en vis lagdeling, hvor forholdene i den dybe rende er domineret af mere marine forhold, mens de øvre lag er præget af det ferske vand fra Gråelva og Stjørdalselva. Forholdene ned gennem vandsøjlen er dynamiske, hvilket betyder, at de varierer både med vandstanden i Trondheimfjorden og vandføringen i Stjørdalselva. Ved flomsituationer er den vertikale opblanding øget og påvirkningen fra Stjørdalselva signifikant større sammenlignet med mere normale tidevandsdominerede forhold. Vertikale snit af denne situation er ikke vist her.

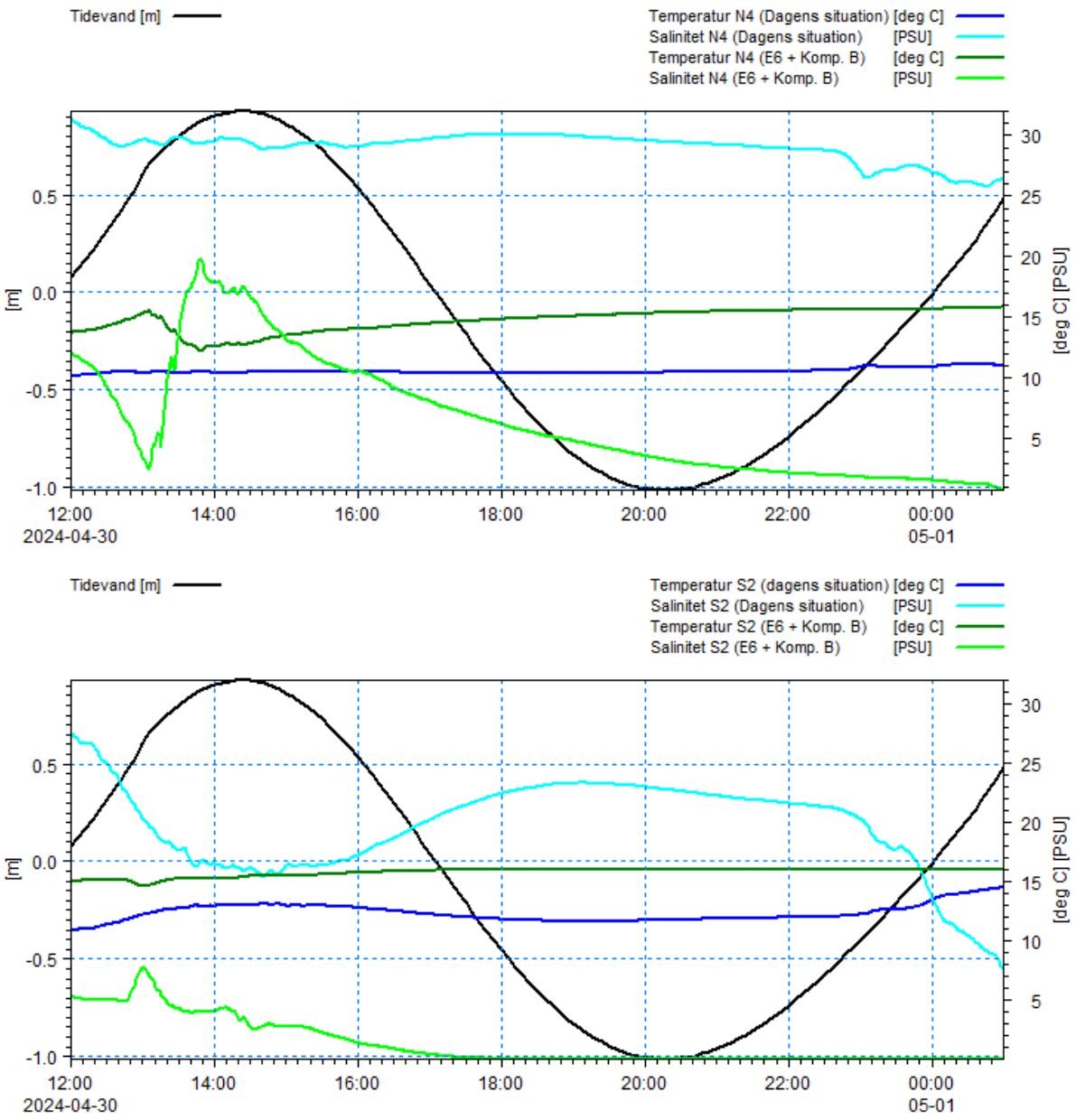


Figur 7-19: Vertikale snit for fordeling af salinitet igennem vandsøjlen for den fremtidige situation inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag B langs det viste snit i figur 7-15 kl. 16:00 (*øverst*) – og kl. 00:00 (*nederst*) - svarende til hhv. aftagende og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden.



Figur 7-20: Vertikale snit for fordeling af vandtemperatur igennem vandsøjlen for den fremtidige situation inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag B langs det viste snit i figur 7-15 kl. 16:00 (*øverst*) – og kl. 00:00 (*nederst*) - svarende til lav strømhastighed ved Hellstranda.

Figur 7-21 viser den tidsmæssige variation i vandtemperatur og salinitet for Kompensationstiltag B i den gamle del af elv-udløbet hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn. Som det fremgår af figuren vil temperatur- og salinitetsforholdene ændres signifikant i den nordlige del af det oprindelige udløb, hvor forholdene går fra at være domineret af de marine forhold i Trondheimfjorden med høj salinitet, til at være domineret af forholdene i Stjørdalselva. I det gamle elvudløb syd for Trondheim Lufthavn ændres forholdene ligeledes, da de i dag er relativt varierende, idet der i perioder sker en indtrængning af marint vand til i fremtiden alene at være domineret af Stjørdalselva's ferske vand.



Figur 7-21: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur for hhv. nuværende forhold samt Kompensationstiltag B indenfor en normal tidevandsperiode i den gamle del af elv-udløbet hhv. nord for Trondheim Lufthavn (*øverst*) og syd for Trondheim Lufthavn (*nederst*). Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU og 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.2.3 Opsummering – indvirkning fra Kompensationstiltag B

Kompensationstiltag B indebærer, i sammenligning til Kompensationstiltag A, en væsentlig indgriben i de nuværende hydrauliske forhold ved Hellstranda, idet det nuværende udløb af Stjørdalselva omlægges til det gamle udløb, hvormed Hellstranda ikke direkte tilføres ferskvand. Til trods for at Kompensationstiltag B i princippet er en reetablering af det oprindelige forløb af Stjørdalselva, har området igennem årene udviklet sig (herunder etablering af Stjørdal bådforening samt landudfyldning jf. afsnit 2), hvilket medfører at en reetablering af det gamle elvudløb vil ikke medføre en 1:1 reetablering af de historiske hydrauliske forhold.

Confidential

Modelberegningerne er gennemført baseret på en forudsætning om de nuværende dybdeforhold. Disse kendes ikke i alle dele af det gamle elv-udløb og de vil også ændres som følge af den øgede vandføring, der vil opstå ved en omlægning. Den manglende viden omkring både de nuværende dybdeforhold, de oprindelige dybdeforhold samt den naturlige dynamik gør, at det er svært på forhånd at modellere de lokale hydrauliske forhold, som opstår efter en reetablering.

Det nye udløbsområde for Stjørdalselva ved Stjørdal bådforening og på vestsiden af Langøra nord vil i nogle områder formentlig opleve lignende hydrauliske forhold, som dem der i dag forekommer ved Hellstranda med stor dynamik i strøm-, temperatur- og salinitetsforhold, herunder lagdeling. Usikkerheden om de aktuelle forhold, som kan opstå efter etablering af Kompensationstiltag B og en ny tilpasset ligevægt har indstillet sig, er dog forventeligt langt højere sammenlignet med Kompensationstiltag A ved Hellstranda idet der må forventes store justeringer af dybdeforholdene grundet de signifikante ændringer i vandføring og strømhastigheder. Desuden må forventes en større bølgepåvirkning og dermed indtrængen af marint vand ved Langøra nord idet der ikke forekommer en dækmole.

Etablering af Kompensationstiltag B vil forventelig medføre et behov for etablering af en væsentlig højvandssikring/flomsikring samt erosionssikring for at beskyttelse områder mod høje strømhastigheder. Desuden kan der opstå behov for løbende oprensning ved Stjørdalselva bådforening som følge af ændrede dybde- og sedimenttransportforhold.

En reetablering af Stjørdalselva's udløb medfører også at landingsbanen for Trondheim Lufthavn skal etableres som en bro-løsning, så der et er fuldt gennemstrømningstværsnit under.

7.3 Modelresultater og vurdering af effekt af tiltag for øget vandudskiftning nord for Trondheim Lufthavn

For de nuværende forhold er det undersøgt om der kan etableres tiltag for at øge vandudskiftningen i den oprindelige del af Stjørdalselva's udløb nord for Trondheim Lufthavn. Tiltagene, der er benævnt hhv. Tiltag C1 og Tiltag C2 er beskrevet i afsnit 5.1.4 og resultaterne i afsnit 6.3 og 6.4.

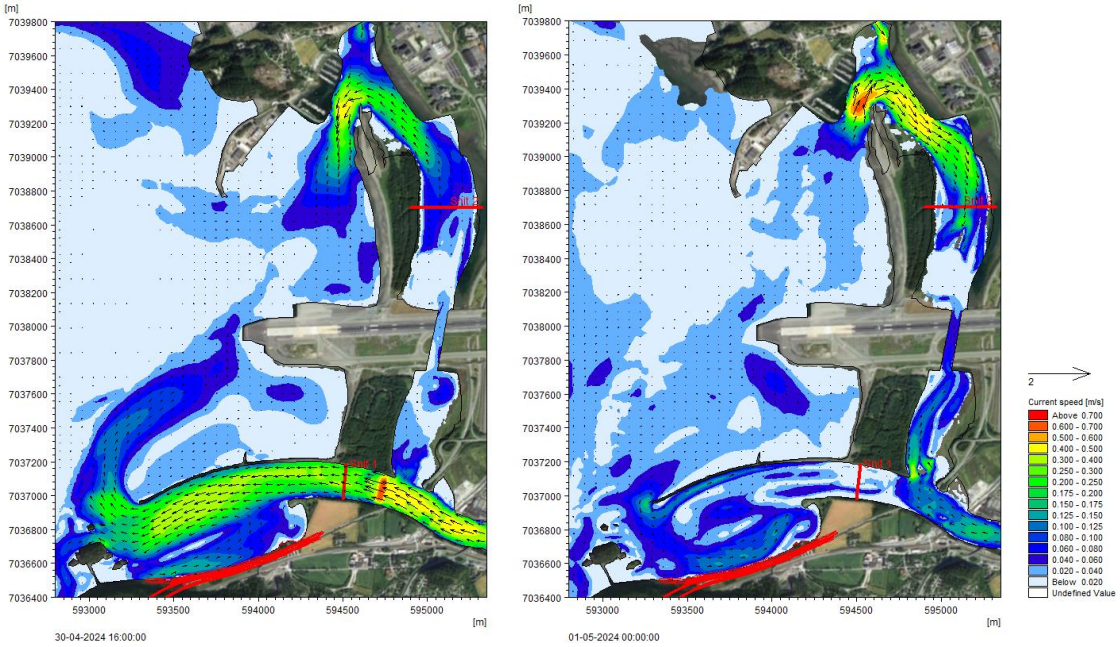
Med henblik på at vurdere, om de fremtidige forhold – inkl. udvidelsen af E6 + Kompensationstiltag A – har betydning for effekten af en kulvertløsning, der muliggør vandudveksling mellem det gamle elv-udløb nord og syd og for Trondheim Lufthavn, er der gennemført en supplerende modelberegning. Beregningen omfatter kombinationen af E6-udvidelsen inkl. Kompensationstiltag A og Tiltag C1 (varianten med 3 rør).

Der er ikke udført tilsvarende modellering for Tiltag C2, da dette tiltag ikke involverer ændringer i Hellstranda-området. Resultaterne i dette afsnit vurderes relativt til resultaterne i afsnit 6.3.

7.3.1 Indvirkning på lokale strømforhold

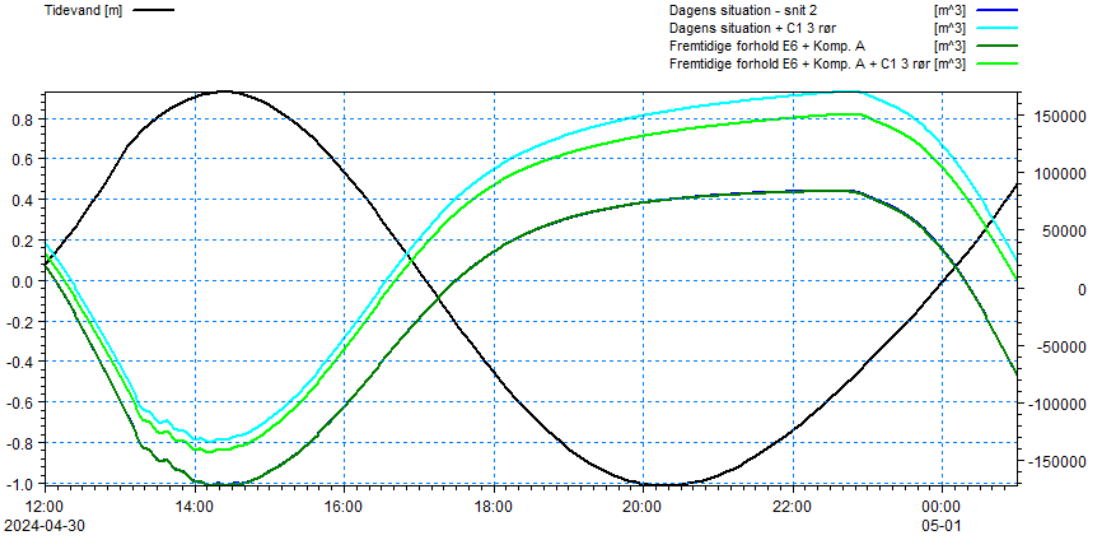
Øjebliksbilleder af de lokale strømforhold nord og syd for Trondheim Lufthavn for de fremtidige forhold med udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A og Tiltag C1 er vist i figur 7-22 for scenariet med hhv. aftagende og tiltagende tidevand i Trondheimfjorden. Begge eksempler er vist for scenariet med en kulvert med i alt 3 åbninger.

Ved sammenligning med figur 6-4 samt figur 6-5 for nuværende forhold samt lignende modelresultater for Kompensationstiltag A i figur 7-1 og figur 7-2, kan det konstateres at etableringen af en kulvert med mulighed for vandudveksling under landingsbanen kun medfører en meget begrænset påvirkning af de lokale strømforhold ved Hellstranda for de aktuelle øjebliksekseempler.



Figur 7-22: Variation af strømhastighed i området ved Hellstranda samt nord for lufthavnen efter etablering af E6, Kompensationstiltag A og Tiltag C1 for et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende tidevand i Trondheimfjorden (*venstre*) og til kl. 00, hvor der er tiltagende vandstand (*højre*). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

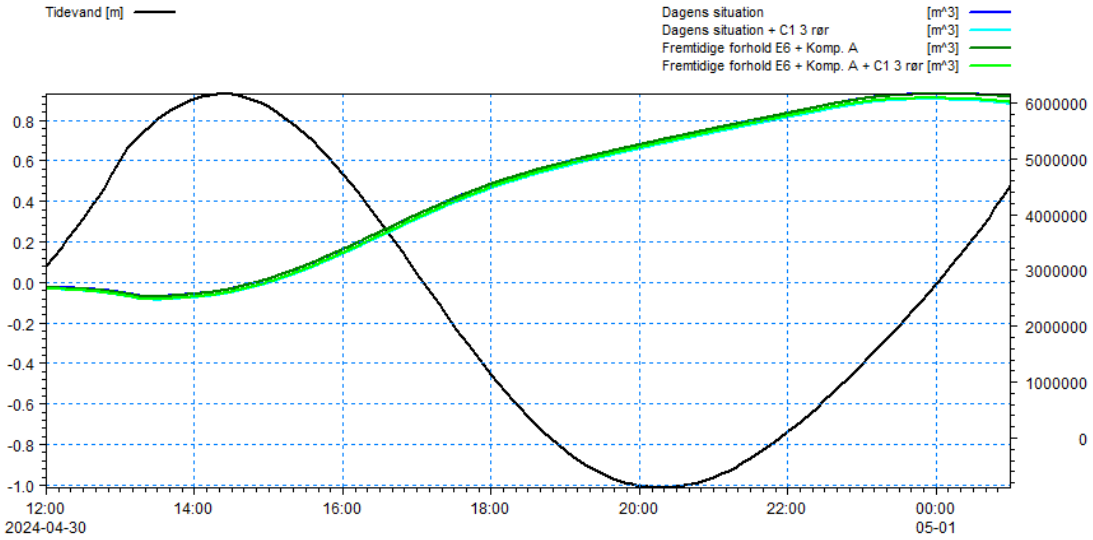
En tidsserie af vandføringen nord for Trondheim Lufthavn (snit 2) for de nuværende forhold med og uden Tiltag C1 samt for de fremtidige forhold med udbygningen af E6 inkl. Komp A med og uden Tiltag C1 (3 åbninger) er vist i figur 7-23. Heraf fremgår det, at Tiltag C1 også under fremtidige forhold med udbygningen af E6 + Komp. A vil medfører øget vandføring gennem snit 2. Effekten vurderes dog at være påvirket af de faktiske dybdeforhold og dermed den tilhørende modstand for strømmen.



Figur 7-23: Tidsserie for vandføring gennem "Snit 2" nord for Trondheim Lufthavn jf. figur 7-22 for Tiltag C1 med 3 åbninger i kulverten for hhv. nuværende forhold (dagens situation) med og uden Tiltag C1 samt de fremtidige forhold med udbygning af E6 + Komp. A med og uden Tiltag C1. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Positivt fortegn indikerer nordgående vandføring. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Confidential

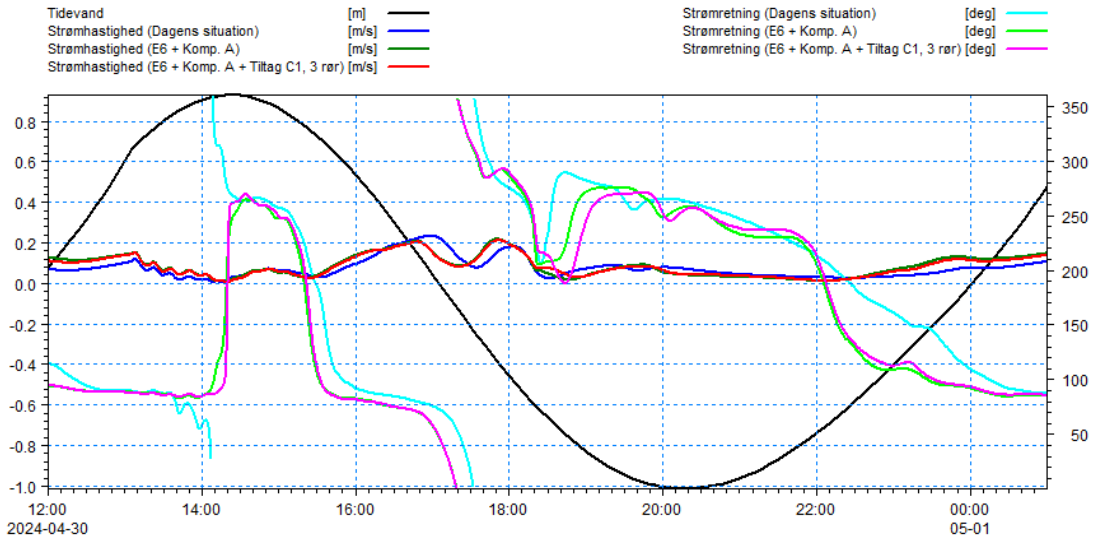
En tidsserie af vandføringen ved eksisterende udløb for Stjørdalselva fremgår af figur 7-24 (snit 1). Af figuren kan det ses, at implementeringen af en kulvert under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn kun har en relativt begrænset effekt på vandføringen ved Hellstranda, maksimal akkumuleret vandføring reduceres < 2%.



Figur 7-24: Tidsserie for vandføring gennem Snit 1 ved Stjørdalselva's udløb jf. figur 7-22 for Tiltag C1 med 3 åbninger i kulverten for hhv. nuværende forhold (dagens situation) med og uden Tiltag C1 samt de fremtidige forhold med udbygning af E6 + Komp. A med og uden Tiltag C1. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Positivt fortegn indikerer nordgående vandføring. Vertikalreference for vandstand er NN2000

En sammenligning af tidsserier for dybdemidlet strømhastighed og -retning igennem en normal tidevandsperiode er vist i figur 7-25 umiddelbart ud for den planlagte udbygning fra kysten (output punkt). Som det fremgår af figuren, medfører Tiltag C1 (kulvert med tre åbninger) kun relativt små påvirkninger af de lokale strømforhold. Påvirkningerne skal desuden ses i lyset af dels den i forvejen relativt store dynamik i de lokale hydrodynamiske forhold og dels at det punkt, hvor resultaterne sammenlignes, er geografisk placeret samme sted, hvilket medfører, at det ikke har samme afstand til kysten for hhv. nuværende og fremtidige forhold.

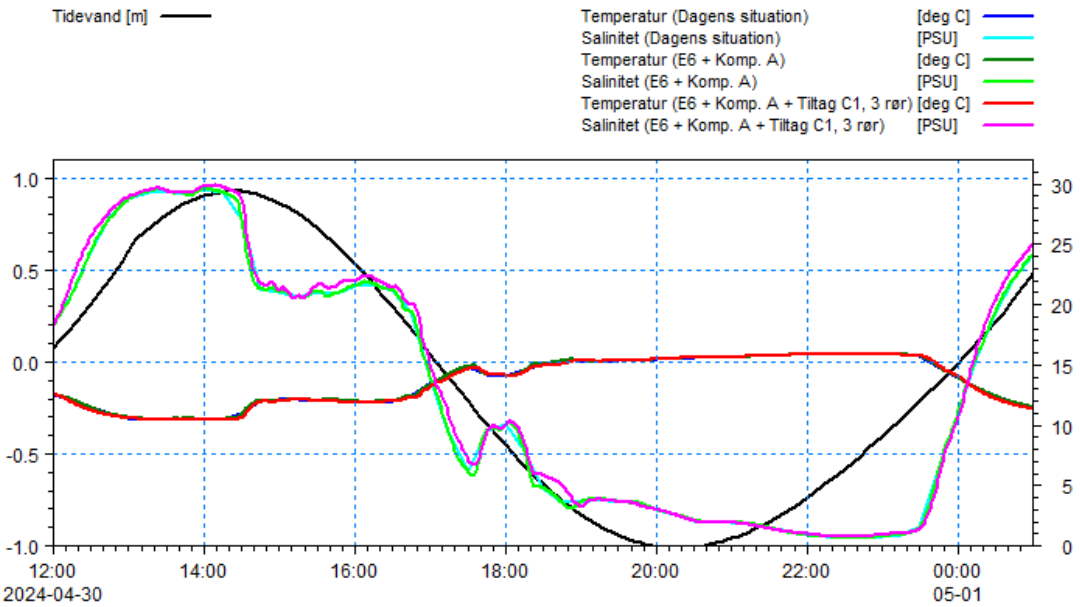
Confidential



Figur 7-25: Tidsserie for variation af vandstand samt strømforhold for nuværende og fremtidige forhold (inkl. udbygning af E6 + Komp. A +Tiltag C1) i et punkt umiddelbart ud for det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Strømretning er "gående mod". Output punkt er illustreret i figur 6-4. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.3.2 Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold

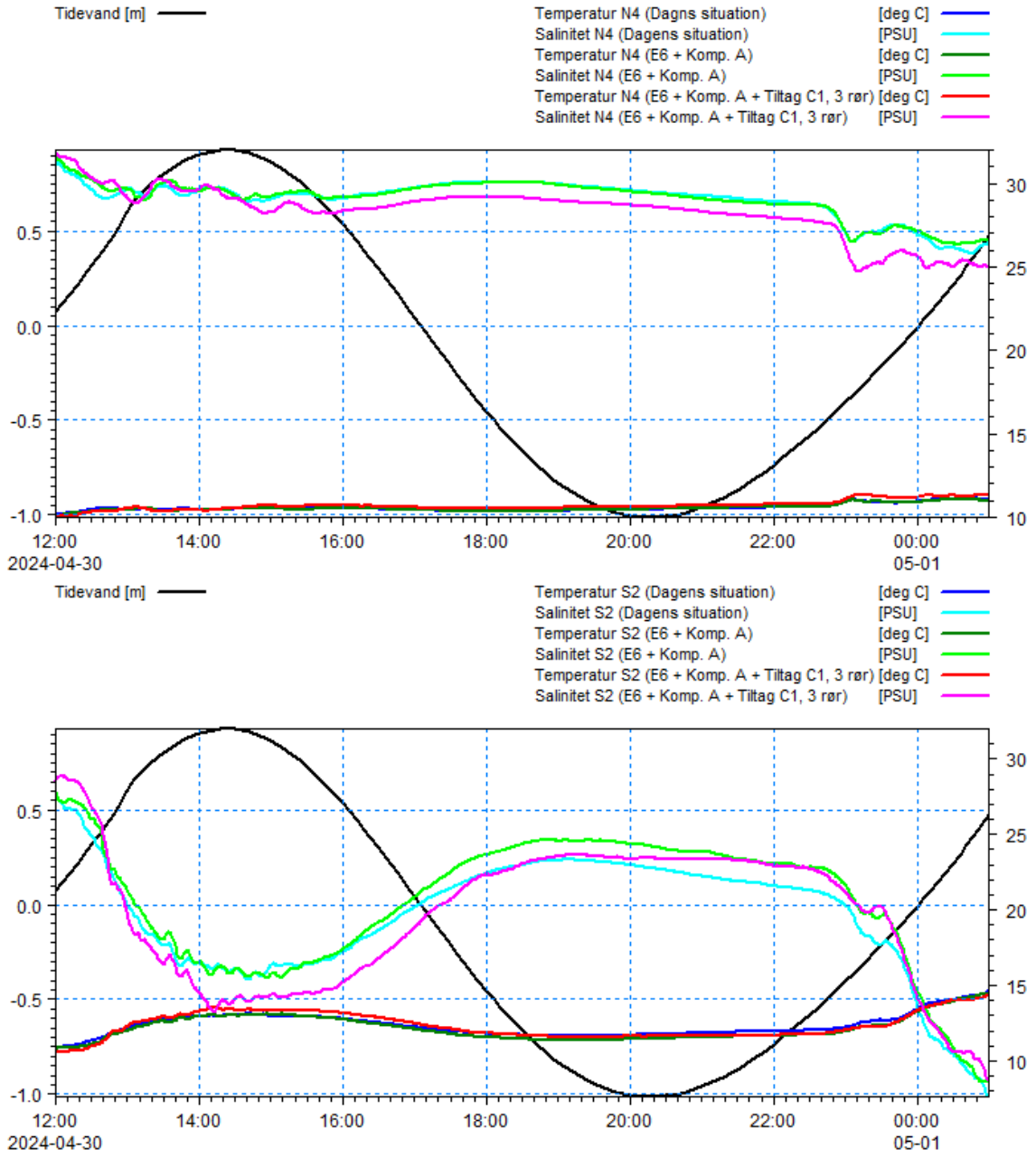
Tidsserier for temperatur og salinitet ved Hellstranda i et punkt ud for E6 udbygningen for hhv. nuværende forhold samt fremtidige forhold med og uden Tiltag C1 er vist i figur 7-26. Som det fremgår af figuren, forekommer der på samme vis som for strømforholdene også for temperatur og salinitet kun en relativt lille påvirkning, som følge af etableringen af en kulvert, der muliggør vandudveksling under Trondheim Lufthavn. Påvirkningen er marginal sammenlignet med den variation, der forekommer under en normal tidevandsperiode og sammenlignet med den variation der forekommer ifm. flom.



Figur 7-26: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur under nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6, Kompensationstiltag A samt Tiltag C1) i løbet af en normal tidevandsperiode i et punkt umiddelbart udfor det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med

Stjørdalselva samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Tidsserier for variation i vandtemperatur og salinitet i området hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn for hhv. nuværende og fremtidige forhold er vist i figur 7-27. Som det fremgår af figurerne påvirkes saliniteten og temperaturen ved en kulvert-løsning, hvilket indikerer, at der sker en udveksling af vand mellem områderne. I det gamle elv-udløb nord for Trondheim sker der et fald i saliniteten, hvilket skyldes at der tilføres ferskvand fra det gamle elv-udløb syd for.



Figur 7-27: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur i et punkt i det gamle elv-udløb nord (øverst) og syd (nederst) for Trondheim Lufthavn under under nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 samt Kompensationstiltag A og med/uden Tiltag C1, 3 rør). Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva, samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.3.3 Opsummering – indvirkning fra Tiltag C1

Tiltag C1 har til formål at forbedre de marine forhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn ved at øge vandudskiftningen. For de nuværende forhold, blev det i afsnit 6.5 konkluderet, at en kulvertløsning med rørføringer, som muliggør vandudveksling mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn, har en positiv effekt på vandudskiftningen. For fremtidige forhold – herunder udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A – vurderes Tiltag C1 at have samme effekt.

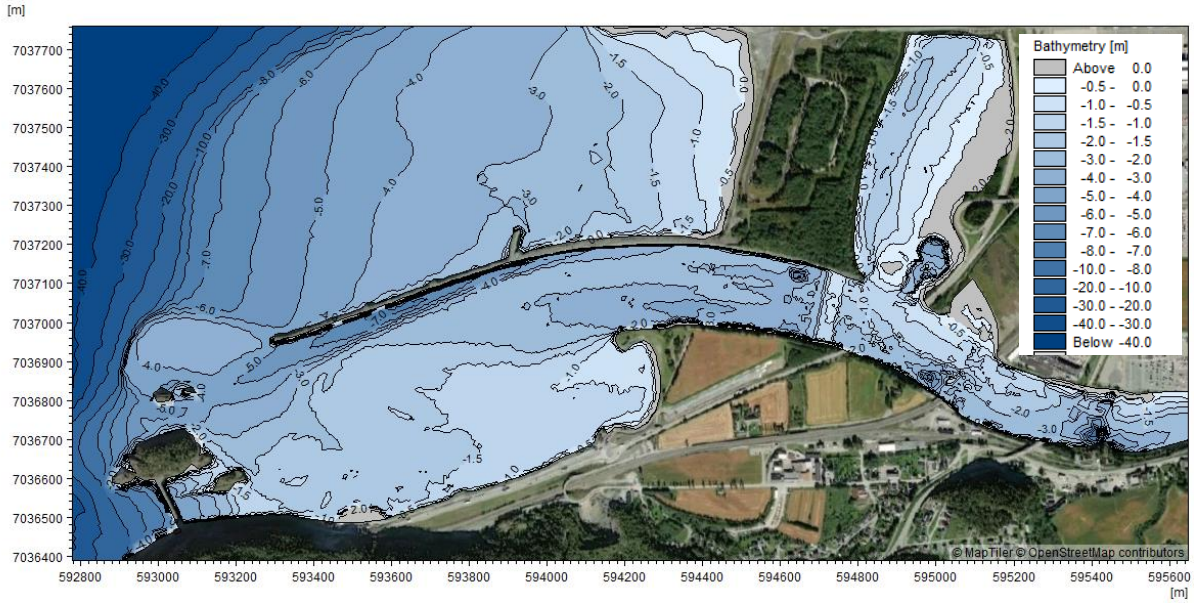
Effekten vurderes dog at afhænge af både den konkrete udformning af løsningen, herunder antal og placering af rør, samt de aktuelle dybdeforhold. Der må desuden forventes behov for periodisk oprensning ved både ind- og udløb for at opretholde funktionaliteten.

Det anbefales, at der gennemføres mere detaljerede vurderinger med henblik på at optimere løsningen, baseret på et signifikant mere oplyst grundlag. Dette bør omfatte kortlægning af faktiske og sæsonmæssige variationer i vandføringen i Gråelva samt faktiske og sæsonmæssige variationer i dybdeforholdene nord og syd for Trondheim Lufthavn samt en vurdering af den generelle udvikling af dybdeforholdene i området ift. vedligeholdsvurderinger.

8. Sedimentation og erosion

Området ved Hellstranda er, som tidligere nævnt, præget af vekslende dybdeforhold, med en markant dyb rende ud langs dækmolen og et lavvandet plateau i området ud for kysten, hvor E6 planlægges udbygget. Dette fremgår af gengivelsen af figur 4-7 på figur 8-1, der er baseret på seneste datagrundlag ift. dybdeforhold i Hellstranda-området.

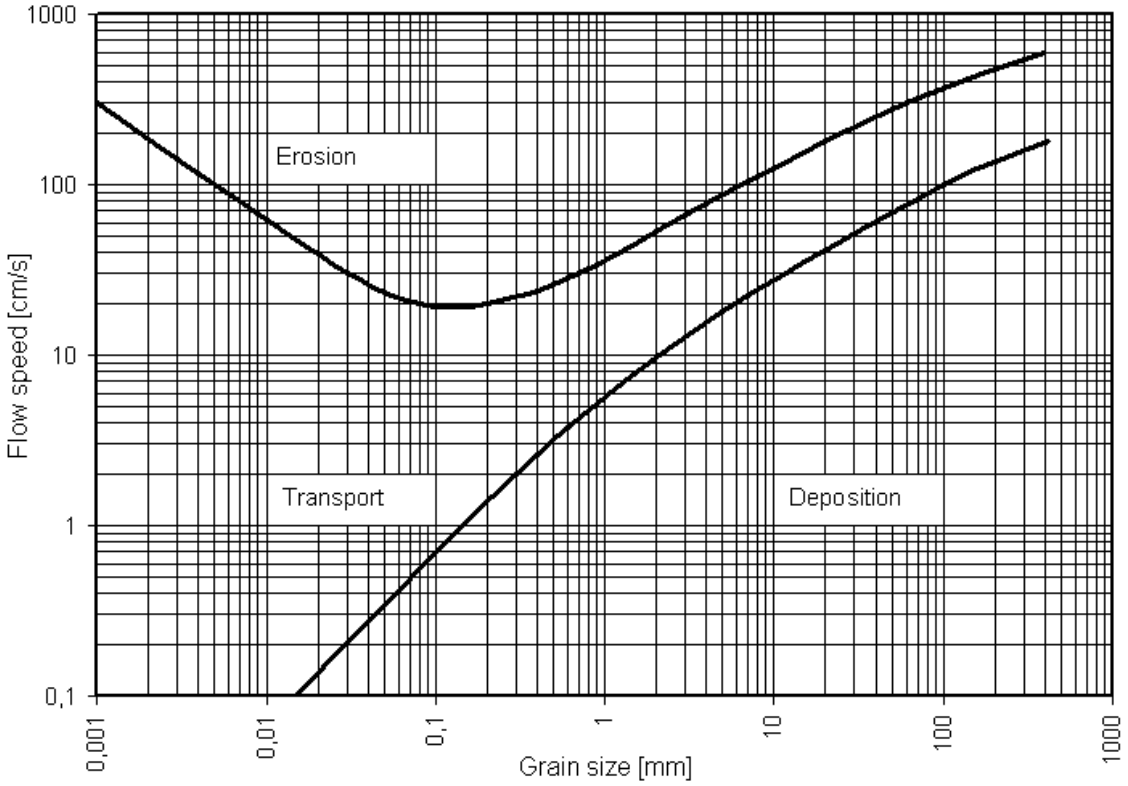
Der foreligger desværre ikke historiske dybdemålinger, som kan danne grundlag for en kortlægning af den historiske udvikling eller af de naturlige variationer i dybdeforholdene ved Hellstranda. Den overordnede vurdering er dog, at dybdeforholdene har ændret sig over tid, primært som følge af flytningen af Stjørdalselva's udløb samt etableringen af dækmolen. Derudover vurderes, at der er en vis årlig variation i dybderne, som følge af skiftende vandføring i Stjørdalselva og deraf påvirkning af strømforholdene i Hellstranda-området.



Figur 8-1: Forudsatte vanddybder i modellen af de nuværende forhold lokalt ved Hellstranda. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

8.1 Teoretisk sammenhæng mellem sedimenttransport og kornstørrelse

Sedimenttransport samt sedimentations- og erosionsområder hænger i høj grad sammen med kombinationen af strømforhold og de aktuelle karakteristika for bundsedimenterne, se teoretisk sammenhæng mellem strømhastigheder og kornstørrelsesfordelingen ift. om bundsedimenter bringen i suspension (eroderes), transporteres eller aflejres på figur 8-2. Heraf fremgår det, at for en kornstørrelse på fx d=0,07 mm kræves en strømhastighed på ca. 20 cm/s til for at sedimentet eroderes og bringes i suspension og transporteres, mens strømhastigheden skal under ca. 0,5 cm/s før sedimenter, der er bragt i suspension, aflejres. For sandfraktionen, kornstørrelse > 0,06 mm ses, at jo grovere sedimenter er des højere strømhastigheder kræves for at løsrive sedimenterne.



Figur 8-2: Hjulströms diagram, der viser den teoretiske sammenhæng mellem (dybdemidlede) strømhastighed og kornstørrelse ift. erosion, transport og sedimentation. (Hjulström, 1935)

8.2 Formål og metode

Erosion og transport af sedimenter forekommer generelt, når sedimenternes friktionshastighed overskrides, hvorved materialet bringes i suspension og transporteres med strømmen, indtil strømhastighederne aftager og sedimenterne aflejres. Hellstranda-området er dels eksponeret for transport og evt. aflejring af sedimenter, som er ført til med Stjørdalselva og dels som følge af de lokale strømforhold.

De nuværende dybdeforhold i området vurderes, at være tilpasset de strømhastigheder, der forekommer ifm. Stjørdalsleva's udløb og den beskyttelse dækmolen giver ift. fx bølgeeksponering. Ændringer i disse forhold – eksempelvis under flom, hvor strømhastighederne kan stige markant – kan føre til øget sedimenttransport og dermed periodevis ændrede dybdeforhold.

En udbygning af E6 samt en flytning af dækmolen vil kunne påvirke sedimenttransporten, hvis de medfører ændringer i de lokale strømforhold. Den overordnede vurdering af de fremtidige forhold inkl. Kompensationstiltag A er dog, at der sker en parallelforskydning af det nuværende vandområde svarende til det areal, som udbygningen inddrager. Hvilket betyder, at det vurderes, at den samlede påvirkning af strømforholdene og dermed af sedimenttransporten og påvirkninger af dybdeforhold vil værende marginale jf. afsnit 7.1.

En udbygning af E6 kombineret med Kompensationstiltag B vurderes i modsat fald at ændre signifikant på de nuværende dybdeforhold. Ændringen af udløbet fra Stjørdalselva til det oprindelige udløb, vil sandsynligvis medføre, at der vil ske en fordybning af områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn, som følge af den højere vandføring og højere strømhastigheder. Modsat vil området ved Hellstranda blive mere roligt.

Dette afsnit indeholder en indledningsvis vurdering af de overordnede sedimenttransportforhold i Hellstranda-området og en vurdering af påvirkningen af sedimentation og erosion ved en udbygning af E6 inkl. Kompensationstiltag A. Vurderingen er baseret på det foreliggende datagrundlag samt på udvalgte supplerende sedimenttransport beregninger.

Formålet er at etablere et grundlag til at vurdere om der kan forventes væsentlige ændringer i sedimenttransportforholdene grundet de tiltag, der påtænkes gennemført ifm. Kompensationstiltag A for at sikre de marinbiologiske forhold ved Hellstranda.

8.3 Datagrundlag

Sedimenttransporten i området ved Hellstranda består overordnet af to bidrag:

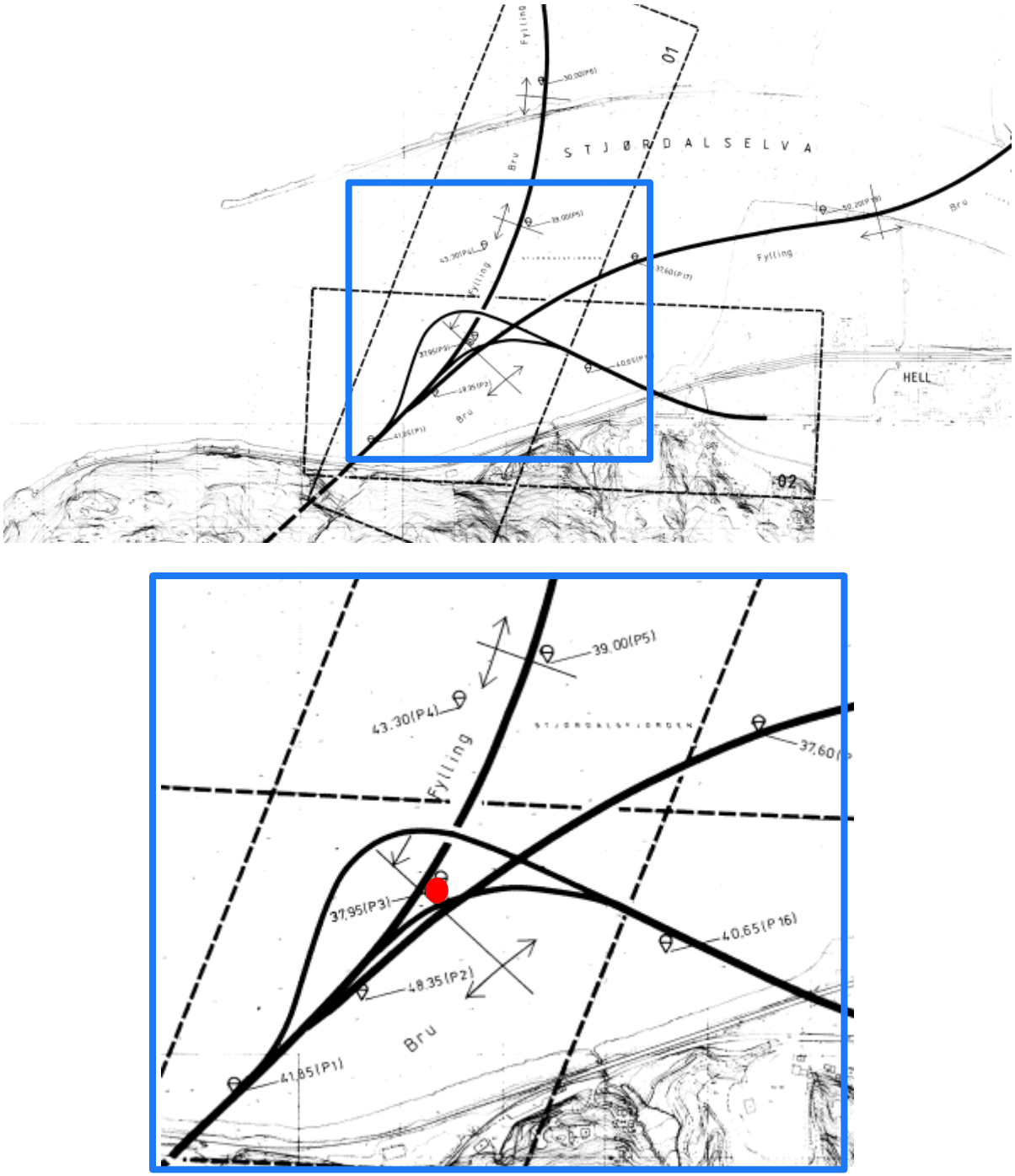
- Tilførsel af sedimenter fra Stjørdalselva
- Sedimenttransport af de øvre bundlag, som følge af de lokale strømforhold

Ændringer af disse to bidrag kan medføre en ændring af sedimentationen og dermed dybdeforholdene i Hellstranda.

Der har til nærværende projekt ikke været oplysninger om hverken sedimenttransportraterne eller kornstørrelsesfordelingen af materialer, der tilføres fra Stjørdalselva. Udbygningen af E6 vil dog ikke påvirke dette forhold og der er derfor gennemført vurderinger baseret på antagelser herom.

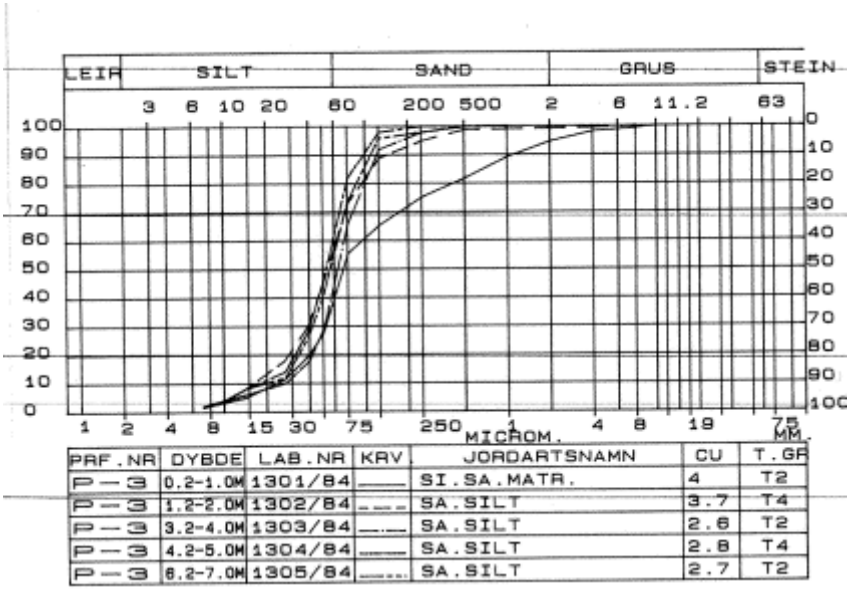
Det øvre bundlag i Hellstranda-området forventes overvejende at bestå af sand. I forbindelse med et projekt omkring linjeføringen af E6 fra 1984 blev der gennemført geotekniske undersøgelser, hvoraf der for udvalgte boringer blev gennemført en analyse af kornstørrelsesfordelingen. Oversigt over de geotekniske undersøgelsessteder i Hellstranda-området ifm. omtalte projekt er vist på figur 8-3.

Confidential



Figur 8-3: Udsnit af oversigtskort af gennemførte geotekniske undersøgelser ifm. udredning af alternative linjeføringer for E6 fra 1984. Rød markering viser den geoteknisk prøvelokalitet, hvor der er gennemført kornstørrelsesfordelings-analyse indenfor dækmolen. (Nord-Trøndelag, 1984)

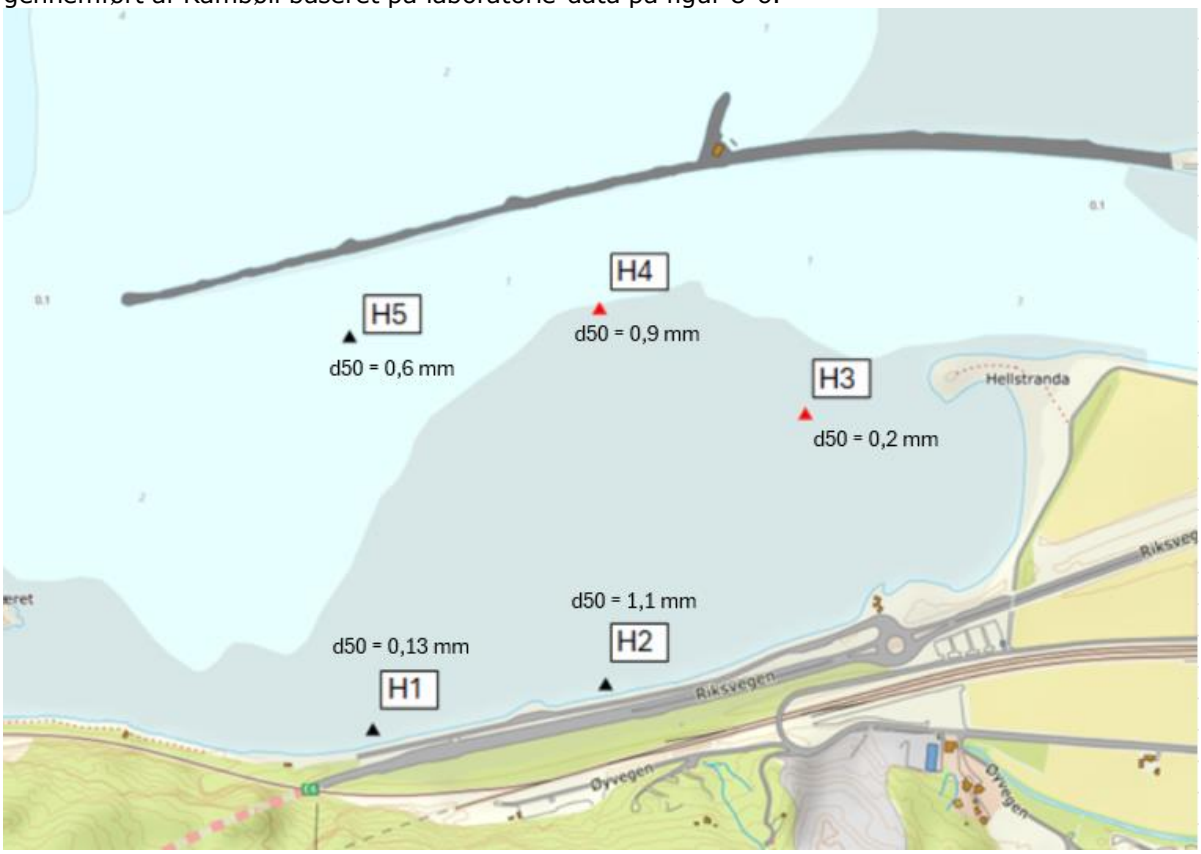
Kornkurver for de øvre lag i P3, der er beliggende i det lavvandede område mellem dækmolen og kysten i Hellstranda, er gengivet på figur 8-4, heraf fremgår det, at middelkornstørrelsen, d_{50} ~ 0,070 mm, hvilket er karakteriseret som meget fint sand.



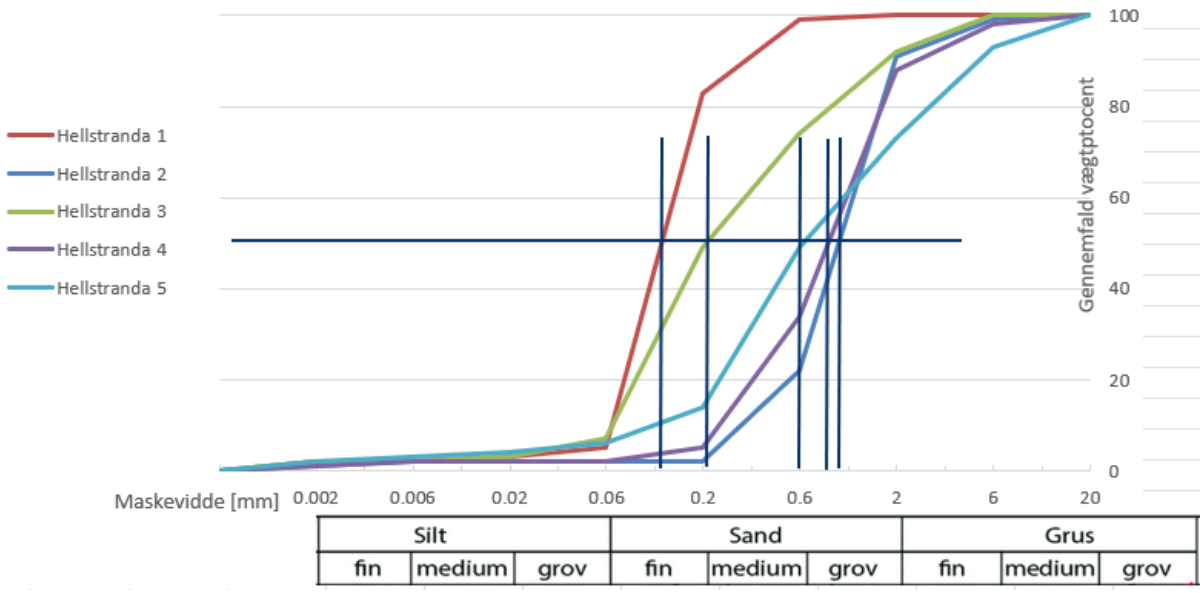
PRF.NR	DYBDE	LAB.NR	KRV	JORDARTSNAMN	CU	T.GR
P—3	0.2-1.0M	1301/84		SI.SA.MATR.	4	T2
P—3	1.2-2.0M	1302/84		SA.SILT	3.7	T4
P—3	3.2-4.0M	1303/84		SA.SILT	2.6	T2
P—3	4.2-5.0M	1304/84		SA.SILT	2.8	T4
P—3	6.2-7.0M	1305/84		SA.SILT	2.7	T2

Figur 8-4: Kornkurve for de øvre jordlag i P3. (Nord-Trøndelag, 1984)

I april 2025 blev der indhentet supplerende overfladeprøver i området mellem dækmolen og kysten, se placering for prøve-tagningen på figur 8-5. Efterfølgende blev der gennemført en sigteanalyse for hver af de indhentede prøver, se den indledningsvise kornstørrelsesfordeling gennemført af Rambøll baseret på laboratorie-data på figur 8-6.



Figur 8-5: Markering af områder, hvor der er indhentet overfladeprøver af bundmaterialet.



Figur 8-6: Indledningsvis Rambøll behandling af laboratoriedata.

Sigteanalyserne bekræfter, at området ved Hellstranda er domineret af et øvre lag bestående af sand med varierende kornstørrelse, i prøverne fra den fine til den grove fraktion.

Det vurderes, at der forekommer en vis årlig variation i kornstørrelsen i det øvre lag grunden de sæsonmæssige variationer. I foråret, umiddelbart efter flom, vurderes det, at området kan være præget af grovere overfladesedimenter. Dette skyldes, at øget vandføring i Stjørdalselva medfører højere strømhastigheder i Hellstanda-området, hvilket resulterer i resuspension og transport af de finere sedimenter. Herefter kan der ske en aflejring af finere materialer, hvormed toplaget i sensommeren og efteråret kan have et øget indhold af fint materiale. Prøver taget i april måned kan være repræsentative for perioden efter/under flom med lidt grovere sedimenter, jf. statistiske data for vandføringen i Stjørdalselva jf. figur 3-3.

Geotekniske undersøgelser gennemført ifm. nærværende projekt viser, at kornstørrelsen af de øvre sedimenter på den nordlige side af dækmolen har en middelkornstørrelse på d_{50} = 0,4 – 0,85 mm. Det område er eksponeret for bølgepåvirkning mv. og forholdene kan ikke sammenlignes med de nuværende forhold ved Hellstranda.

8.4 Modelberegninger

Der er ikke et tilstrækkeligt grundlag til at gennemføre en kalibrering og validering af den anvendte model, hverken ift. de hydrauliske forhold, som nævnt i afsnit 4 eller ift. sedimenttransportberegninger. Sedimenttransportberegningerne er derfor, som de hydrauliske beregninger, gennemført for udvalgte scenarier/forudsætninger for modellen af hhv. nuværende forhold og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og Komp. A, hvorefter ændringer relativt ift. de nuværende forhold er beskrevet.

Det skal bemærkes at sedimenttransportberegninger er særdeles følsomme over for variationer i kornstørrelsen og strømhastighederne. Transportforholdene er bestemt under forudsætning af, at der er tilstrækkeligt sand tilgængelig.

Confidential

8.4.1 Undersøgte sedimenttransport scenarier

Med det formål at vurdere tendenser ift. sedimentations- og erosionsområder samt følsomheder overfor variationer i input er modelberegningerne kørt for flere variationer af forudsætningerne for sedimenttransportberegningerne:

- Transport i Hellstranda-området;
  - Varierende kornstørrelse i Hellstranda-området, udvalgte i indeværende afsnit;
    - d_{50} = 0,07 – 0,15 mm for det lavvandede område
    - d_{50} = 0,20 – 0,60 mm for den dybe rende langs dækmolen
  - Konstant kornstørrelse i Hellstranda-området, d_{50} = 0,2 mm – se bilag 5
  - Konstant kornstørrelse i Hellstranda-området, d_{50} = 0,6 mm – se bilag 5
- Transport i Stjørdalselva
  - Sedimentkoncentration = 20 mg/l
  - Sedimentkoncentration = 200 mg/l

samt for følgende hydrauliske scenarier:

- Normal sommer vandføring i Stjørdalselva (ca. 84 m^3/s)
- Årlig hændelse ift. vandføring i Stjørdalselva (ca. 600 m^3/s)

Sedimenttransportberegningerne er generelt begrænset til kun at give mulighed for erosion inde i Hellstranda-området og umiddelbart udenfor vest for åbningen, dvs. området fra Billedholmen mod nord til området med sandpuden og ind mod dækmolens molehoved. Det betyder, at selv om strømhastighederne evt. i områder i Trondheimfjorden eller i Stjørdalselva overstiger den kritiske hastighed for erosion, så er det ikke indeholdt i modelberegningerne – dette er valgt idet forholdene her ikke påvirkes af udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A.

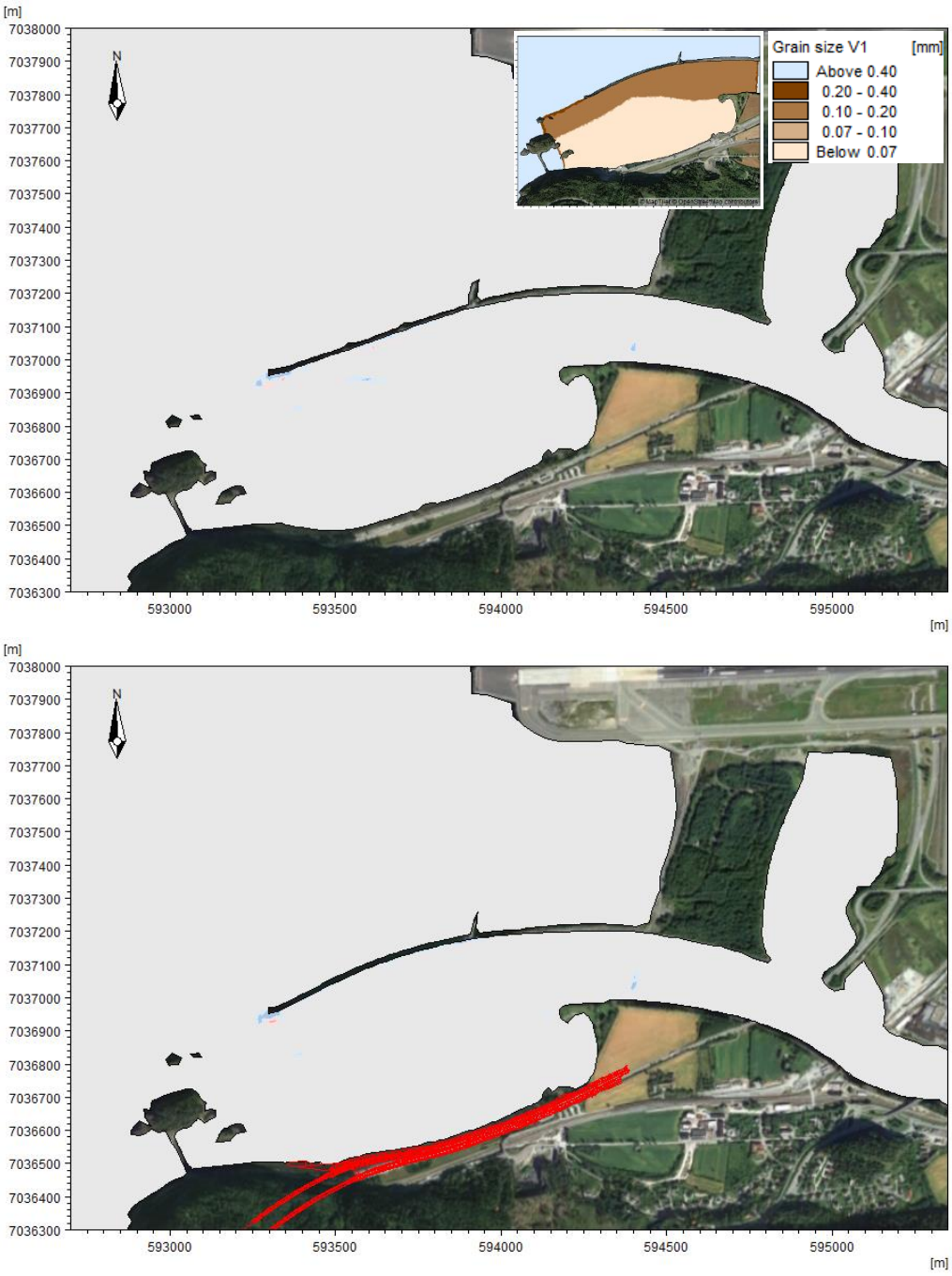
8.5 Resultater

Resultater fra modelberegninger af sedimenttransporten i Hellstranda præsenteres i form af areal-kort, der viser sedimentations- og erosionsområder for de udvalgte model-scenarier, der er gennemført simuleringer for. Idet modelberegningerne alene er gennemført for en kort tidsmæssig periode og for enkelte hydrodynamiske scenarier viser resultaterne ikke fx årlige bundændringer, men alene områder, der under de givne forhold er præget af enten erosion eller sedimentation. Af samme årsag er der ikke vist en skala for de beregnede bundændringer – dog oplyses, at der anvendes samme skala på alle figurer, hvormed de kan sammenlignes indbyrdes ift. områdernes placering og farvens intensitet.

Resultaterne vist i dette afsnit er alle for samme kornstørrelsesfordeling. Resultater for konstant kornstørrelse er vist i bilag 5.

8.5.1 Sedimenttransport under normal sommervandføring i Stjørdalselva

Betragtes strømhastighederne præsenteret i afsnit 6 og 7 samt den teoretiske sammenhæng mellem strømhastighed, sedimenttransport og kornstørrelse er den overordnede vurdering, at det lavvandede område ifm. sommervandføring i Stjørdalselva generelt er godt beskyttet mod erosion. Dette bekræftes af sedimenttransportsimuleringerne for hhv. nuværende og fremtidige forhold (inkl. udbygningen af E6 og Komp. A), se figur 8-7, der viser bundændringen efter en simuleringsperiode på 25 timer, svarende til to tidevadsperioder. Modelberegningerne er gennemført for et scenarie med varierende kornstørrelser, med d_{50} = 0,07 mm i det lavvandede plateau og d_{50} = 0,2 mm i den dybe rende langs dækmolen, se anvendt kornstørrelsesfordeling for de aktuelle scenarier i øverste højre hjørne. Overgangen mellem området med d_{50} = 0,07 mm og d_{50} = 0,2 mm er omtrentlig det samme ift. dybdeforholdene for hhv. nuværende og fremtidige forhold, hvilket er i tråd med kompensationstiltag A, hvor der er forudsat en "parallelforskydning" af dybdeforholdene.



Figur 8-7: Bundændring for modellen, der repræsenterer nuværende forhold (*øverst*) og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og flytningen af dækmolen (*nederst*). Beregningen er gennemført for to tidevandsperioder og viser bundændringen ved simuleringens slutning. Rød indikerer sedimentation og blå indikerer erosion. Intensiteten af farven indikerer intensiteten af erosionen/sedimentationen. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

Baseret på de forudsatte egenskaber for det øvre lag af bundsedimenter i Hellstranda-området og strømforholdene i den pågældende periode, vil der ikke ske en signifikant sedimenttransport, hverken for nuværende eller fremtidige forhold (inkl. E6 udbygningen og Komp. A) i en periode domineret af normal gennemsnitlig sommervandføring i Stjørdalselva og tidevandsdominerede forhold i Trondheimfjorden.

Confidential

8.5.2 Sedimenttransport ifm. en 1-års vandføring i Stjørdalselva

Bundændringen af hhv. nuværende og fremtidige forhold (inkl. udbygningen af E6 og Komp. A) for et scenarie, hvor vandføringen i Stjørdalselva er 600 m^3/s, hvilket omtrentlig svarer til en årlig hændelse, er vist på figur 8-8. Simuleringsperioden er 25 timer svarende til to tidevandsperioder og der er antaget konstant vandføring i Stjørdalselva i hele perioden. Modelberegningerne er gennemført for et scenarie med varierende kornstørrelser, således at der er antaget d_{50} = 0,07 mm på det lavvandede plateau og d_{50} = 0,2 mm i den dybe rende, se anvendt kornstørrelsesfordeling for det aktuelle scenarier i øverste højre hjørne.

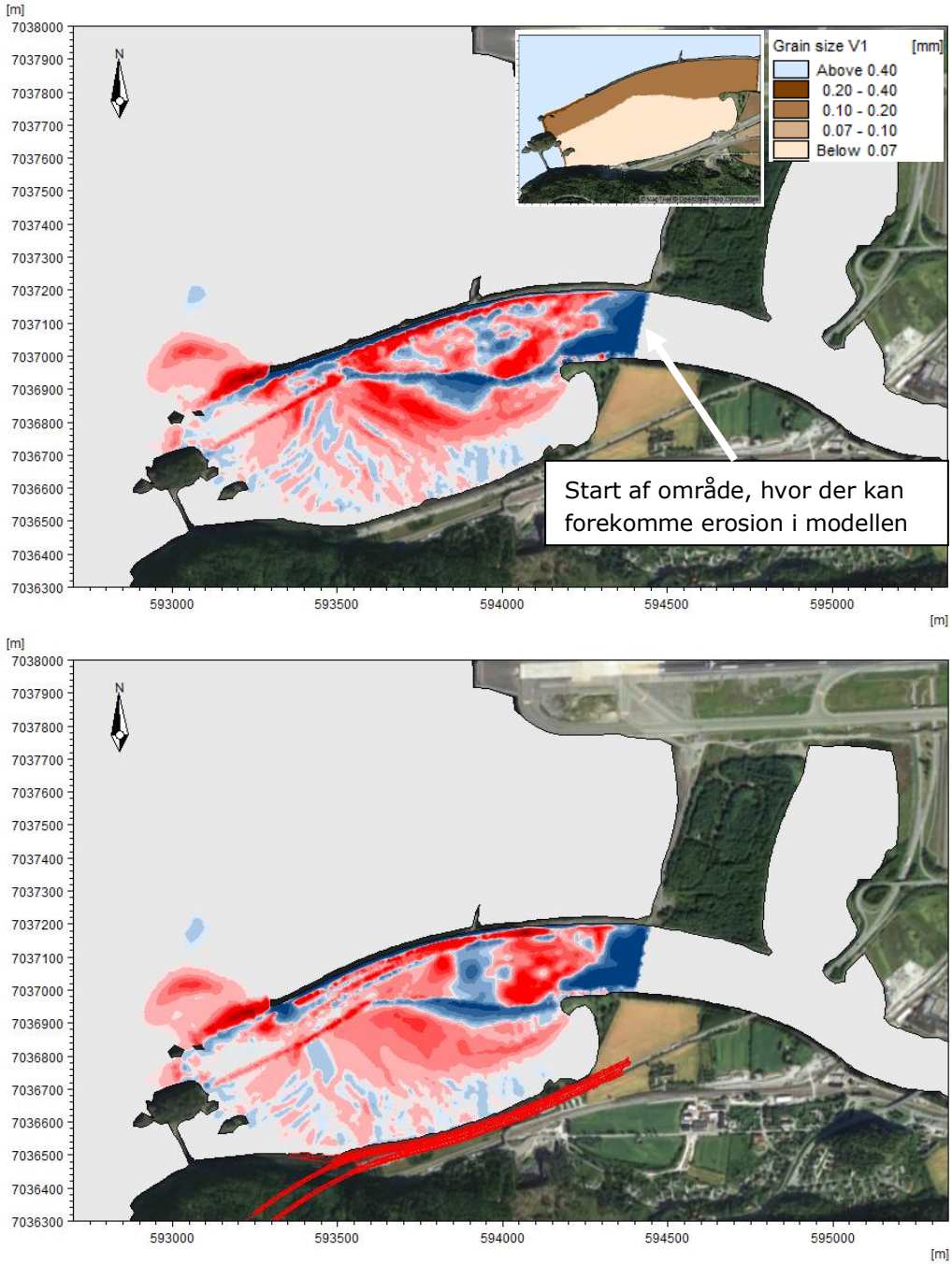
Modelberegningerne viser, at ved en vandføring i Stjørdalselva, der statistisk forekommer en gang om året så vil der ske en væsentlig ændring af dybdeforholdene i Hellstranda-området, baseret på de forudsatte kornstørrelser, sammenlignet med forholdene der repræsenterer normal sommervandføring i Stjørdalselva. Umiddelbart vil sedimenttransportforholdene dog ikke ændres signifikant, som følge af udbygningen af E6 inkl. Komp. A, da bundændringerne for de to modelberegninger viser samme tendenser ift. områder udsat for erosion (blå) og områder udsat for sedimentation (rød).

Strømhastighederne er så høje, at sedimenter med en kornstørrelse på d_{50}=0,2 mm vil blive eroderet i området hvor Stjørdalselva munder ud i Hellstranda-området. Erosion/sedimentation er ikke indeholdt længere opstrøms Stjørdalselva, hvilket forklarer hvorfor der er så skarpt et skifte i bundændringen lige omkring udløbet til Hellstranda.

Det lavvandede område er primært påvirket af sedimentation, men specielt kanten op mod det lavvandede område kan være påvirket af erosion i tilfælde af at sedimenterne er fine i området og strømhastighederne er høje.

Modelberegningerne viser også, at området udenfor dækmolen er et aflejringsområde, hvilket stemmer overens med den sandpude, der er opbygget i området.

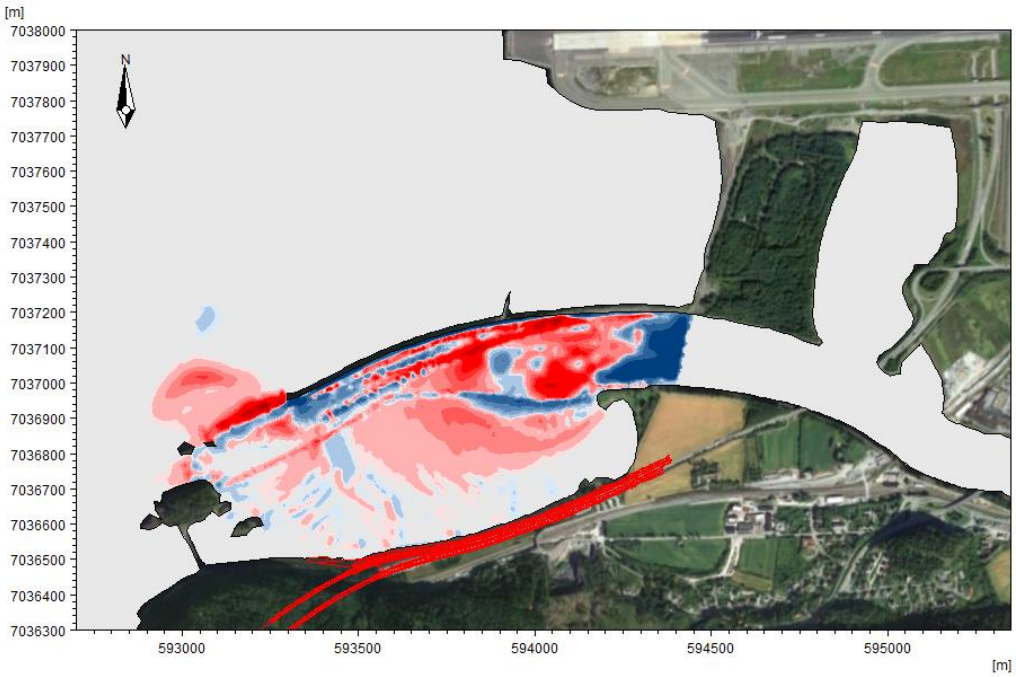
Confidential



Figur 8-8: Bundændring for modellen, der repræsenterer nuværende forhold (*øverst*) og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og flytningen af dækmolen (*nederst*). Beregningen er gennemført for to tidevandsperioder og viser bundændringen ved simuleringens slutning. Rød indikerer sedimentation og blå indikerer erosion. Intensiteten af farven indikerer intensiteten af erosionen/sedimentationen. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

For de samme forudsætninger, men hvor den dybe rende for de fremtidige forhold er ca. dobbelt-bredde, er resultatet af sedimenttransportberegningen vist på figur 8-9. Scenariet er inkluderet for at vurdere robustenden af resultaterne i tilfælde af, at der ikke sker en opfyldning af den nuværende dybe rende som en del af flytningen af dækmolen. Igen viser sedimenttransportberegningerne de samme overordnede tendenser ift. erosion og sedimentation, som for nuværende forhold. Erosionsområderne efter udløbet er lidt mindre, hvilket skyldes reduktionen af strømhastighederne, som følge af den bredere strømrende.

Confidential

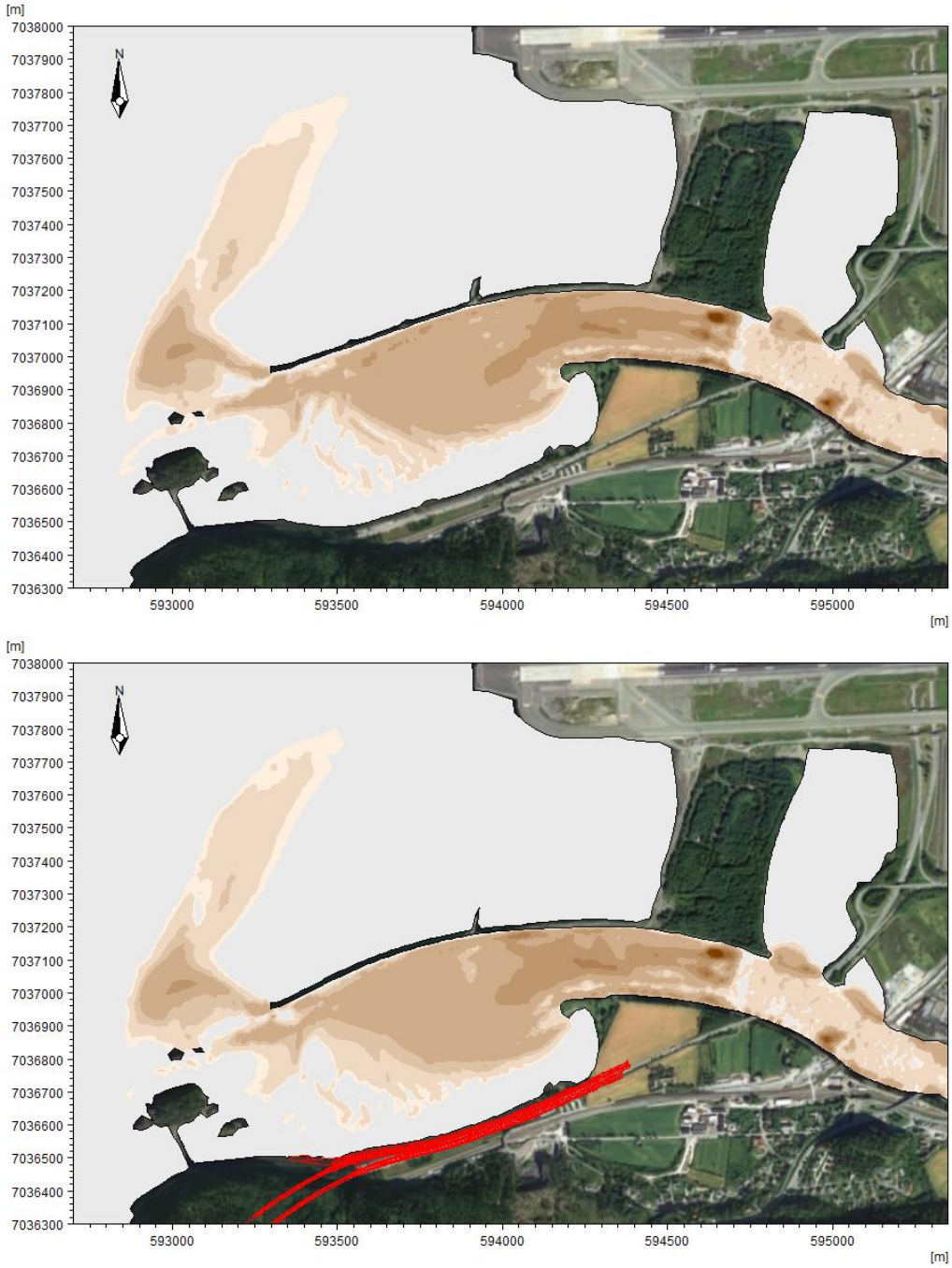


Figur 8-9: Bundændring for modellen, der repræsenterer de fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og flytningen af dækmolen, men hvor den dybe rende er ca. dobbelt-bredde. Beregningen er gennemført for to tidevandsperioder og viser bundændringen ved simuleringens slutning. Rød indikerer sedimentation og blå indikerer erosion. Intensiteten af farven indikerer intensiteten af erosionen/sedimentationen. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

8.5.3 Aflejringsområder for sedimenter fra Stjørdalselva

For at undersøge aflejringsområder for sedimenter, der transporteres til Hellstranda via Stjørdalselva er der gennemført modelberegninger, hvor vandet fra Stjørdalselva er tilført en sedimentkoncentration. Som nævnt tidligere er der ikke kendskab til mængderne eller kornstørrelsesfordelingen af sedimenterne, der transporteres med Stjørdalselva, men udbygningen af E6 vil ikke ændre på det forhold. De faktiske aflejringsmønstre og -mængder vil afhænge både af sedimentfraktionerne og strømhastighederne, men for samme forudsætninger for sedimentfraktioner for hhv. nuværende og fremtidige forhold, er aflejringsområderne vist på figur 8-10. Intensiteten af farven angiver intensiteten af aflejringsmængden.

Modelberegningerne er gennemført for to tidevandsperioder, men en konstant vandføring svarende til den vandføring, der har en returperiode på 1 år.



Figur 8-10: Aflejringsområder for sedimenter, der føres med Stjørdalselva til Hellstranda for vandføring, der svarer til en 1-års returperiode, for nuværende forhold (*øverst*) og fremtidige forhold, inkl. Komp. A (*nederst*). Begge for nuværende forhold. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

Umiddelbart vil sedimenter transporteret via Stjørdalselva aflejres i store dele af Hellstranda-området og i området umiddelbart udenfor dækmolen, hvor der ses en sandpude i dag. Modelberegningerne viser det første aflejringsområde. I perioder med ændrede/højere strømhastigheder vil sedimenterne kunne blive bragt i suspension igen og transporteres videre.

8.6 Opsummering af sedimentation og erosion

Der foreligger ikke et tilstrækkeligt datagrundlag til at afdække de naturlige variationer i dybdeforholdene grundet sandtransport. For at vurdere om de lokale sandtransportforhold vil blive påvirket af udbygningen af E6 kombineret med Kompensationstiltag A, hvor der sker en flytning af dækmolen og en justering af den dybe rende langs dækmolen, er der gennemført indledningsvise vurderinger baseret på viden omkring de hydrauliske forhold suppleret med sedimenttransport-beregninger.

Den overordnede konklusion ift. de hydrauliske forhold er, at området er forholdsvis robust og at udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A ikke forventes at medføre væsentlig ændrede strøm-forhold. Dette er en vigtig konklusion ift. vurderinger af påvirkninger af sedimenttransport-forholdene, idet sedimenttransporten er direkte forbundet med strømhastighederne og kornstørrelses af bundsedimenterne.

Der foreligger ikke en detaljeret kortlægning af kornstørrelsesfordelingen af de øvre bundlag i Hellstranda-området, men enkelte kornstørrelsesfordelingskurver fra Hellstranda-området viser, at det øvre bundlag kan forventes at bestå af sand, med en middelkornstørrelse, der spænder fra ca. d_{50} = 0,07 mm til d_{50} = 1,1 mm. Det vurderes, at kornstørrelsesfordelingen i det øvre lav varierer over året, som følge af varierende vandføring i Stjørdalselva, men at der ikke vil ske en ændring af kornstørrelsesfordelingen som følge af udbygningen af E6.

Med en antagelse om samme kornstørrelsesfordeling for nuværende og fremtidige forhold er den overordnede vurdering, at der ikke vil ske en signifikant ændring af sedimenttransportforholdene ved en udbygning af E6 inkl. flytning af dækmolen. Ved en flytning af den dybe rende skal det sikres, at siden op mod det lave plateau indeholder sedimenter af minimum samme størrelse/grovhed som dem, der forekommer langs siden af den nuværende dybe rende. Finere sedimenter vil kunne transporteres ved lavere strømhastigheder og dermed vil sedimenttransportforholdene ændres.

Det vurderes, at ifm. flom vil der kunne forekomme en øget sedimenttransport og dermed ske en periodevis (signifikant) påvirkning af dybdeforholdene, men dette er gældende både for nuværende og fremtidige forhold, hvis sediment-karakteristikken fastholdes også for de fremtidige forhold.

Sedimenter, der transporteres til Hellstranda via Stjørdalselva vil generelt aflejres i store dele af området. Dette ændres ikke umiddelbart som følge af udbygningen af E6 inkl. Komp. A.

Den overordnede vurdering er, at hvis sedimentkarakteristikken bibeholdes - også efter en udbygning af E6 inkl. Komp. A - så vil den naturlige dynamik ikke blive påvirket signifikant. Der vil dermed fortsat kunne forventes samme dynamik/variation i dybdeforholdene, som der forekommer i dag, når ligevægten har indstillet sig til de nye forhold.

9. Opsummering af væsentlige konklusioner og diskussion af modelresultater

Væsentlige konklusioner fra den gennemførte modellering opsummeres i det følgende, herunder også resultater fra gennemførte robustheds- og følsomhedssimuleringer, der er afrapporteret i bilag 1-5. Desuden diskuteres modelresultaterne samt den videre anvendelse heraf.

9.1 Opsummering af væsentlige konklusioner

Nuværende forhold ved Hellstranda:

- De lokale hydrodynamiske forhold ved Hellstranda er relativt dynamiske og i høj grad styret af de tidevandsdominerede vandstandsforhold i Trondheimfjorden, den varierende ferskvandstilførsel fra Stjørdalselva samt sæsonafhængige vandtemperatur- og salinitetsdifferenser, der medfører en vis densitetslagdeing.
- Stigende vandstand i Trondheimfjorden medfører en periode med lave strømhastigheder og varierende strømretning i området ved Hellstranda, da strøm fra Trondheimfjorden og Stjørdalselva er modsatrettede, mens faldende vandstand medfører relativt høje strømhastigheder og dominerende vestgående strøm.
- Under flom i Stjørdalselva kan forventes meget høje strømhastigheder i specielt den dybe rende langs den nordlige dækmole ved Hellstranda.
- Som følge af de høje strømhastigheder, specielt under flom, kan det ikke udelukkes at der forekommer visse variationer i vanddybder, som følge af lokal og periodisk sedimenttransport.

Nuværende forhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn:

- Det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn er primært domineret af tidevandspåvirkning fra Trondheimfjorden, som medfører vekslende ind- og udstrømning af marint vand indenfor en tidevandscyklus og forventelig sekundært af en varierende ferskvandstilførsel fra Gråelva.
- Ved lavvande er der større områder der er tørlagte

- De faktiske dybdeforhold i det gamle udløb nord for Trondheim Lufthavn kendes kun i få områder og modelberegningerne er derfor gennemført baseret på en kombination af de få opmålte data samt antagede dybdeforhold baseret på satellitbilleder. Der er derfor en vis usikkerhed forbundet med de modellerede forhold i det aktuelle område, idet især strømhastighederne i høj grad varierer med de faktiske dybdeforhold.
- Der foreligger ikke data for Gråelva der har sit udløb i den nordlige del af området og ferskvandstilførslen herfra er derfor baserede på antagede mængder.

Indvirkning fra Tiltag C1 og Tiltag C2:

- Formålet er at forbedre vandkvaliteten i den gamle del af Stjørdalselva's udløb nord for Trondheim Lufthavn ved at øge vandudskiftningen i dette område ved enten en kulvertløsning under Trondheim Lufthavn, Tiltag C1 eller en kulvertløsning gennem den sydlige del af Langøra nord, Tiltag C2.
- Tiltagene vurderes at kunne påvirke vandføringen/strømforholdene i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn, men effekten afhænger af flere faktorer, fx antallet af rørunderføringer, bundkoten for rørene og dermed også af vanddybderne i området.
- Saliniteten og vandtemperaturen påvirkes som følge af påvirkning af ferskvandsbalancen i området – og det vil derfor være forskellig effekt i påvirkningen af saliniteten og det Tiltag C1 eller Tiltag C2 etableres, da Tiltag C1 sikrer en direkte tilførsel af vand domineret af Stjørdalselva mens Tiltag C2 tilfører fra Trondheimfjorden.

- I dag sker udvekslingen af vand alene mod nord, hvor Tiltag C1 og Tiltag C2 giver mulighed for udveksling af vand i den sydlige del af området også. Dette medfører, at der kan forekommen et strømskel, hvor vandføringen nord for dette skel sker nord om Langøra nord og vandføringen syd herfor sker via Tiltag C1 eller Tiltag C2. Strømskellet vil dog være dynamisk og variere med vandføringen i Gråelva og i Stjørdalselva (for Tiltag C1) og vandstanden i Trondheimfjorden (Tiltag C2).

- De faktiske dybdeforhold i det gamle udløb nord for Trondheim Lufthavn kendes kun i få områder og modelberegningerne er derfor gennemført baseret på en kombination af de få opmålte data samt antagede dybdeforhold baseret på satellitbilleder. Der er derfor en vis usikkerhed forbundet med de modellerede forhold i det aktuelle område og især dybdeforholdene vurderes at have en signifikant påvirkning af den faktiske effekt.
- De naturlige variationer i dybdeforholdene vurderes ligeledes at kunne påvirke effekten idet tilsanding omkring rørenderne vil reducere effekten.
- De faktiske hydrauliske forhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn påvirkes af udløbet fra Gråelva. Det har ikke været muligt at indhente data herfor og der er derfor en vis usikkerhed forbundet hermed. Der er gennemført følsomhedsanalyser med varierende vandføring i Gråelva og disse har vist at forholdene påvirkes af vandføringen.
-

<u>Påvirkning fra udbygning af E6 inkl. Kompensationstiltag A</u>:

- Udgangspunktet er etablering af en 1:1 kompensation af det areal, som inddrages ved E6-udbygningen. Arealet erstattes ved at ændre på placeringen af dækmolen nord for Hellstranda og "parallelforskyde" vanddybderne, så det lavvandede område udvides idet den dybe rende flyttes med og følger det nye forløb af dækmolen.
- Ved sammenligning af modelresultater for nuværende og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og Kompensationstiltag A kan det konstateres, at der opnås meget sammenlignelige hydrauliske forhold for både strøm, salinitet samt vandtemperatur. Desuden observeres at forholdene er forholdsvist robuste overfor (mindre) variationer af de fysiske forhold, herunder lokale dybdeforhold samt omfanget af ændringer ifm. E6 udbygningen.
- Påvirkningerne skal desuden sammenholdes med de relativt dynamiske forhold, der er i området ved Hellstranda, både indenfor en tidevandsperiode og i løbet af et år med vekslende vandføring i Stjørdalselva – og påvirkningerne består primært i en mindre tidsmæssig forskydning og ikke en ændring af fx spændet i temperatur, salinitet, strømhastighed indenfor den betragtede periode.
- Grundet ændringer af lokale dybdeforhold ifm. etablering af E6 udvidelsen og Kompensationstiltag A vurderes det for sandsynligt, at der i perioden efter anlægsfasen vil opstå større eller mindre naturlige bundændringer indtil der er opstået ny ligevægt – også selv om der ifm. med flytningen af dækmolen sker en dybdejustering således at den dybe rende følger det nye forløb af dækmolen mv. Modelresultaterne viser dog, at de hydrauliske forhold i det lavvandede område er forholdsvis robuste overfor variationer i dybdeforholdene.
- Sikres samme kornstørrelsesfordeling i området vurderes, at der ikke vil være en signifikant påvirkning af de lokale sedimenttransportforhold efter dybdeforholdene har indstillet sig til den nye ligevægt. Der må forventes naturlige variationer i samme omfang som under de nuværende forhold.

- De faktiske naturlige variationer i dybdeforholdene kendes ikke, men det vurderes, at især varierende vandføring i Stjørdalselva kan medføre en vis årlig variation i dybdeforholdene.
- Modelberegningerne har vist at forholdene i Hellstranda er forholdsvis robuste overfor mindre ændringer, hvilket i høj grad skyldes at der forekommer relativt dynamiske forhold indenfor en tidevandsperiode under en normal sommerhændelse – og en signifikant dynamik, når varierende vandføring i Stjørdalselva tages i betragtning.

Indvirkning fra Kompensationstiltag B:

- Udgangspunktet er at reetablere det gamle elv-udløb under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn samt nord om Langøra nord. Det gamle udløb har dog gennem årene gennemgået en både naturlig udvikling (vurderet ændring af dybdeforholdene) og en menneskeskabt udvikling (etablering af Stjørdal Bådforening samt landudfyldning jf. afsnit 2), som bevirker, at der ikke vil ske en 1:1 reetablering af hverken det gamle elv-udløb eller de hydrauliske forhold.
- Det må forventes, at der i perioden efter etablering af Kompensationstiltag B vil forekomme væsentlige ændringer/tilpasning i de lokale dybdeforhold, hvilket gør, at det er svært på forhånd at modellere de faktisk lokale hydrauliske forhold, som vil opstå efter en reetablering.
- Overordnet vurderes, at ved det reetablerede udløbsområde for Stjørdalselva ved Stjørdal Bådforening og langs den vestlige kyst langs Langøra nord i nogle områder formentlig kan opstå hydrauliske forhold, der ligner dem, der forekommer ved Hellstranda, dvs. med stor dynamik i strøm-, salinitets- og temperaturforhold samt en væsentlig lagdeling. Dog vil der ikke være samme beskyttelse mod bølger, hvilket kan betyde at kornstørrelsesfordelingen vil være anderledes (grovere) sammenlignet med det der er i Hellstranda, højere strømhastigheder samt at der i perioder sker en mere dynamisk tilførsel af marint vand.
- Etablering af Kompensationstiltag B vil forventelig medføre et behov for væsentlige flomsikringstiltag samt tiltag for beskyttelse mod ekstreme strømhastigheder. Desuden kan der opstå behov for løbende oprensning ved Stjørdalselva Bådforening som følge af ændrede dybdeforhold pga. sedimenttransport fra Stjørdalselva.

- Der er stor usikkerhed omkring dybdeforholdene, dels kendes hverken de faktiske eller oprindelige dybdeforhold i store dele af det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn og dels kendes hverken kornstørrelsesfordelingen eller de naturlige dybdevariationer ikke. Alle modelberegninger er derfor gennemført baseret på en kombination af få opmålte data samt antagede dybdeforhold baseret på satellitbilleder. Dybdeforholdene har en indvirkning på især de modellerede strømhastigheder og vandstandsvariationer og der vil derfor være en væsentlig usikkerhed forbundet med disse. Desuden vil ændringen af Stjørdalselva's udløb medfører en væsentlig anden vandføring i området og de nuværende dybdeforhold skal dermed tilpasses de nye strømforhold, hvormed der vil ske en naturlig påvirkning.
- Usikkerheden omkring både de aktuelle og de fremtidige hydrauliske- og dybdeforhold, som kan opstå efter etablering af Kompensationstiltag B, er langt højere sammenlignet med usikkerheden omkring Kompensationstiltag A.

9.2 Diskussion modelusikkerheder samt den videre brug af modelresultater

Der er gennemført hydrauliske analyser i en numerisk 3D model med henblik på at analysere hvorvidt, og evt. i hvilket omfang, udbygningen af E6 ved Hellstranda kan påvirke de hydrauliske forhold, der er gunstige ift. marinbiologiske elementer, herunder fiskeyngleområde.

De lokale hydrauliske forhold ved Hellstranda er primært vurderet med udgangspunkt i typiske normal-forhold, herunder tidevandsdominerede vandstandsforhold i Trondheimfjorden samt normal sommervandføring i Stjørdalselva. Dog er suppleret med analyser af en ekstrem flom svarende en 200-års hændelse.

Da der ikke forekommer et tilstrækkeligt datagrundlag til kalibrering-/validering af modellen der repræsenterer de nuværende fohold lokalt ved Hellstranda, har fremgangsmåden været at gennemføre relative sammenligninger af modellerede lokale hydrauliske forhold for forskellige scenarier/forudsætninger for nuværende forhold (ekskl. udbygning af E6) og fremtidige forhold (inkl. udbygning af E6 samt etableringen af kompensationsforanstaltninger). Forventningen er, at eventuelle modelusikkerheder delvist vil udlignes. Desuden er suppleret med en række følsomheds-/robusthedsanalyser for udvalgte modelparametre samt for varierende hydrauliske scenarier (normal- og ekstremforhold). Begge dele med henblik på at vurdere på resultaternes og dermed konklusionernes robusthed.

Grundlæggende er det jf. resultaterne i hovedrapporten samt bilag 1 og 2 konkluderet, at den relative påvirkning af de hydrauliske forhold, som følge af udvidelsen af E6 med Kompensationstiltag A, er forholdsvis robust overfor de hydrauliske scenarier, herunder temperaturdifferensen mellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva (indenfor normalområdet), mindre variationer af dybdeforholdene og vandføringen i Stjørdalselva. Disse begrænsede påvirkninger skal ses i sammenligning med den i forvejen meget store naturlige dynamik af de hydrodynamiske forhold, der er i området. Desuden er det jf. bilag 2 og 3 konkluderet, at varianter af forudsætninger, der er anvendt ifm. modelopsætningen ikke medfører væsentligt ændrede konklusioner ift. påvirkningsniveauet af de hydrauliske forhold, som følge af udbygningen af E6. Jf. bilag 4 vurderes også, at de hydrauliske forhold ikke ændres væsentligt, hvis der sker en udbygning af E6, men ikke etableres kompenserende foranstaltninger. Dette scenarier medfører dog en reduktion af arealet mellem dækmolen og kysten og opfylder ikke umiddelbart kravet om 1:1 erstatning.

Der er relativt stor usikkerhed forbundet med den aktuelle sedimenttransport i området, da denne ikke kan fastlægges baseret på kontinuerte historiske dybdemålinger (pga. manglende grundlag herfor). Således er der også stor usikkerhed forbundet med udviklingen af vanddybder både de naturlige dybde-variationer for de nuværende forhold og vurderinger af påvirkningen af dybdeforholdene efter etablering af kompensationstiltag. Modelberegninger baseret på udvalgte scenarier og forudsætninger viser dog, at den primre årsag til variationer i dybdeforholdene er variationer i vandføringen i Stjørdalselva og at en udbygning af E6 inkl. Kompensationstiltag A ikke medfører en påvirkning heraf, forudsat at kornstørrelsesfordelingen i de øvre bundlag ikke ændres. Det anbefales derfor, at der efter etablering af f.eks. Kompensationstiltag A foretages løbende inspektion af lokale vanddybder med henblik på at foretage eventuelle tilretninger såfremt dette viser sig nødvendigt ift. at sikre 1:1 erstatningen.

De anvendte dybdeforhold i modellen er primært baseret på multibeam-opmåling gennemført i efteråret 2024, men enkelte områder, herunder det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn, er ikke fuldstændig opmålt, hvormed der er en del usikkerhed forbundet med de faktiske dybdeforhold her. Dette kan evt. have en påvirkning ift. vurderingen af Tiltag C1 og C2 og det anbefales, at der indhentes supplerende dybdemålinger for dette område, hvis der skal arbejdes videre med tiltag for forbedring af vandudskiftningen i dette område. Desuden anbefales for samme tiltag at undersøge de naturlige variationer i dybdeforholdene (grundet sedimenttransport), da disse kan påvirke effekten og dermed behovet for vedligehold.

Generelt vurderes, at hvis der ønskes en løsning til forbedring af vandkvaliteten i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn bør der gennemføres opdaterede vurderinger baseret på et mere oplyst data-grundlag, herunder, som nævnt, dybdeforholdene og vandføringen fra Gråelva. Umiddelbart indikerer de indledende modelberegninger, at der vil kunne generes en påvirkning af vandføringen og strømhastighederne ved at åbne for vandudveksling i den sydlige del af det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Effekten vurderes dog at være afhængig af den konkrete løsning, de faktiske dybdeforhold samt om vandudvekslingen sker med det gamle elv-udløb syd for Trondheim Lufthavn, der generelt medfører tilførsel af ferskvand eller med Trondheimfjorden, der i perioder giver indstrømning og andre udstrømning. Desuden medfører tilførsel af vand fra Stjørdalselva, at der tilføres mere ferskvand til området, mens vandudveksling med Trondheimfjorden ikke påvirker saliniteten og temperaturen i samme omfang. Opdaterede vurderinger bør derfor baseres på ønsker/krav til vandkvaliteten for det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn og bør indeholde en specifik vurdering af effekten under kritiske perioder for vandkvaliteten, dette kunne være i form af dynamiske simuleringer med tidsvarierende vandføring i Stjørdalselva for en periode, hvor der forekommer lav vandudskiftning, fx en sommerperiode med lav vandstand. Evt. optimering af løsningen bør også evalueres ift. ønskerne/kravene til vandkvaliteten.

Overordnet anbefales, at den videre anvendelse af modelresultater i nærværende rapport anvendes med passende forsigtighed og tilføres passende konservatisme ift. at tage højde for usikkerheder. Dette skyldes at alle vurderinger er baserede på et ikke-valideret modelgrundlag, samt at model-scenarierne alene dækker få udvalgte hydrauliske scenarier. Af samme grunde kan resultaterne fra de gennemførte modelberegninger ikke anvendes til designformål, men alene til relative sammenligninger imellem nuværende - og fremtidige forhold.

Hvis Kompensationstiltag B ønskes realiseret bør der gennemføres supplerende modelberegninger med et opdateret grundlag ift. dybdeforhold og kornstørrelsesfordeling i det gamle elv-udløb ift. at kvalificere den justering af dybdeforholdene, der kan forventes. Dette for at sikre løsningen ift. fx erosion i områder der ikke må berøres, flomsikring ved Stjørdal mv. Desuden bør der gennemføres supplerende vurderinger af de faktiske hydrauliske forhold (inkl. bølgepåvirkning) i områder, der forventes at kompensere for de tabte marinbiologiske forhold ved Hellstranda) for at sikre et mere oplyst grundlag for at vurdere løsningens egnethed ift. erstatning af tabt natur.

Det anbefales, at der i perioden efter etablering af tiltaget gennemføres løbende inspicering af dybdeforholdene med det formål at sikre, at der opnås en tilfredsstillende kompensering af arealet inddraget ifm. E6 udvidelsen, herunder samme dybdeforhold og samme forventede dynamik som i udfyldningsområdet.

Confidential

10. Referenceliste

Copernicus. (2024). GLOBAL_ANALYSISFORECAST_PHY_001_024.
DHI. (2025). Tilgængelige baggrundsfotos i MIKE Zero 2025.
Google Earth. (2024).
Hjulström, F. (1935). *Studies of Morphological Activity of Rivers as Illustrated by the River Fyris. .* Bulletin of the Geological Institute University of Uppsala, 25, 221-527.
Kartverket. (2024). Hentet fra https://api.sehavniva.no/tideapi_no.html
Nord-Trøndelag, L. v. (1984). *E6 Gjevingåsen - Stjørdal SR grunnundersøkelse for utredning av alternative veglinjer.*
Norgeskart. (2024). Hentet fra https://norgeskart.no/
Norsk Klimaservicesenter. (2024). Hentet fra https://seklima.met.no/
Oceanlabobservatory. (2024). Hentet fra https://oceanlabobservatory.no/
Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder. (u.d.).
SeaScan. (2024). *Multibeam dybdemåling, konturkort.*
Sildre. (2024). *https://sildre.nve.no/*. Hentet fra https://sildre.nve.no/station/124.12.0?124.12.0_tab=2

Dokumenttype
Rapport

Dato
April, 2025

Udbygning af E6 ved Hellstranda

Modellering af påvirkning som følge af udbygning af E6



RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

Confidential

Udbygning af E6 ved Hellstranda

Modellering af påvirkning som følge af udbygning af E6

Projektnavn	**E6 Hellstranda - Konsekvensutredning-kompensasjon**
Projektnr.	**1350057430-008**
Dokumenttype	**Teknisk baggrundsrapport**
Version	**1.0**
Dato	**April, 2025**
Udarbejdet af	**JQHN, JAK**
Kontrolleret af	**LHST**
Godkendt af	**VEKR**

Rambøll
Prinsensgade 11
DK-9000 Aalborg

T +45 5161 1000
https://dk.ramboll.com

Indhold

1.	Baggrund – udbygning af E6 ved Hellstranda	3
1.1	Formål og metode	4
1.2	Indhold i nærværende rapport	4
2.	Historisk udvikling af projektlokaliteten	6
3.	Beskrivelse af de hydrauliske forhold baseret på foreliggende data	8
3.1	Drivende hydrauliske forhold	8
3.1.1	Præsentation af måledata for Stjørdalselva	8
3.1.2	Præsentation af data for Trondheimfjorden	12
3.1.3	Vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva	22
3.2	Opsummering af sæsontendenser	23
4.	Modelopsætning	24
4.1	Modeldomæne, vanddybder og diskretisering	26
4.1.1	Opmåling 2024	26
4.1.2	Flybåren LiDAR og MBES	27
4.1.3	Elektroniske søkort	29
4.1.4	Interpolerede vanddybder i model	29
4.1.5	Modeldiskretisering	31
4.1.6	Modelforcering	32
5.	Evaluerede modelscenarier	34
5.1	Opstillede modeller	34
5.1.1	Nuværende forhold	34
5.1.2	Fremtidige forhold – Kompensationstiltag A	34
5.1.3	Fremtidige forhold – Kompensationstiltag B	35
5.1.4	Forbedring af vandudskiftningsforhold nord for Trondheim Lufthavn	36
5.2	Undersøgte hydrodynamiske modelscenarier	38
5.3	Undersøgte følsomheder af modelparametre	39
6.	Resultater: Hydrodynamiske forhold - nuværende forhold	41
6.1	Modelresultater for nuværende forhold – normal sommervandføring i Stjørdalselva	41
6.1.1	Lokale strømforhold	42
6.1.2	Vandføring	47
6.1.3	Salinitets- og temperaturforhold	48
6.2	Modelresultater for nuværende forhold - ekstrem vandføring i Stjørdalselva	56
6.2.1	Lokale strømforhold	57
6.2.2	Salinitets- og temperaturforhold	58
6.3	Modelresultater for nuværende forhold - inkl. Tiltag C1 for øget vandudskiftning i det gamle elvudløb nord for Trondheim Lufthavn	60
6.3.1	Lokale strømforhold	61

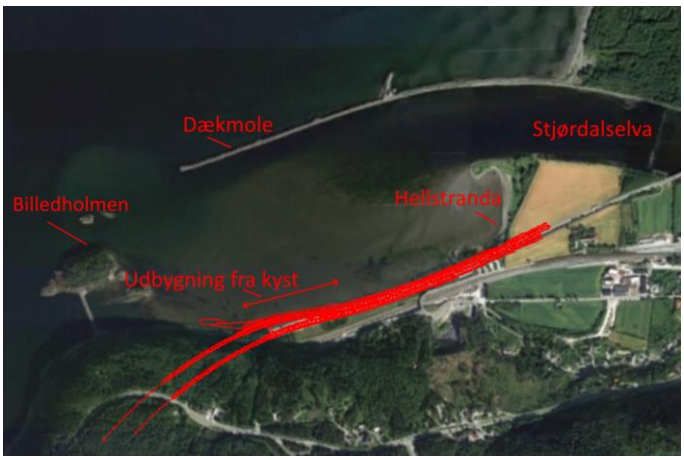
Confidential

6.3.2	Vandføring	62
6.3.3	Temperatur- og salinitetsforhold	66
6.4	Modelresultater for nuværende forhold – inkl. Tiltag C2 for øget vandudskiftning i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn	72
6.4.1	Lokale strømforhold	72
6.4.2	Vandføring	73
6.4.3	Salinitets- og temperaturforhold	75
6.5	Opsummering: Nuværende forhold	77
7.	Resultater: Hydrodynamiske forhold – fremtidige forhold	79
7.1	Modelresultater og vurdering af forholdene efter udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A	79
7.1.1	Indvirkning på lokale strømforhold	79
7.1.2	Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold	85
7.1.3	Opsummering – indvirkning fra udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A	88
7.2	Modelresultater og vurdering af indvirkning fra Kompensationstiltag B	89
7.2.1	Indvirkning på lokale strøm- og vandstandsforhold	89
7.2.2	Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold	92
7.2.3	Opsummering – indvirkning fra Kompensationstiltag B	97
7.3	Modelresultater og vurdering af effekt af tiltag for øget vandudskiftning nord for Trondheim Lufthavn	98
7.3.1	Indvirkning på lokale strømforhold	98
7.3.2	Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold	101
7.3.3	Opsummering – indvirkning fra Tiltag C1	103
8.	Sedimentation og erosion	104
8.1	Teoretisk sammenhæng mellem sedimenttransport og kornstørrelse	104
8.2	Formål og metode	105
8.3	Datagrundlag	106
8.4	Modelberegninger	109
8.4.1	Undersøgte sedimenttransport scenarier	110
8.5	Resultater	110
8.5.1	Sedimenttransport under normal sommervandføring i Stjørdalselva	110
8.5.2	Sedimenttransport ifm. en 1-års vandføring i Stjørdalselva	112
8.5.3	Aflejringsområder for sedimenter fra Stjørdalselva	114
8.6	Opsummering af sedimentation og erosion	116
9.	Opsummering af væsentlige konklusioner og diskussion af modelresultater	117
9.1	Opsummering af væsentlige konklusioner	117
9.2	Diskussion modelusikkerheder samt den videre brug af modelresultater	119
10.	Referenceliste	122

Confidential

1. Baggrund – udbygning af E6 ved Hellstranda

Udvidelsen af motorvej E6 medfører, at kystlinjen på dele af vejstrækningen ved Hellstranda skal rykkes op til ca. 35 m søværts. Hellstranda ligger ud til Trondheimfjorden øst for Trondheim ved udløbet af Stjørdalselva. Figur 1-1 viser Hellstranda-området samt tracéet for motorvejsudvidelsen og figur 1-2 viser området umiddelbart nord for Hellstranda, hvor det oprindelige udløb for Stjørdalselva var.



Figur 1-1: Illustration af projektområdet ved Hellstranda. Den røde markering viser den del af det fremtidige vejtracé, som ligger mest kystnært, og hvor der på dele af strækningen sker en udbygning søværts for den nuværende kystlinje. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).



Figur 1-2: Illustration af området umiddelbart nord for Hellstranda ved Trondheim Lufthavn. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Det relativt lavvandede område ved Hellstranda (området umiddelbart nord for kyststrækningen, hvor E6 skal udvides) er, foruden et velbesøgt badeområde om sommeren, et vigtigt yngleområde for fisk fra Stjørdalselva pga. bl.a. de specielle dybde-, salinitets- og temperaturforhold.

Området nord for Hellstranda er præget af etableringen af Trondheim Lufthavn, som medførte en omlægning af udløbet af Stjørdalselva til det nuværende ved Hellstranda, hvilket er nærmere beskrevet i afsnit 2.

1.1 Formål og metode

Der er gennemført hydrauliske modelberegninger med det formål at skabe det bedst mulige grundlag for at vurdere og analysere, i hvilket omfang en udbygning af E6 i det lavvandede område kan påvirke de nuværende gunstige hydrauliske forhold i og omkring fiskeyngleområdet. Metoden indebærer en sammenligning af de hydrauliske forhold i den nuværende situation (dagens situation) med forholdene en projekteret fremtidig situation, der inkluderer udbygningen af E6. Da der stilles krav om 1:1-erstatning for tab af naturområder, er der i modellen for de fremtidige forhold indarbejdet kompenserende tiltag, med det formål at sikre opfyldelse af dette krav.

Der er opstillet en detaljeret hydraulisk model, baseret på foreliggende datagrundlag, som anvendes til at simulere de hydrauliske forhold under forskellige repræsentative scenarier dækkende både sæsonvariationer samt normale- og ekstreme forhold. Nærværende analyser indeholder ikke de egentlige miljøvurderinger, dvs. vurderinger af en evt. påvirkning af fisk, men udgør derimod det tekniske grundlag, som efterfølgende kan danne baggrund for miljøvurderingerne. Metoden er opsummeret nedenstående:

1. Der etableres en hydraulisk model, som anvendes til at simulere lokale hydrauliske forhold; herunder lokale strømforhold, salinitet og vandtemperatur.

2. Modellen anvendes til at simulere de nuværende forhold, dvs. dagens situation uden udbygningen af E6. Der simuleres forskellige repræsentative scenarier for bl.a. vandføring i Stjørdalselva samt vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva. Disse modelberegninger danner baggrund (sammenligningsgrundlag) for den efterfølgende vurdering af indflydelsen på de hydrauliske forhold, som følge af udbygningen af E6.

3. Der analyseres på påvirkning af lokale hydrauliske forhold for de fremtidige forhold med udbygningen af E6 inkl. kompenserende tiltag. Hertil analyseres på bl.a. påvirkning af strøm, salinitet samt vandtemperatur.

4. Der er gennemført supplerende modelberegninger med udgangspunkt i de nuværende forhold med henblik på at undersøge om vandudskiftningen, i den del af det gamle elv-udløb, der ligger nord for Trondheim Lufthavn, kan forbedres.

1.2 Indhold i nærværende rapport

Indhold i de resterende afsnit i nærværende rapport er beskrevet i det følgende:

- **Afsnit 2 -** *"Historisk udvikling af projektlokaliteten"*: Der gives et kort overblik over den historiske udvikling af projektlokaliteten, herunder ændringen af udløbet fra Stjørdalselva. Formålet er at danne en baggrund for den efterfølgende hydrauliske vurdering samt danne baggrund for mulige kompensationstiltag for at afværge potentielle effekter fra etableringen af E6.

- **Afsnit 3 -** *"Beskrivelse af de hydrauliske forhold"*: Der gives indledningsvist en overordnet beskrivelse af de styrende hydrauliske forhold i hhv. Trondheimfjorden samt i Stjørdalselva. Formålet er at beskrive de nuværende hydrauliske forhold i området ved Hellstranda baseret på foreliggende datagrundlag samt at etablere et grundlag for de efterfølgende vurderinger af påvirkninger fra etableringen af E6.

- **Afsnit 4 – "***Modelopsætning*": Der gives en beskrivelse af opsætningen af den hydrauliske model, der anvendes til vurdering af forholdene ved Hellstranda under forskellige hydrauliske scenarier, baseret på det etablerede grundlag i afsnit 3. Modellen opstilles i flere varianter, så den kan anvendes til vurdering af de nuværende forhold, påvirkningen fra udbygningen af E6 (inkl. kompenserende tiltag) samt til vurdering om vandudskiftningen nord for Trondheim Lufthavn kan forbedres.

- **Afsnit 5 –** *"Evaluerede modelscenarier "*: Der gives en beskrivelse af evaluerede modelscenarier. Formålet er, i kombination med foregående afsnit, at danne grundlag for de videre analyser.

- **Afsnit 6 –** *"Resultater: Hydrodynamiske forhold - nuværende forhold*": Resultater fra den gennemførte modellering af de nuværende forhold (dagens situation) for de specificerede scenarier præsenteres. Resultaterne danner sammenligningsgrundlag for den efterfølgende analyse af påvirkninger relateret til udbygningen af E6.

  Desuden præsenteres resultater for modelberegninger, hvis formål er at vurdere om der kan gennemføres tiltag til at forbedre vandudskiftningen i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn.

- **Afsnit 7 -** *"Resultater: Hydrodynamiske forhold – fremtidige* forhold*"*: Resultater for de fremtidige forhold (inkl. udbygningen af E6 og 1:1 erstatningen) præsenteres og sammenlignes med resultaterne repræsentative for de nuværende forhold.

- **Afsnit 8 –** *"Sedimentation og erosion"*: Resultater for indledningsvise vurderinger af påvirkningen af sedimenttransportforholdene som følge af udvidelsen af E6 (inkl. effekt fra kompenserende tiltag) præsenteres.

- **Afsnit 9** – *"Opsummering af væsentlige konklusioner og diskussion af modelresultater":* Væsentlige konklusioner fra modellering af påvirkninger fra udbygningen af E6 opsummeres.

2. Historisk udvikling af projektlokaliteten

Baseret på flyfotos gives i det følgende en overordnet historisk gennemgang af projektlokalitetens udvikling gennem tiden. Dette danner baggrund for både den efterfølgende hydrauliske vurdering og for mulige tiltag ift. at kompensere for indvirkninger fra etableringen af E6.

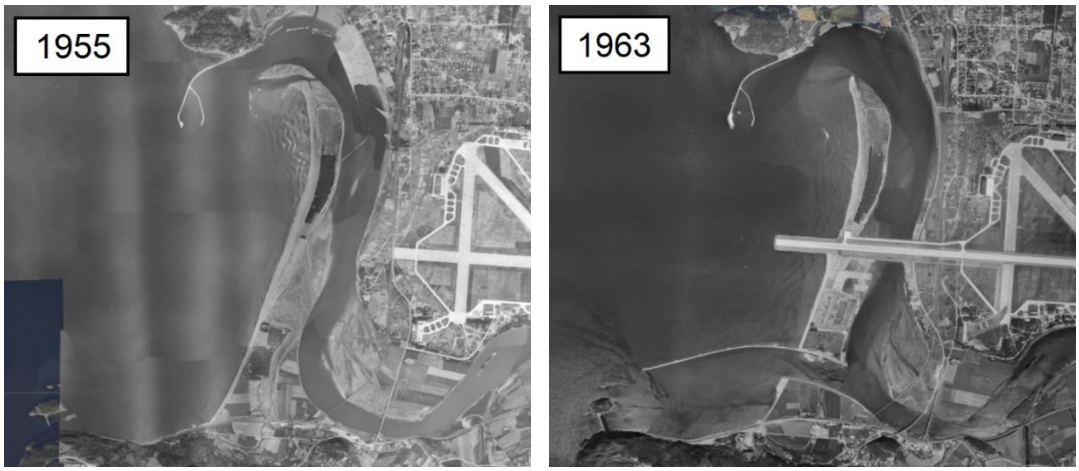
Flyfotos fra år 1955, 1963, 1976, 1991, 1999 samt 2022 er vist i hhv. figur 2-1, figur 2-2 samt figur 2-3. Af flyfotos kan følgende uddrages:

- I perioden 1955 – 1963 blev landingsbanen til Trondheim Lufthavn forlænget, hvilket medførte at Stjørdalselva udløb til Trondheimfjorden blev omlagt til et sydligere og mere direkte udløb. Desuden blev der etableret en dækmole nord for udløbet. Ændringen af udløbet fra Stjørdalselva kombineret med etableringen af dækmolen medførte at området, som i dag betegnes som Hellstranda, opstod.

- I perioden 1963 – 1976 blev der etableret et "stryg" (reduceret vanddybde) umiddelbart i svinget ved det oprindelige elvudløb. Baggrunden for etableringen af stryget har formodentlig været at sikre vandspejlet i Stjørdalselva efter udretningen og afkortningen af elvudløbet og evt. at reducere indtrængning af marint vand i Stjørdalselva.

- I perioden 1976 – 1991 blev marinaen ved Stjørdal bådforening umiddelbart nord for det oprindelige udløb af Stjørdalselva etableret. Desuden blev der etableret en landudfyldning ved molen ved det oprindelige elvudløb umiddelbart vest for den nyetablerede marina. Af tilgængelige flyfotos fremgår det yderligere, at der i 1991 var påbegyndt etableringen af en bredere landingsbane ved Trondheim lufthavn.

- I perioden 1999 – 2022 blev marinaen ved Stjørdal bådforening udvidet.



Figur 2-1: Flyfotos ved Stjørdal i år 1955 (*venstre*) og år 1963 (*højre*). (Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder)

Confidential



Figur 2-2: Flyfotos ved Stjørdal i år 1976 (*venstre*) og år 1991 (*højre*). (Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder)



Figur 2-3: Flyfotos ved Stjørdal i år 1999 (*venstre*) og år 2022 (*højre*). (Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder)

Af flyfotos fremgår det desuden at den stenmole, som forbinder Billedholmen, se navngivning i figur 1-1, med land var delvist etableret i 1955. Årsagen til etableringen af stenmolen var for at hindre direkte tilførsel af ferskvand fra Hellstranda-området og dermed øget isdannelse til området sydvest for Billedholmen efter ændringen af udløbet for Stjørdalselva.

Der foreligger ikke historiske pejlinger for området omkring det oprindelige udløb fra Stjørdalselva og Hellstranda-området. Det har derfor ikke været muligt at vurdere på udviklingen/ændringer i dybdeforhold (erosions- og sedimentationsforhold) som følge af påvirkningerne fra Stjørdalselva's ændrede udløb. Oversigtsbillederne kan ikke anvendes pga. den relativt store tidevandsamplitude ved Stjørdal (se nærmere i afsnit 3). Overordnet vurderes det, at ændringen af Stjørdalselva's udløb har medført øget vanddybde ved det nye udløb ved Hellstranda, som følge af erosion og reduceret vanddybde ved det oprindelige udløb, som følge af sedimentation.

Desuden vurderes det for sandsynligt at området med reduceret vanddybde (sandpude) vest for dækmolen er opstået efter flytningen af Stjørdalselva's udløb samt etableringen af dækmolen, som følge af en naturlig tilpasning af vanddybden langs molen til Stjørdalselva's vandføring (den dybe rende) samt aflejringer af sedimenter transporteret fra Stjørdalselva. Se mere omkring dybdeforholdene i afsnit 4.1.

3. Beskrivelse af de hydrauliske forhold baseret på foreliggende data

De overordnede hydrauliske forhold (vandstand, strøm) samt salinitets- og temperaturforhold, for området ved Hellstranda, beskrives i det følgende. Formålet er dels at etablere et vidensgrundlag til brug for opstilling af den hydrauliske model og dels til fastlæggelse af væsentlige repræsentative modelscenarier til analysen af påvirkninger, som følge af udbygningen af E6 ud fra kysten. I beskrivelsen indgår en del stednavne, som overordnet er angivet i figur 1-1.

3.1 Drivende hydrauliske forhold

Lokale hydrodynamiske forhold i området ved Hellstranda, og i fiskeyngleområdet generelt, er i høj grad præget af vandføringen fra Stjørdalselva samt en stor tidevandsvariation i Trondheimfjorden, der i perioder medfører, at store dele af de lavvandede områder er tørlagte. Opblandingen af det ferske vand fra Stjørdalselva med det salte marine vand fra Trondheimfjorden samt forskellene i vandtemperaturer medfører, at der i områder og i perioder kan opstå densitetsforskelle, som kan give anledning til densitetslagdeling i vandsøjlen. Således er lokale strømforhold i høj grad tre-dimensionelle, og er styret af sæsonvariationer i både Trondheimfjorden samt i Stjørdalselva.

Drivende hydrauliske forhold samt variation heraf, baseret på foreliggende data, præsenteres i det følgende.

3.1.1 Præsentation af måledata for Stjørdalselva

Der haves måledata for Stjørdalselva Hegra bru, se placering i figur 3-1. Data er tilgængelige fra (Sildre, 2024).

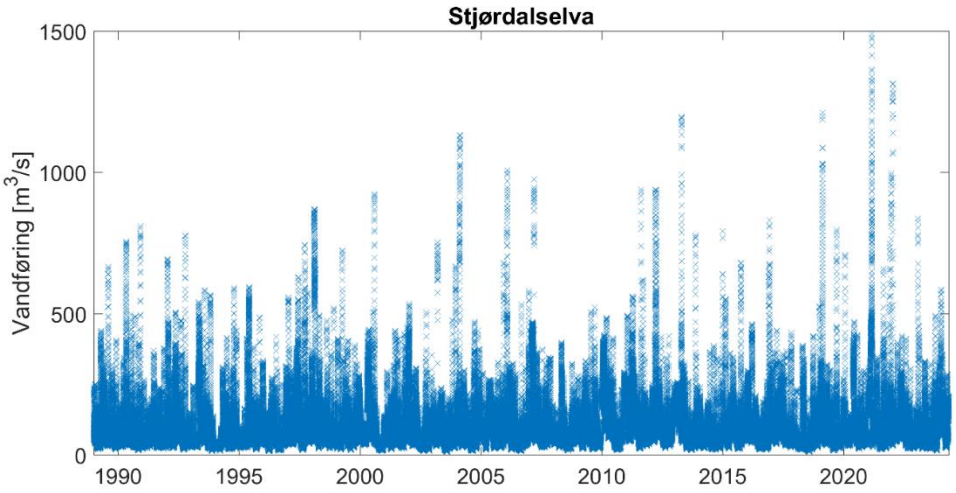


Figur 3-1: Placering af målestation ved Hegra Bru. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Målestationen ved Hegra bru er beliggende ca. 15 m over havniveau på position 306449 m øst; 7042912 m nord (UTM33). Relevante data fra målestationen i denne sammenhæng er vandføring, vandstand samt vandtemperatur, hvilke er præsenteret i det følgende.

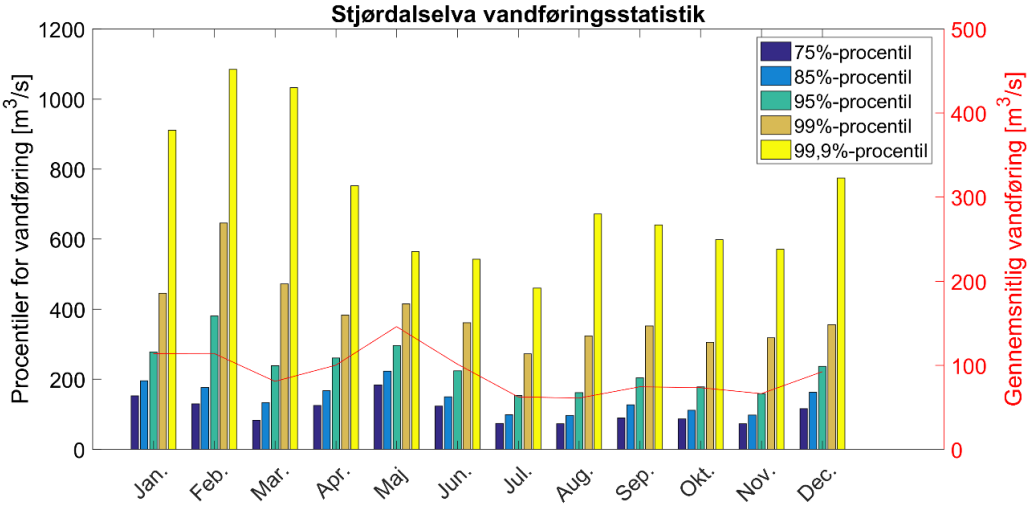
Vandføring i Stjørdalselva

En tidsserie af vandføringsmålinger i Stjørdalselva i perioden 1989 - 2024 er vist i figur 3-2. Målingerne har en tids-diskretisering på én time. Som det fremgår af figuren, forekommer der relativt store variationer i målt vandføring, med enkelthændelser i måleperioden på op imod 1.500 m^3/s.



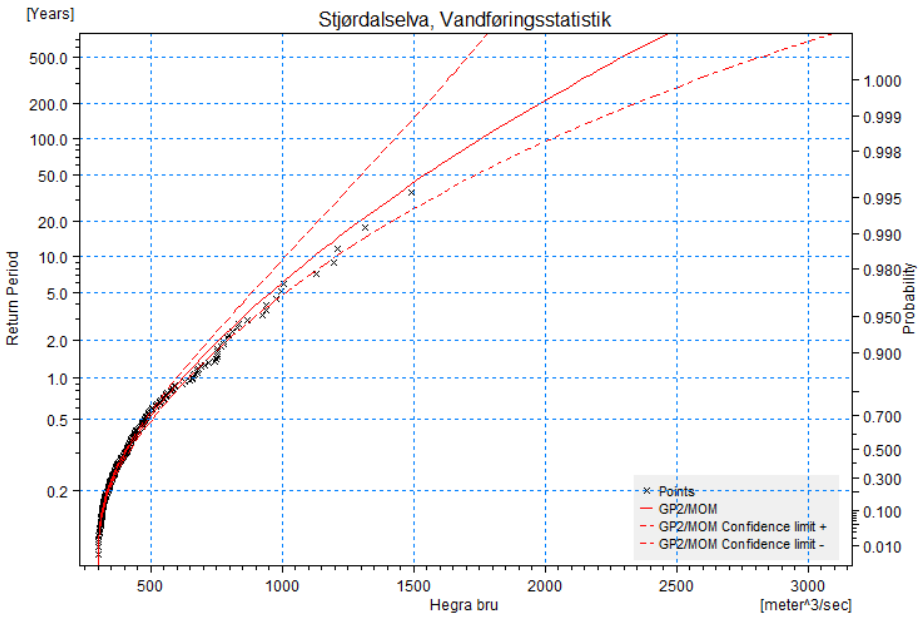
Figur 3-2: Vandføring i Stjørdalselva i perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

Månedsopdelt statistik for vandføringen i Stjørdalselva er vist i figur 3-3. Som det fremgår af figuren, forekommer en vis sæsonvariation i vandføringen, med den højeste gennemsnitlige vandføring i maj måned. Den gennemsnitlige årlige vandføring ligger på imellem 100 – 150 m^3/s, mens flomhændelser kan medføre en vandføring på op imod 1.000 – 1.500 m^3/s (jf. figur 3-2).



Figur 3-3: Månedlig vandføringsstatistik i Stjørdalselva baseret på data dækkende perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandføring.

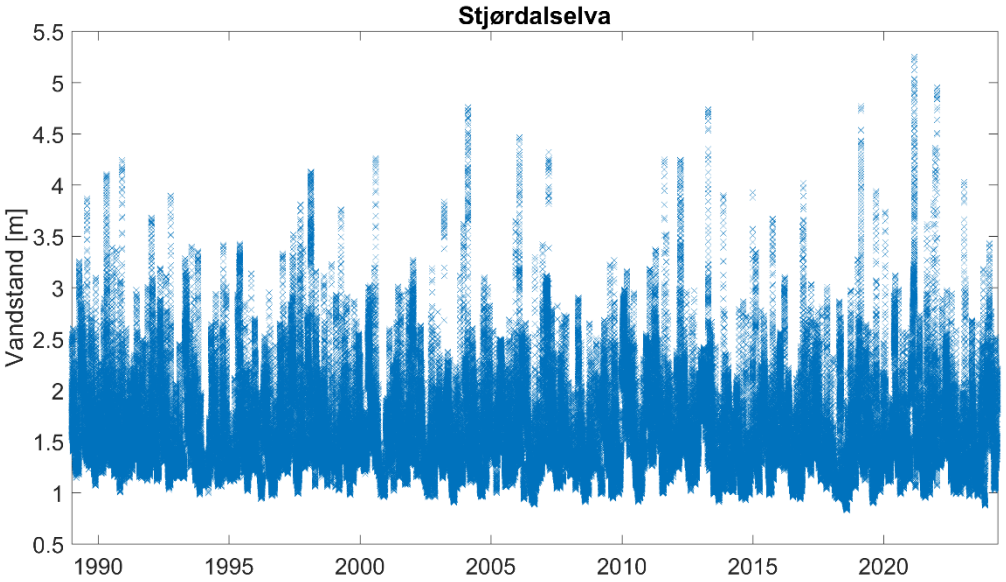
Ekstremværdistatistik for vandføring ved Hegra bru er vist i figur 3-4. Heraf fremgår det bl.a. at en 1 års hændelse er ca. 600 m^3/s, mens en 200-års flomhændelse medfører en vandføring på ca. 2.000 m^3/s.



Figur 3-4: Ekstremværdistatistik for Stjørdalselva baseret på data for perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

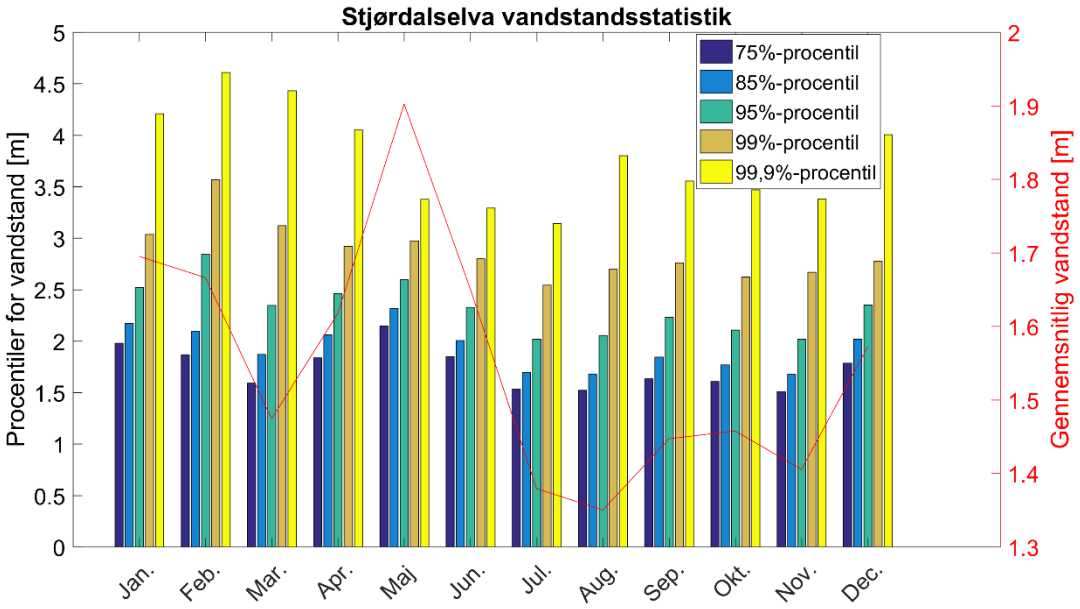
Vandstand i Stjørdalselva

En tidsserie af vandstandsmålinger i Stjørdalselva i perioden 1989 - 2024 er vist i figur 3-5. Målingerne har en tids-diskretisering på én time. Som det fremgår af figuren, er der, som for vandføringen, relativt store variationer, med enkelte målte vandstande på over 5 m. Vertikalreferencen for vandstand er "observeret vandstand" (Sildre, 2024).



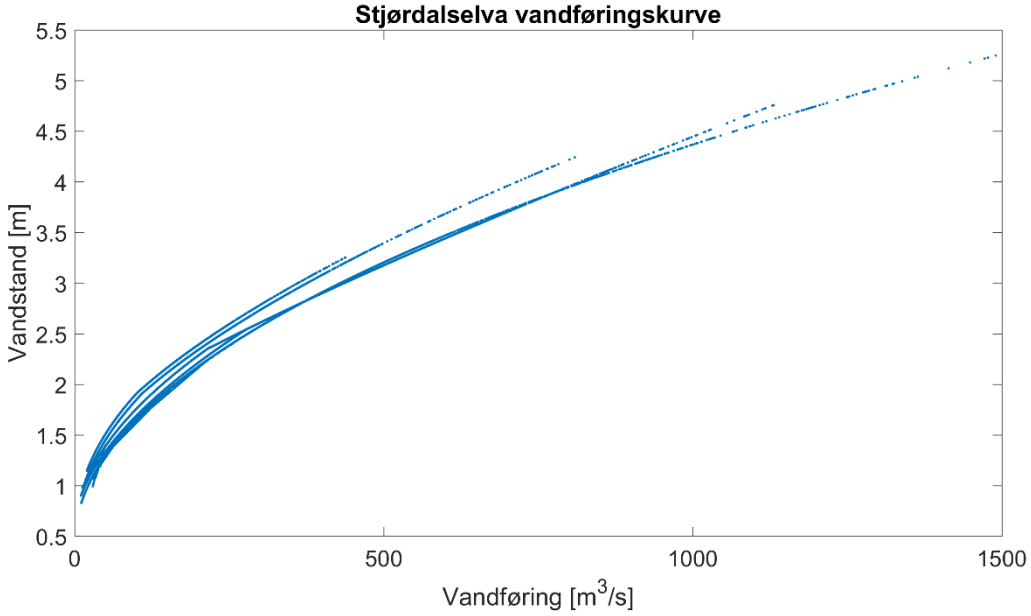
Figur 3-5: Vandstandsmålinger i Stjørdalselva for perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

Statistik for vandstand i Stjørdalselva er vist i figur 3-6. Som det fremgår af figuren, forekommer der en vis sæsonvariation, hvor den gennemsnitlige vandstand i Stjørdalselva ses at ligge lidt højere i maj måned sammenlignet med den resterende del af året. Der er dermed samme tendens for vandstand som for vandføring. Den gennemsnitlige årlige vandstand ved målestationen ligger på imellem 1,4 – 1,9 m, hvorimod ekstreme flomhændelser medfører vandstand på op imod 4 – 5 m.



Figur 3-6: Månedlig vandstandsstatistik i Stjørdalselva baseret på data i perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandstand.

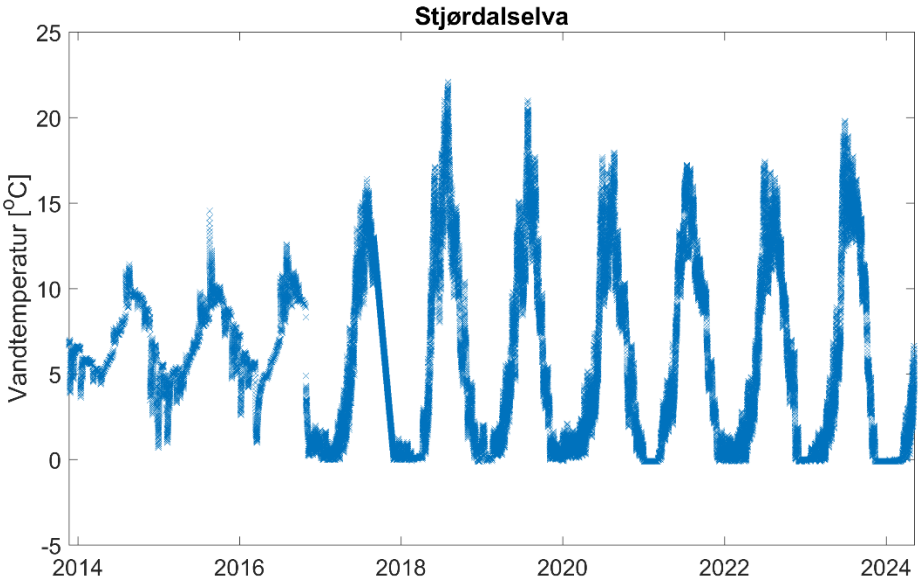
Korrelationen mellem vandføring og vandstand i Stjørdalselva er illustreret i figur 3-7, hvoraf det fremgår, at der er en tydelig sammenhæng. Således er ekstrem vandføring sammenfaldende med ekstrem vandstand på hhv. ca. 1.500 m^3/s og ca. 5 m.



Figur 3-7: Vandføringskurve for sammenhæng imellem vandføring og vandstand i Stjørdalselva baseret på data for perioden 1989 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

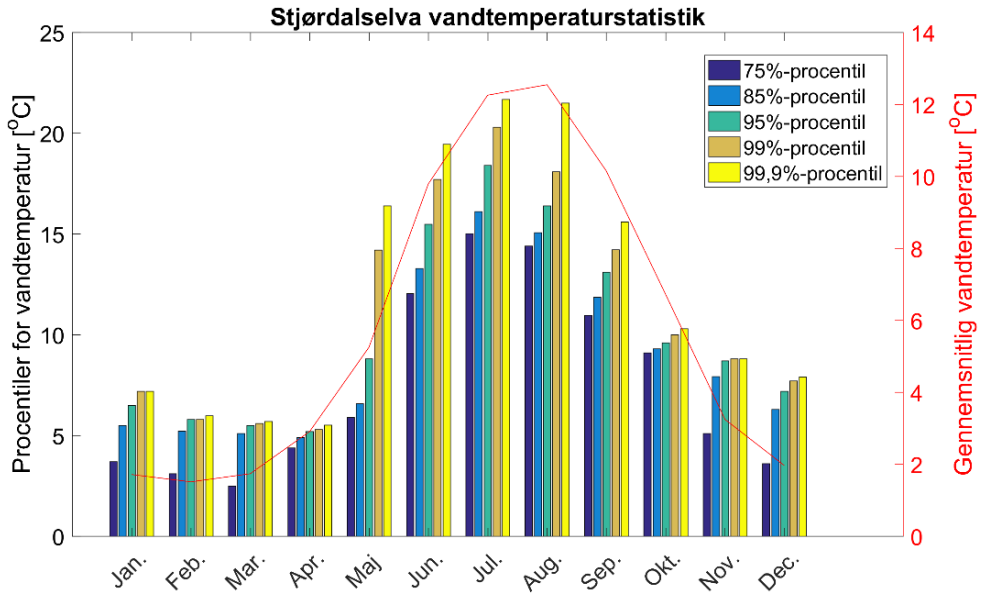
Vandtemperatur i Stjørdalselva

En tidsserie for vandtemperaturmålinger i Stjørdalselva i perioden 2014 - 2024 er vist i figur 3-8. Som det fremgår af figuren, haves der, som forventet, store årlige vandtemperaturvariationer, imellem ca. 0 – 22°C.



Figur 3-8: Vandtemperaturmålinger i Stjørdalselva for perioden 2014 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024).

Statistik for vandtemperatur i Stjørdalselva er vist i figur 3-9. Som forventet er der en klar sæsonvariation i vandtemperaturen, der i juli/august måned gennemsnitligt er ca. 12°C (op til ca. 22°C) og i januar/februar gennemsnitligt er ca. 2°C.



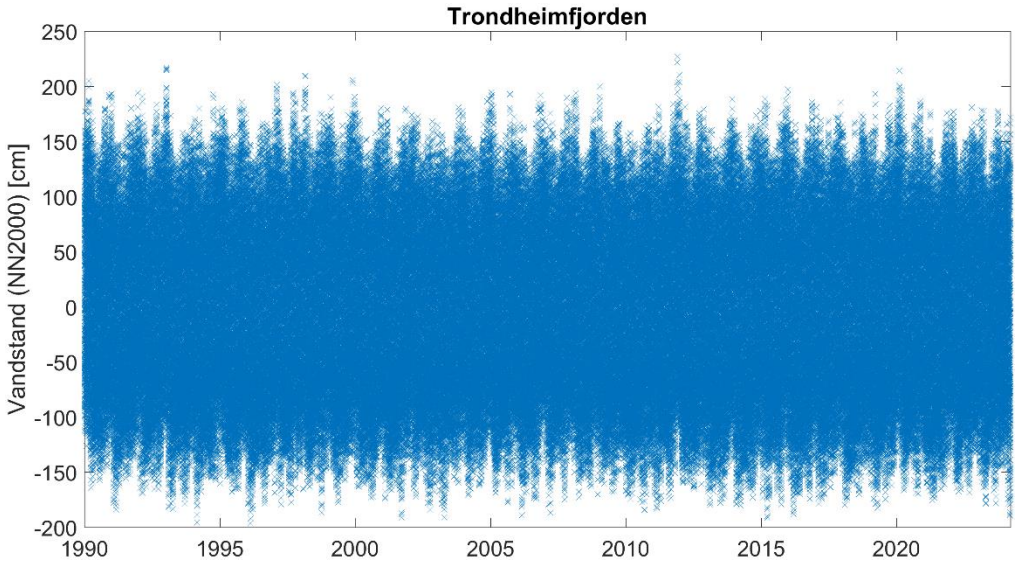
Figur 3-9: Månedlig vandtemperaturstatistik i Stjørdalselva baseret på data for perioden 2014 – 2024. Data er fra (Sildre, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandtemperatur.

3.1.2 Præsentation af data for Trondheimfjorden

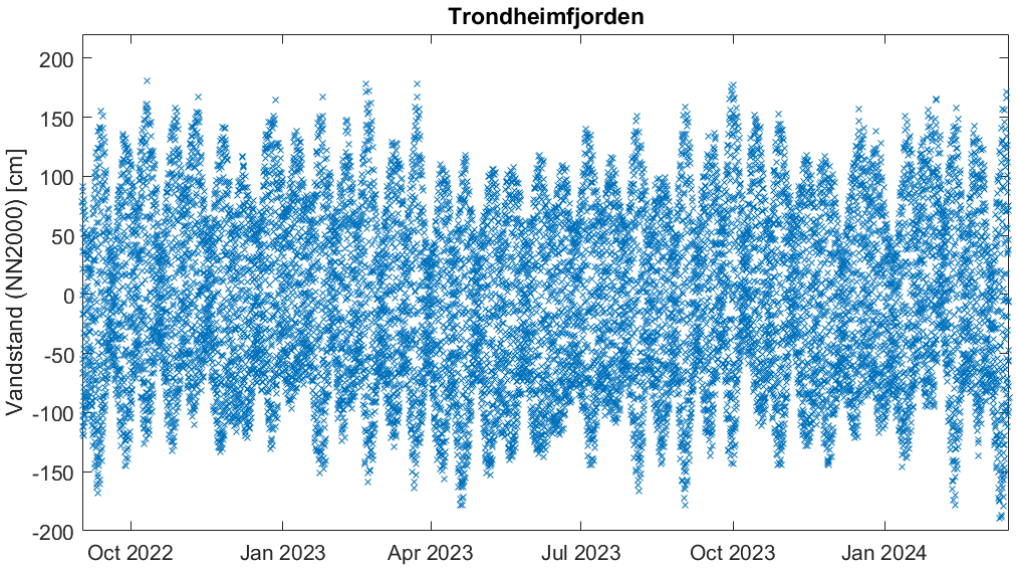
Data for Trondheimfjorden er bestående af en kombination af måledata fra målebøjer, lokale vandstandsmålinger samt offentligt tilgængeligt hindcastdata. Data for Trondheimfjorden præsenteres i det følgende.

Vandstand i Trondheimfjorden

Tidsserie for målt vandstand ved Trondheim, baseret på data fra (Kartverket, 2024), er vist i figur 3-10 og figur 3-11. Dataperioden dækker 1990-2024 og målingerne har en tids-diskretisering på én time. Målingerne viser, at vandstandsvariationerne primært skyldes tidevandsvariationer.

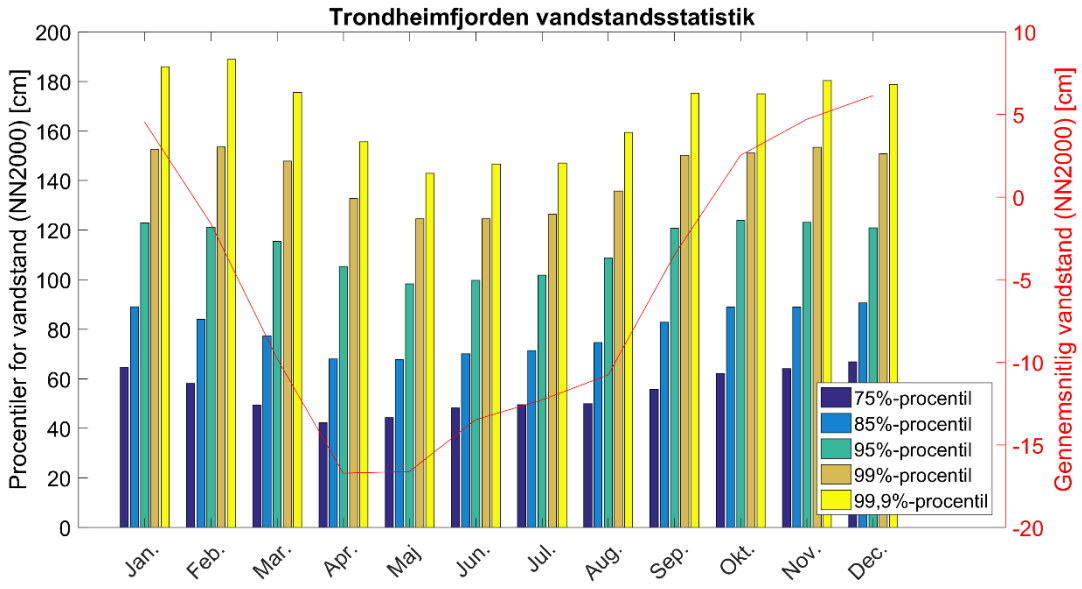


Figur 3-10: Observeret vandstand i Trondheim, perioden 1990-2024. Vandstandsniveauet er relativt til NN2000 og data stammer fra (Kartverket, 2024).



Figur 3-11: Observeret vandstand i Trondheim, perioden 2022-2024. Vandstandsniveauet er relativt til NN2000 og data stammer fra (Kartverket, 2024). Der ses en tydelig tidevandsvariation i de observerede måledata.

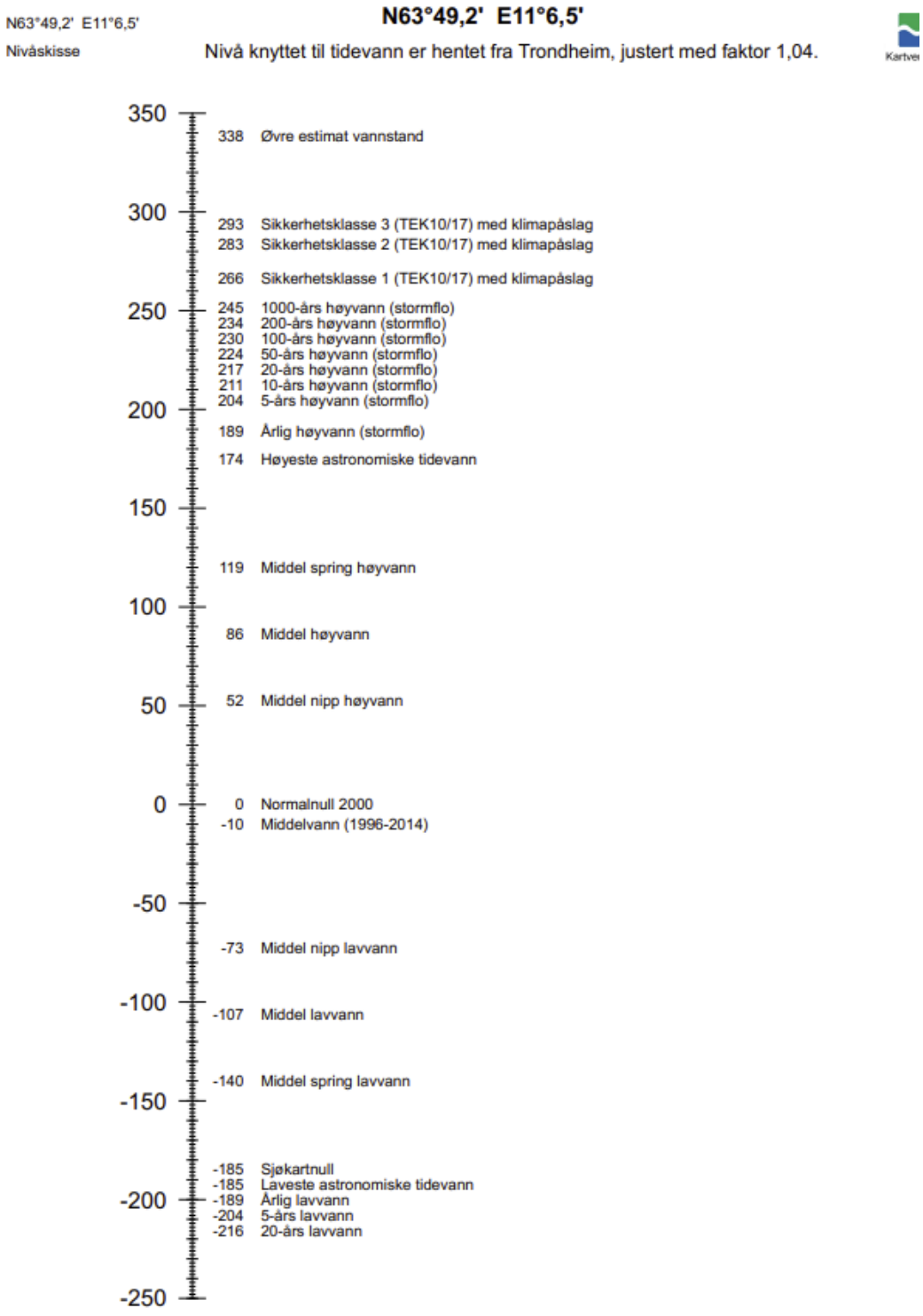
Sæsonvariation for vandstand ved Trondheim er vist i figur 3-12. Af figuren fremgår det, at der i vinterhalvåret forekommer lidt højere vandstandsekstremer sammenlignet med sommerhalvåret.



Figur 3-12: Sæson-vandstandsvariation i Trondheimfjorden baseret på vandstandsmålinger ved Trondheim i perioden 1990-2024. Vandstandsniveauet er relativt til NN2000 og data stammer fra (Kartverket, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandstand.

Den officielle statistik for vandstandsniveauer i Trondheimfjorden er vist i figur 3-13. Som det f.eks. fremgår af figuren, er den årlige højvandstand ca. 15 cm højere sammenlignet med højeste astronomiske vandstand, og den årlige laveste vandstand er ca. 4 cm lavere end laveste astronomiske vandstand. Dette understøtter, at vandstandsforhold er tidevandsdominerede.

Confidential



Figur 3-13: Vandstandsstatistik i Trondheimfjorden. (Kartverket, 2024)

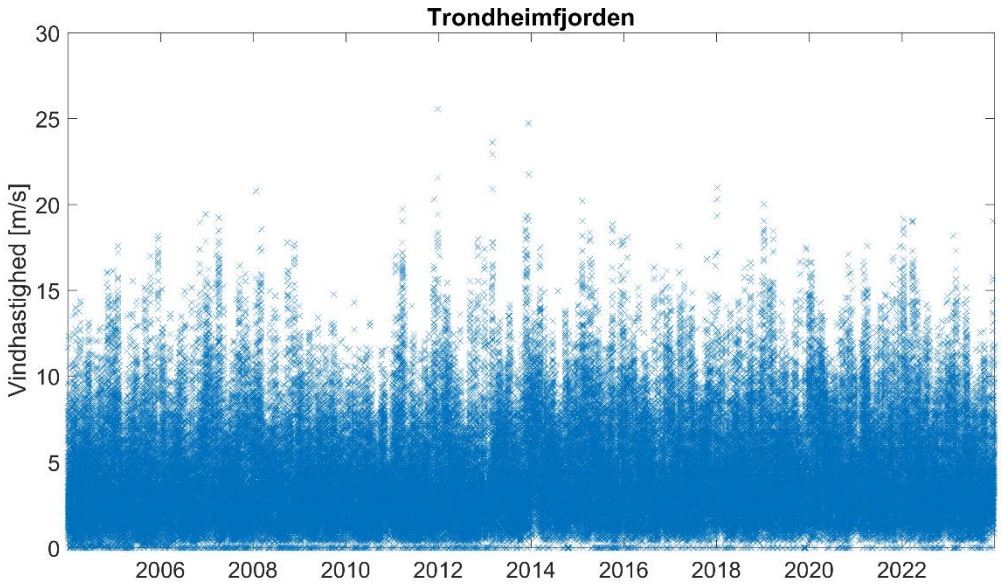
Vindforhold ved Trondheim

Der haves vindmålinger fra en målestation fra Trondheim Lufthavn, station *Værnes* 63.46/10.93 (LAT/LONG) (Norsk Klima Service Senter, 2024), se måleposition i figur 3-14. Målingerne er foretaget 12 meter over terræn NN2000 og med en diskretisering på én time. Data er til nærværende analyser indhentet i perioden 2004 til 2024.



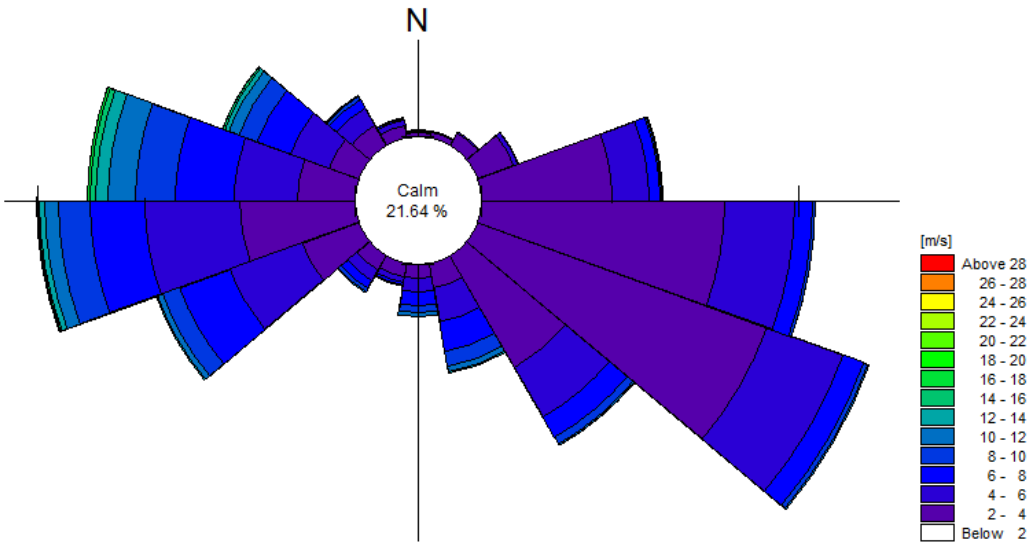
Figur 3-14: Placering af Værnes vejrstation i forhold til projektområdet. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

En tidsserie af vinddata ses i figur 3-15 og en vindrose i figur 3-16. Af figurerne fremgår det, at der i måleperioden er registreret vindhastigheder på over 25 m/s, hvoraf de højeste vindhastigheder er fra vestlige retninger. Hyppigst forekommende vindretninger er fra vest og østsydøst.

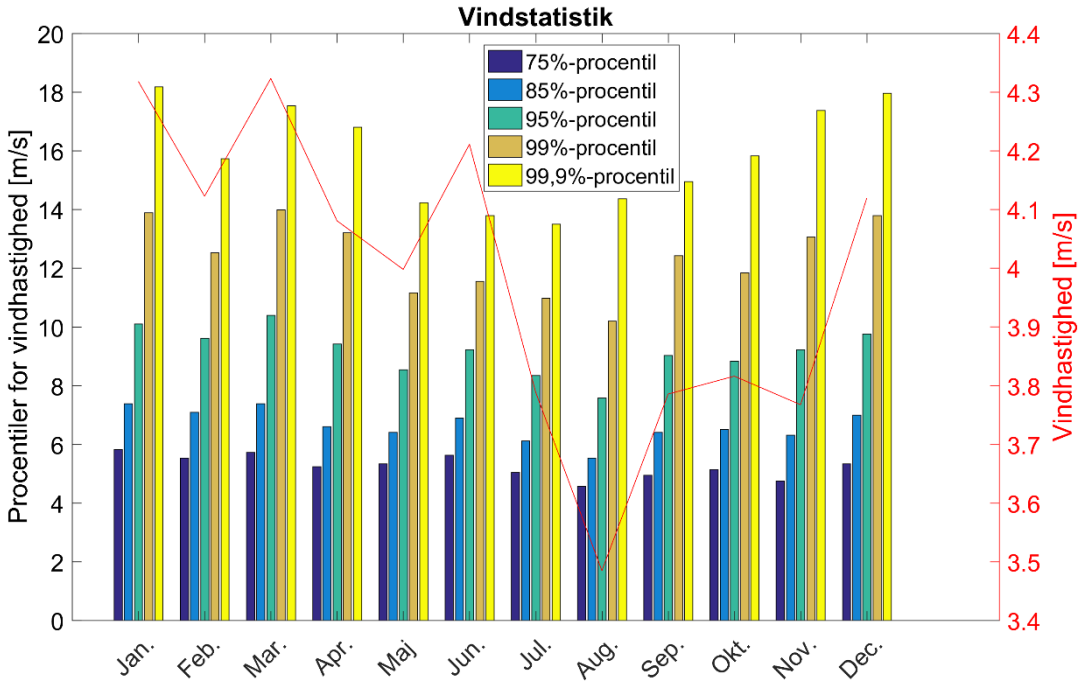


Figur 3-15. Målte vindhastigheder ved station Værnes i perioden 2004-2024. Data er fra (Norsk Klimaservicesenter, 2024).

Confidential



Figur 3-16: Vindrose baseret på 20 års vindmåledata fra station Værnes. Retninger er angivet som vind kommende fra. Data er fra (Norsk Klimaservicesenter, 2024).



Figur 3-17: Vindstatistik ved Trondheim baseret på vindmålinger fra station Værnes i perioden 2004-2024. Data er fra (Norsk Klimaservicesenter, 2024). Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vindhastighed.

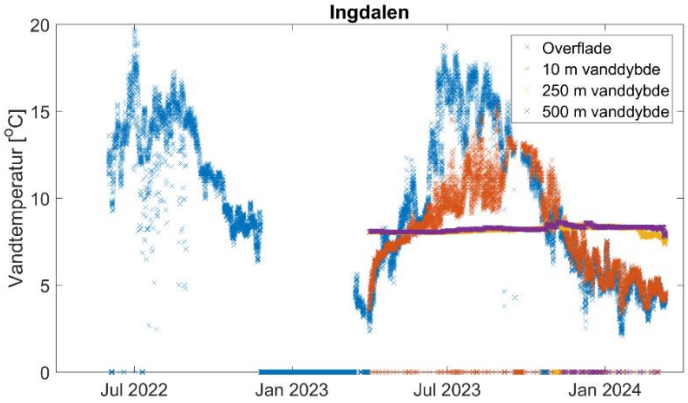
Vandtemperatur i Trondheimfjorden

Der er vandtemperaturmålinger tilgængelig fra to målestationer i Trondheimfjorden ved hhv. Ingdalen (547357.137 m; 7037379.737 m UTM32) samt Munkholmen (568409.904 m; 7037297.062 m UTM32), se placeringer i figur 3-18. Målestationerne er drevet af SINTEF og NTNU (Oceanlabobservatory, 2024). Data fra (Oceanlabobservatory, 2024) er til rådighed i perioden 2022 (juli) – 2024 og med 1-times interval.

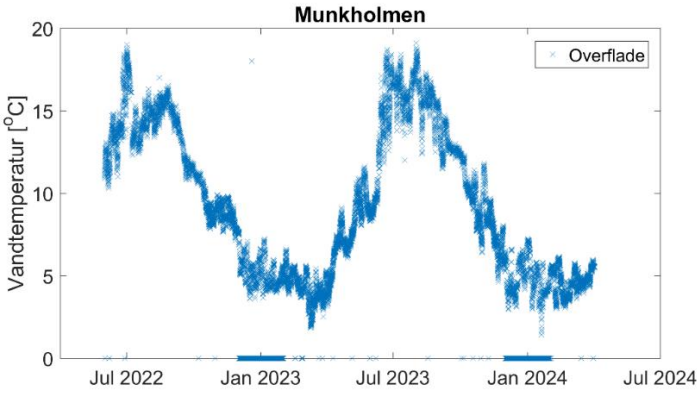


Figur 3-18: Placering af målestationer i Trondheimfjorden. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Målte tidsserier med vandtemperaturer er vist i figur 3-19 og figur 3-20. Ved Ingdalen er der vandtemperaturmålinger i både overfladen samt ned igennem vandsøjlen, hvorimod der ved Munkholmen udelukkende er vandtemperaturmålinger i den øvre vandsøjle. Som forventeligt forekommer der en stor sæsonvariation i vandtemperatur i den øvre del af vandsøjlen med omkring 15 – 20 °C i juli/august og ca. 0 - 5°C i december/januar. I den nedre vandsøjle (ved Ingdalen) er vandtemperaturen dog stort set konstant omkring ca. 7 - 8°C



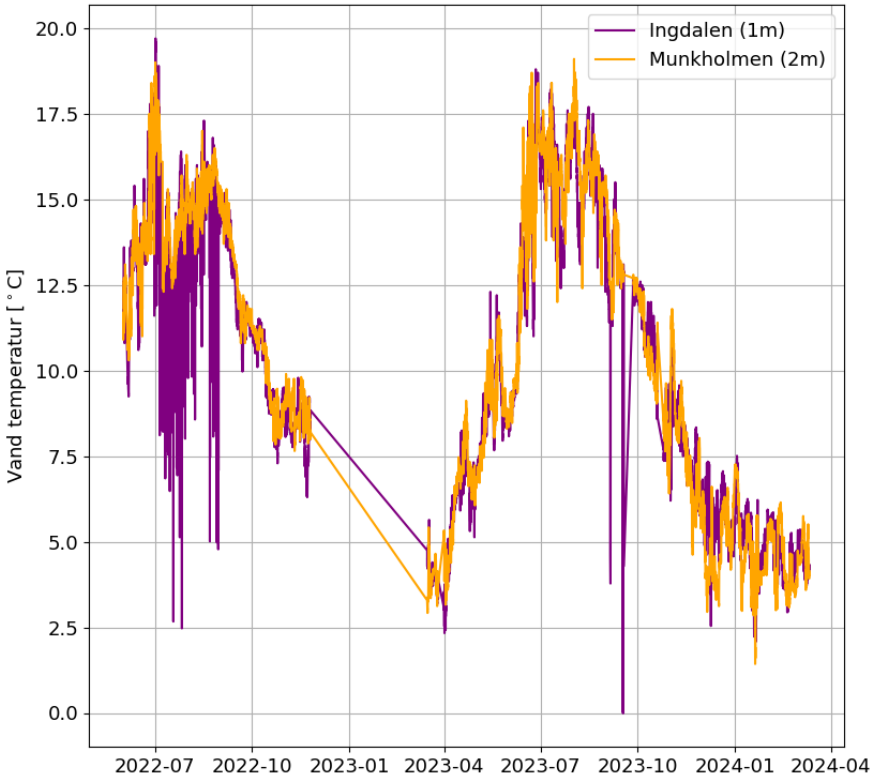
Figur 3-19. Tidsserie med målt vandtemperatur ved Ingdalen i hhv. vandoverfladen samt i 10 (orange kryds), 250 (gul kryds), og 500 (lilla kryds) m vanddybde. Data er stillet til rådighed fra (Oceanlabobservatory, 2024).



Figur 3-20. Tidsserie med målt vandtemperatur i overfladen ved Munkholmen. Data er stillet til rådighed fra (Oceanlabobservatory, 2024).

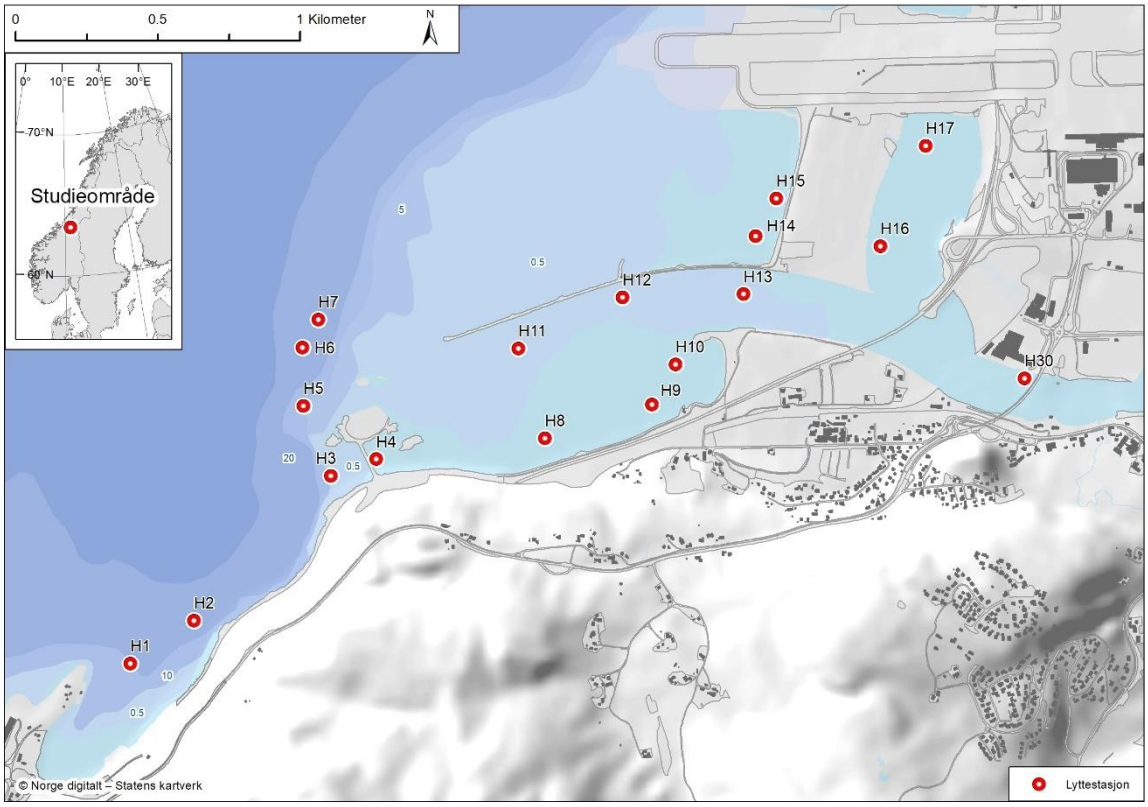
Confidential

En sammenligning af målte vandtemperaturer ved Ingdalen og Munkholmen i den øvre del af vandsøjlen er vist i figur 3-21. Som det fremgår af figuren, er der stor overensstemmelse imellem målte overfladevandtemperaturer på de to positioner.



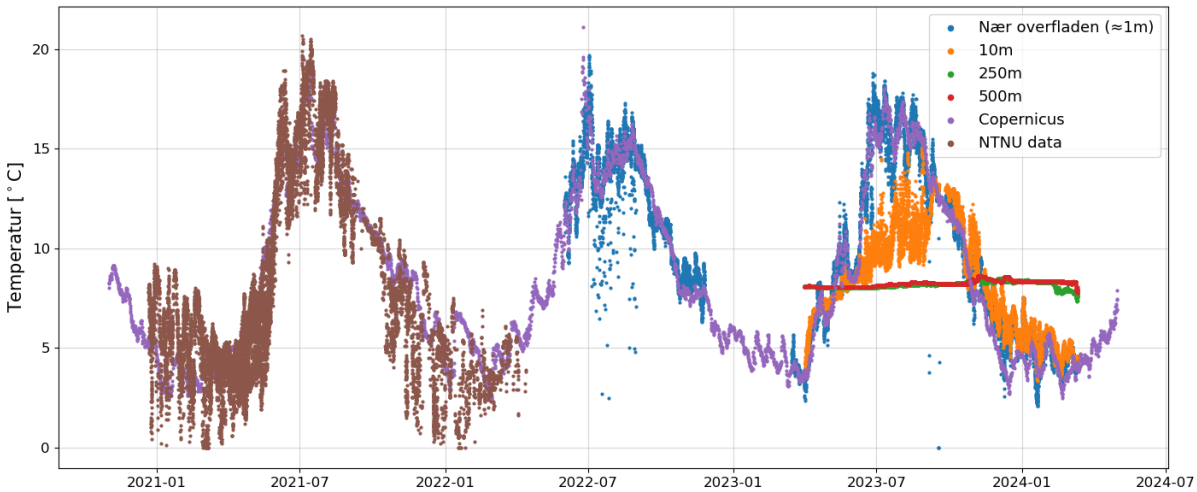
Figur 3-21. Tidsserie med målt vandtemperatur ved Munkholmen og Ingdalen i vandoverfladen. Tidsserien har huller, hvilket ses ved den lige linje mellem data fra 11.2022 – 03.2023. Den lige linje er ikke repræsentativ for måledata i den pågældende periode. Data er stillet til rådighed fra (Oceanlabobservatory, 2024).

Udover vandtemperaturmålinger fra (Oceanlabobservatory, 2024) er der målinger af vandtemperaturen tilgængelig fra NTNU i området omkring udløbet fra Stjørdalselva. Målingerne er gennemført ved indsætning af måleudstyr på fisk, som så afgiver data ved angivne såkaldte lyttestationer, se placeringer af lyttestationer i figur 3-22. Metoden medfører, at data kommer når fiskene svømmer forbi lyttestationerne og dermed ikke i et fast tidsinterval.



Figur 3-22. Placering af fiske-lyttestationer ifm. måling af vandtemperaturer. Figur er udleveret af NTNU.

Figur 3-23 viser sammenligning af vandtemperaturdata fra Ingdalen (målinger) med målinger ved fiskelyttestationer (NTNU-data). I figuren indgår desuden såkaldte hindcast data for overflade-vandtemperatur fra Copernicus "model GLOBAL_ANALYSISFORECAST_PHY_001_024" (Copernicus, 2024), baseret på en global hindcast model med en diskterisering på 0,083° × 0,083°.

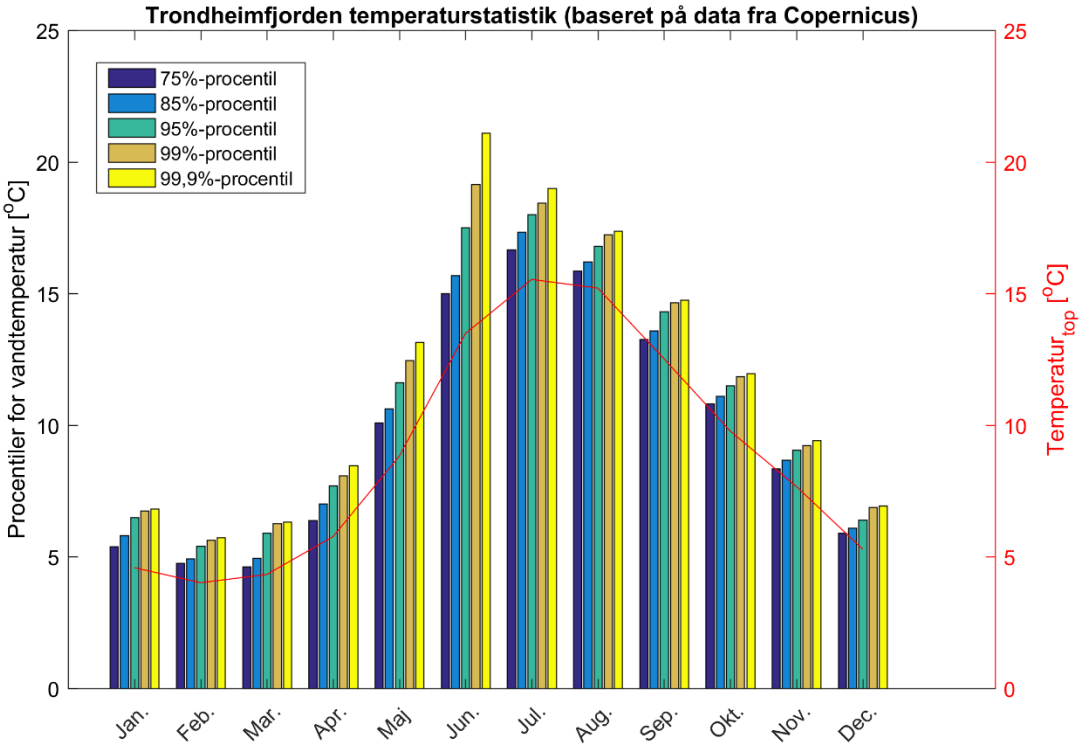


Figur 3-23. Sammenligning af vandtemperaturmålinger fra Ingdalen med hindcastdata fra (Copernicus, 2024) samt målinger ved lyttestationer for fisk (NTNU-data).

Som det fremgår af figur 3-23 er der en relativ god overensstemmelse imellem de forskellige vandtemperatur-datasæt, og det kan desuden konstateres, at overflade-vandtemperatur fra Ingdalen (Munkholmen) og Copernicus stemmer relativt godt overens med måledata fra fiske-lyttestationer ved udløbet fra Stjørdalselva. På den baggrund konstateres, at den lokale

vandtemperatur i det lavvandede område ved udløbet fra Stjørdalselva stemmer godt overens med overfladetemperaturen i Trondheimfjorden.

Vandtemperaturstatistik baseret på data fra Copernicus er vist i figur 3-24. Som det fremgår af figuren, har der i data-perioden været en gennemsnitlig sommervandtemperatur på ca. 15°C (juni – august), hvorimod der i vinterperioden (december – april) er en gennemsnitstemperatur på ca. 5°C. Fordelen ved anvendelse af Copernicus-data er, at disse er tilgængelige i en længere periode (2020 – 2024) sammenlignet med målinger fra Ingdalen og Munkholmen, og er desuden fri for huller i datasættet samt målefejl (outliers). Den længere dataperiode er bl.a. en fordel ved sammenligning med målte vandtemperatur fra Stjørdalselva (temperaturdifferens) i afsnit 3.1.3.



Figur 3-24. Overflade-vandtemperaturstatistik baseret på data fra Copernicus (Copernicus, 2024) i perioden 2020 – 2024. Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig vandtemperatur for den øvre vandsøjle.

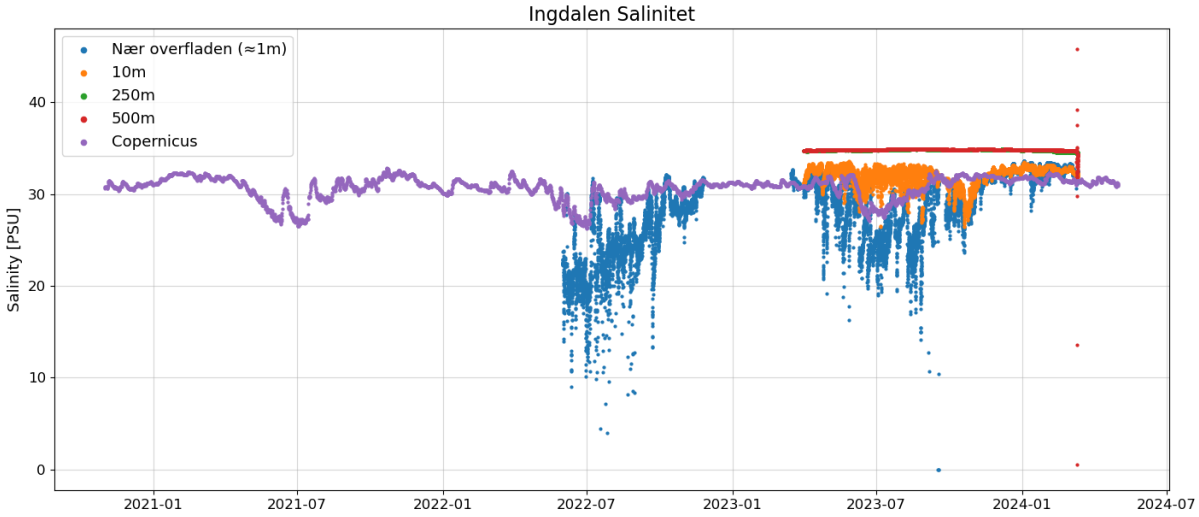
Salinitet i Trondheimfjorden

Figur 3-25 viser en tidsserie af salinitetsmålinger ved Ingdalen (Oceanlabobservatory, 2024) både i vandoverfladen samt ned igennem vandsøjlen. Desuden er der i figuren inkluderet hindcastdata fra Copernicus (Copernicus, 2024). Der er ikke salinitetsmålinger fra Munkholmen.

Som det fremgår af figur 3-25, viser salinitetsmålinger ved Ingdalen periodisk lav salinitet i overfladen, hvorimod saliniteten er mere konstant fra ca. 10 m vanddybde. Den store variation i salinitet i overfladen skyldes formodentlig lokale forhold som f.eks. ferskvandstilførsel i nærheden af måleudstyret. Tendensen er desuden, at saliniteten øges med vanddybden, hvilket er forventeligt pga. densitetsforskelle. På øget vanddybde kan det konstateres, at saliniteten bliver mere konstant. Ved omkring 10 m vanddybde kan det konstateres, at der haves relativt god overensstemmelse imellem salinitetsmålinger og hindcastdata fra Copernicus.

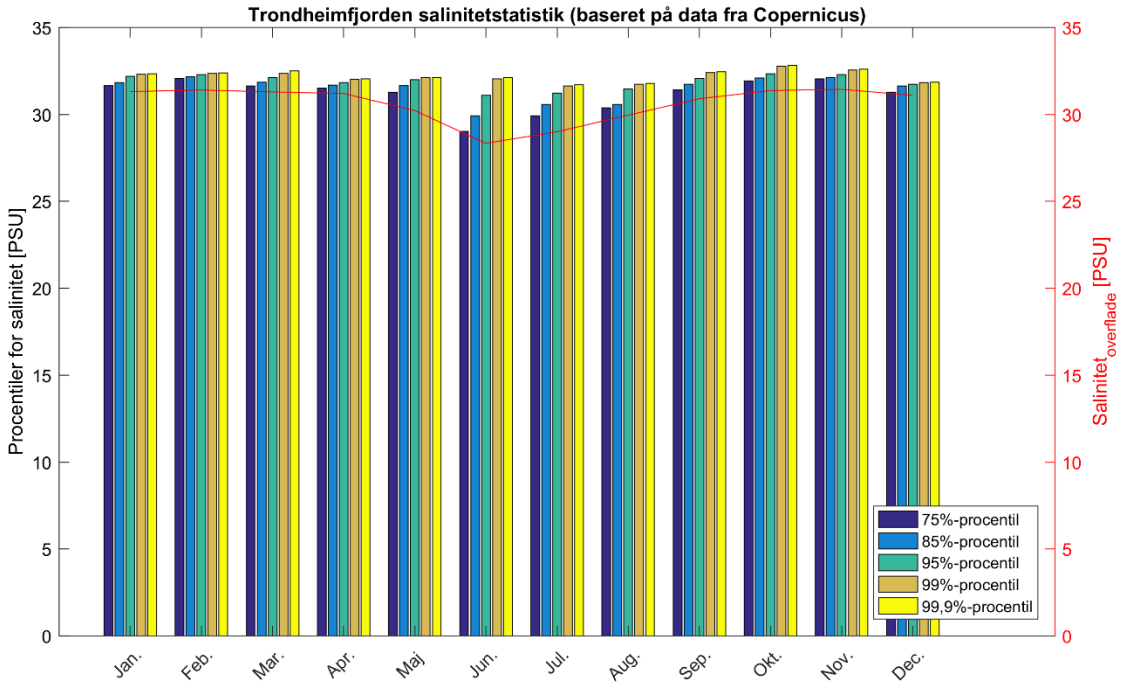
Det vides ikke med sikkerhed om der forekommer en områdespecifik variation i salinitet i Trondheimfjorden, da der ikke haves et tilstrækkeligt datagrundlag til at vurdere dette, men det

må forventes at der i områder med ferskvandstilførsel vil forekomme lavere salinitet, primært i overfladevandet.



Figur 3-25. Salinitetsmålinger fra Ingdalen (Oceanlabobservatory, 2024) og Copernicus (Copernicus, 2024).

Sæsonvariation af salinitet for Trondheimfjorden baseret på Copernicus-data (som vurderes at være beskrivende for de generelle forhold i Trondheimfjorden) er vist i figur 3-26. Som det fremgår af figuren, er den årlige variation i salinitetsniveau relativt beskeden. Tendensen er dog at der i perioden maj – august forekommer en lidt lavere salinitet sammenlignet med resten af året, hvilket kan hænge sammen med en potentielt øget ferskvandstilførsel (som bl.a. er tilfældet for Stjørdalselva jf. afsnit 3.1.1).

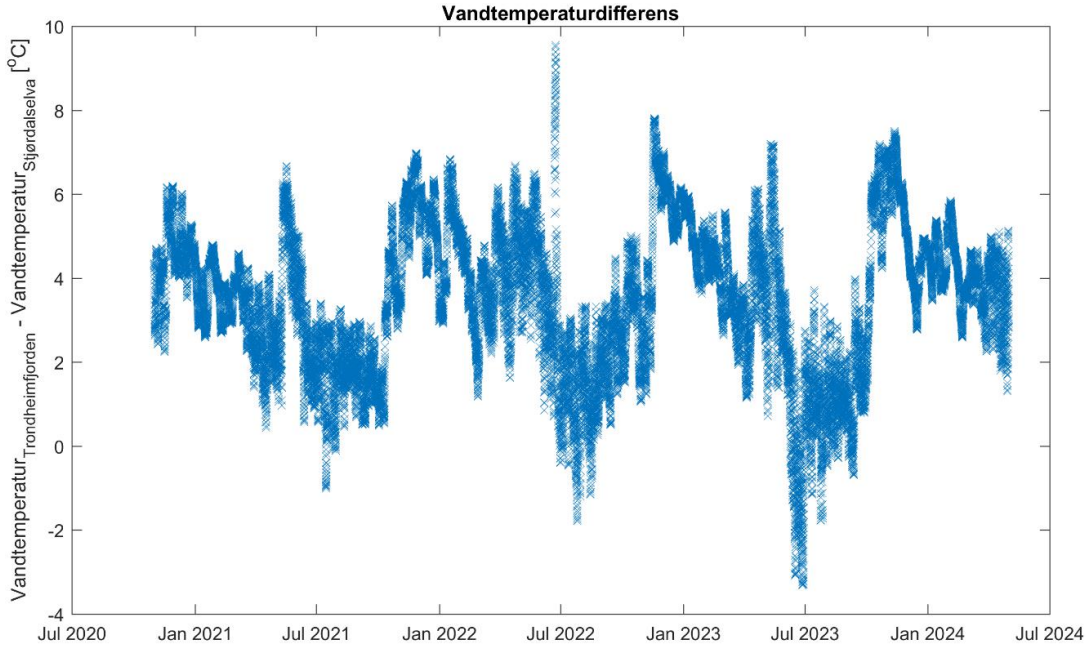


Figur 3-26. Salinitetsstatistik for Trondheimfjorden baseret på data fra (Copernicus, 2024) for perioden 2020 - 2024. Rød linje (højre akse) viser gennemsnitlig salinitet i den øvre vandsøjle.

3.1.3 Vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva

Baseret på det tilgængelige datagrundlag er forskellen i vandtemperatur imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva vist i figur 3-27. Som det fremgår af figuren, forekommer der i

sommermånederne perioder, hvor vandet i Stjørdalselva er varmere end vandet i Trondheimfjorden. Den generelle tendens (i den resterende del af året) er dog, at vandtemperaturen er højere i Trondheimfjorden. Da dataperioden for sammenligningen er relativt kort, kan det ikke udelukkes, at der i perioder kan forekomme højere temperaturdifferenser.



Figur 3-27. Vandtemperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva. Positivt fortegn viser højere vandtemperatur i Trondheimfjorden sammenlignet med i Stjørdalselva og vice versa.

3.2 Opsummering af sæsontendenser

Tendenser for sæsonvariationer er opsummeret i tabel 3-1. Sæsonvariationerne er baseret på data præsenteret i afsnit 3.1.1 - 3.1.2. Således er der, som følge af det forholdsvise begrænsede data for bl.a. vandtemperatur i Trondheimfjorden, en vis usikkerhed tilknyttet de opsummerede tendenser i tabel 3-1.

Periode:	Trondheimfjorden:			Stjørdalselva:	
	Vandstand [m]	Temperatur [˚C]	Salinitet [PSU]	Vandføring [m³/s]	Temperatur [˚C]
Marts - maj	Tidevandsdomineret	~ 6	~ 32	~ 110	~ 4
Juni - august	Tidevandsdomineret	~ 16	~ 30	~ 70	~ 12,5
September - november	Tidevandsdomineret	~ 10	~ 32	~ 75	~ 5
December - februar	Tidevandsdomineret	~ 4	~ 32	~ 90	~ 2

Tabel 3-1: Opsummering af tendenser for sæsonvariation i temperatur, salinitet, vandføring i hhv. Trondheimfjorden og i Stjørdalselva.

Sæsontendenser i tabel 3-1 vil indgå i vurderingen af repræsentative modelscenarier ifm. modelleringen af hydrodynamiske forhold ved Hellstranda og herunder påvirkningen fra etablering af E6.

4. Modelopsætning

Modellen anvendt til simulering af de lokale hydrauliske forhold ved Hellstranda er en tre-dimensionel model, opstillet i programmet MIKE3-FM, der er udviklet af Dansk Hydraulisk Institut (DHI).

MIKE3-FM er et tredimensionelt (3D) modulbaseret modelleringsværktøj udviklet til at simulere fx hydrodynamiske forhold, bølgeudvikling, sedimenttransport og -spredning, spredning af partikler eller opløst stof, afhængig af hvilke moduler, der anvendes og/eller kobles. I dette projekt anvendes det hydrodynamiske modul MIKE3 HD FM til simulering af strømforhold, vandstandsvariationer samt ændring af salinitet/temperatur/densitet samt sandtransportmodulet til simulering af sedimenttransport.

Det hydrodynamiske modul, MIKE3 HD FM, er udviklet til anvendelse ved offshore og kystnære områder, hvor der hersker en fri overfladestrømning. Strømmen i modellen genereres af de påførte forceringsdata, herunder randbetingelser. I beregningerne tages der højde for effekten fra:

- Vindpåvirkning
- Vandstandsvariation
- Dybdeforhold
- Bundruhed
- Udtørring og/eller oversvømmelse af områder
- Densiteten af vandet, der simuleres som en funktion af salinitet og vandtemperatur

Sand transportmodulet er udviklet til at bestemme sediment transportkapaciteten drevet af enten bølger, strøm eller kombinationen heraf og er koblet med det hydrodynamiske modul ift. beregning af sedimenttransportkapaciteten under de modellerede hydrodynamiske forhold.

Da der ikke foreligger et detaljeret datagrundlag til kalibrering og validering af modellen lokalt ved Hellstranda, er der valgt en tilgang baseret på relative sammenligninger af de lokale hydrauliske forhold og sedimenttransport for forskellige repræsentative scenarier og forudsætninger. Disse scenarier dækker både den nuværende situation og en fremtidig situation, hvor udbygningen af E6 er inkluderet. Forventningen er, at eventuelle modelusikkerheder derved delvist vil udligne hinanden. Denne tilgang suppleres med robusthedsanalyser samt vurderinger under varierende hydrauliske scenarier – herunder både normale og ekstreme forhold – for at belyse mulige variationer i de relative påvirkninger fra udbygningen og for at vurdere robustheden af modellens konklusioner.

Medmindre andet er angivet, anvendes som udgangspunkt den anførte modelopsætning i tabel 4-1 og tabel 4-3. Inputparametre i modelopsætningen ændres efter behov ifm. robusthedsvurderinger (se nærmere i Bilag 2 og 3).

Tabel 4-1: Overblik over anvendte parametre i modelopsætningen for det hydrodynamiske modul i modellen.

Parameter (hydrodynamic module)	Value
Basic equation	Shallow water equations
Solution technique	Higher order, critical CFL number = 0,8
Density	Function of temperature and salinity
Eddy viscosity	Horinzontal; Smagorinsky constant = 0,28 Vertically; two-equation turbulence model
Bed Resistance	Roughness height – constant = 0,2 m

	Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 3
Coriolis forcing	None
Wind forcing	No Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 2
Sources	None
Structures	None
Boundary conditions	Specified water level (Trondheimfjorden), specified discharge (Stjørdalselva).

Tabel 4-2: Overblik over anvendte parametre i modelopsætningen for temperatur/salinitet modulet i modellen.

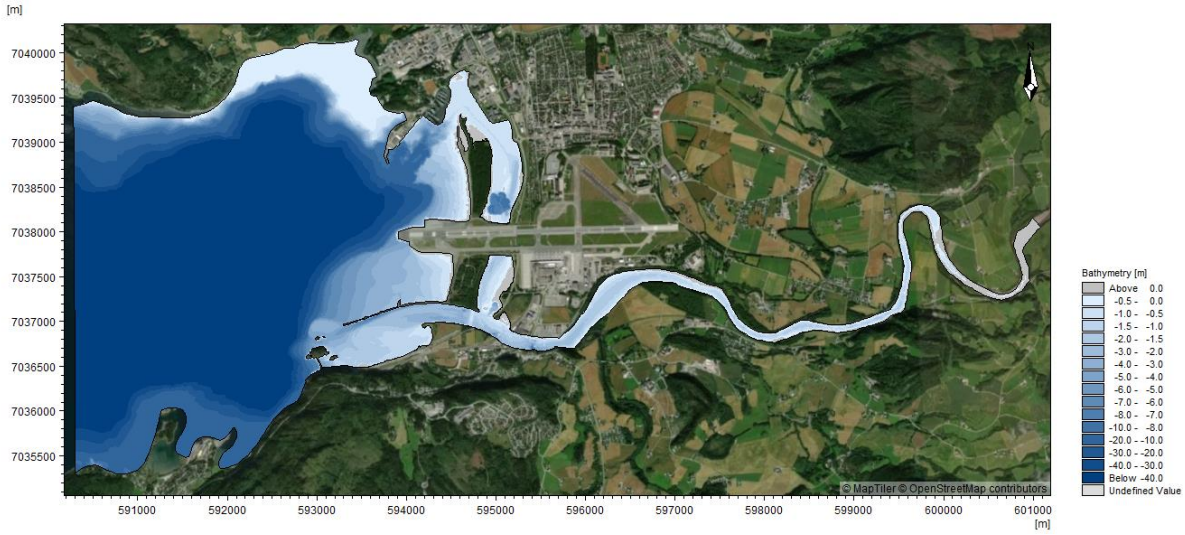
Parameter (Temperature/Salinity module)	Value
Solution technique	Higher order
Density	Function of salinity
Dispersion	Constant value = 0 (vertical) Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 2
Heat exchange	Not included
Coriolis forcing	None
Sources	None
Structures	None
Turbulence Module	k-epsilon, high-order, dispersion=1
Boundary conditions	Specified water temperature and salinity (Trondheimfjorden and Stjørdalselva). Se dog følsomhedsvurderinger i Bilag 1

Tabel 4-3: Overblik over anvendte parametre i modelopsætningen for sandtransportmodulet i modellen.

Parameter (Sand transport module)	Value
Model definition	Pure current
Solution technique	Higher order
Sediment properties	Varying in domain. Se dog følsomhedssimuleringer i Bilag 5
Bed resistance	Konstant = Manning = 32 $m^{1/3}/s$
Initial conditions	Layer thickness Medfører at der alene inkluderes erosion i Hellstranda området.
Boundary conditions	Ingen ved vurdering af erosion / sedimentation grundet omfordeling i Hellstranda området Specificeret koncentration ved vurdering af aflejringsområder af sedimenter tilført fra Stjørdalselva.
Morphology	Include feedback on hydrodynamic

4.1 Modeldomæne, vanddybder og diskretisering

Det anvendte modeldomæne i MIKE3 FM-modellen er illustreret i figur 4-1. Som det fremgår af figuren, strækker modellen sig fra den inderste del af Trondheimfjorden i vest, til ca. 8,5 km opstrøms Stjørdalselva mod øst.

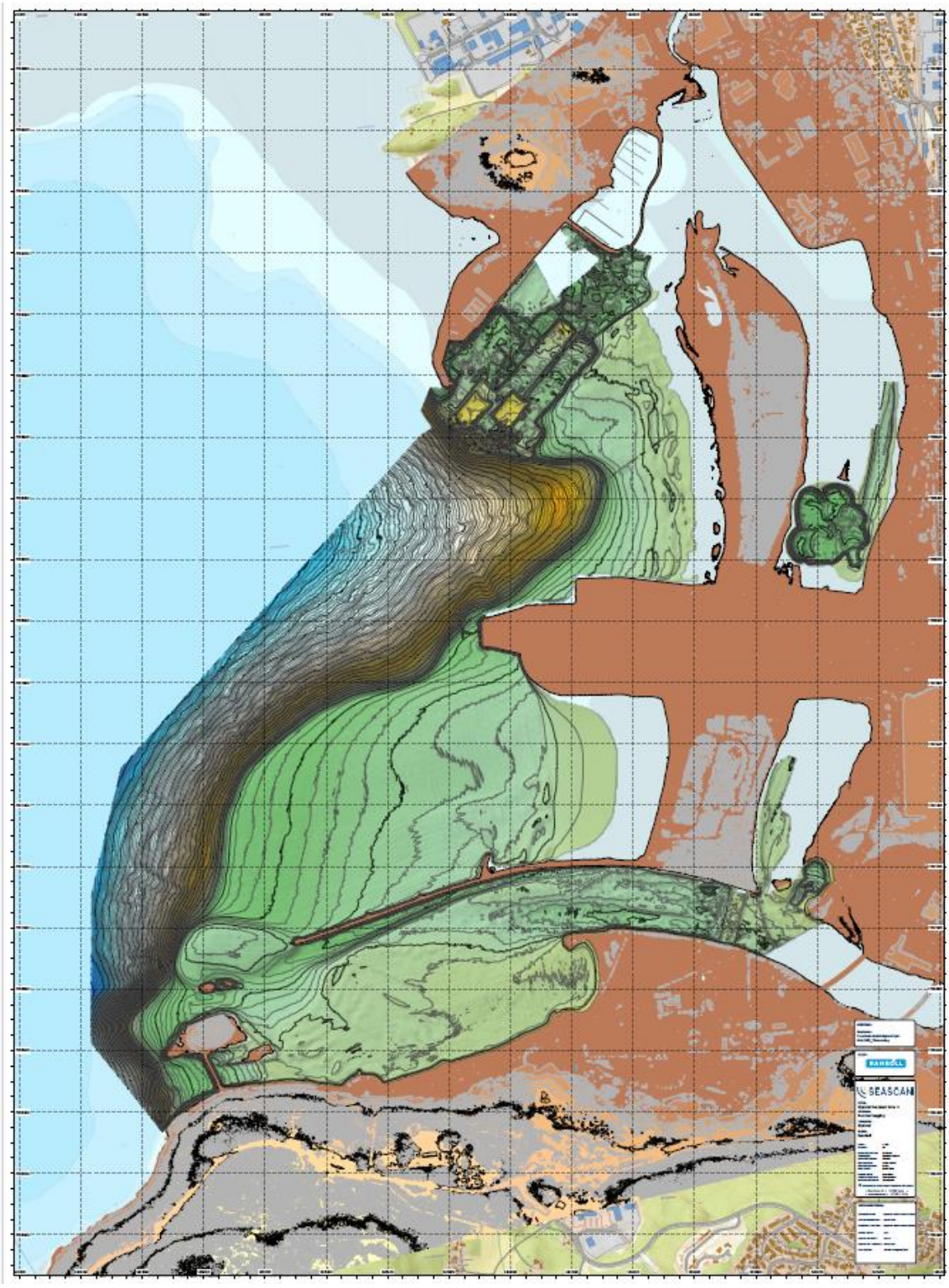


Figur 4-1: Anvendt modeldomæne i MIKE3 HD FM-modellen. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

I prioriteret rækkefølge er vanddybder baseret på data fra multibeam opmåling i 2024, trianguleret dybdedata fra MBES og flybåren LiDAR (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019), elektroniske søkort fra MIKE C-MAP (DHI, 2011) og tilgængelige søkort i (Norgeskart, 2024). I områder, hvor der ikke foreligger data fra nogle af de nævnte kilder, er dybdeforholdene estimeret.

4.1.1 Opmåling 2024

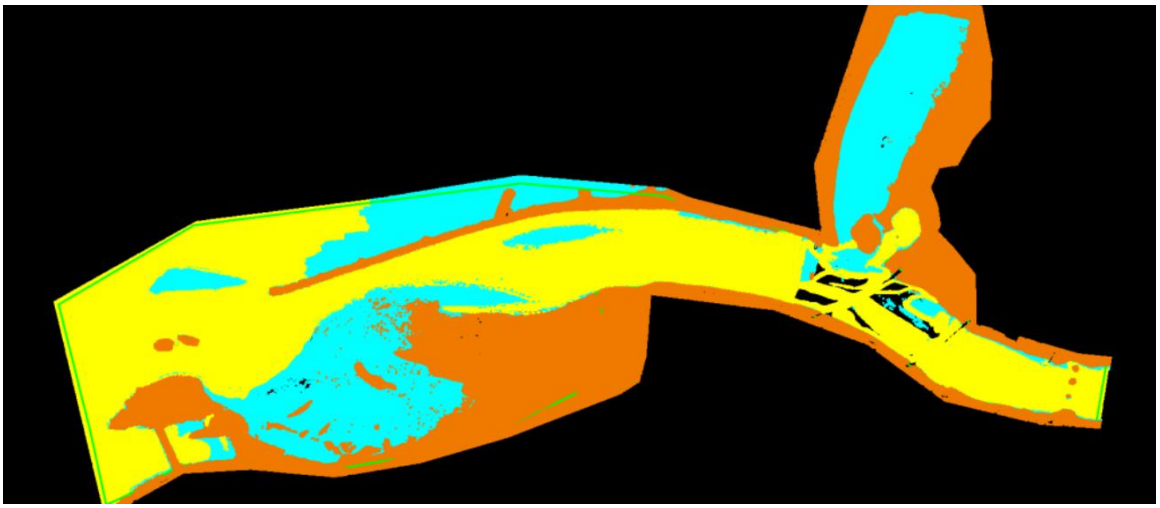
Der er gennemført en opmåling af havbunden ved Hellstranda i efteråret 2024, se udstrækning af opmålt område samt 0,25 m konturlinjer på figur 4-2. Dybdemålingerne er gennemført som en multibeam-opmåling og er leveret med en punkttæthed på 50 x 50 cm i vertikalreference NN2000.



Figur 4-2: Konturlinjer baseret på multibeam opmåling i 2024. Vertikalreference NN2000. (SeaScan, 2024).

4.1.2 Flybåren LiDAR og MBES

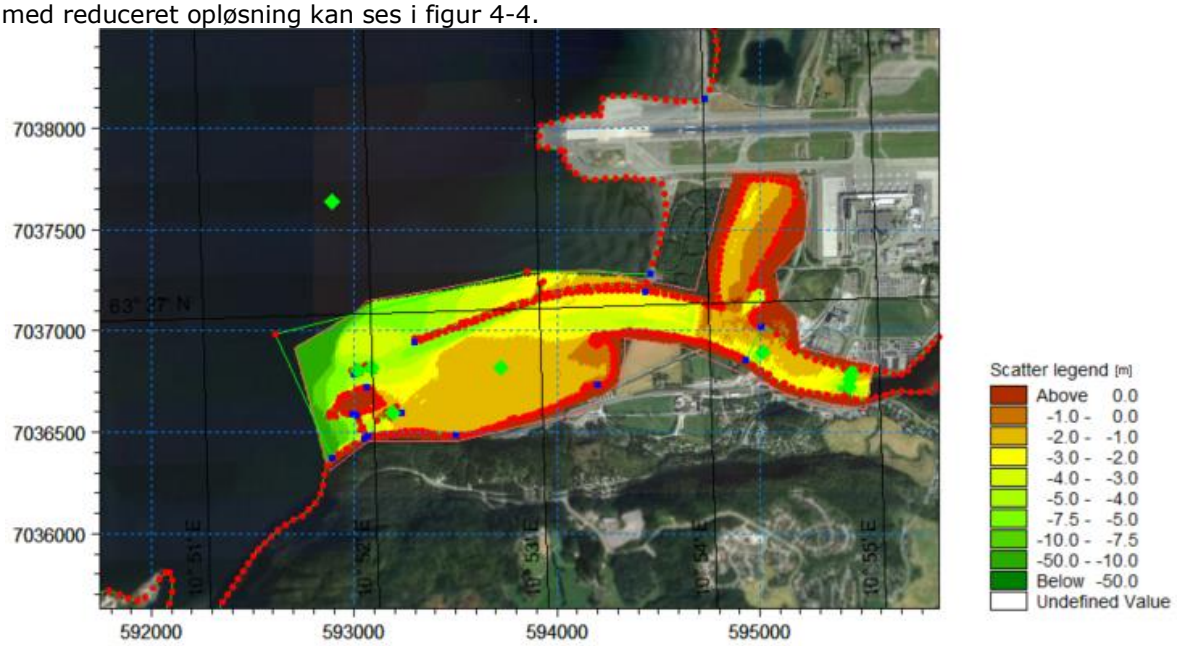
Den flybårne LiDAR (*grøn laserscanning "Light Detection and ranging"*) er foretaget i slutningen af august 2019, hvorefter der er udført MBES (*multistråle ekkolodspejling*) i slutningen af september, som et supplement de områder, hvor vanddybden var for stor til at flybåren LiDAR kunne anvendes med tilstrækkelig præcision. Dataskyen ses i figur 4-3.



Figur 4-3: Datasky konstrueret ved flybåren LiDAR og MBES. Topografi (opmåling af land) målt med flybåren LiDAR er markeret med brunt, områder med vanddybder målt med flybåren LiDAR ses med turkis og områder med vanddybder målt med MBES ses med gult (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019).

Målenøjagtighed for den flybårne LiDAR er ± 5 cm for topgrafi og ± 10 cm for vanddybder, mens målenøjagtigheden for MBES er ± 10-15 cm. De sorte huller i figur 4-3 afbilleder områder, hvor sigtbarheden var for lav til at anvende luftbåren LiDAR og der samtidigt var for lav vanddybde til at udføre MBES. I den anvendte bathymetri i modellen, er der blevet interpoleret for at udfylde disse huller, og her er unøjagtigheden estimeret til mindre end 30 cm.

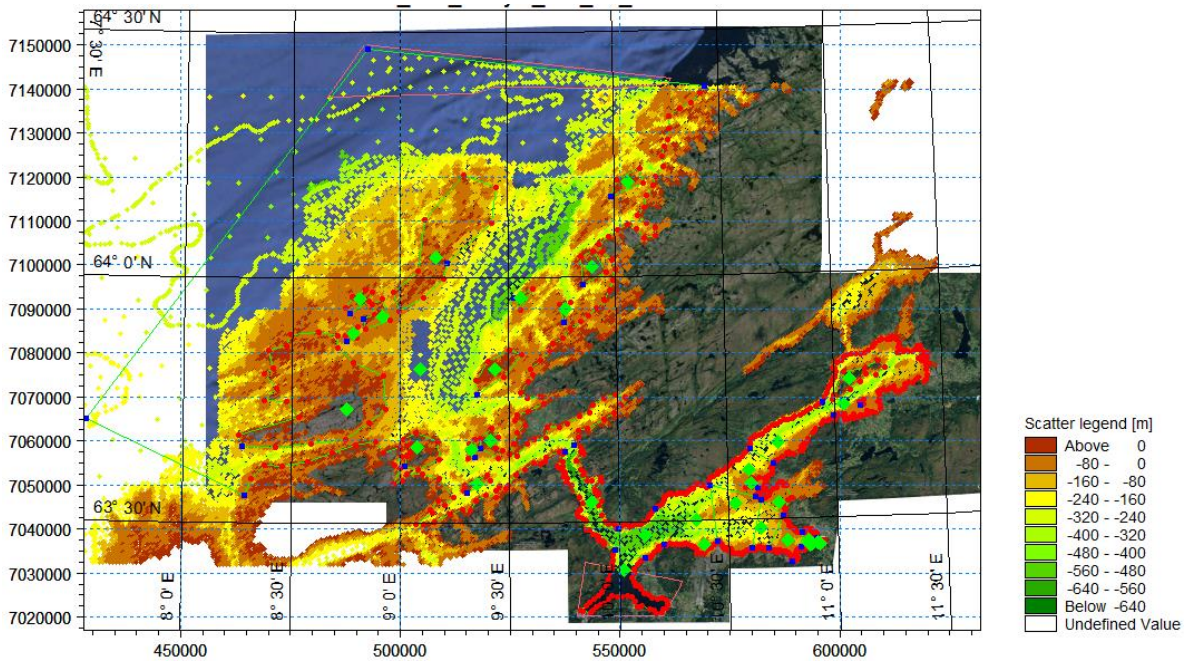
Dataskyen har oprindelig en punkttæthed på 50 cm x 50 cm og er blevet konverteret til NN2000 (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019). Efterfølgende er datamængden reduceret til en opløsning på 1,0 m x 1,0 m inden implementering i dybdemodellen. Dybdedata fra dataskyen med reduceret opløsning kan ses i figur 4-4.



Figur 4-4: Dybdedata fra MBES og flybåren LiDAR, vertikalreference NN2000 (Nearshore Survey AS, 2019; Terratec, 2019). Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

4.1.3 Elektroniske søkort

Vanddybderne hentet fra de elektroniske søkort har middelvandstanden som vertikal reference og her er vandstanden angivet i hele meter (DHI, 2011). Data ses i figur 4-5.



Figur 4-5: Elektroniske søkort data, vertikalreference er middelvandstand (DHI, 2011). Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

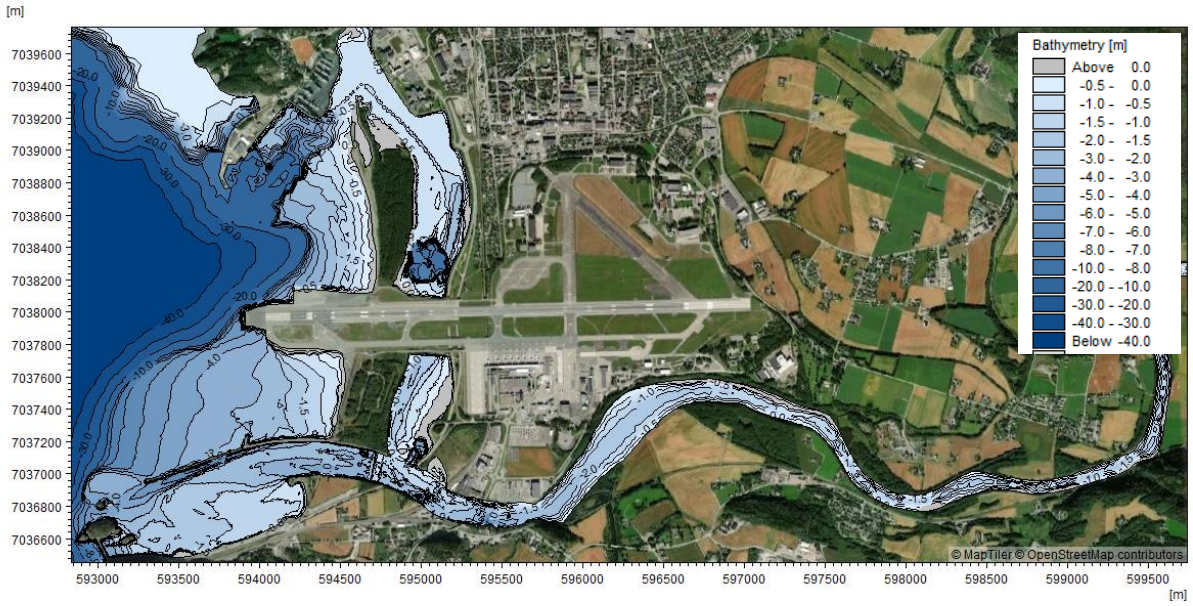
Dybdedata fra det elektroniske søkort ligger dermed 5 cm under dybdedataet fra dataskyen (Kartverket, 2021). Differensen vil sandsynligvis allerede være udvandet pga. den vertikale diskretisering af det elektroniske søkort og vil ikke blive brugt ved projektlokalitet, men vil blive anvendt til at estimere dybder i resten af modeldomænet, hvor forskellen på 5 cm vil være mindre signifikant.

4.1.4 Interpolerede vanddybder i model

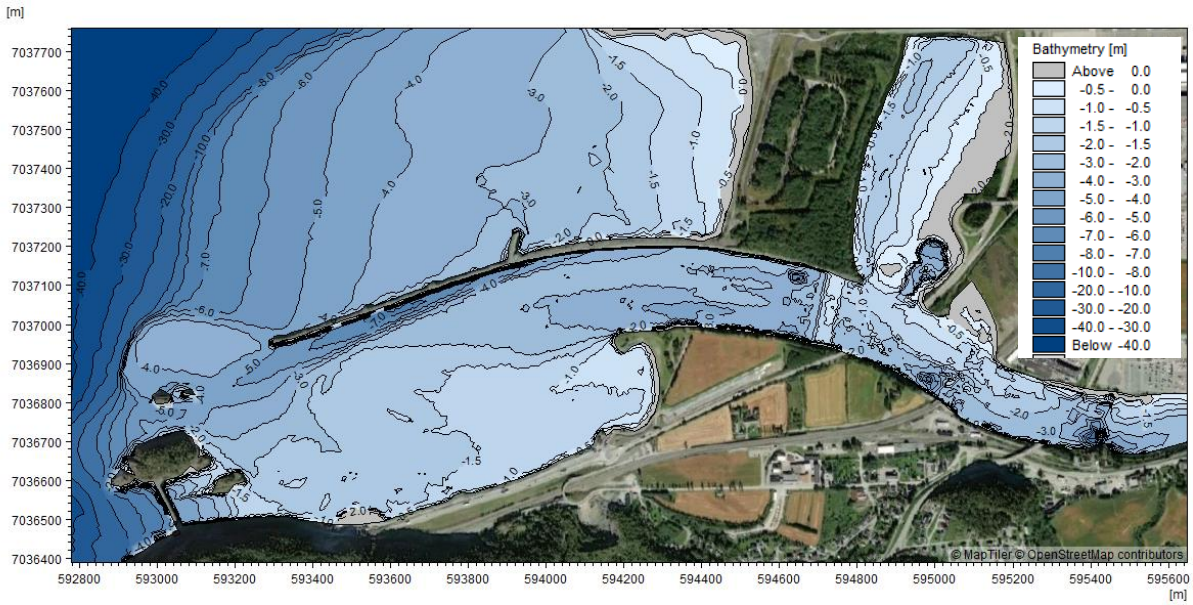
Den etablerede dybdemodel er baseret på interpolerede værdier med udgangspunkt i data beskrevet i afsnit 4.1.1 - 4.1.3, og suppleret med data fra (Norgeskart, 2024) og estimater i de områder, hvor der ikke er tilgængelige data. Lokale dybdeforhold i modellen er vist i figur 4-6 samt figur 4-7.

Vanddybder i dele af området nord for Trondheim Lufthavn, både øst og vest for Langøra nord er estimerede, da der ikke er dybdedata og/eller detaljerede søkort, der dækker disse områder. Dybdedata i disse områder er således behæftet med en væsentlig usikkerhed.

Confidential



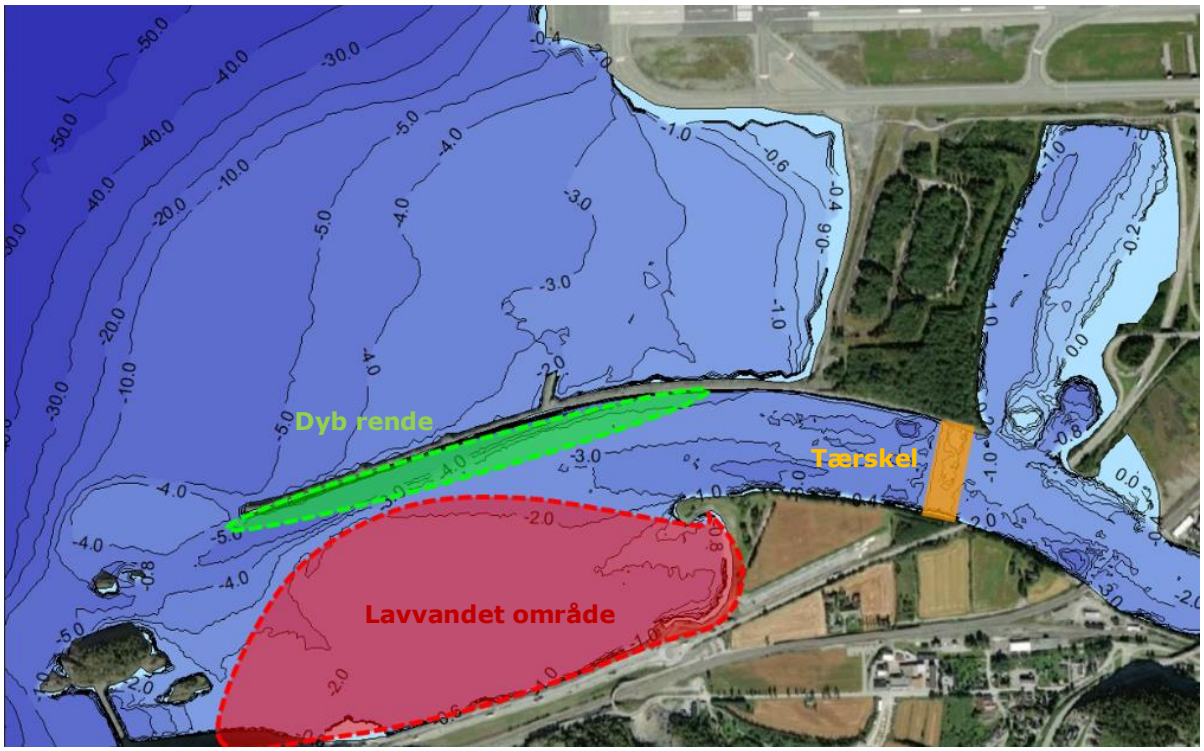
Figur 4-6: Forudsatte vanddybder i modellen. Vertikalreference NN2000. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).



Figur 4-7: Forudsatte vanddybder i modellen lokalt ved Hellstranda. Vertikalreference NN2000. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

Som det bl.a. fremgår af figur 4-8 er der i området ved Hellstranda en relativt dyb rende langs dækmolen mod nord (grøn skravering) og et relativt lavvandet område/plateau langs kysten, hvor udvidelsen af E6 strækker sig udenfor den nuværende kystlinje (rød skravering). Den dybe rende vurderes at være opstået som følge af høje strømhastigheder ifm. udstrømning fra Stjørdalselva, og deraf erosion. Det lavvandede plateau formodes at være opstået og udviklet som følge af sedimentation af sediment fra Stjørdalselva kombineret med rolige strøm- og bølgeforhold efter dækmolen er etableret.

Umiddelbart øst for udløbet ses en lavvandstærskel, illustreret i figur 4-8 med orange skravering, som formodes at fungere som en modstand dels for at sikre vandstanden i Stjørdalselva og dels for at hindre indtrængning af marint vand i Stjørdalselva jf. afsnit 2.



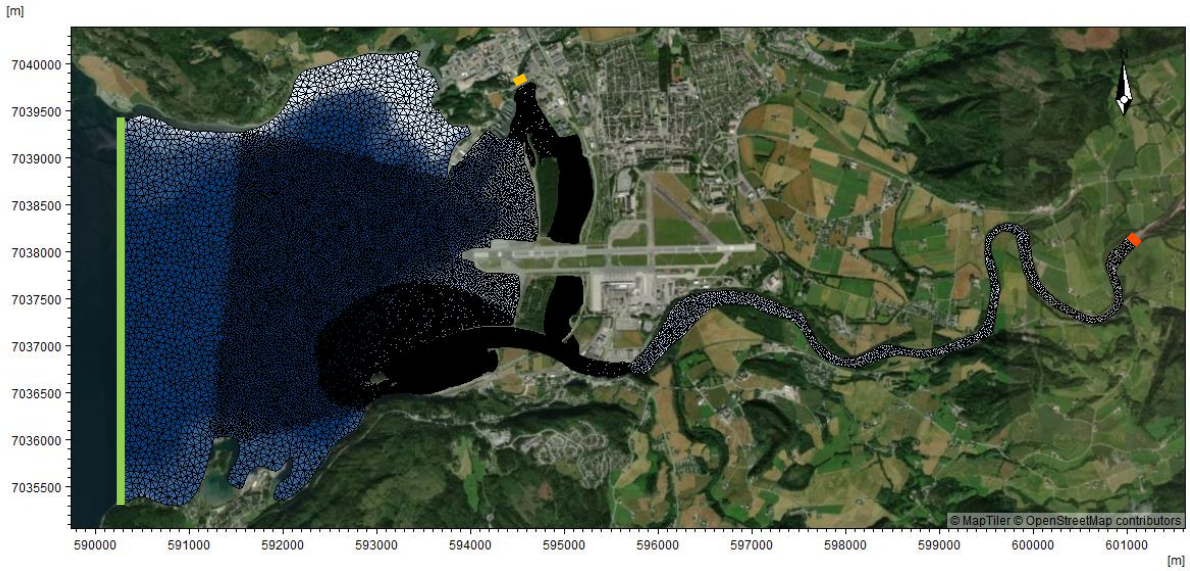
Figur 4-8: Illustration af repræsentative dybdeforhold ved Hellstranda. Vertikalreference NN2000. Baggrundsfoto er fra (Google Earth, 2024).

4.1.5 Modeldiskretisering

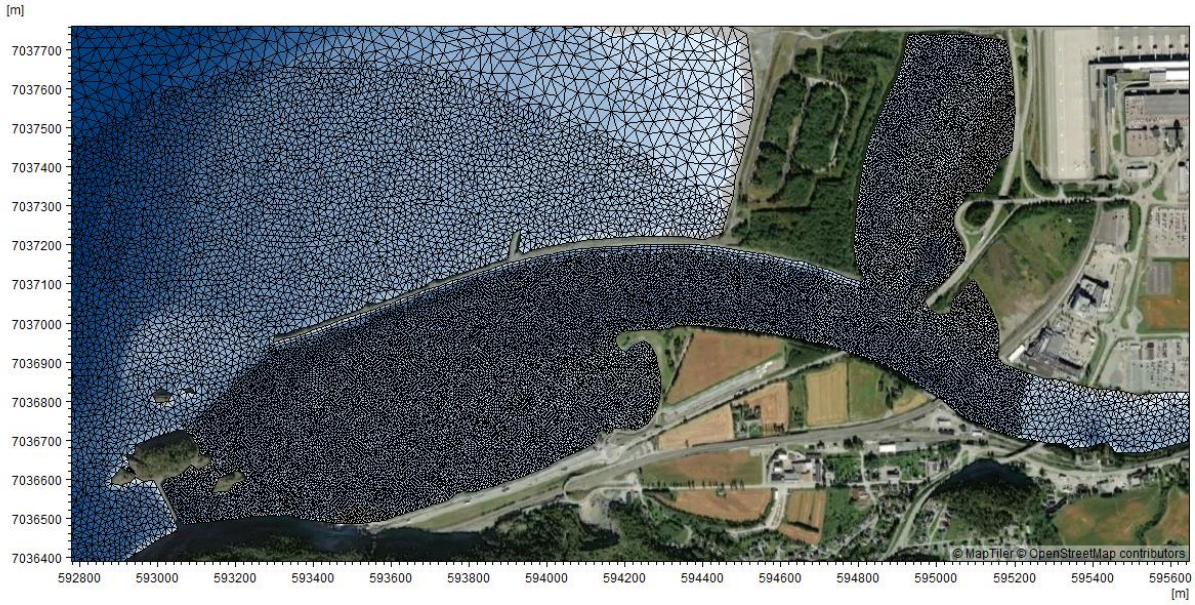
Der anvendes varierende diskretisering (inddeling af beregningsnet) i modellen afhængig af behovet for detailgrad. Generelt anvendes et finere beregningsnet lokalt i den nedre del af Stjørdalselva og Hellstranda-området, hvor der er ønske om en højere detailgrad for strøm/temperatur/salinitet. Ift. at simulere potentiel lagdeling af strøm og salinitet er vandsøjlen opdelt i ti såkaldte sigmalag i modellen, hvilket betyder at lagtykkelsen tilpasses den lokale vanddybde i modellen.

I forbindelse med model-opsætningen er forskellige diskretiseringer af beregningsnettet undersøgt (både horisontalt og vertikalt). Den anvendte model-diskretisering er optimeret baseret på konvergensanalyse og behovet for en optimering af nøjagtighed og beregningstid. I alt består modeldomænet af ca. 71.000 beregning-elementer i hvert vertikale lag – dvs. i alt ca. 10 x 71.000 beregnings-elementer.

Modeldiskretiseringen er illustreret i figur 4-9, hvor også randene er markeret mens et zoom lokalt ved Hellstranda er vist i figur 4-10. Som det fremgår af figurerne, er der i modellen anvendt rektangulære modelelementer langs molen ved Hellstranda, med henblik på at repræsentere skråningen af dækmolen i modellen.



Figur 4-9: Anvendt diskretisering af modeldomænet, samt markering af åbne rande (grøn, rød og orange). Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

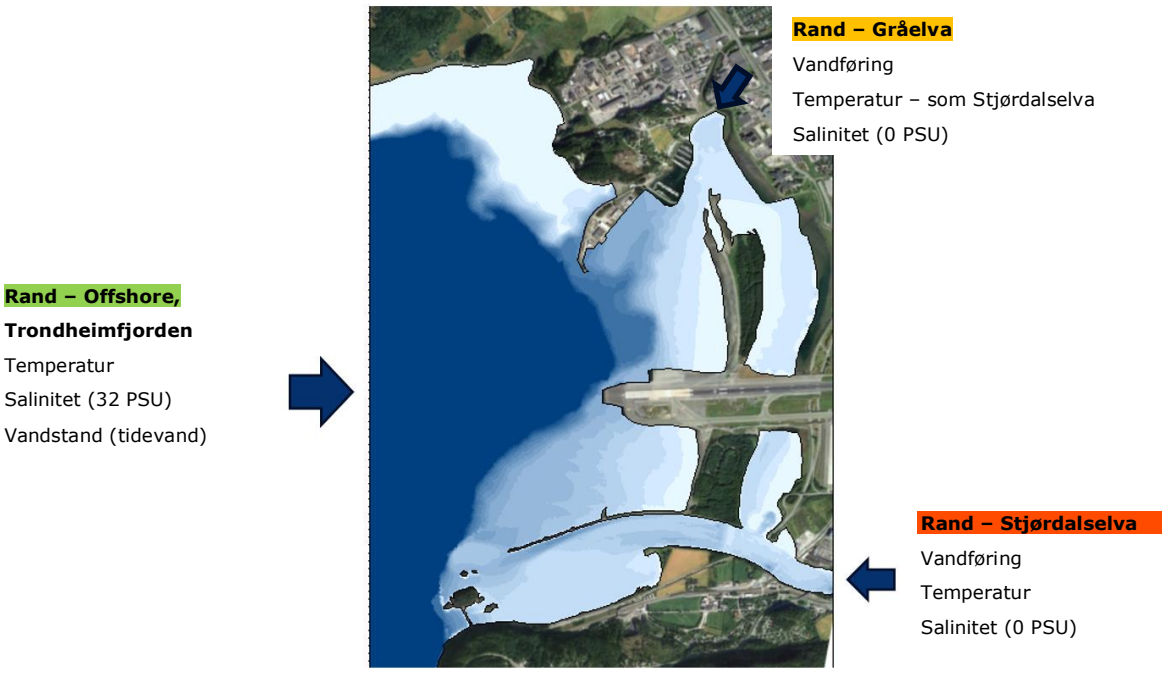


Figur 4-10: Zoom af anvendt diskretisering af modeldomænet. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

4.1.6 Modelforcering

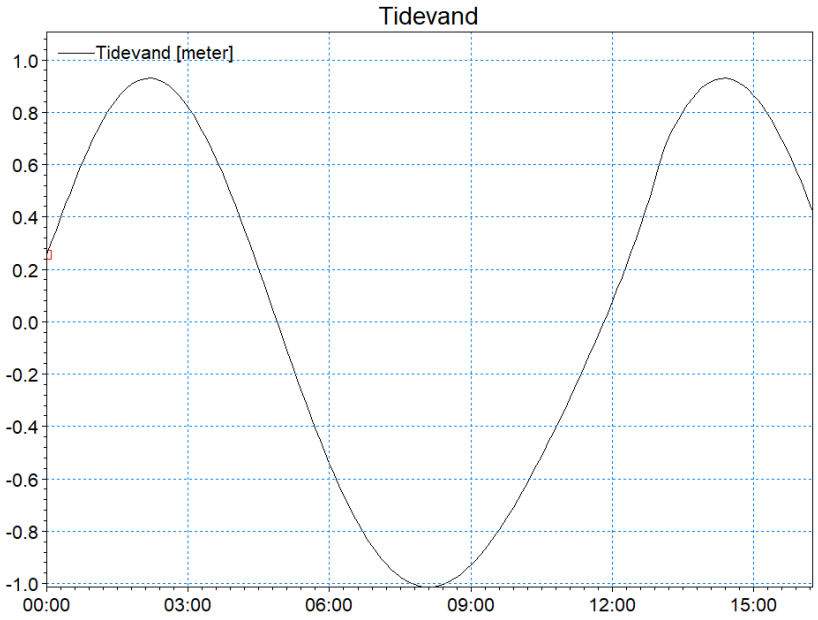
Modellen forceres ved at inkludere vandstandsvariation, salinitet og vandtemperatur på modelranden mod vest samt vandføring, salinitet og vandtemperatur i Stjørdalselva mod øst og ved Gråelva mod nord (se illustration i figur 4-11). Dette er videre beskrevet i afsnit 5.

Der har ikke været vandførings- og temperaturdata tilgængelig for Gråelva, så modelberegningerne er generelt gennemført med en antagelse om at vandføringen i Gråelva svarer til 10% af vandføringen i Stjørdalselva og at Gråelva har samme temperatur- og salinitetsforhold som Stjørdalselva. Desuden er gennemført følsomhedsanalyser ift. den antagne vandføring, se Bilag 2.



Figur 4-11: Illustration af modelforcering. Placeringen af randene fremgår af figur 4-9. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

Jf. afsnit 3.1.2 er vandstandsforholdene i Trondheimfjorden primært domineret af tidevand. Derfor tages der i alle modelscenarier udgangspunkt i vandstandsvariationer, der svarer til en tidevandsperiode (se figur 4-12).



Figur 4-12: Illustration af vandstandsrandbetingelsen med tidevandsvarierende forhold på modelranden mod vest. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Temperatur, salinitet samt vandføring tager udgangspunkt i variationer og sæsontendenser præsenteret i afsnit 3. De aktuelle modelscenarier er præsenteret i afsnit 5. Ift. salinitet og vandtemperatur er det primære fokus at afdække densitetsforskelle og -variationer.

5. Evaluerede modelscenarier

I det følgende præsenteres de evaluerede scenarier, der er anvendt i forbindelse med analysen af påvirkningen af de hydrauliske forhold som følge af udbygningen af E6.

5.1 Opstillede modeller

De forskellige varianter af de opstillede modeller er kort præsenteret i det følgende.

De to præsenterede kompensationsløsninger er udvalgt på baggrund af en screening gennemført i den indledende fase af projektet.

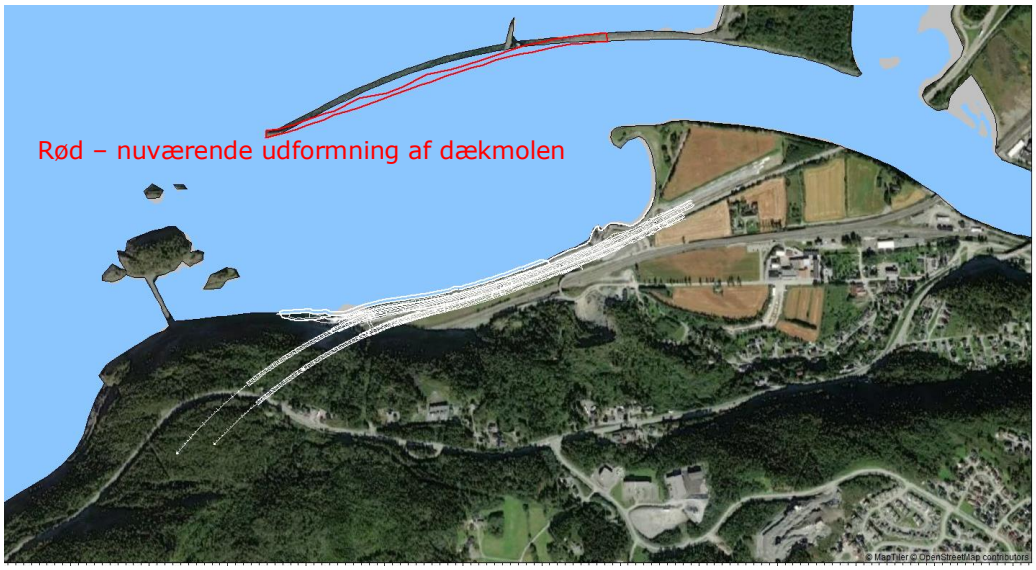
5.1.1 Nuværende forhold

Der er opstillet en model af de nuværende forhold (dagens situation) med udgangspunkt i det præsenterede grundlag i afsnit 4.1. Resultaterne herfra danner sammenligningsgrundlaget for vurderingen af, hvordan forholdene påvirkes af udvidelsen af E6, inkl. kompenserende foranstaltninger samt tiltag til forbedring af vandudskiftningen. Alle vurderinger foretages relativt i forhold til de nuværende forhold.

5.1.2 Fremtidige forhold – Kompensationstiltag A

Udbygningen af E6 medfører, som tidligere nævnt, at der inddrages en del af det nuværende lavvandede område til vejudvidelsen, hvilket medfører et krav om, at der gennemføres kompenserende foranstaltninger.

For at erstatte det vandareal, som inddrages til vejudbygningen indeholder Kompensationstiltag A en flytning/justering af dækmolen nord for Hellstranda, så der opnås minimum samme vandareal mellem dækmolen og kysten, som der er i dag. Flytningen gennemføres således at molehovedet (spidsen af molen) fastholdes på samme position som i dag. Hermed undgås at der forekommer en ændret tilstrømning af marint vand og/eller ændret bølgepåvirkning ind i området, hvilket potentielt kan medføre en væsentlig påvirkning de lokale hydrodynamiske forhold. Modellen med justeringen/flytningen af dækmolen er illustreret i figur 5-1, hvor også det nuværende forløb af dækmolen er skitseret.



Figur 5-1: Illustration af fremtidige forhold, kompensationstiltag A med en justering af dækmolen nord for Hellstranda. Det nuværende forløb af dækmolen er markeret med rødt, hvormed det fremgår, at positionen af molehovedet er uændret. Baggrundskort fra (DHI, 2025)

Ud over justeringen af dækmolen indeholder Kompensationstiltag A også en justering af de lokale dybdeforhold, så den dybe rende langs dækmolen flyttes i samme omfang som dækmolen, med henblik på at udvide det lavvandede område (se definition af de repræsentative dybdeforhold i afsnit 4.1). Formålet er at etablere et område af minimum samme størrelse og som har nogenlunde samme dybde- og hydrodynamiske forhold, som det nuværende lavvandede område.

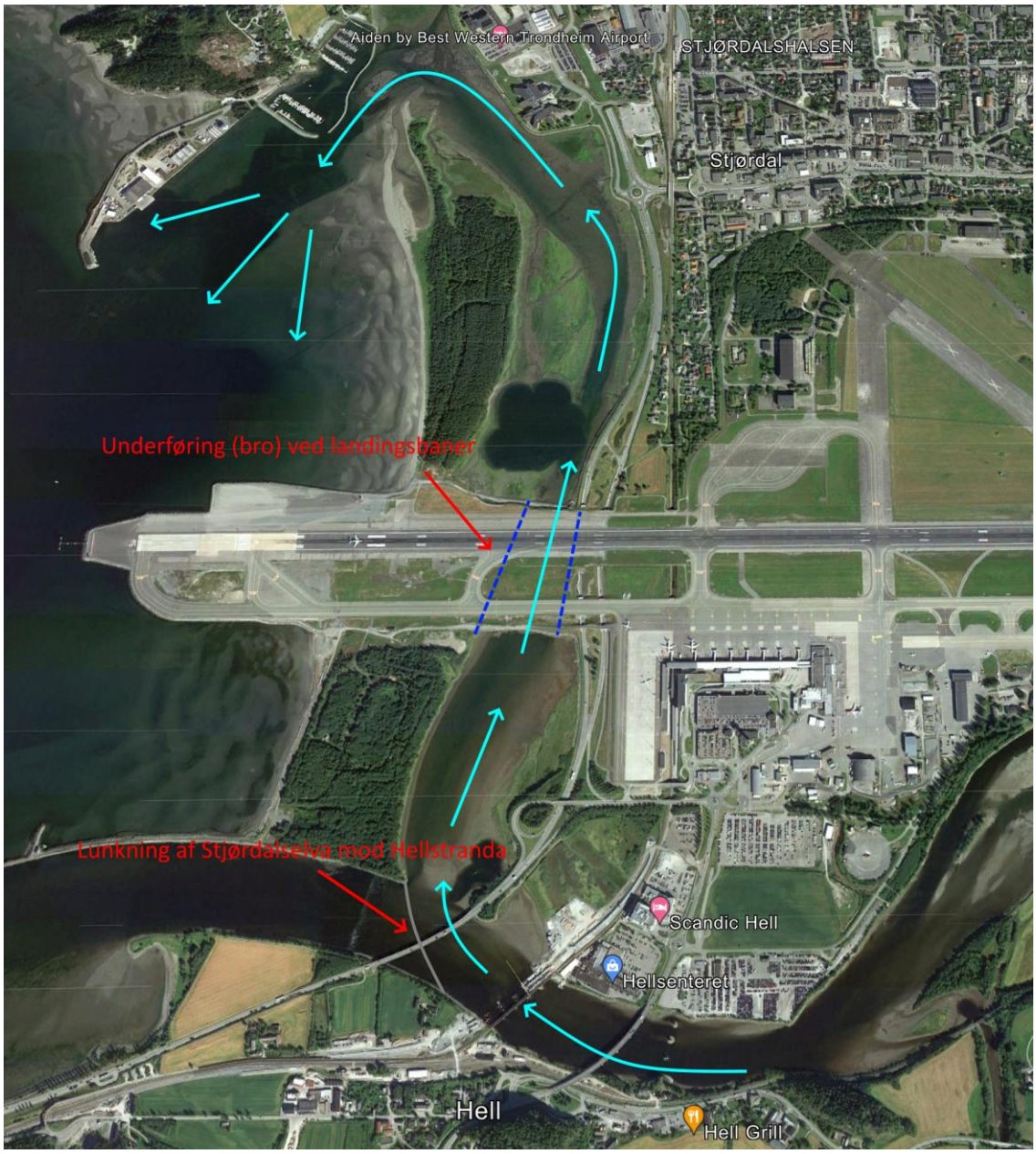
5.1.3 Fremtidige forhold – Kompensationstiltag B

Som et alternativ til at kompensere arealet mellem dækmolen og kysten ved en flytning af dækmolen (Kompensationstiltag A) undersøges effekten af at reetablere det oprindelige udløb af Stjørdalselva nord om Trondheim Lufthavn og ud langs Stjørdal Bådforening (situationen i 1955 jf. afsnit 2), se illustration i figur 5-2. I dette scenarie lukkes det nuværende udløb fra Stjørdalselva. Underføringen af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavn forudsættes at være et fuldt gennemstrømningstværsnit, dvs. hvor landingsbanen ved Trondheim Lufthavn bibeholdes i form at en broløsning over udløbet.

Dette kompensationsscenarie er ikke nødvendigvis en 1:1 kompensation, som den lokale justering/flytning af dækmolen ved Hellstranda er. Derimod er hensigten så vidt muligt at genskabe forholdene som de var før etableringen af Trondheim Lufthavns forlængede landingsbane, hvor området nord for Trondheim Lufthavn i langt højere grad var påvirket af udløbet af ferskvand fra Stjørdalselva end det er i dag.

Det skal nævnes, at der til trods for en re-etablering af det oprindelige forløb af Stjørdalselva ikke opnås identiske forhold, som de var i perioden før etableringen af den forlængede landingsbane. Dette skyldes, at fx molerne ved Stjørdal Bådforening og landindvinding ved Stjørdal medfører at strømtværsnittet vil være anderledes sammenlignet med forholdene inden landingsbanen blev forlænget.

En reetablering af udløbet fra Stjørdalselva vil betyde, at vanddybderne i de berørte områder skal indstille sig på de nye forhold. Som nævnt i afsnit 4.1 kendes hverken vanddybderne før omlægningen af udløbet fra Stjørdalselva eller de nuværende vanddybder i dele af området nord for Trondheim Lufthavn. Der er dermed stor usikkerhed forbundet med dybdeforholdene for dette kompensationstiltag, både i Hellstranda-området og i det gamle elv-udløb.



Figur 5-2: Illustration af Kompensationstiltag B med reetablering af det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

5.1.4 Forbedring af vandudskiftningsforhold nord for Trondheim Lufthavn

For at forbedre vandkvaliteten i det gamle udløb af Stjørdalselva nord for Trondheim Lufthavn er der vurderet på to tiltag;

Tiltag C1: Delvis underføring af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavn

Dette tiltag indebærer, at der etableres en kulvert under Trondheim Lufthavn således der kan ske en udveksling af ferskt og marint vand mellem områderne nord og syd for landingsbanen. Dette implementeres i modellen ved at inkludere en kulvert-løsning med cirkulære åbninger med en diameter på 2 m samtidig med at det eksisterende udløb af Stjørdalselva bibeholdes.

Der er ikke gennemført en optimering af dette tiltag, men der vurderes på effekten som følge af forskellige grader af åbning for udveksling af vand, dvs. indflydelse fra forskellige antal rørunderføringer (1 - 3 rør) samt den vertikale placering af rørene.

En illustration af det undersøgte Tiltag C1 er skitseret i figur 5-3.



Figur 5-3: Illustration af Tiltag C1, der er en kulvert-løsning med rørunderføringer under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn. Antal rørunderføringer i illustrationen er blot vist som et eksempel. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Tiltag C2: Etablering af vandudskiftning gennem Langøra nord for Trondheim Lufthavn

Dette tiltag undersøger muligheden for at forbedre vandudskiftningen i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn ved at etablere en gennemstrømningsmulighed mellem Trondheimfjorden og det gamle elv-udløb via halvøen Langøra. I modellen er dette implementeret ved at inkludere 1-3 cirkulære rør med en diameter på 2 m. Se illustration i figur 5-4, hvor området med rørføringer er blå-skraveret.



Figur 5-4: Illustration af gennemstrømningsmulighed gennem halvøen Langøra nord for Trondheim Lufthavn. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

5.2 Undersøgte hydrodynamiske modelscenarier

I det følgende præsenteres de hydrodynamiske scenarier, der er anvendt ved modelberegningerne. Scenarierne tager udgangspunkt i de præsenterede hydrauliske forhold i Stjørdalselva og Trondheimfjorden jf. afsnit 3.

Som udgangspunkt evalueres både de nuværende og de fremtidige forhold – inklusive udvidelsen af E6 og tilhørende kompensationsscenarier – for de samme hydrodynamiske scenarier. Dette muliggør relative sammenligninger og dermed en vurdering af, hvordan udbygningen af E6 påvirker de hydrauliske forhold. Det skal dog bemærkes, at der ikke nødvendigvis er gennemført simuleringer for samtlige mulige kombinationer af hydrodynamiske og kompensationsmæssige scenarier. I stedet er der fokuseret på at analysere de kombinationer, der vurderes at have størst sandsynlighed for at medføre den mest markante relative påvirkning sammenlignet med de nuværende forhold.

Undersøgte hydrodynamiske modelscenarier ifm. vurdering af de relative påvirkninger fra udbygningen af E6 repræsenterer både normale og relativt ekstreme forhold. Det skal dog nævnes, at det ikke er statistiske ekstreme scenarier og det kan dermed ikke udelukkes, at der kan forekomme situationer, som ikke er afdækket i modellen.

Confidential

- Variation af temperaturdifferens imellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva:
  - -6°C i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva (svarende til ekstremsituation for vandtemperaturdifferens i en sommerperiode)
  - +6°C i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva (svarende til vandtemperaturdifferens i en typisk vinterperiode) – resultater er i bilag 1
  - 0°C vandtemperaturdifferens (svarende til typiske forhold i en sommerperiode) – resultater er i bilag 1

- Vandføring i Stjørdalselva (baseret på statistik i afsnit 3.1.1):
  - 84 m^3/s i Stjørdalselva (svarende til sommergennemsnit)
  - 1.976 m^3/s i Stjørdalselva (svarende til flom-scenarie med returperiode på ca. 200 år)

- Vandstandsforhold i Trondheimfjorden:
  - Almindelige tidevandsforhold i Trondheimfjorden (jf. figur 4-12)

- Salinitet i Trondheimfjorden:
  - 32 PSU i Trondheimfjorden gennem hele vandsøjlen (ca. svarende til årsgennemsnit)
  - 0 PSU i vandet fra Stjørdalselva

- Vindpåvirkning:
  - 0 m/s (ingen vindpåvirkning vind i modellen)

Ifm. modelopsætningen og udvælgelsen af ovenstående hydrodynamiske scenarier er gennemført analyser af andre varianter. Resultater for udvalgte af disse er indeholdt i bilag 3, hvoraf nogle alene er gennemført for forhold der er repræsentative for nuværende forhold:

- Vandføring i Stjørdalselva
  - Resultater for andre udvalgte vandføringer i Stjørdalselva er indeholdt i bilag 3 for nuværende forhold for at afdække de lokale strømforhold under disse forhold.

- Vandstandsforhold i Trondheimfjorden:
  - Tidevandsforhold i Trondheimfjorden i kombination med 0,2 m vandstands-forøgelse - resultater for nuværende forhold er indeholdt i bilag 3
  - Tidevandsforhold i Trondheimfjorden i kombination med 0,2 m vandstands-reduktion - resultater for nuværende forhold er indeholdt i bilag 3

- Vindpåvirkning:
  - 20 m/s fra vest (svarende til kraftig vind) - resultater er indeholdt i bilag 3 for både nuværende og fremtidige forhold

5.3 Undersøgte følsomheder af modelparametre

Udover evalueringen af forskellige hydrodynamiske modelscenarier er desuden undersøgt om den relative påvirkning er følsom overfor forskellige fysiske og/eller modelparametre. Denne følsomhedsanalyse er inkluderet, da der ikke foreligger et tilstrækkeligt datagrundlag til at kalibrere og validere modellen. Resultater fra udvalgte undersøgte følsomheder er præsenteret i bilag 2 og 3, men konklusioner herfra er indeholdt i opsummeringen i afsnit 9. Undersøgte modelfølsomheder præsenteres i det følgende:

Confidential

- Evaluering af anvendt dispersion i modellen. Via dispersionen er det muligt at tilføre spredning/turbulens i modellen, der ikke nødvendigvis er korrekt repræsenteret. Da dispersionen i modellen er afhængig af model-diskretisering er dette en parameter, som udelukkende kan justeres korrekt, hvis der forekommer et tilstrækkeligt datagrundlag til kalibrering af modellen. Der er gennemfør setup/følsomhedssimuleringer for følgende varianter:
    - Horisontal- og vertikal dispersion på 0 (hvilket svarer til at der i modellen ikke inkluderes yderligere spredning, udover den spredning, der inkluderes via turbulensmodellen. Dette svarer til en nedre-værdi for spredning af temperatur og salinitet i modellen og medfører den største lagdeling. Modelberegningerne præsenteret i afsnit 6 og 7 er alle baseret på en antagelse om ingen ekstra vertikal opblanding (vertikal dispersion = 0). Følsomhedssimuleringer ift. den vertikale opblanding er nærmere analyseret i bilag 2.
    - Horisontal- og vertikal dispersion på 1 (hvilket svarer til at der i modellen tilføres en signifikant spredning, som følge af fx turbulens – udover den spredning der inkluderes via turbulensmodeller). Dette svarer til en øvre-værdi for spredning af temperatur og salinitet i modellen.

- Evaluering af bundruheden i modellen. Bundruheden er et udtryk for den strømningsmodstand, der forekommer langs bunden i modellen. Høj bundruhed vil f.eks. give anledning til stor variation i f.eks. strømhastighed ned igennem vandsøjlen samt stor vertikal opblanding af temperatur/salinitet:
    - Bundruhed på 0,05 m (hvilket i modellen svarer til en relativt lavt ruhed som medfører relativt lille variation i det vertikale strømprofil).
    - Bundruhed på 0,2 m (hvilket i modellen svarer til en relativt høj ruhed med relativt stor indflydelse på det vertikale strømprofil).

Desuden er inkluderet enkelte følsomhedsvurderinger over for vanddybder for Kompensationstiltag A, se bilag 2.

Confidential

6. Resultater: Hydrodynamiske forhold - nuværende forhold

I det følgende præsenteres modelresultaterne for simuleringerne af de nuværende forhold (dagens situation). Disse resultater definerer reference-forholdene og udgør dermed grundlaget for at vurdere ændringer/påvirkninger for de fremtidige forhold.

Resultaterne præsenteres for udvalgte af de undersøgte hydrodynamiske scenarier defineret i afsnit 5.2, mens resultaterne for de resterende hydrodynamiske scenarier er inkluderet i bilag 1. Der tages udgangspunkt i den oplistede modelopsætning i tabel 4-1. De gennemførte supplerende følsomhedsvurderinger af udvalgte modelparametre er præsenteret og vurderet nærmere i bilag 2 og bilag 3.

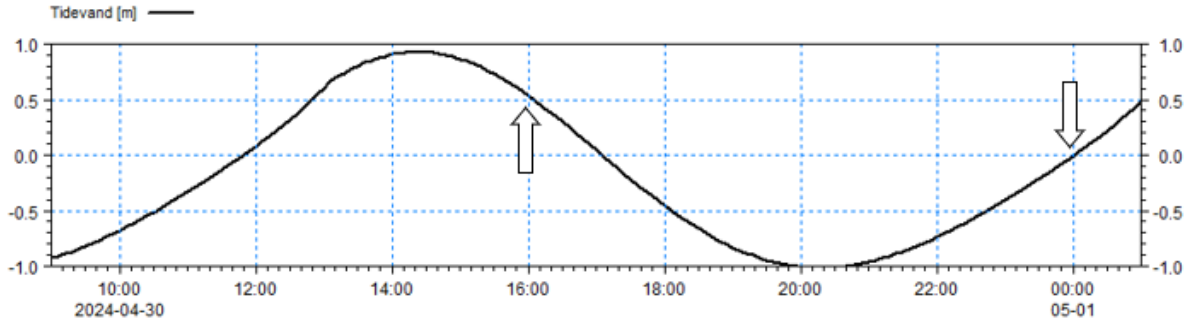
6.1 Modelresultater for nuværende forhold – normal sommervandføring i Stjørdalselva

Modelresultater for lokale strømforhold samt temperatur- og salinitetsforhold præsenteres i det følgende. Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest).

Resultaterne består dels af tidsserieplot, der viser forholdene i et specifikt punkt gennem simuleringsperioden og øjebliksplots, der viser forholdene til et specifikt tidspunkt.

Øjebliksplots er generelt taget ud til to tidspunkter, der enten repræsenterer forholdene ifm. aftagende vandstand i Trondheimfjorden (høje strømhastigheder i Hellstranda-området) eller ifm. tiltagende vandstand, se de to tidspunkter i tidevandscyklus på figur 6-1.

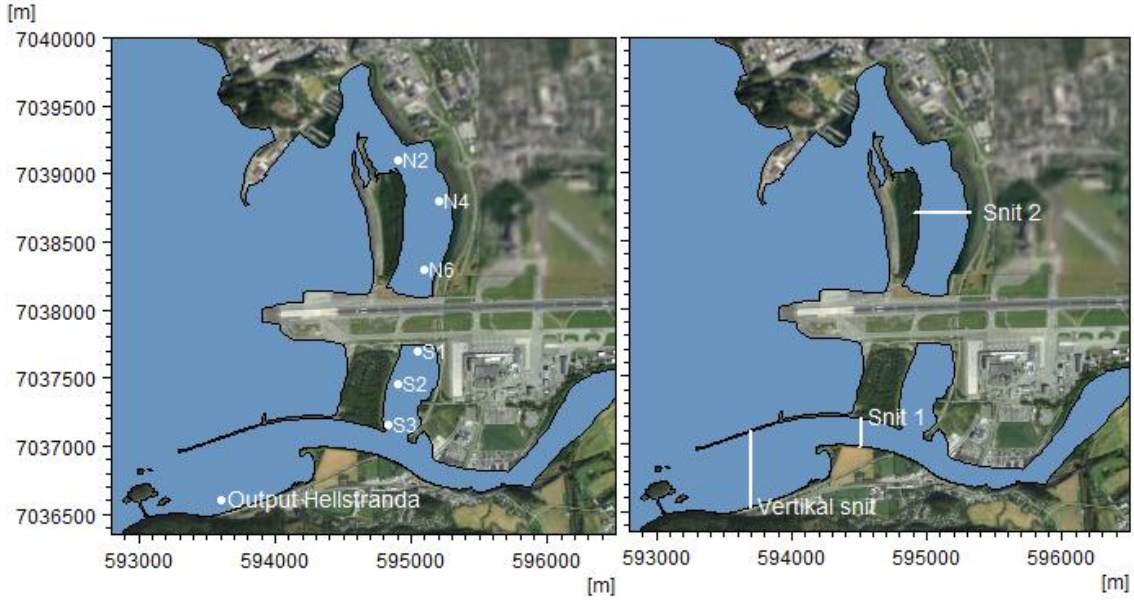
Ift. at få den bedste vurdering af forholdene bør både øjebliks- og tidsserie-plots anvendes, da øjebliksplots alene viser forholdene til det specifikke tidspunkt, mens tidsserieplots alene viser forholdene i det specifikke punkt.



Figur 6-1: Udsnit af tidevandscyklus med markering af tidspunkter hvor øjebliksplots er trukket ud. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Positionen for udtrækspunkter og snit er vist på figur 6-2 og i tabel 6-1. Udtrækspunkterne fx "output Hellstranda" er i geografisk samme position for hhv. nuværende og fremtidige forhold, hvilket betyder, at afstanden til kysten ikke er identisk for de to model-scenarier, idet kysten på dele af strækningen (herunder i området omkring output Hellstranda) rykkes ud som følge af

vejudvidelsen. Positionen af udtrækspunkter og snit er også vist på areal-plot af resultaterne, men kan på enkelte plot være svære at se og der henvises derfor generelt til figur 6-2 for positioner.



Figur 6-2: Placering af punkter og snit for udtrækning af resultater i modellerne. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Tabel 6-1: Koordinater til punkter og snit, hvori der er udtrukket tidsserier, vandføring eller vertikalsnit.

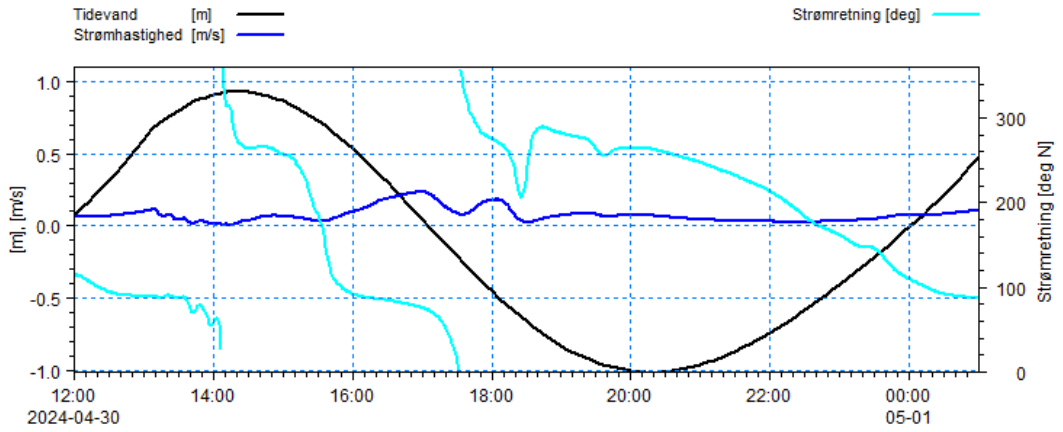
Position	UTM 32 koordinater (E; N)	Position	UTM 32 koordinater (E; N)
Output Hellestranda	7037150; 7036600	N2	594900; 7039100
S1	595050; 7037700	N4	595200; 7038800
S2	594900; 7037450	N6	595100; 7038300
S3	594830; 7037150		
		Snit 1	E = 594500
Vertikal snit	E = 5937000	Snit 2	N = 7038700

Hvis ikke andet er nævnt specifikt er resultaterne repræsentative for dybdemidlede forhold, dvs. de gennemsnitlige forhold i vandsøjlen.

6.1.1 Lokale strømforhold

Et eksempel på variationen i de lokale strømforhold gennem en tidevandsperiode (tidsserie) er vist i figur 6-3, hvoraf vandstandsvariationen (sort linje) samt strømhastighed og -retning (hhv. blå og turkis linje) fremgår. Positionen for output-punktet for tidsserien er på det lavvandede plateau umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde for E6, jf. figur 6-2, positionen er også markeret på figur 6-4 og figur 6-5.

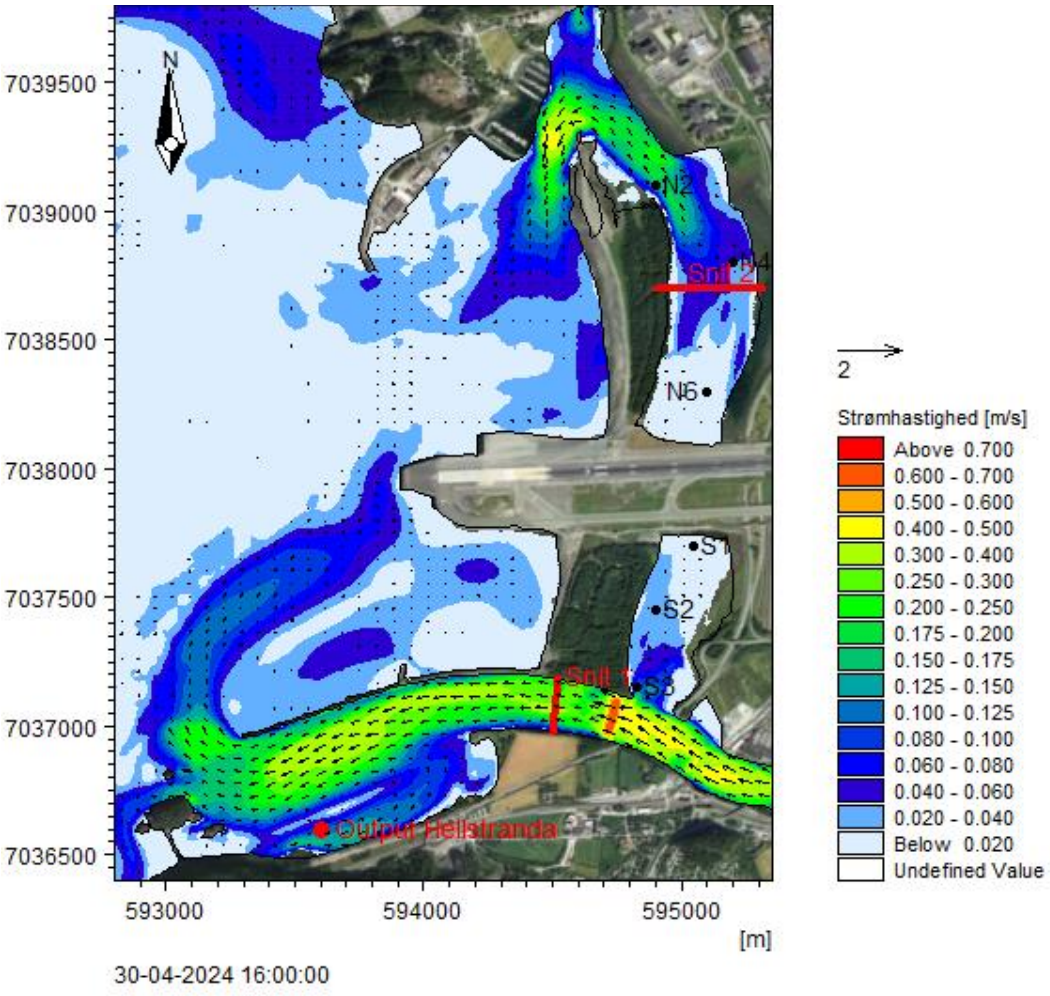
Som det fremgår af figur 6-3, ses der lokalt ud for det planlagte opfyldningsområde en vandstandsvariation, der følger tidevandet i Trondheimfjorden. Denne variation medfører skiftende strømhastigheder og -retninger. Generelt er strømhastighederne lave i det kystnære område, op til ca. 25 cm/s ifm. normal sommervandføring i Stjørdalselva. De højeste strømhastigheder forekommer under de største vandstandsændringer, det vil sige under stigende og faldende vandstand – hvor gradienten i vandstandstidsserien er størst.



Figur 6-3: Tidsserie for variation af vandstand samt strømhastighed og -retning i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede forhold for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Strømretningen er "gående mod". Output punkt er illustreret i figur 6-2. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

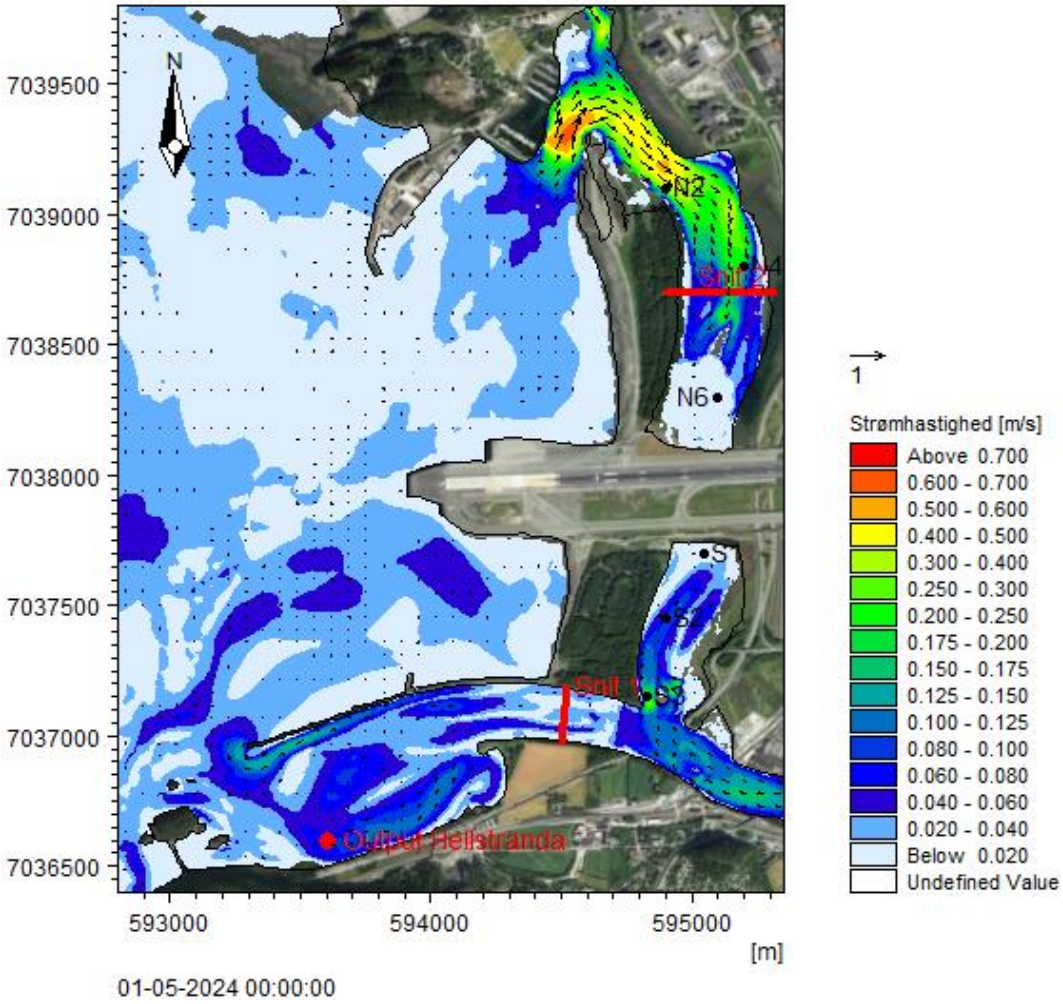
Arealplots af de dybdemidlede strømforhold lokalt ved Hellstranda er vist i figur 6-4 og figur 6-5 for to tidspunkter med hhv. aftagende og tiltagende tidevand. Som det fremgår af figurerne, er der en betydelig geografisk variation. Ved aftagende vandstand i Trondheimfjorden er strømmen i Hellstranda-området generet vestgående, mens den ved stigende vandstand i Trondheimfjorden skifter til østgående. Dette skyldes indstrømning af vand fra Trondheimfjorden, hvilket delvist modvirker den vestgående strøm forårsaget af vandføringen i Stjørdalselva. Som forventet forekommer de højeste strømhastigheder - jf. figur 6-4 - over lavvandstærsklen samt i strømrenden langs dækmolen.

Confidential



Figur 6-4: Dybdemidlet strømhastighed i området ved Hellstranda til et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til høje lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

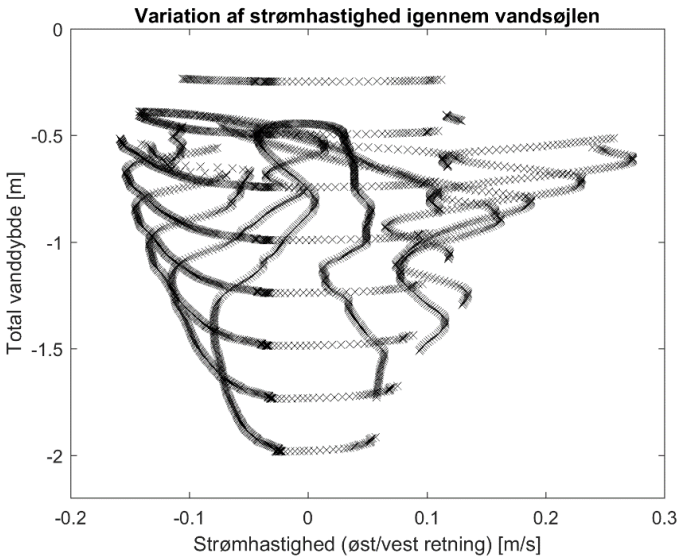


Figur 6-5: Dybdemidlet strømhastighed i området ved Hellstranda til et tidspunkt (kl. 00:00) med stigende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til lave lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til typiske sommerforhold. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Som det fremgår af både tidsserieplottet i figur 6-3 og arealplottene af strømforholdene på figur 6-4 og figur 6-5 kan der lokalt i Hellstranda-området forekomme modsat rettede strømme (returstrømme) således at der under fx dominerende vestgående strøm (figur 6-4) også forekommer områder, hvor strømmen er østgående.

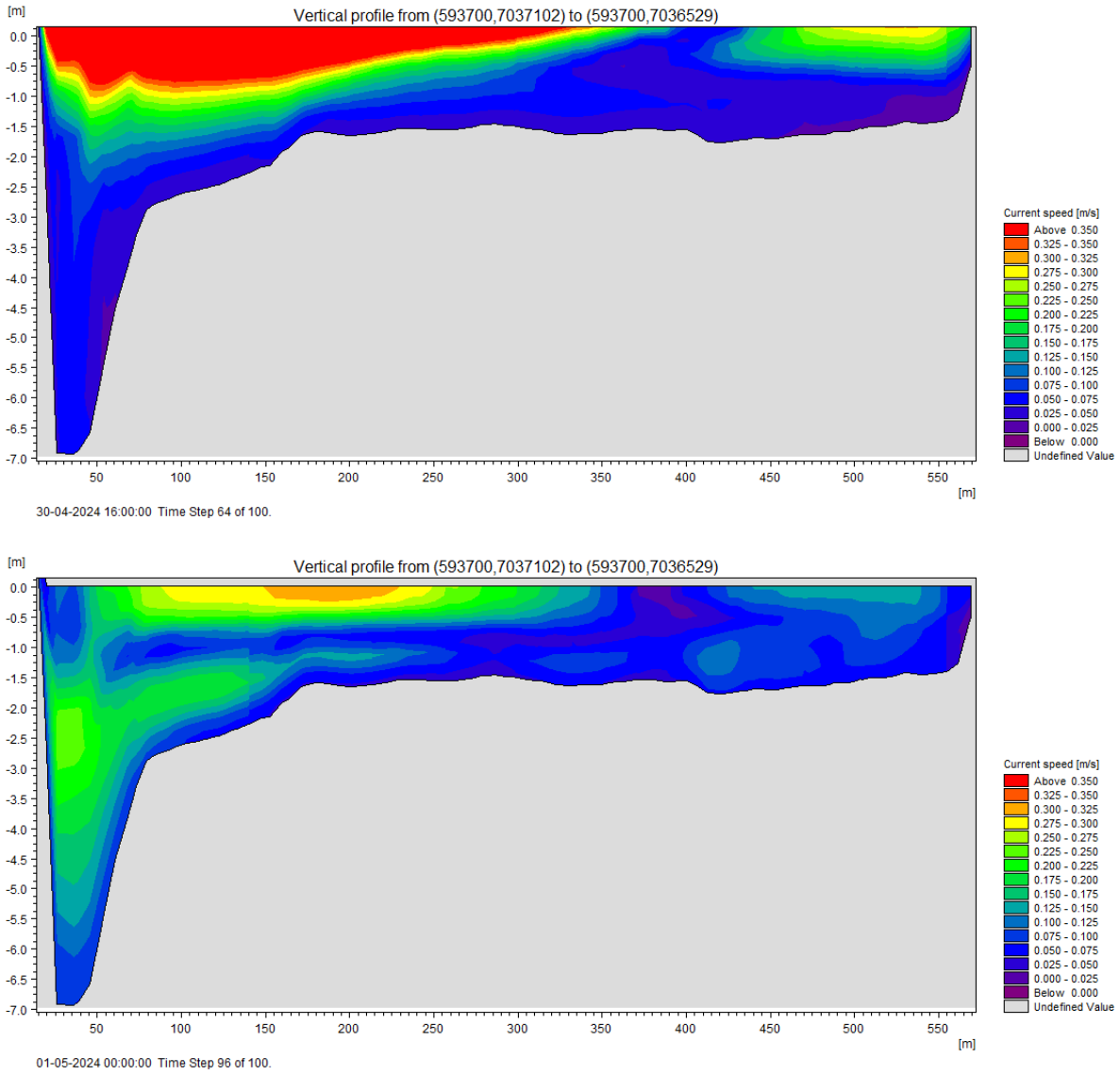
Udover stor tidsmæssig og geografisk variation af strømforholdene ved Hellstranda er der også en stor variation igennem vandsøjlen. Figur 6-6 viser variation i øst/vest strømkomposanten ned igennem vandsøjlen (positivt fortegn er østgående) ved output-punktet i Hellstranda-området (placering af punkt jf. figur 6-2). Af figuren fremgår retningen for hvert minut igennem den ca. 12 timers tidevandsperiode i hvert af de ti lag. Den vertikale diskretisering i ti lag medfører de stepvise variationer i figuren, mens vandstandsvariationerne medfører det lidt buede forløb i hvert lag – idet lagtykkelsen afhænger af den faktiske vandstand.

Som det fremgår af figur 6-6, er der hen over en tidevandsperiode vekslende strømretning ned gennem hele vandsøjlen. De højeste strømhastigheder forekommer i den øvre del af vandsøjlen og på den aktuelle position forekommer de højeste strømhastigheder i forbindelse med østgående strøm. Denne tendens er dog ikke generel for området, da Stjørdalselva medfører højere vestgående strømhastighed i den dybe rende nær dækmolen.



Figur 6-6: Variation i øst/vest strøm-komposant ved output-punkt markeret i figur 6-4. Positivt fortegn indikerer østgående strøm. Vertikalreference for vanddybde er NN2000.

Et eksempel på en øjebliksfordeling af strømhastighed igennem et vertikalt snit for hhv. høj- og lav strømhastighed er vist i figur 6-7, langs den illustrerede linje for vertikal-snit i figur 6-2. Figuren viser samme tendens med de højest strømhastigheder i den øvre del af vandsøjlen og underbygger yderligere forekomsten af en vis lagdeling. Lagdelingen i modellen afhænger dog af den vertikale dispersion, hvilket betyder, at den faktiske lagdeling kan afvige fra det præsenterede i figur 6-7. Som tidligere nævnt er resultaterne præsenteret i afsnit 6 og 7 alle baseret på en antagelse om ingen ekstra vertikal opblanding (vertikal dispersion = 0), hvormed der opnås den største lagdeling. Følsomhedssimuleringer ift. den vertikale opblanding er nærmere analyseret i bilag 2.

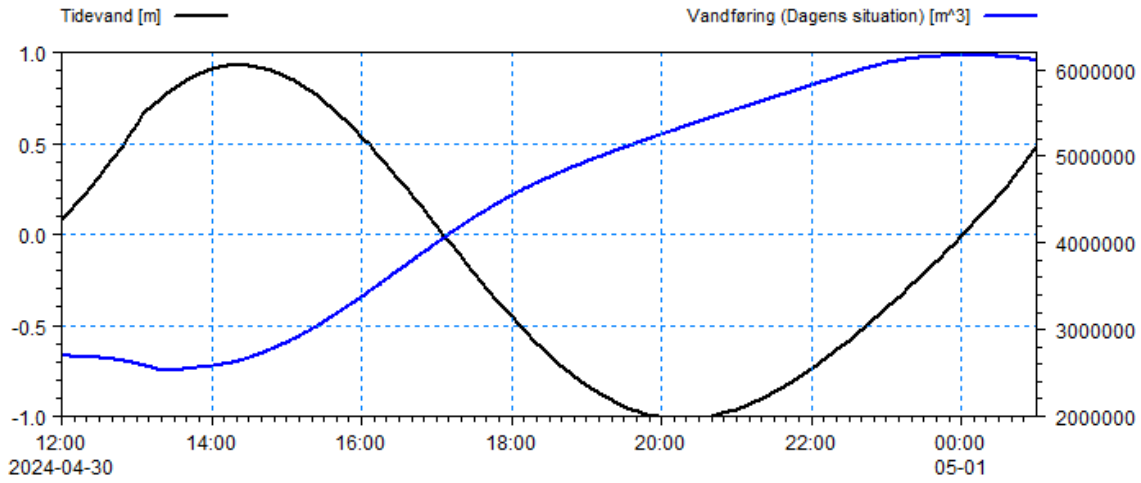


Figur 6-7: Vertikalt snit, der viser variationen i strømhastighed igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 6-2 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden - kl. 16:00 (*øverst*) og kl. 00:00 svarende til tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (*nederst*). Snittet går fra dækmolen og ind mod kysten.

6.1.2 Vandføring

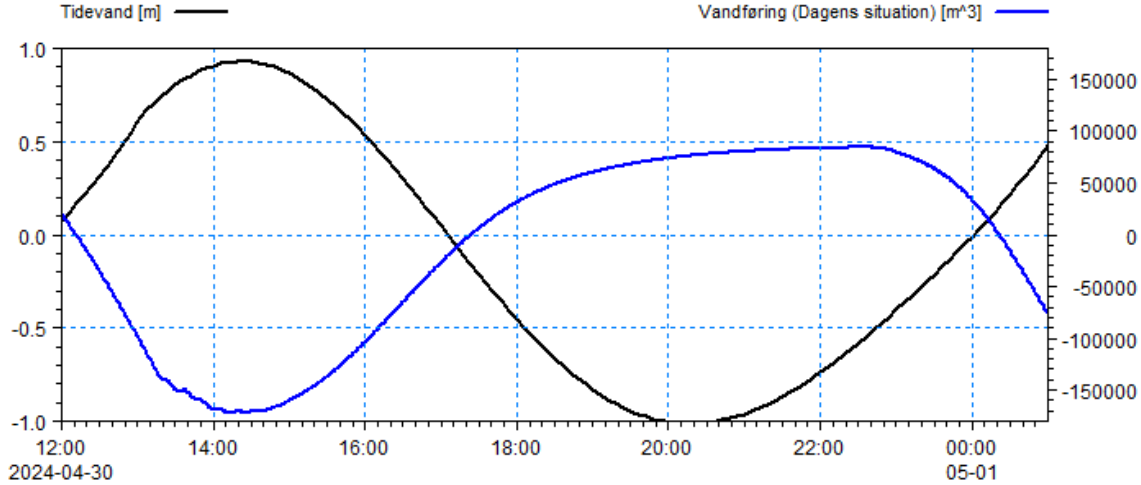
Den akkumulerede vandføring gennem en tidevandsperiode i snit 1 (se position for snit 1 på figur 6-2) er vist på figur 6-8. Heraf fremgår det, at vandføringen primært er gående mod Trondheimfjorden, hvilket skyldes vandføringen i Stjørdalselva. I perioder, hvor vandstanden er høj i Trondheimfjorden bremses vandet fra Stjørdalselva lidt, mens der i perioder med faldende vandstand er der stor udstrømning.

Confidential



Figur 6-8: Akkumuleret vandføring for nuværende forhold gennem snit 1 ved udløbet af Stjørdalselva til Hellstranda, se position af snittet i figur 6-4 og figur 6-5. Stigende akkumuleret vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Den akkumulerede vandføring gennem snit 2, der er beliggende i den gamle del af Stjørdalselva's udløb nord for Trondheim Lufthavn (se position for snit 2 på figur 6-2) er vist på figur 6-9. Heraf fremgår det, at der er en signifikant lavere vandføring gennem snit 2 sammenlignet med vandføringen gennem snit 1. Desuden ses det, at der forekommer en vekslende strømretning, der varierer med vandstanden i Trondheimfjorden, således, at der under tiltagende vandstand i Trondheimfjorden forekommer en strømning ind det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn (faldende akk. vandføring), mens der i forbindelse med faldende vandstand i Trondheimfjorden sker en udstrømning fra det lavvandede område ud mod Trondheimfjorden (stigende akk. vandføring gennem snit 2).



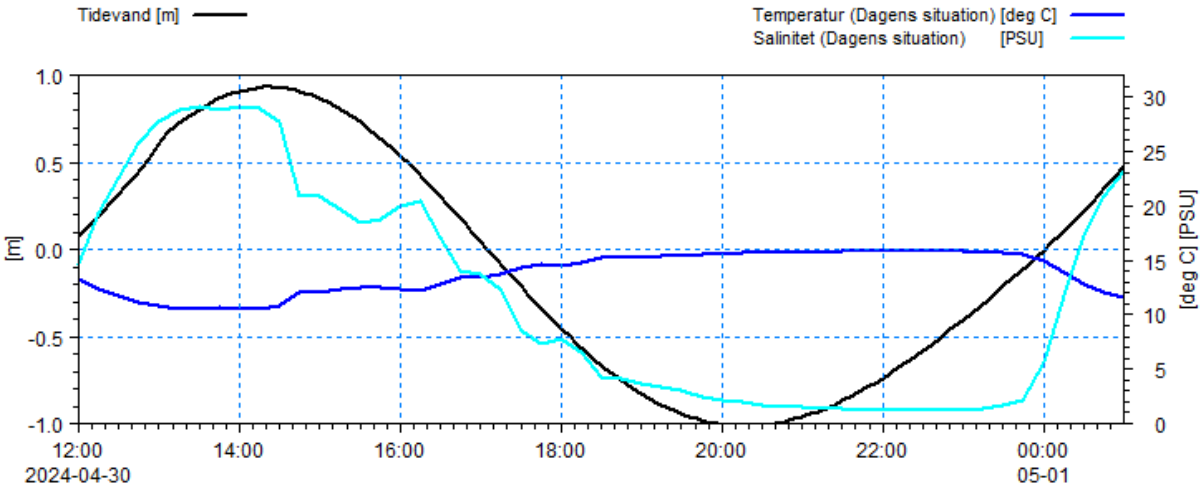
Figur 6-9: Akkumuleret vandføring gennem snit 2 i det gamle udløb nord for Trondheim Lufthavn, se position af snittet i figur 6-2. Stigende akkumuleret vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

6.1.3 Salinitets- og temperaturforhold

Den tidsmæssige variation i dybdemidlet salinitet og temperatur i det lavvandede område ved kysten, hvor E6 skal bygges ud er vist i figur 6-10 for det hydrodynamiske scenarie med 32 PSU og 10˚C i Trondheimfjorden samt en typisk sommervandføring i Stjørdalselva, med en vandtemperatur på 16˚C og en salinitet på 0 PSU (positionen af punktet fremgår af figur 6-2). Som det fremgår af figuren, reduceres saliniteten ved Hellstranda under aftagende vandstand i

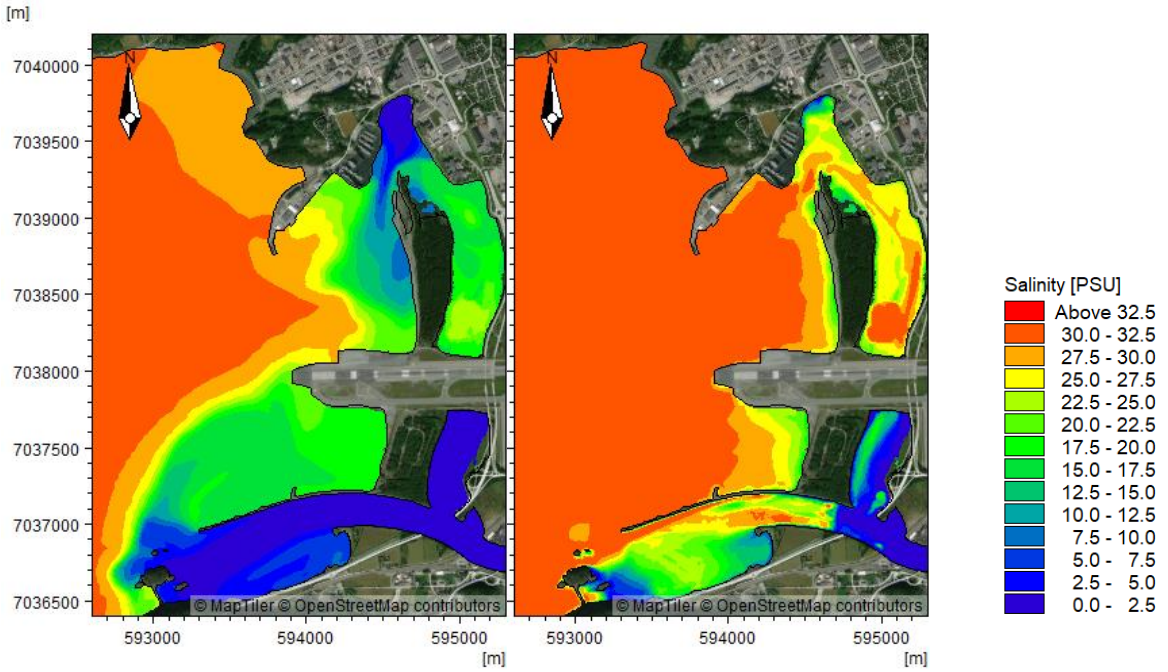
Confidential

Trondheimfjorden, idet vandet fra Stjørdalselva bliver dominerende. Dette medfører en midlertidig brakvandssituation. Pga. den højere vandtemperatur i Stjørdalselva i det pågældende scenarie stiger vandtemperaturen i området samme periode. Når vandstanden stiger i Trondheimfjorden opstår de modsatte tendenser, dvs. der sker en stigning i saliniteten og temperaturen falder.

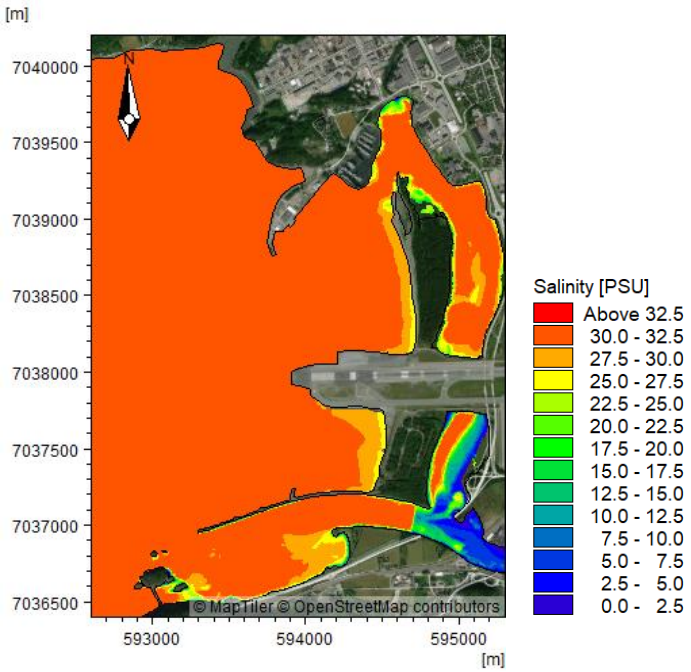


Figur 6-10: Tidsserie, der viser variationen af dybdemidlet salinitet og vandtemperatur i løbet af en normal tidevandsperiode i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved udvidelsen af E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Output punkt er illustreret i figur 6-4. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Den geografiske variation i salinitet i området ved Hellstranda i toppen, midten og bunden af vandsøjlen er vist i figur 6-11 og figur 6-12 til tidspunktet kl. 16:00, hvor tidevandet i Trondheimfjorden er aftagende og ferskvandsforekomsten er dominerer. Som vist i figurerne, resulterer ferskvandets lavere densitet i en lav salinitet i toppen af vandsøjlen, mens der i bunden er en høj koncentration af marint vand med højere salinitet. Det fremgår også, at lavvandstærsklen forhindrer det marine vand i at trænge op i Stjørdalselva, hvilket sandsynligvis har været en del af formålet med etableringen af tærsklen.



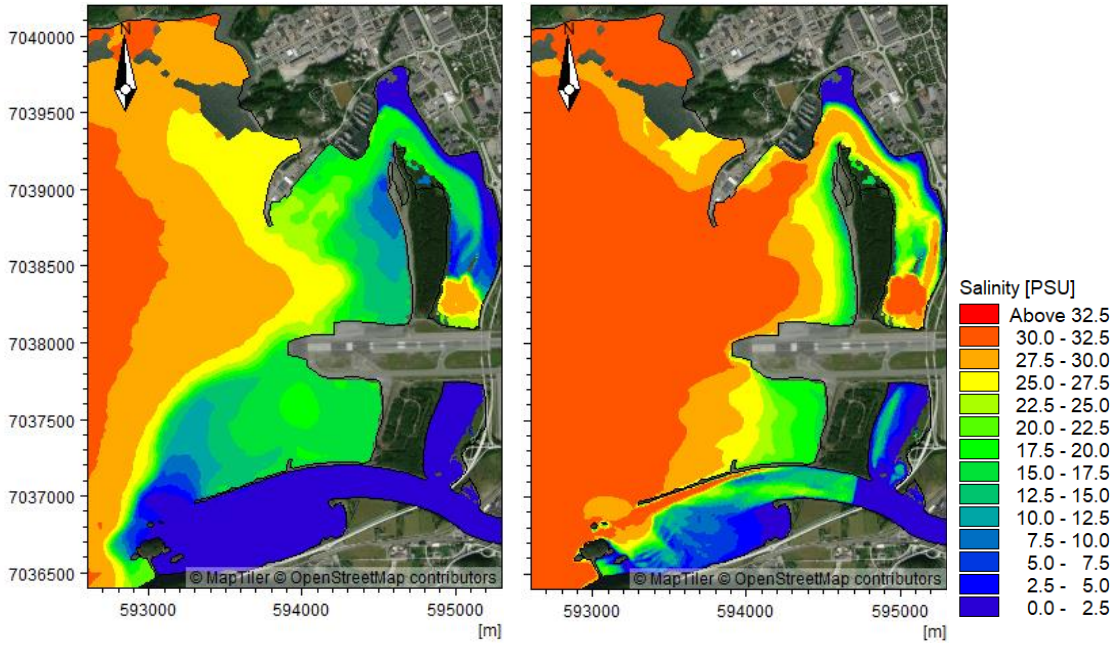
Figur 6-11: Geografisk variation af saliniteten i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*) og midten af vandsøjlen (*højre*) til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (DHI, 2025) .



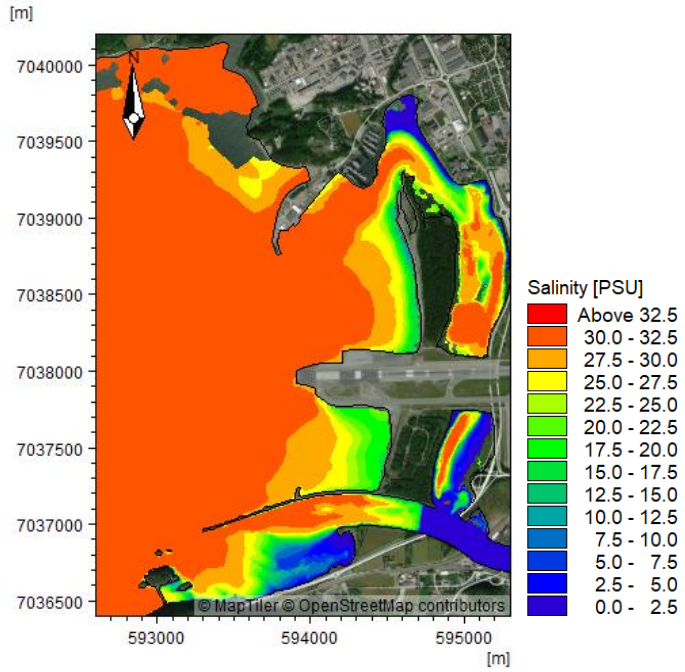
Figur 6-12: Geografisk variation af saliniteten i området ved Hellstranda i bunden af vandsøjlen til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (DHI, 2025) .

Den geografiske variation i salinitet i området ved Hellstranda i toppen, midten og bunden af vandsøjlen er vist i figur 6-13 og figur 6-14 til et tidspunkt med stigende vandstand i Trondheimfjorden, og dermed indtrængning af marint vand. På samme vis som i figur 6-11 og figur 6-12 ses en lagdeling med lav salinitet i toppen af vandsøjlen og højere salinitet nær

bunden. I dette tilfælde forekommer der dog generelt på det lavvandede plateau en relativt lav salinitet selv ved bunden.



Figur 6-13: Geografisk variation af saliniteten i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*) og midten af vandsøjlen (*højre*) for et tidspunkt med stigende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00 jf. figur 6-10). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

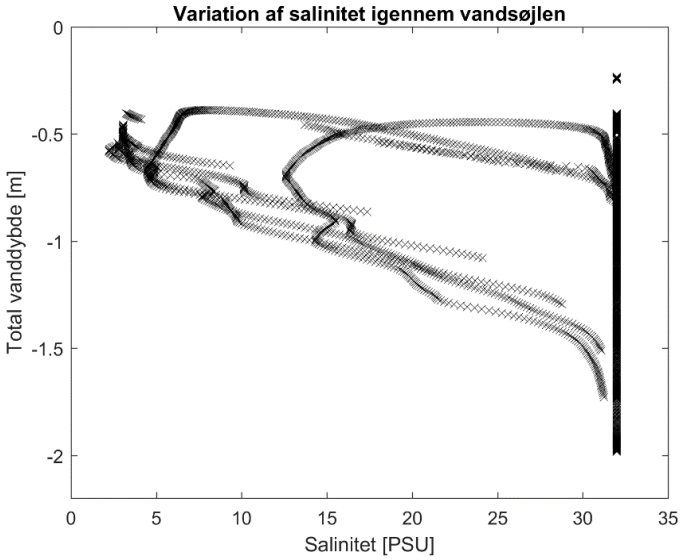


Figur 6-14: Geografisk variation af salinitet i området ved Hellstranda i bunden af vandsøjlen til et tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00 jf. figur 6-10). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (DHI, 2025) .

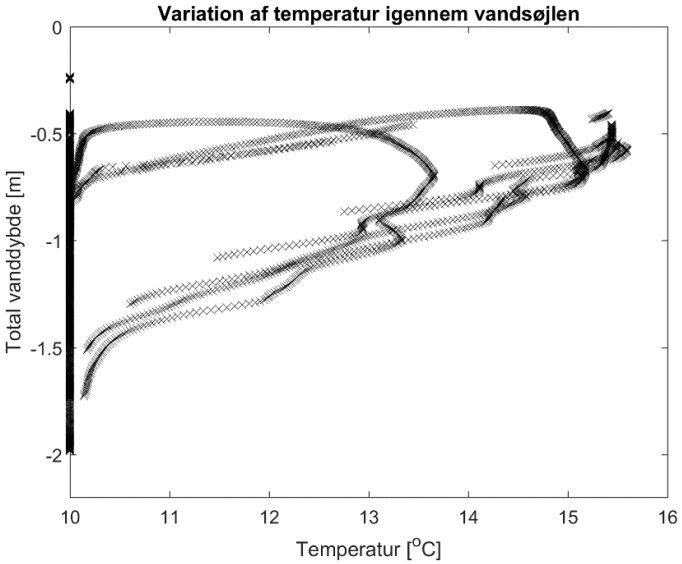
Variationen i salinitet og temperatur igennem vandsøjlen i output-punktet ud for udbygningen af E6 (placering vist i figur 6-2), for samme scenarie som i ovenstående, er vist i hhv. figur 6-15 og figur 6-16. Som det fremgår af figurerne, forekommer de største variationer i den øverste del af

Confidential

vandsøjlen, hvilket er samme tendens som for strømmen jf. figur 6-6. Det skal dog hertil nævnes, at vandstanden også varierer betragteligt i løbet af den evaluerede tidevandsperiode, hvilket bidrager væsentligt til salinitets- og temperaturvariationerne i figurerne.



Figur 6-15: Variation i salinitet ved output-punktet angivet i figur 6-2. Af figuren ses, at initialsaliniteten er 32 PSU. Vertikalreference for vanddybden er NN2000.

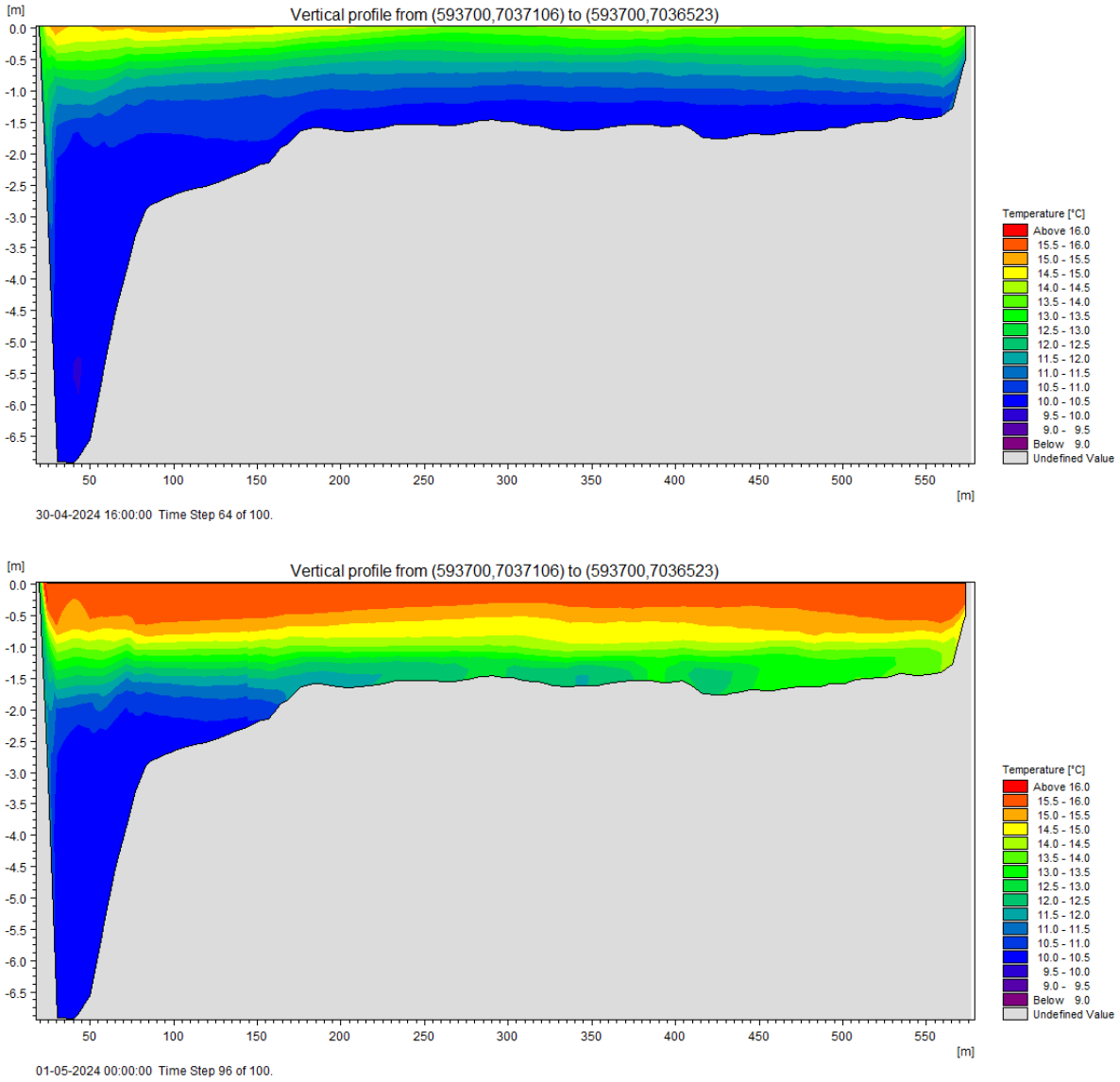


Figur 6-16: Variation i vandtemperatur ved output punkt angivet i figur 6-2. Af figuren fremgår det at initialbetingelsen er en vandtemperatur på 10°C. Vertikalreference for vanddybden er NN2000.

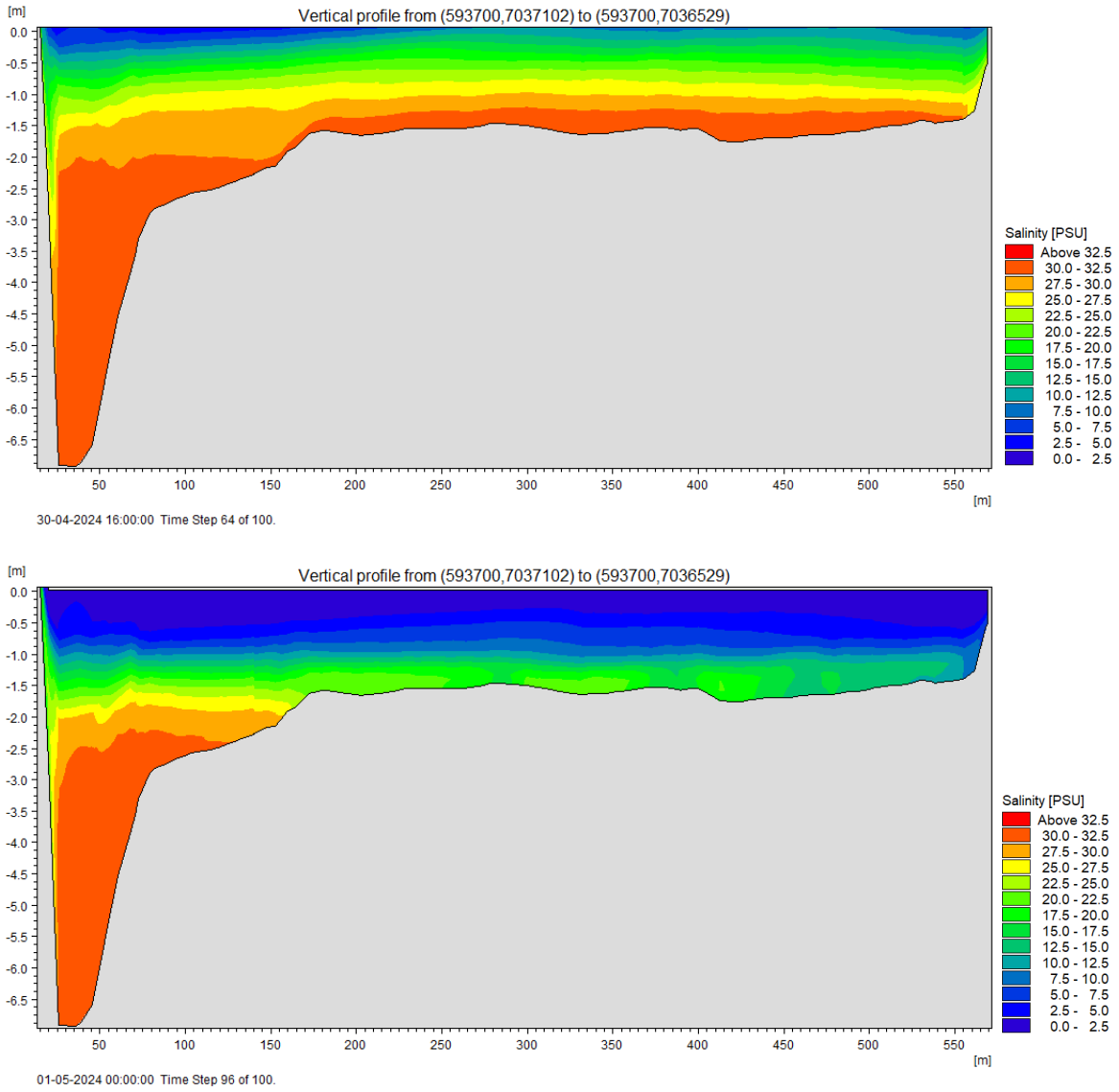
Øjebliksbilleder af temperatur- og salinitetsvariation igennem vandsøjlen langs snittet vist i figur 6-2 (vertikalsnit) er vist i hhv. figur 6-17 og figur 6-18. Vertikalsnittene er vist til kl. 16:00, hvor der er aftagende vandstand i Trondheimfjorden, og dermed stærk vestgående strøm, samt til kl. 00:00 med stigende vandstand og dermed lav strømhastighed. Figurerne illustrerer, at den primære forekomst af marint vand er i den dybe kanal langs dækmolen, hvilket medfører lav temperatur (pga. scenariet med 6˚C højere vandtemperatur i Stjørdalselva) samt højere salinitet. For det pågældende scenarie ses en tydelig salinitets- og temperaturlagdeling, hvilket skyldes densitetsforskellene igennem vandsøjlen (pga. variationen i temperatur og salinitet mellem det

Confidential

ferske vand fra Stjørdalselva og det marine vand i Trondheimfjorden) samt den antagne dispersion i modellen.



Figur 6-17: Vertikalt snit, der viser variationen af temperaturen igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 6-2 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) (*øverst*) samt til et tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00) (*nederst*).

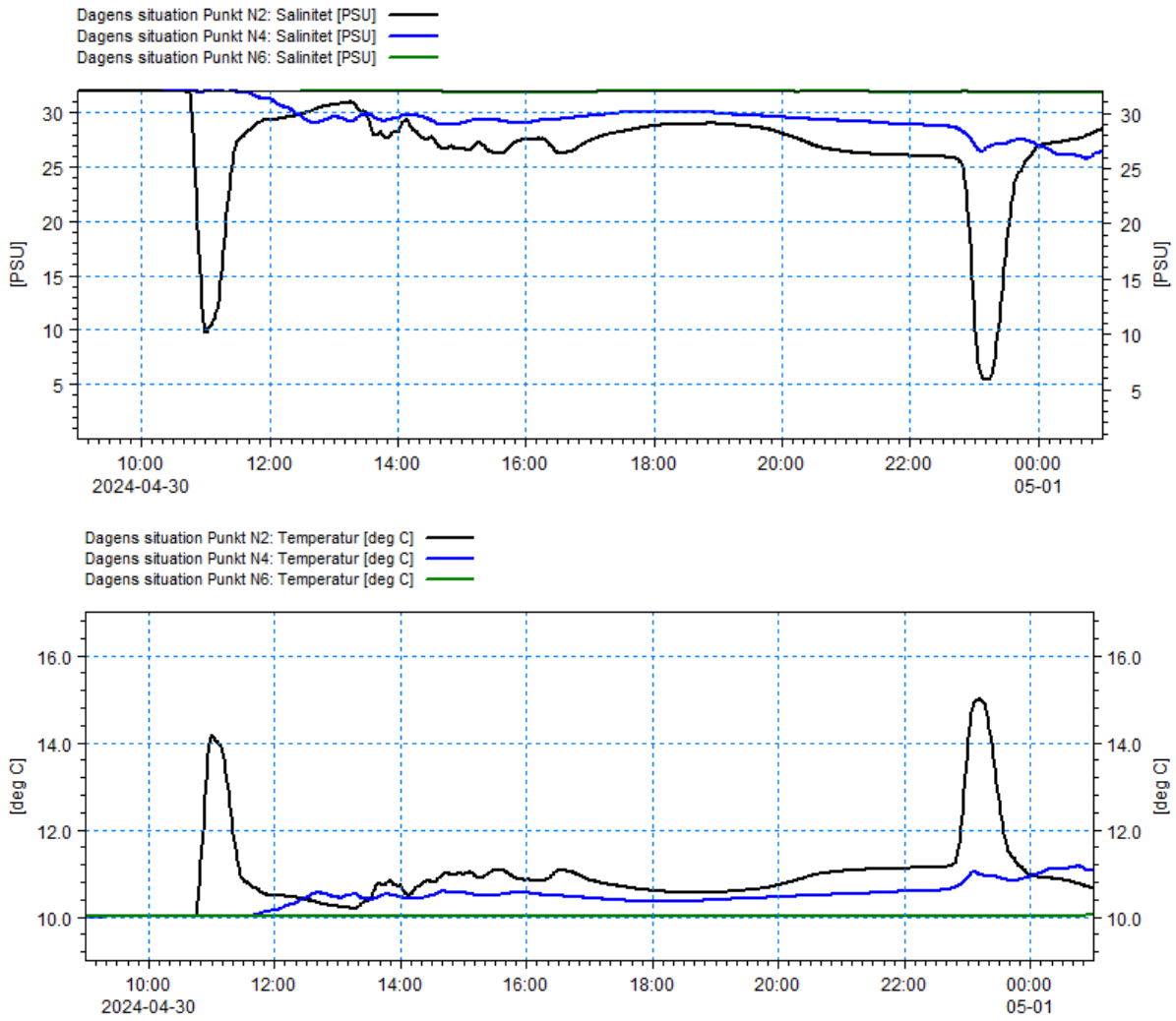


Figur 6-18: Vertikalt snit, der viser variationen af saliniteten igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 6-2 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) (*øverst*) samt til et tidspunkt med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00) (*nederst*).

De tidsmæssige variationer af salinitets- og temperaturforholdene i det gamle udløb fra Stjørdalselva hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn er vist på figur 6-19 og figur 6-20. Udtrækspositionerne er vist på figur 6-2.

Det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn er domineret af forholdene i Trondheimfjorden med relativ høj salinitet og temperatur som i Trondheimfjorden. I perioder kommer, der en påvirkning af ferskt vand fra Gråelva, primært i punkt N2, der er beliggende nærmest Gråelva.

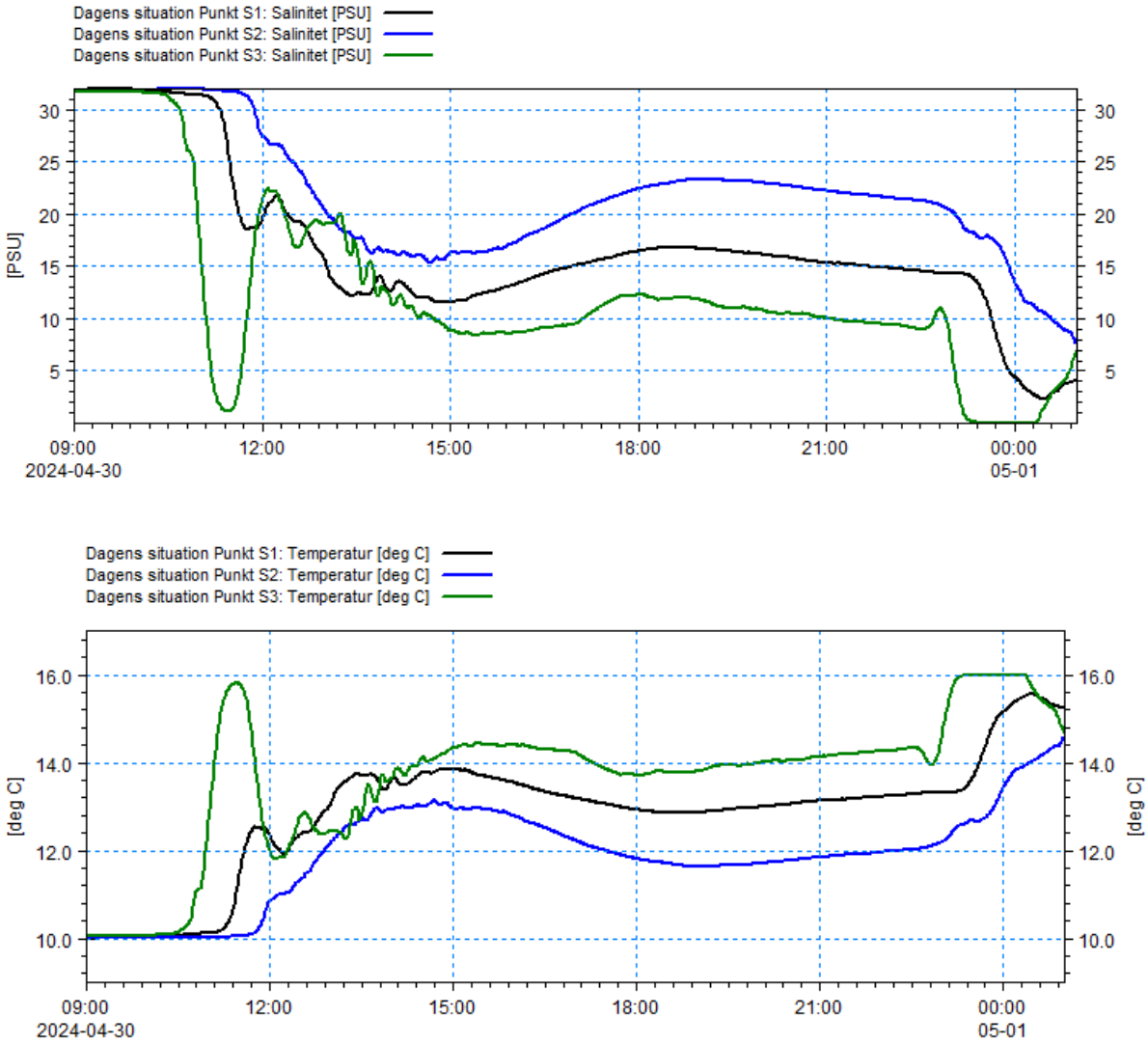
Confidential



Figur 6-19: Salinitets- (øverst) og temperaturvariationer (nederst) for tre punkter i det gamle udløb af Stjørdalselva nord for Trondheim Lufthavn, Udtrækspositionerne er vist på figur 6-2. Resultaterne er repræsentative for dybdemidlede forhold. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Variationerne i salinitets- og temperaturforholdene i det gamle udløb af Stjørdalselva, der ligger syd for Trondheim Lufthavn er vist gennem en tidevandsperiode for tre punkter i figur 6-20, positionen af punkter fremgår af figur 6-2 samt af snit ved tidsserierne.

Området syd for Trondheim Lufthavn er relativt dynamisk og der er stor variation i salinitets- og temperaturforholdene både tidsmæssigt og geografisk i området. Tidsserieplottene viser, at der midt i vandsøjlen til tidspunktet kl. 21:00 forekommer en forskel på 13 PSU i de tre punkter, da der i punkt S2 er 23 PSU, mens der i punkt S1 er 10 PSU. Den geografiske variation fremgår også af areal-plottene på figur 6-11 - figur 6-14.



Figur 6-20: Salinitets- (øverst) og temperaturvariationer (nederst) for tre punkter i det gamle udløb af Stjørdalselva syd for Trondheim Lufthavn. Resultaterne er repræsentative for dybdemidlede forhold. Udtrækspositionerne er vist på figur 6-2. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

6.2 Modelresultater for nuværende forhold - ekstrem vandføring i Stjørdalselva

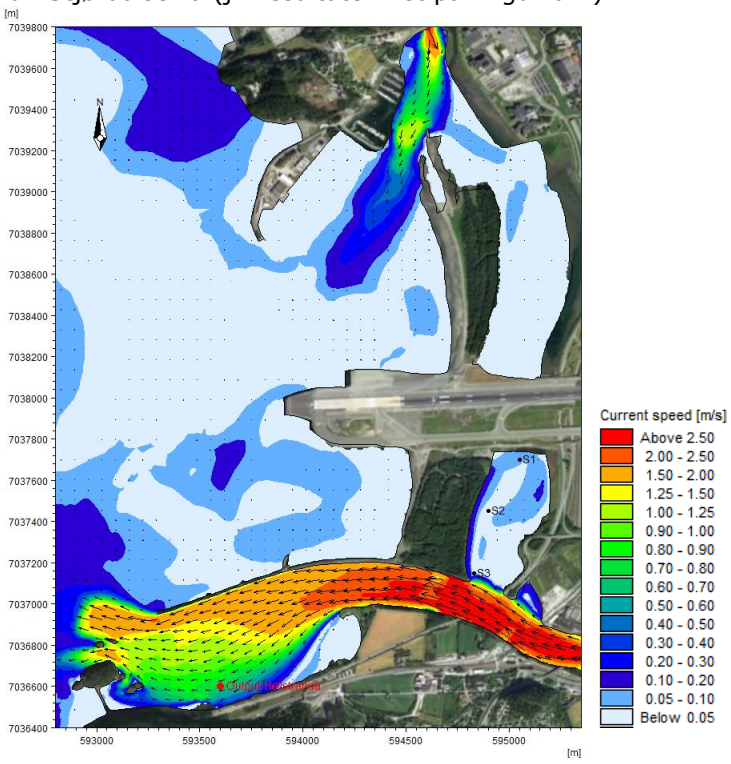
I forbindelse med flom er vandføringen i Stjørdalselva signifikant højere end under normale forhold (jf. afsnit 3), hvilket blandt andet medfører højere vandstand og potentielt ændrede hydrauliske forhold i Hellstranda-området. I perioder med ekstrem vandføring fra Stjørdalselva kan der forventelig også forekomme en påvirkning af de lokale dybdeforhold (erosion) pga. de høje strømhastigheder.

Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, ekstrem vandføring i Stjørdalselva svarende til en 200 års hændelse (1976 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest). I modelberegningerne er antaget at vandføringen i Stjørdalselva er konstant i hele simuleringsperioden.

6.2.1 Lokale strømforhold

I det følgende præsenteres de modellerede strømforhold ved Hellstranda under en 200 års flomsituation for de nuværende forhold. Disse forhold danner grundlag for sammenligning med modelresultater for den fremtidige situation – med effekten fra etablering af E6. Da variationer i dybdeforhold, som følge af ekstrem vandføring i Stjørdalselva ikke kendes, tages der udgangspunkt i de dybdeforhold, der er opmålt i 2024, jf. afsnit 4.1.1.

Et øjebliksbillede af de dybdemidlede strømforhold under aftagende vandstand i Trondheimfjorden for 200-års flomsituationen er vist i figur 6-21. Som det fremgår, ses de højeste strømhastigheder fortsat i den dybde rende langs dækmolen (jf. afsnit 6.1). Flomsituationen medfører dog markant højere strømhastighed i hele området, herunder langs kysten, sammenlignet med de mere normale vandføringsforhold i Stjørdalselva (jf. resultater vist på i figur 6-4).

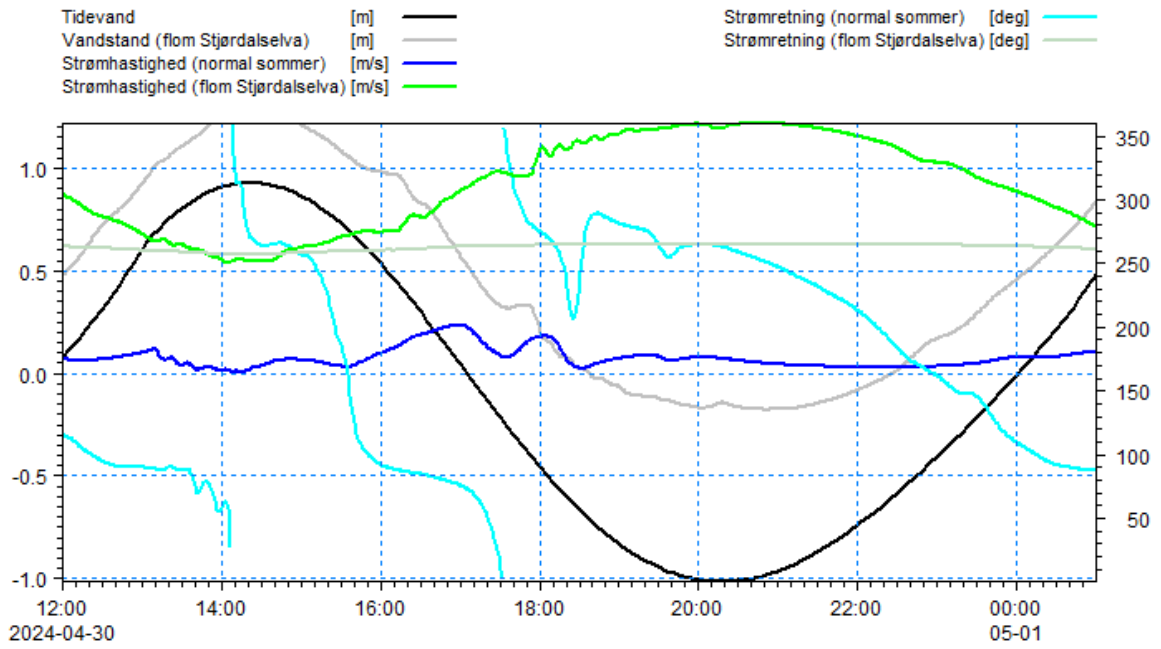


Figur 6-21: Dybdemidlede strømforhold ved Hellstranda for en situation med ekstrem vandføring i Stjørdalselva (flom situation) ca. svarende til en 200-års returperiode. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Som nævnt vurderes, at de relativt høje lokale strømhastigheder ved Hellstranda, der opstår under ekstreme flom-hændelser, vil kunne påvirke de lokale vanddybder (og dermed også strømhastighederne), som følge af en midlertidig forøgelse af sedimenttransporten. Der vurderes derfor, at der kan forekomme en vis dynamik i de lokale dybdeforhold ved Hellstranda, som følge af varierende strømforhold under både normale og ekstreme vandføringssituationer i Stjørdalselva. Dette kan dog ikke verificeres, da det ville kræve løbende dybdemonitorering, data, der ikke er tilgængelige. Der er derfor forudsat tilsvarende dybdeforhold i modelberegningerne for både nuværende og fremtidige forhold, hvormed en relativ sammenligning er muligt.

De tidsmæssige variationer i lokale strømforhold under en ekstrem 200-års flom i et punkt ved Hellstranda er vist i figur 6-22. Figuren viser desuden strømforholdene under en normal sommervandføring fra Stjørdalselva. Ved sammenligning ses, at flomsituationen medfører en konstant vestgående strøm og væsentlig højere strømhastigheder sammenlignet med forholdene under en normal sommervandføring.

Confidential



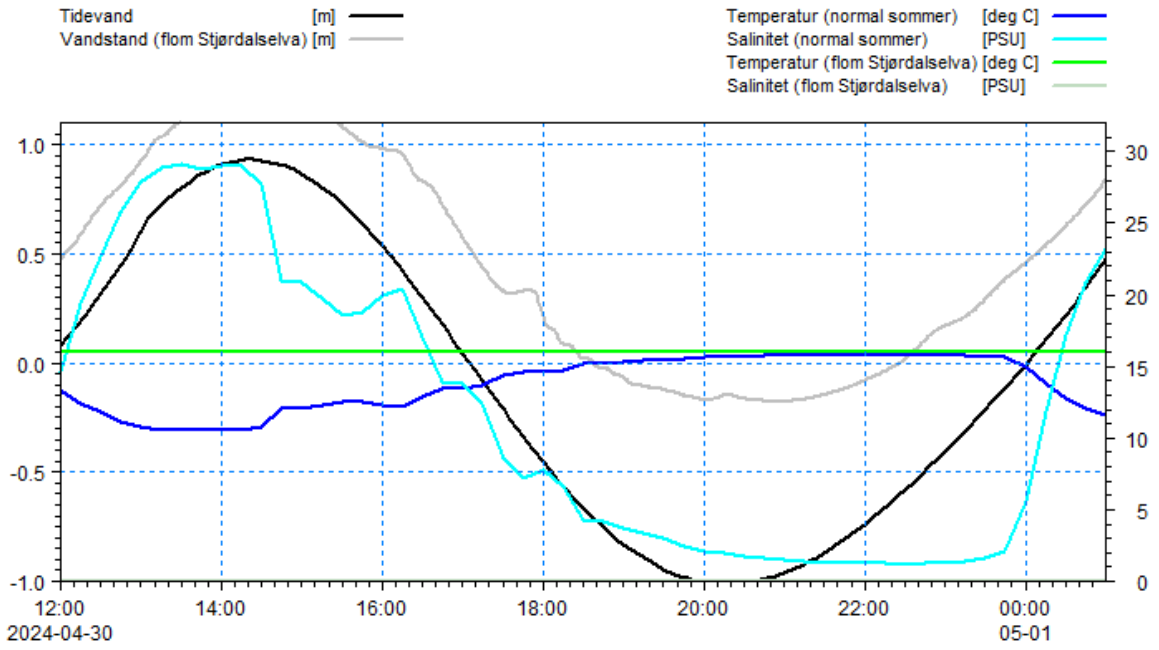
Figur 6-22: Tidsserie, der viser variationen i strømforholdene i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6, se position på figur 6-2. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva samt for et scenarie der svarer til en 200-års flom i Stjørdalselva. Strømretning er "gående mod". Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Vandstanden i Hellstranda-området kan i perioder med ekstrem flom også være højere end vandstanden ude i Trondheimfjorden. Dette ses ligeledes i figur 6-22, hvor vandstanden i for normale forhold er vist med sort og vandstanden ifm. den ekstreme flomsituation i punktet ud for opfyldningsområdet er vist med grå.

6.2.2 Salinitets- og temperaturforhold

Under flom er også temperatur- og salinitetsforholdene i Hellstranda-området domineret af Stjørdalselva. Dette fremgår af figur 6-23, hvor temperatur- og saliniteten i et punkt umiddelbart udenfor det planlagte opfyldningsområde ved E6 viser, at der under flom er konstant salinitet og temperatur svarende Stjørdalselva's.

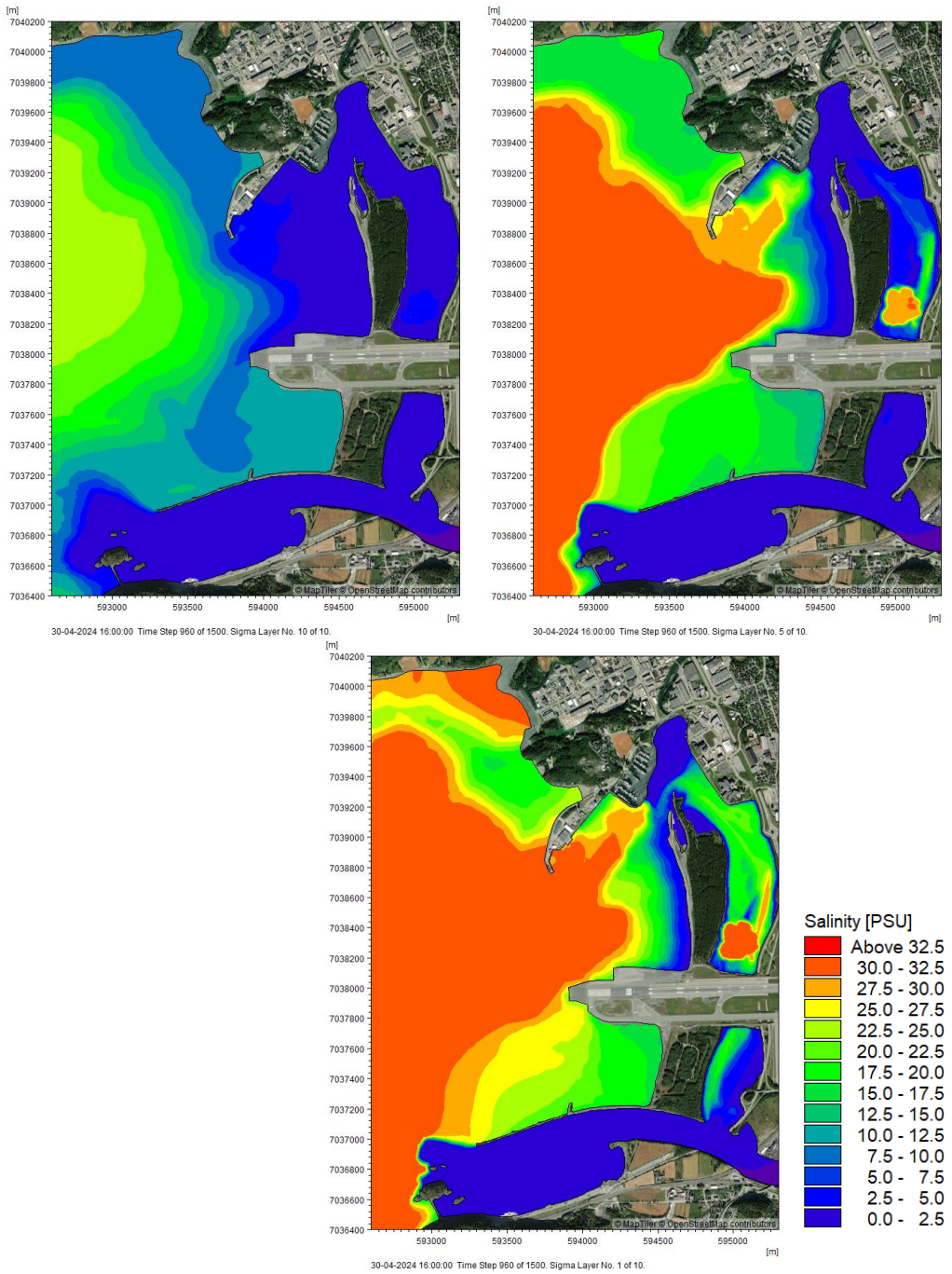
Confidential



Figur 6-23: Tidsserie, der viser variationen i temperatur og salinitet i et punkt umiddelbart ud for det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva samt ekstrem 200-års flomsituation i Stjørdalselva. Output punkt er illustreret i figur 6-2. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Øjebliksplots af saliniteten til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden i toppen, midten og nederst i vandsøjlen er vist på figur 6-24. Heraf ses, at det ferske vand dominerer den øvre del af vandsøjlen også i den inderste del af Trondheimfjorden, mens det marine (mere saline vand) dominerer den nederste del af vandsøjlen. Dog er både Hellstranda og det gamle udløb nord og syd for Trondheim Lufthavn i høj grad præget af tilførslen af ferskvand fra hhv. Stjørdalselva og Gråelva.

Confidential



Figur 6-24: Geografisk variation af salinitet i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*), midten af vandsøjlen (*højre*) og i bunden af vandsøjlen (*nederst*) til et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende vandstand i Trondheimfjorden. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en flomhændelse med en returperiode på ca. 200 år. Baggrundskort fra (DHI, 2025).

6.3 Modelresultater for nuværende forhold - inkl. Tiltag C1 for øget vandudskiftning i det gamle elvudløb nord for Trondheim Lufthavn

Der er gennemført modelberegninger for nuværende forhold inkl. en rørgennemføring under Trondheim Lufthavn ift. at undersøge om det kan have en positiv effekt på vandudskiftningen i det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn, jf. afsnit 5.1.4.

Confidential

Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsstyrede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest).

Modelberegningerne er gennemført for følgende varianter af rørgennemføringerne og sammenholdes med resultaterne for de nuværende forhold:

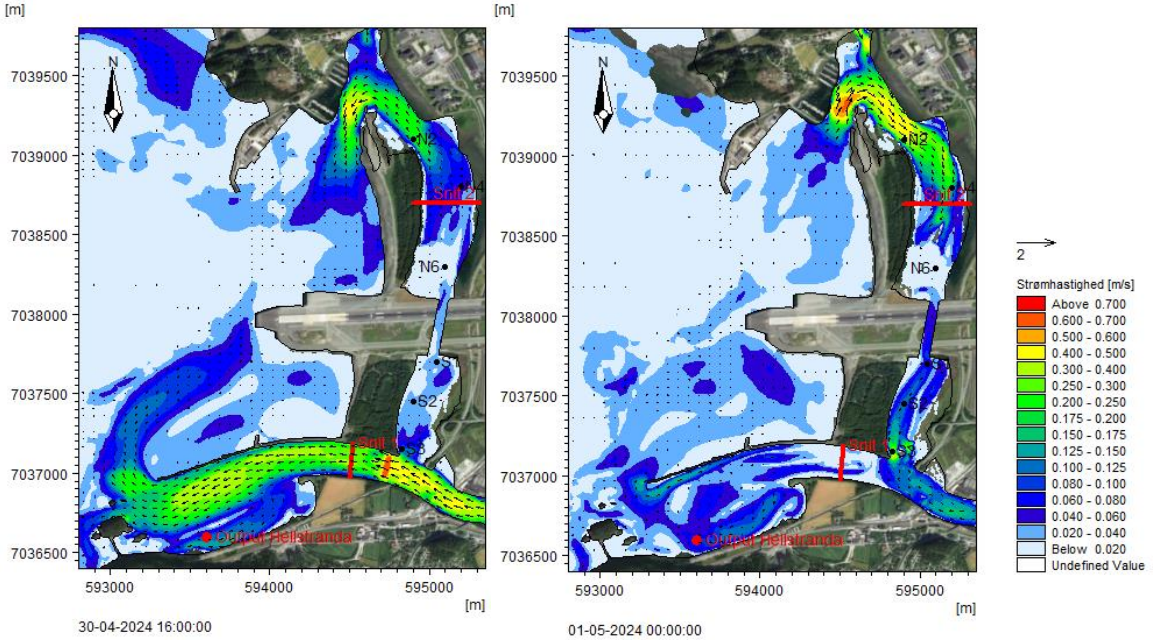
- 1 rør med bund i kote 0 m
- 1 rør med bund i kote -1m Rør-diameteren = 2 m
- 3 rør med bund i kote -1m

Der er ikke gennemført en optimering af løsningerne ift. at opnå størst effekt for øget vandudskiftning, men alene set på effekten af udvalgte løsninger med rørgennemføringer.

De lokale dybdeforhold i dele af området nord for Trondheim Lufthavn kendes ikke og er derfor baseret på antagelser og estimater. Afvigelser fra de antagede vanddybder kan have en påvirkning af effekten af løsningen og bør undersøges nærmere i en senere fase, hvis der ønskes en løsning til forbedring af vandudskiftningen med rørgennemføringer under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn. Desuden bør løsningen optimeres ift. vedligehold, da en evt. tilstopning af rørene grundet fx sedimentation vil påvirke effekten.

6.3.1 Lokale strømforhold

Areal plot af strømhastigheder for Tiltag C1 for modellen med 3 rør med bund i kote -1m er vist på figur 6-25 til to tidspunkter med hhv. faldende og stigende vandstand i tidevandscyklus, jf. tidevandscyklus og markeringerne på figur 6-1. Bemærk, at det i plottet ser det ud til, at det er en åben forbindelse/kanal, der forbinder de to områder nord og syd for landingsbanen, men det er kun visuelt/modelteknisk. Løsningen er modelleret som en kulvert med 1-3 rør med en diameter på 2 m, som eneste mulighed for udveksling af vand mellem de to områder.

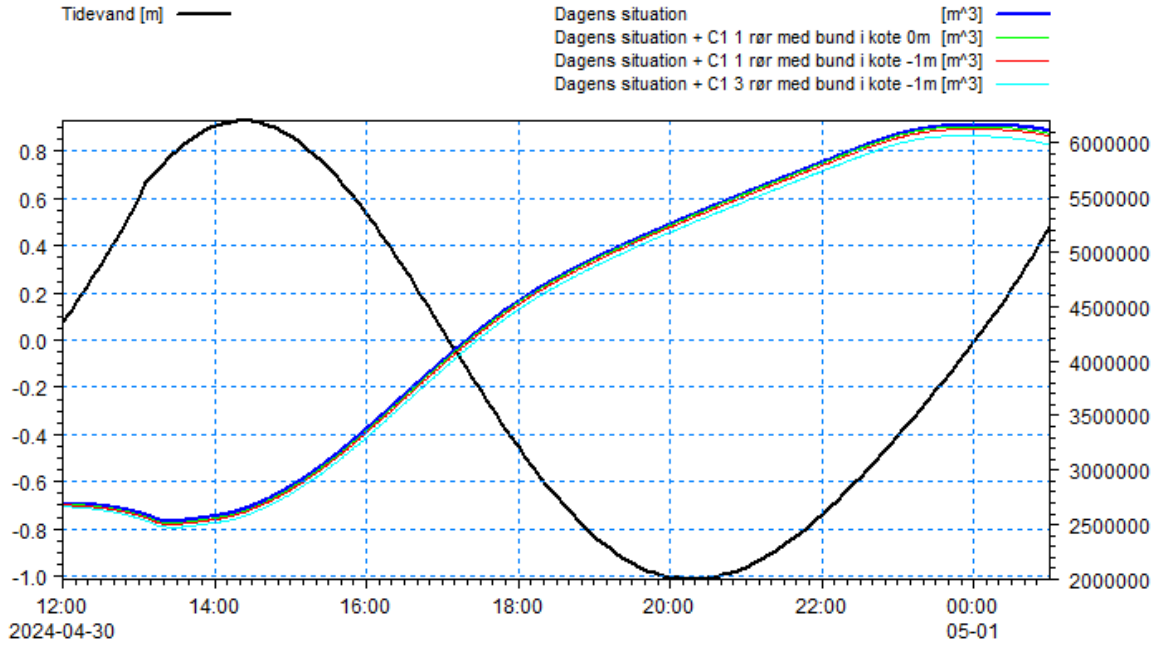


Figur 6-25: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. Tiltag C1 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m til et tidspunkt med aftagende tidevand (venstre) og tiltagende tidevand (højre). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Desuden er markeret punkter og snit, hvor der er udtrukket tidsserier for sammenligning af scenarier, positionerne er de samme som der er markeret på figur 6-2.

Confidential

6.3.2 Vandføring

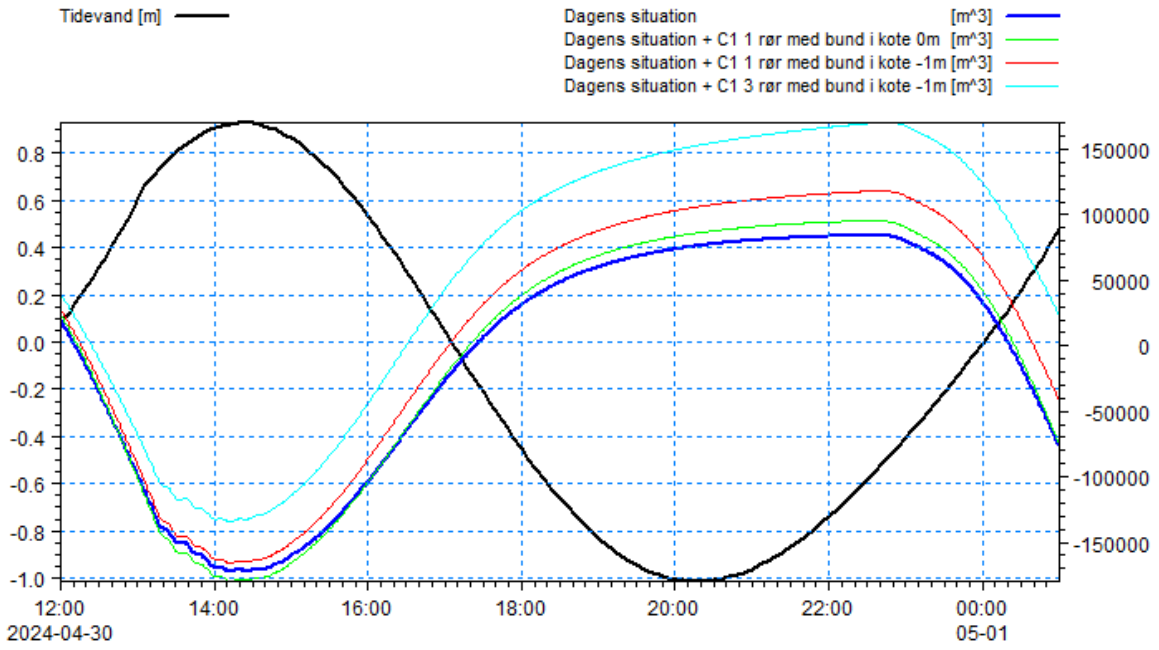
Den akkumulerede vandføring i snit 1 (ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda, se position af snit 1 på figur 6-2) for nuværende forhold samt for undersøgte varianter for forbedring af vandudskiftning via rørføring under Trondheim Lufthavn (Tiltag C1) fremgår af figur 6-26. Heraf ses det, at der i snit 1 kun forekommer en mindre påvirkning af vandføringen. Størst påvirkning er for varianten med tre rørføringer, hvor den maksimale akkumulerede vandføring i simuleringsperioden er reduceret mindre end 2% og mindst påvirkning er for varianten med 1 rør med bund i kote 0.



Figur 6-26: Akkumuleret vandføring i snit 1 ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Den akkumulerede vandføring i snit 2 (i det gamle elv-udløb nord for landingsbanen), se position af snit 2 på figur 6-2, er vist på figur 6-27. Heraf fremgår det, at der sker en påvirkning af vandføringen gennem snit 2. Størst påvirkning er for varianten med tre rørføringer, hvor den maksimale akkumulerede vandføring mod Trondheimfjorden i perioder er fordoblet indenfor en tidevandsperiode og mindst påvirkning er for varianten med 1 rør med bund i kote 0 m. I perioder med indadgående strøm (tiltagende vandstand i Trondheimfjorden og aftagende akkumuleret vandføring) er vandføringen gennem snittet reduceret, hvilket forventelig skyldes, at der sker en tilstrømning til området både fra nord (om Langøra nord) og via rørene kombineret med de lidt komplekse strømforhold i et område med lav vanddybde og kyststrækninger på begge sider, med ujævn kyststrækning.

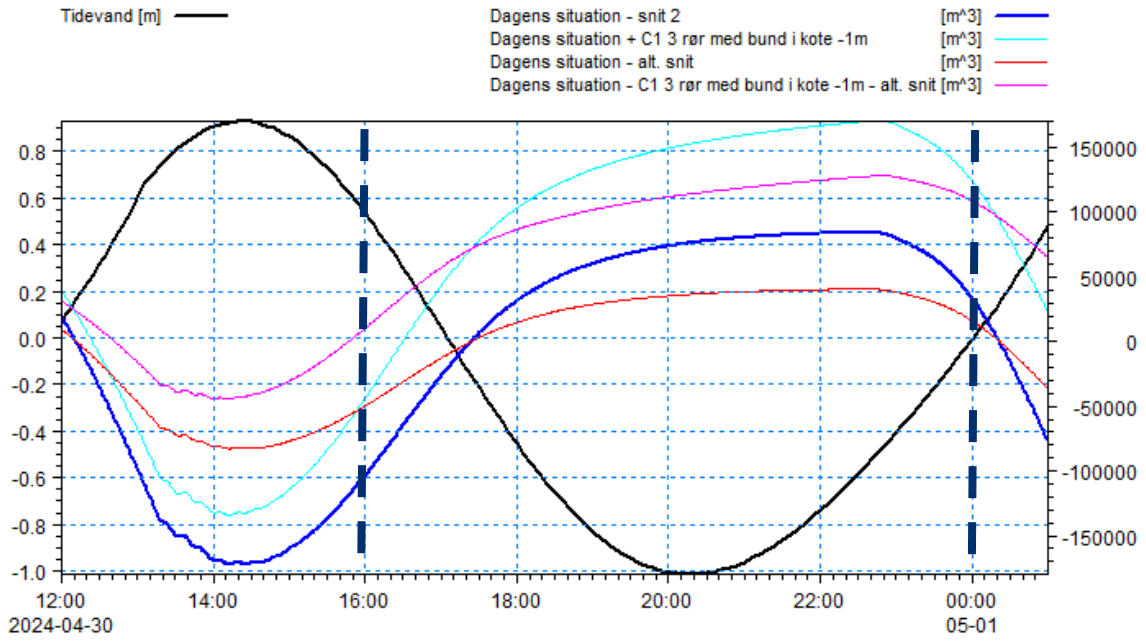
Confidential



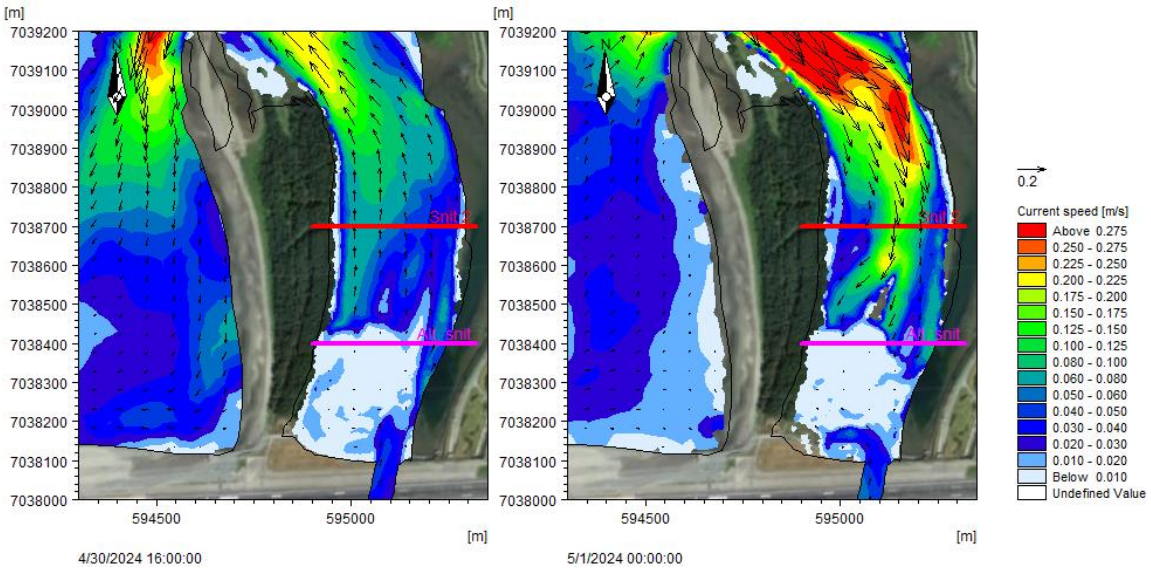
Figur 6-27: Akkumuleret vandføring gennem snit 2 i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn for de nuværende forhold med og uden varianterne af Tiltag C1. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Grundet de komplekse strømforhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn vil den akkumulerede vandføring gennem et snit afhænge af snittets placering, se vandføringen gennem snit 2 og et alternativt snit på figur 6-28 for hhv. de nuværende forhold med og uden Tiltag C1 (3 rør) samt et øjebliksplot af strømforholdene samt markeringen af det alternative snit på figur 6-29. Betragtes den akkumulerede vandføring gennem et snit, der er placeret nærmere Trondheim Lufthavn, så betyder lokale returstrømninger og strømskel, at vandføringen gennem dette snit er lavere sammenlignet med vandføringen gennem snit 2, men der vil stadig forekomme en forøgelse af vandføringen ved at etablere en rørunderføring, hvormed udveksling mellem området syd og nord for Trondheim Lufthavn muliggøres.

Øjebliksplottene viser også at der både ifm. udad- og indadgående strømning (figur 6-29) sker en tilstrømning fra det gamle elv-udløb syd for landingsbanen via rørføringen. Dette skyldes, at Stjørdalselva tilfører vand til dette område, hvormed vandstanden generelt er højere her.



Figur 6-28: Akkumuleret vandføring i to snit nord for Trondheim Lufthavn. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. De stiplede linjer markerer tidspunktet for øjebliksbillederne i figur 6-29, med hhv. aftagende vandstand i Trondheimfjorden og dermed udadgående strømning og stigende akk. vandføring og stigende vandstand i Trondheimfjorden og dermed indadgående strømning og faldende akk. vandføring. Vertikalreference for vandstand er NN2000.



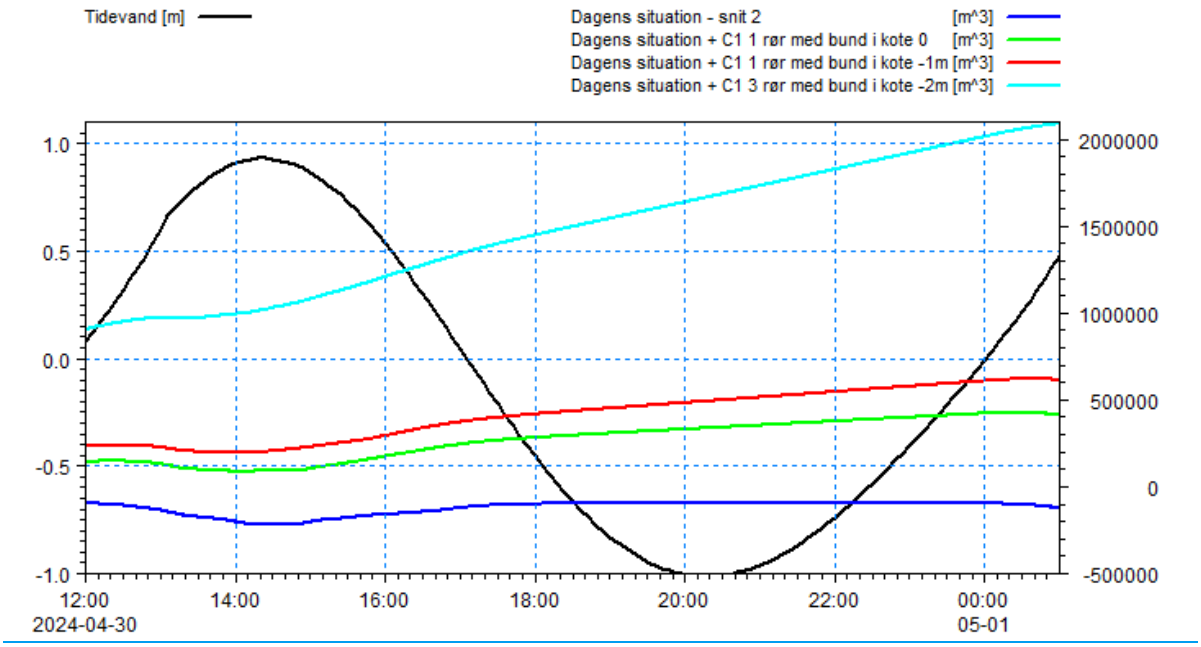
Figur 6-29: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C1 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (venstre) og tiltagende tidevand (højre). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Desuden er markeret punkter og snit, hvor der er udtrukket tidsserier for sammenligning af scenarier. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

<u>Indvirkning på vandføring under en ekstrem flomsituation</u>

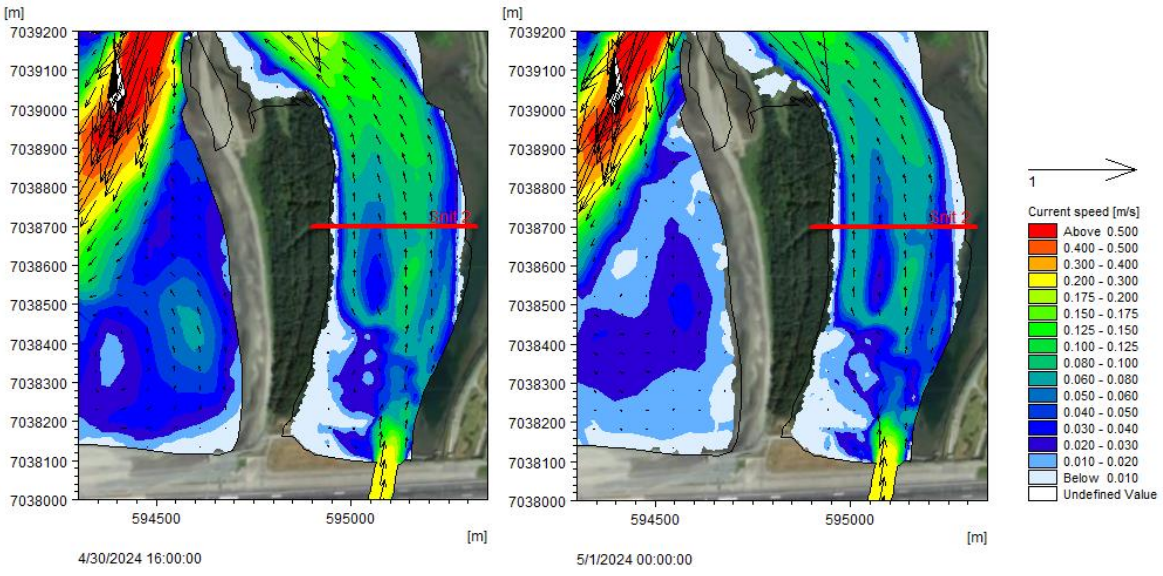
For den ekstreme flom-situation er vandføringen gennem snit 2, der er beliggende i det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn, (se position af snit 2 på figur 6-2) vist på

figur 6-30. Heraf fremgår det, at også ifm. ekstreme vandføringer i Stjørdalselva vil der forekomme en øget vandudskiftning i den del af det gamle elvudløb, der ligger nord for

Trondheim Lufthavn, som følge af vandudvekslingen mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn. Øjebliksbillede af strømforholdene er vist på figur 6-31.



Figur 6-30: Akkumuleret vandføring gennem snit 2 i det lavvandede område i det gamle udløb af Stjørdalselva nord for Trondheim Lufthavn. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden.

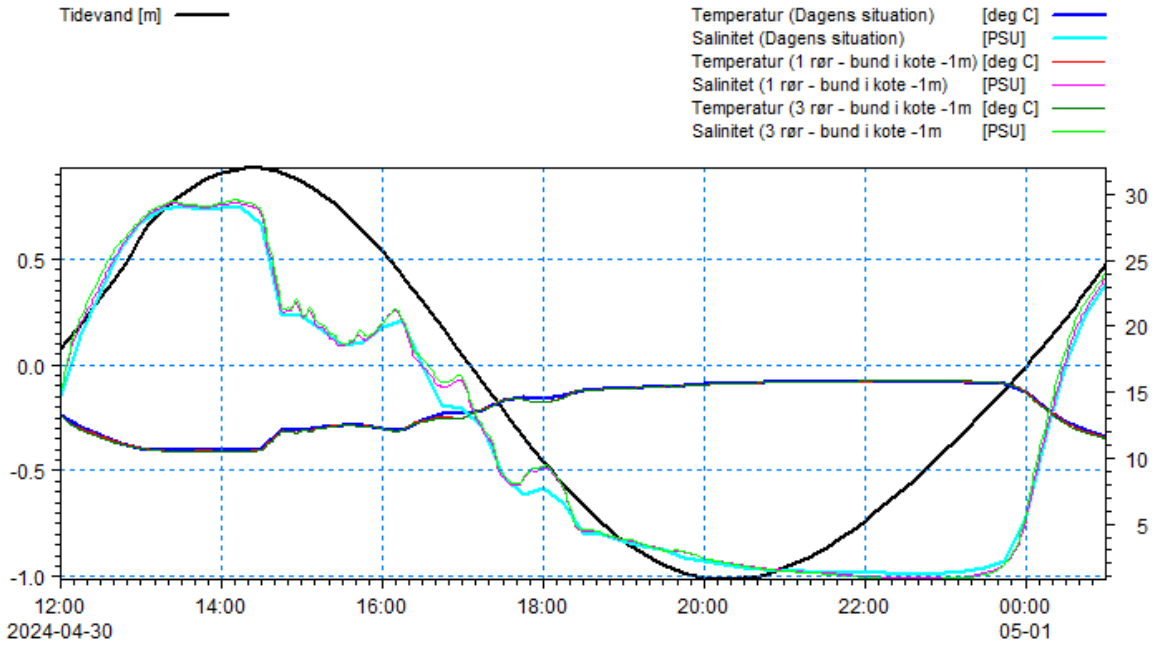


Figur 6-31: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C1 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (*venstre*) og tiltagende tidevand (*højre*) for scenariet med ekstrem vandføring i Stjørdalselva, svarende til en flom med en returperiode på 200 år. Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

6.3.3 Temperatur- og salinitetsforhold

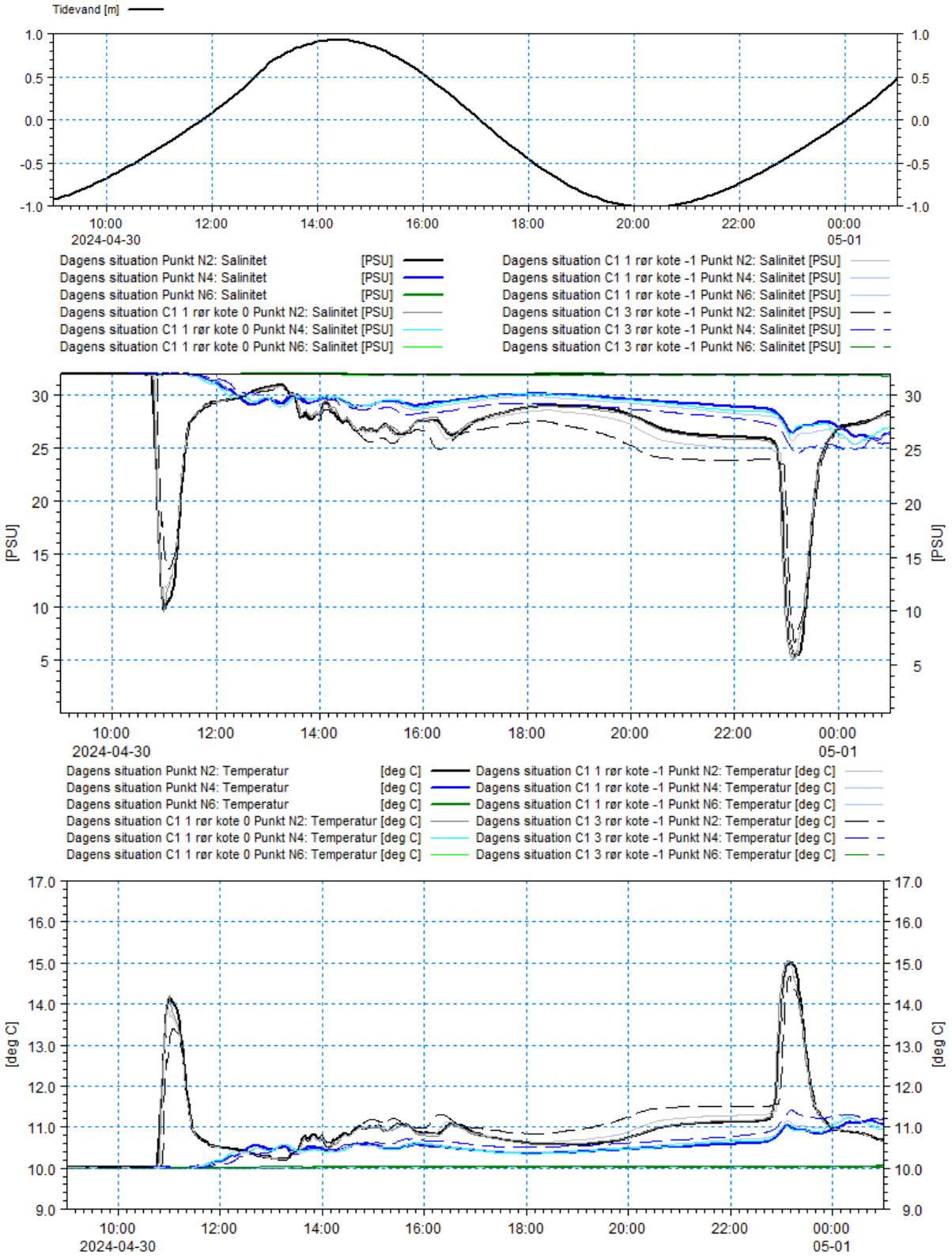
Variationer i temperatur- og salinitetsforholdene i et punkt ved Hellstranda ud for E6 udvidelsen er vist på figur 6-32. Heraf ses, at salinitet og temperatur i det lavvandede område ikke forventes at blive påvirket signifikant af etablering af tiltag C1.



Figur 6-32: Tidsserie af temperatur- og salinitetsforholdene i output punktet i det lavvandede område ud for E6 udbygningen for hhv. dagens situation samt tiltag C1 med varierende antal rørgennemføringer og bundkote for rørene. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

De tidsmæssige variationer i salinitet og temperatur i det lavvandede område nord for Trondheim Lufthavn er vist i figur 6-33 for tre punkter, se positionen af punkterne på figur 6-2. Figuren viser, at en vandudveksling mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn vil medføre en mindre påvirkning af både salinitet og temperatur. Dette skyldes, at vandet syd for Trondheim Lufthavn i perioder er præget af tilstrømningen af ferskvand fra Stjørdalselva. Tiltag C1 vil dermed forventelig medføre en reduktion af saliniteten i den gamle del af elv-udløbet, der ligger nord for Trondheim Lufthavn. Den største påvirkning (af de undersøgte varianter) ses ved etablering af tre rør med bund i kote -1m, mens den mindste påvirkning forekommer ved én rørføring med bund i kote 0 m.

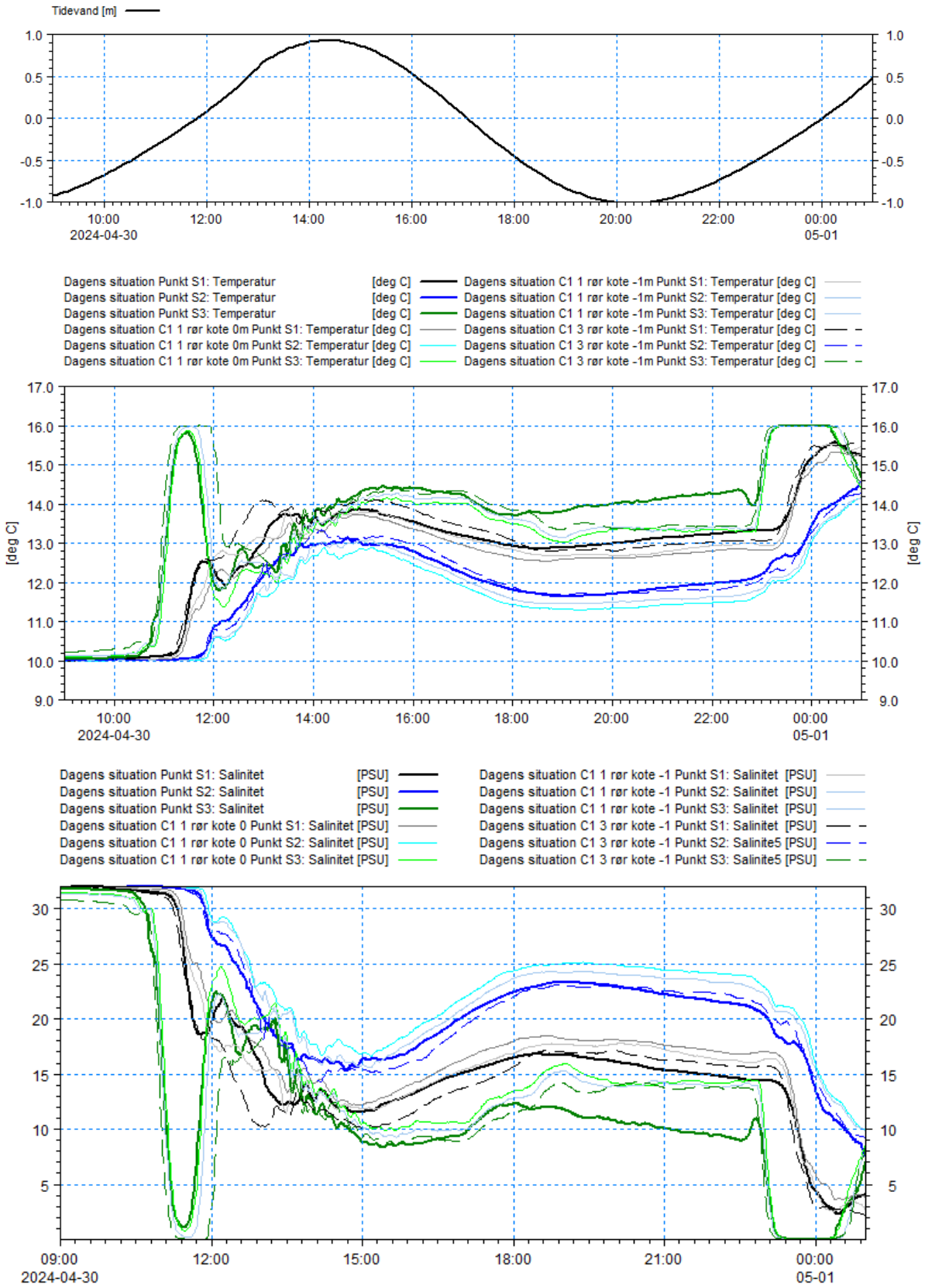
Confidential



Figur 6-33: Tidsserie af vandstand i Trondheimfjorden (*øverst*), saliniteten (*midt*) og temperaturen (*nederst*) i tre punkter i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

De tidsmæssige variationer og påvirkninger af salinitet og temperatur i området syd for Trondheim Lufthavn er vist på figur 6-34. Generelt er området dynamisk med store variationer i temperatur og salinitet, afhængig af om det er forholdene i Trondheimfjorden eller Stjørdalselva, der dominerer. En åbning for udveksling af vand mellem området hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn vil påvirke saliniteten og temperaturen. Ændringerne er dog små sammenlignet med den store naturlige variation, der forekommer i området indenfor en normal tidevandsperiode.



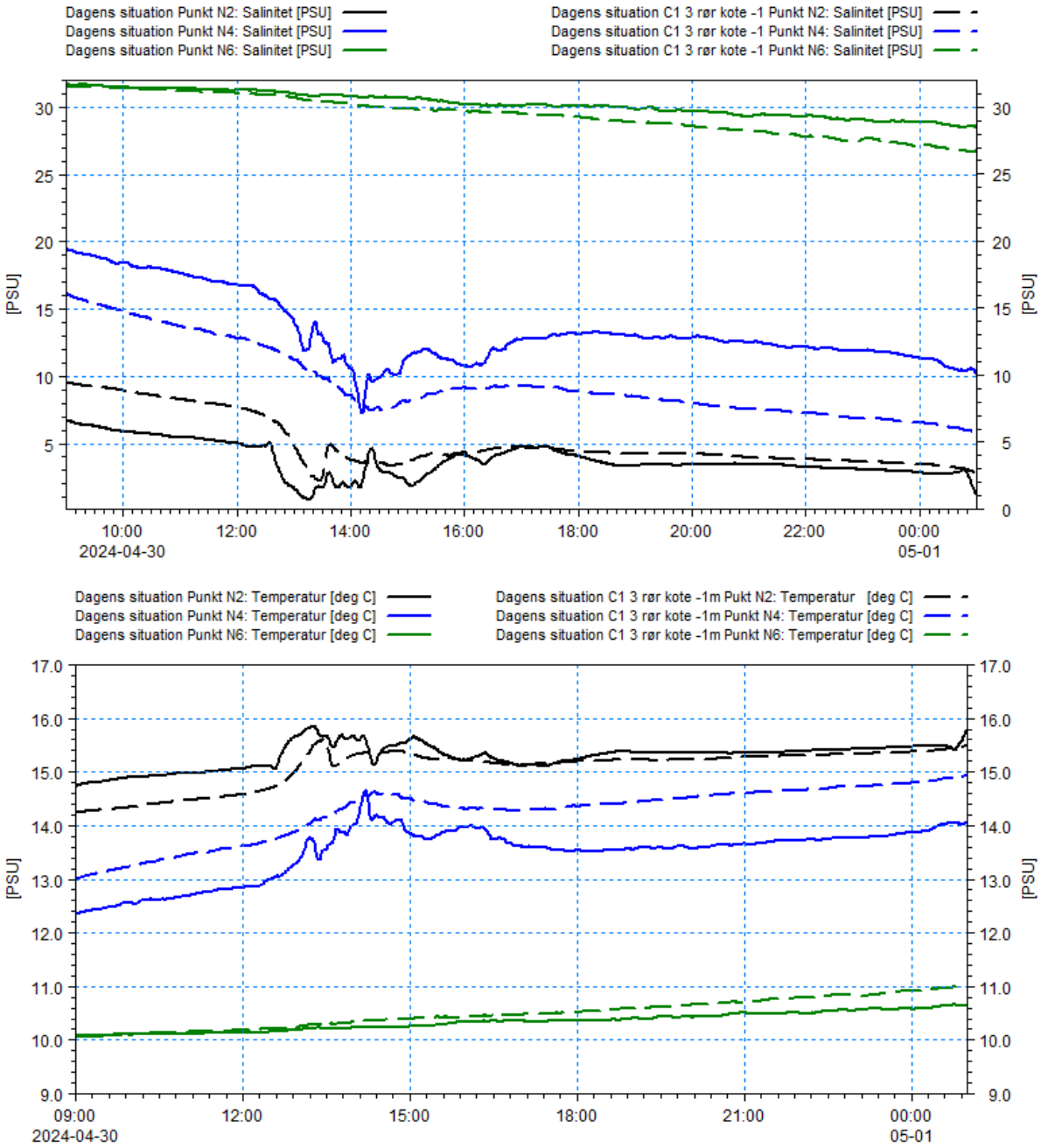
Figur 6-34: Tidsserie af vandstand i Trondheimfjorden (øverst), salinitet (midt) og temperatur (nederst) i tre punkter i området syd for Trondheim Lufthavn. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Confidential

Indvirkning på temperatur og salinitet under en ekstrem flomsituation

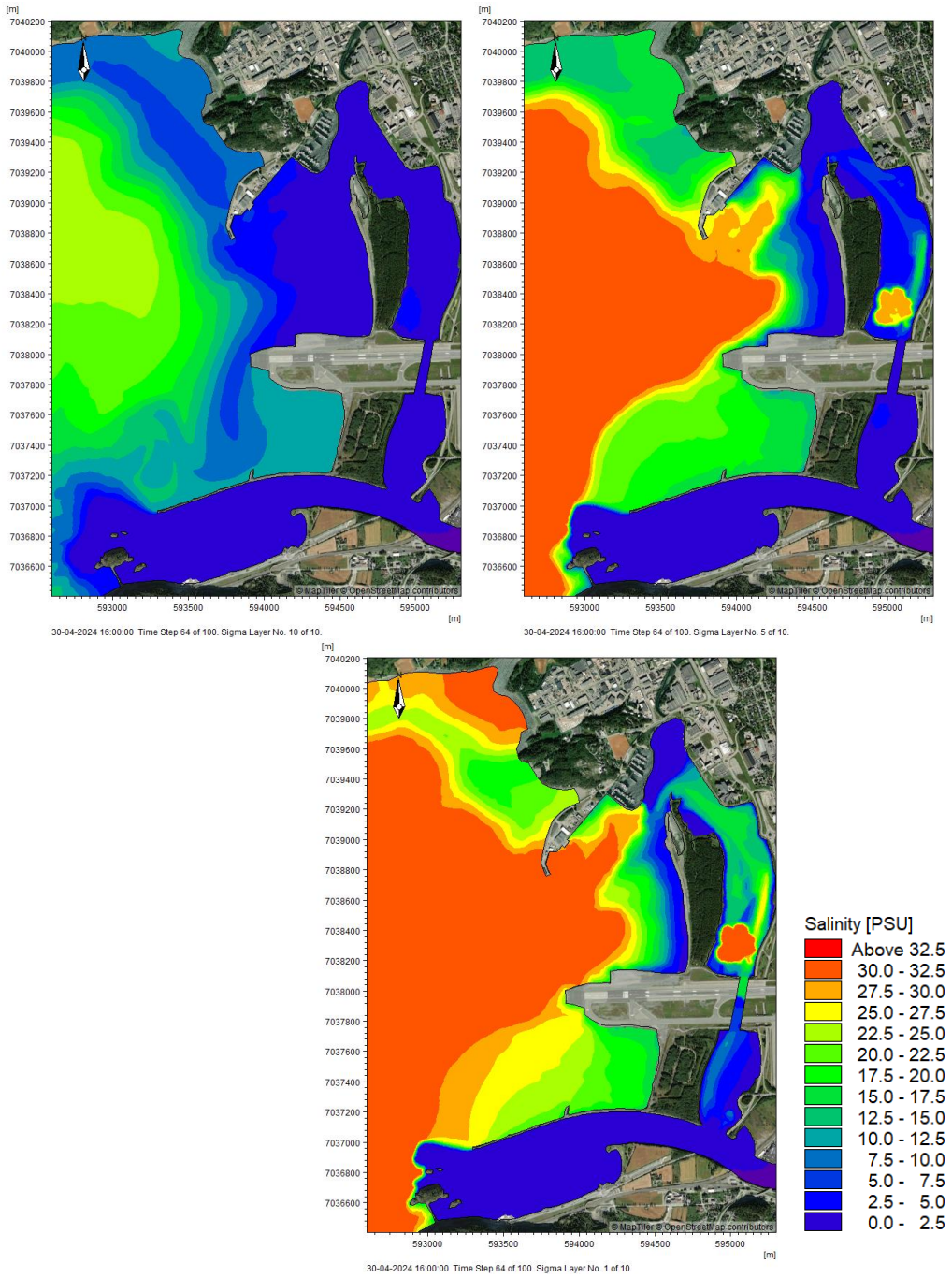
De tidsmæssige variationer i salinitet og temperatur i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn under en ekstrem flomhændelse er illustreret i figur 6-33 for de nuværende forhold med og uden Tiltag C1. Heraf fremgår det, at en mulig vandudveksling mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn (Tiltag C1) vil medføre en mindre påvirkning af saliniteten og temperatur idet der tilføres vand fra området syd for Trondheim Lufthavn, der i høj grad er domineret af Stjørdalelva under flom.

I det gamle elv-udløb nord for Trondheim er der en ferskvandstilførsel fra Gråelva.



Figur 6-35: Tidsserie af salinitet (øverst) og temperatur (nederst) i tre punkter i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn for scenariet med flom for nuværende forhold med og uden Tiltag C1. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen.

Øjebliksplots af saliniteten til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden i toppen, midten og nederst i vandsøjlen er vist på figur 6-36. Ved en sammenligning med de tilsvarende resultater i figur 6-24, for de nuværende forhold uden Tiltag C1 ses det, at der generelt sker en reduktion af saliniteten, primært i de nedre dele af vandsøjlen, da den øverste del også uden Tiltag C1 er domineret af det ferske vand.



Figur 6-36: Variation af salinitet i området ved Hellstranda i toppen af vandsøjlen (*venstre*), midten af vandsøjlen (*højre*) og i bunden af vandsøjlen (*nederst*) til et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende tidevand i Trondheimfjorden for nuværende forhold inkl. Tiltag C1 med 3 rør. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til flom med en returperiode på ca. 200 år. Baggrundskort fra (DHI, 2025).

Confidential

6.4 Modelresultater for nuværende forhold – inkl. Tiltag C2 for øget vandudskiftning i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn

Der er gennemført modelberegninger for nuværende forhold inkl. rørgennemføringer gennem halvøen Langøra nord ift. at undersøge om det kan have en positiv effekt på vandudskiftningen i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn, jf. afsnit 5.1.4.

Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt en temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva på 6 grader (Stjørdalselva er varmest).

Modelberegningerne er gennemført for følgende varianter af rørgennemføringerne og sammenholdes med resultaterne for de nuværende forhold:

- 1 rør med bund i kote 0 m
- 1 rør med bund i kote -1m Rør-diameteren = 2 m
- 3 rør med bund i kote -1m

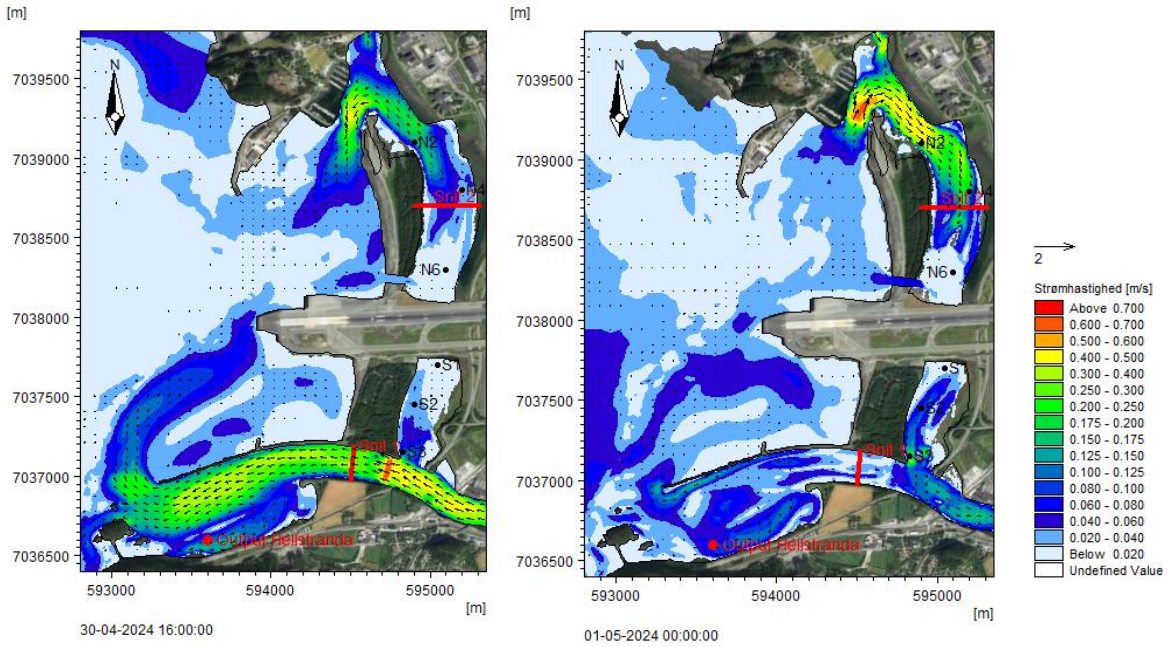
Der er ikke gennemført en optimering af løsningerne ift. at opnå størst effekt for øget vandudskiftning, men alene set på effekten af udvalgte løsninger med rørgennemføringer.

De lokale dybdeforhold i dele af området nord for Trondheim Lufthavn kendes ikke og er derfor baseret på antagelser og estimater. Afvigelser herfra kan have en påvirkning af effekten af løsningen og bør undersøges nærmere i en senere fase, hvis der ønskes en løsning til forbedring af vandudskiftningen med rørføringer gennem Langøra nord. Desuden bør løsningen optimeres ift. vedligehold, da en evt. tilstopning af rørene grundet fx sedimentation reducerer effekten.

6.4.1 Lokale strømforhold

Øjebliksplot af strømhastigheder for tiltag C2 for modellen med 3 rør med bund i kote -1m er vist på figur 6-37 til to tidspunkter med hhv. faldende og stigende vandstand i tidevandscyklus, jf. tidevandscyklus og markeringerne på figur 6-1. Bemærk, at det i plottet ser det ud til, at det er en åben kanal, der forbinder de to områder, men det er kun visuelt/modelteknisk. Det er modelleret som en kulvert med 1-3 rør med en diameter på 2 m som eneste mulighed for udveksling af vand mellem de to områder.

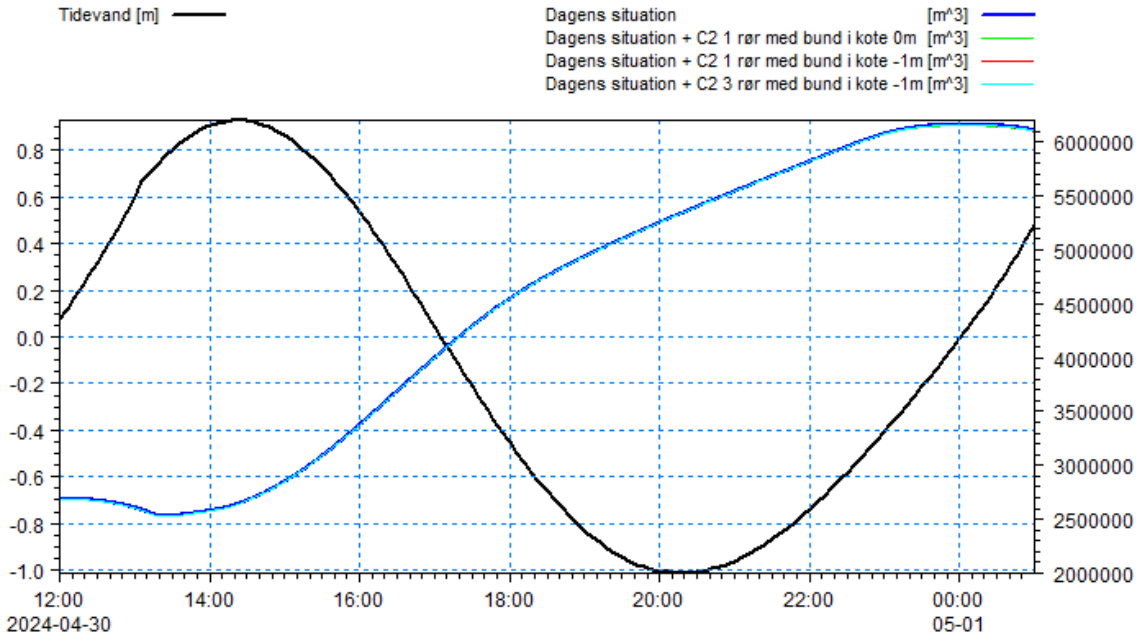
Confidential



Figur 6-37: Strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C2 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (*venstre*) og tiltagende tidevand (*højre*). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Desuden er markeret punkter og snit, hvor der er udtrukket tidsserier for sammenligning af scenarier. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

6.4.2 Vandføring

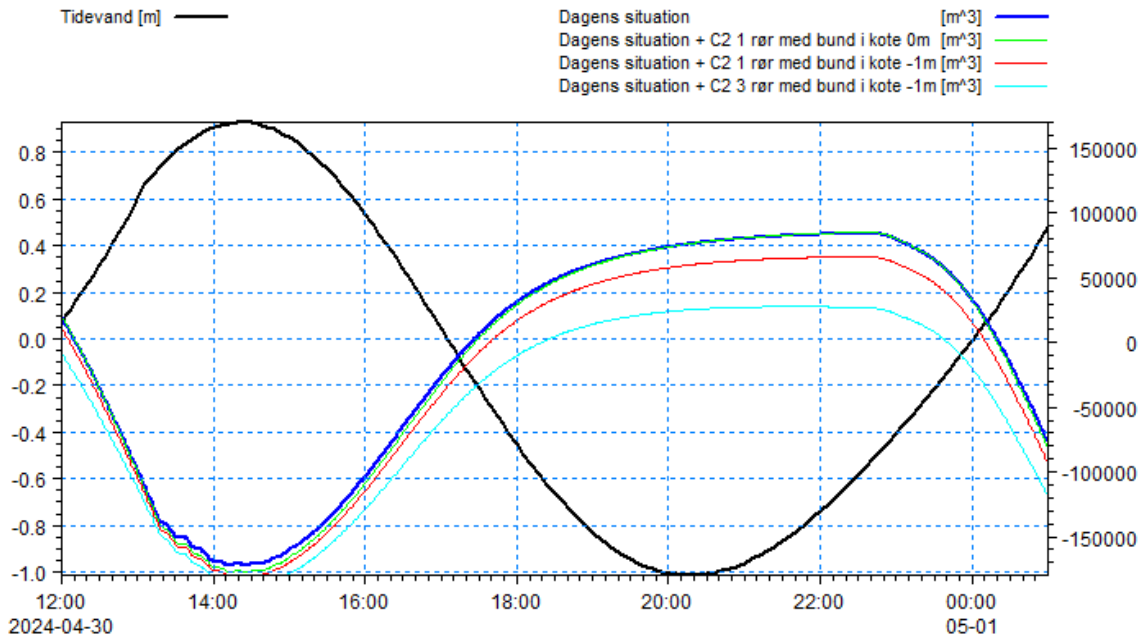
Den akkumulerede vandføring i snit 1 (ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda, se position af snit 1 på figur 6-2) for nuværende forhold samt for undersøgte varianter for forbedring af vandudskiftning via rørføring gennem Langøra nord for Trondheim Lufthavn (tiltag C2) fremgår af figur 6-38. Heraf ses det, at der i snit 1 ikke forekommer en påvirkning af vandføringen



Figur 6-38: Akkumuleret vandføring i snit 1 ved Stjørdalselva's udløb til Hellstranda. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

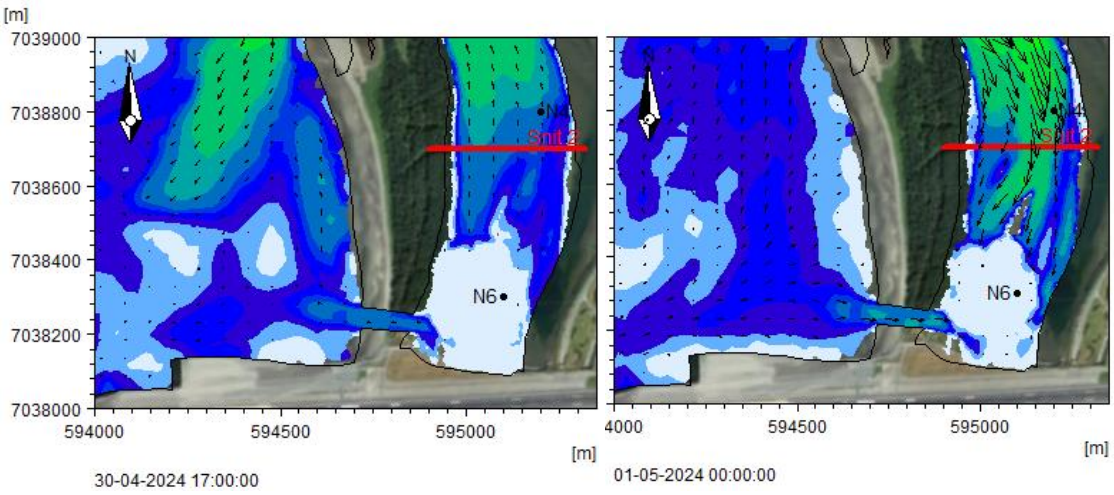
Confidential

Den akkumulerede vandføring i snit 2 (i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn), se position af snit 2 på figur 6-2, er vist på figur 6-39. Heraf fremgår det, at et enkelt rør med bund i kote 0 m ikke vil påvirke vandføringen gennem snit 2. Etablering af 1 eller 3 rør med bund i kote -1 m vil reducere vandføringen gennem snit 2, hvilket primært skyldes, at vandet inkl. Tiltag C2 kan løbe ud i Trondheimfjorden både i den nordlige og sydlige ende.



Figur 6-39: Akkumuleret vandføring i snit 2 i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Stigende akk. vandføring indikerer strømning mod Trondheimfjorden. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

De komplekse strømforhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn vil medføre, at den akkumulerede vandføring gennem et snit afhænger af snittets placering, se øjebliksplot af strømforholdene i det gamle elv-udløb på figur 6-40, hvor der viser udadgående strømning ved aftagende vandstand i Trondheimfjorden og indadgående strømning ved tiltagende vandstand i Trondheimfjorden.



Figur 6-40: Øjebliksbillede af strømhastigheder for nuværende forhold inkl. tiltag C2 for varianten med 3 rør, der har bund i kote -1m for et tidspunkt med aftagende tidevand (*venstre*) og tiltagende tidevand (*højre*). Strømhastighederne er dybdemidlede strømhastigheder, dvs. figuren viser den gennemsnitlige strømhastighed i hele vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Confidential

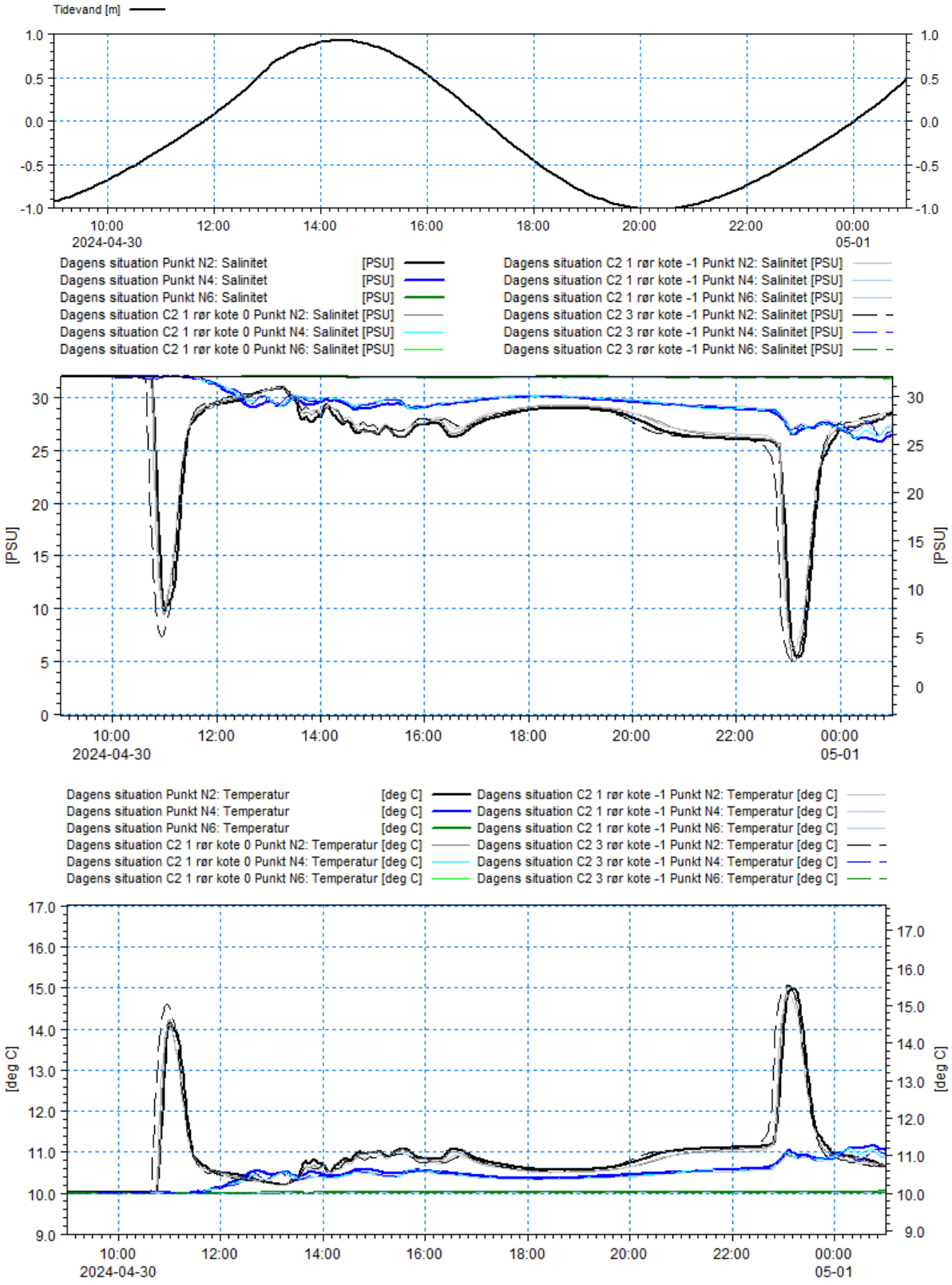
6.4.3 Salinitets- og temperaturforhold

Variationer i temperatur og salinitet i Hellstranda-området påvirkes ikke af Tiltag C2 og derfor præsenteres udelukkende resultaterne for det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn.

De tidsmæssige variationer i temperatur og salinitet er vist på figur 6-41 for tre udvalgte punkter (se deres placering på figur 6-2 eller på snip ved tidsserierne). Resultaterne viser, at forholdene generelt styres af Trondheimfjordens hydrodynamik, bortset fra enkelte peaks, hvor der sker en tilførsel af ferskvand fra Gråelva.

Etableringen af rørføringer mellem det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn og Trondheimfjorden vil ikke have en væsentlig effekt på saliniteten og temperaturen, da vandet der tilføres er fra Trondheimfjorden. Den begrænsede påvirkning, der i perioder observeres, skyldes udledningen fra Stjørdalselva, som i perioder bevæger sig langs kysten mod nord og kan infiltrere det lavvandede område hvor rørføringen er etableret, hvilket medfører at det "tilføres" det gamle elv-udløb tidligere ved Tiltag C2 end det ellers ville, hvis der kun var mulighed for vandudveksling nord for Langøra nord.

Confidential

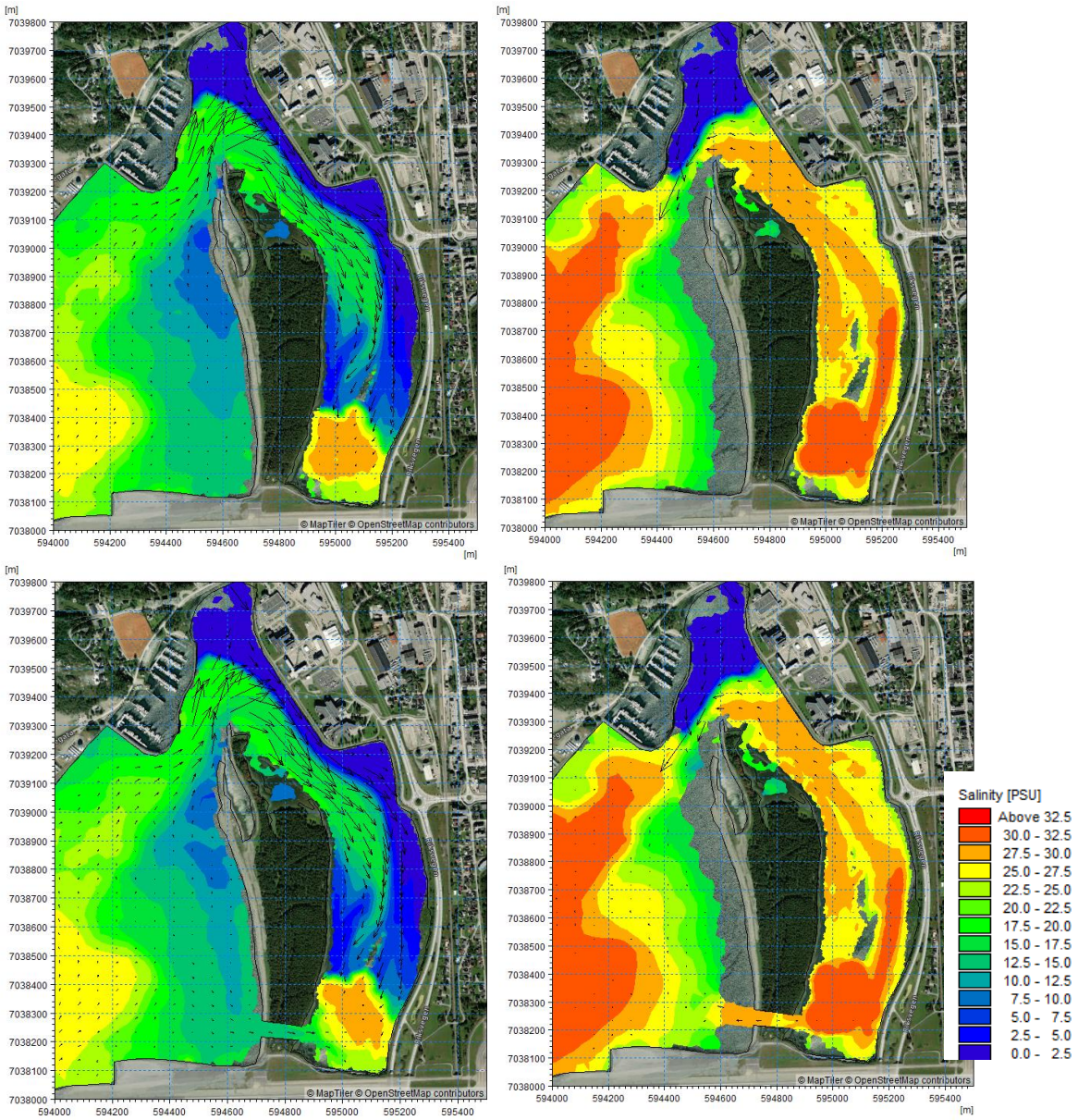


Figur 6-41: Tidsserie af vandstand i Trondheimfjorden (øverst), salinitet (midt) og temperatur (nederst) i tre punkter i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Tidsserierne er repræsentative for forholdene midt i vandsøjlen. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Confidential

Saliniteten til to tidspunkter med hhv. ind- og udstrømning er vist på figur 6-42 for nuværende forhold med og uden Tiltag C2 (3 rør). Ved indadgående strømning vises forholdene i toppen af vandsøjlen, mens forholdene ved udadgående strømning vises for midten af vandsøjlen.

Øjebliksplottene bekræfter, at åbningen for vandudveksling gennem Langøra nord ikke medfører en væsentlig ændring af saliniteten, da det primært er vand med samme karakteristika der tilføres hhv. nord for Langøra og via rørføringen.



Figur 6-42: Øjebliksplot af saliniteten i toppen af vandsøjlen (venstre) og midt i vandsøjlen (højre) for nuværende forhold (øverst) og nuværende forhold + Tiltag C2 (3 rør) (nederst). Baggrundskort fra (DHI, 2025).

6.5 Opsummering: Nuværende forhold

De lokale hydrodynamiske forhold ved Hellstranda er i høj grad styret af de tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, kombineret med tilførslen af ferskvand fra Stjørdalselva. Derudover spiller sæsonafhængige forskelle i salinitet og temperatur en væsentlig

Confidential

rolle, hvilket alt sammen medfører betydelige naturlige variationer og store densitetsforskelle i området. Dette resulterer også i markante variationer i både temperatur og salinitet gennem vandsøjlen. Under flom øges strømhastighederne markant i forhold til de normale tidevandsforhold, hvilket yderligere forstærker den lokale hydrodynamik og de naturlige variationer. Under flom vurderes, at der kan forekomme en påvirkning af de lokale dybdeforhold.

For at forbedre vandkvaliteten i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn er der set på to tiltag til at øge vandudskiftningen;

- Tiltag C1; hvor der etableres en mulighed for udveksling af vand mellem det gamle elv-udløbs områder nord og syd for Trondheim Lufthavn i form af en kulvert med 1-3 cirkulære åbninger.
- Tiltag C2; hvor der etableres en lignende løsning bare gennem den nederste del af Langøra nord, hvilket muliggør udveksling af vand mellem den gamle del af elv-udløbet nord for Trondheim Lufthavn og Trondheimfjord.

Begge løsninger indikerer, at de kan påvirke vandføringen og/eller strømforholdene i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Effekten af løsningerne vil i høj grad afhænge af den faktiske udformning (antal rør og placeringen af disse), idet de indledende modelberegninger har vist, at et rør med bund i kote 0 m har lavere effekt end et rør med bund i kote -1 m og tre rør har større effekt end ét rør. Desuden vurderes, at effekten vil afhænge af de faktiske dybdeforhold og vedligehold.

Hvis der ønskes en løsning til at forbedre vandkvaliteten i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn bør der gennemføres en mere detaljeret vurdering og optimering på et mere oplyst grundlag, herunder både de faktiske vandføringer i Gråelva samt de faktiske dybdeforhold og variationer heraf. Variationer kan påvirke det nødvendige vedligehold ift. at sikre optimal drift. Desuden bør der gennemføres dynamiske simuleringer med varierende vandføring i både Stjørdalselva og Gråelva for en kritisk periode for vandkvaliteten, dette kunne fx være ifm lav vandføring og lav vandstand. Dette med henblik på at vurdere om tiltagene C1 og C2 kan medføre den ønskede effekt i de kritiske perioder ift. vandkvaliteten og om en evt. optimering af løsningen kan forbedre effekten.

Da strømforholdene i det gamle elvudløb nord for Trondheim Lufthavn er komplekse, og da tiltagene C1 og C2 muliggør tilførsel eller udveksling af vand med henholdsvis Stjørdalselva og Trondheimfjorden, anbefales det, at der foretages en vurdering af, hvorvidt det er ønskeligt at tilføre en øget mængde ferskvand eller marint vand. Begge typer vandtilførsel kan potentielt ændre de eksisterende forhold i området og bør derfor nøje overvejes i forhold til de ønskede miljømæssige og hydrauliske mål.

7. Resultater: Hydrodynamiske forhold – fremtidige forhold

Udvidelsen af E6, udenfor den nuværende kystlinje, kræver, som tidligere nævnt, en form for kompensation eller erstatning af tabt natur. De fremtidige forhold efter udvidelsen af E6 – inklusiv de kompensationstiltag, der er præsenteret i afsnit 5– er blevet analyseret ved anvendelse af numerisk modellering. Resultaterne af denne analyse præsenteres i det følgende og sammenlignes med de tilsvarende resultater for nuværende forhold.

I indeværende afsnit præsenteres resultater for de samme hydrodynamiske scenarier, som dem der er vist i afsnit 6 (nuværende forhold), mens resultaterne for de resterende scenarier findes i bilag 1. De overordnede forudsætninger for modelopsætningen fremgår af tabel 4-1, hvortil der er suppleret med følsomhedsanalyser af udvalgte modelparametre. Disse følsomhedsanalyser er uddybet i bilag 2 og bilag 3, mens væsentlige resultater opsummeres i nærværende afsnit.

7.1 Modelresultater og vurdering af forholdene efter udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A

Formålet med Kompensationstiltag A er at sikre, at der som minimum er samme vandareal mellem dækmolen og kysten – også efter udvidelsen af E6, jf. uddybende beskrivelse i afsnit 5.1.2. Dette sikres ved en flytning af dækmolen. Desuden forudsættes en justering af de lokale dybdeforhold, så den dybe rende flyttes i samme omfang som dækmolen. Dette gøres for at sikre samme størrelse af det lavvandede plateau (se definition af de repræsentative dybdeforhold i figur 4-8). Følsomhedssimuleringer ift. de estimerede dybdeforhold er indeholdt i bilag 2.

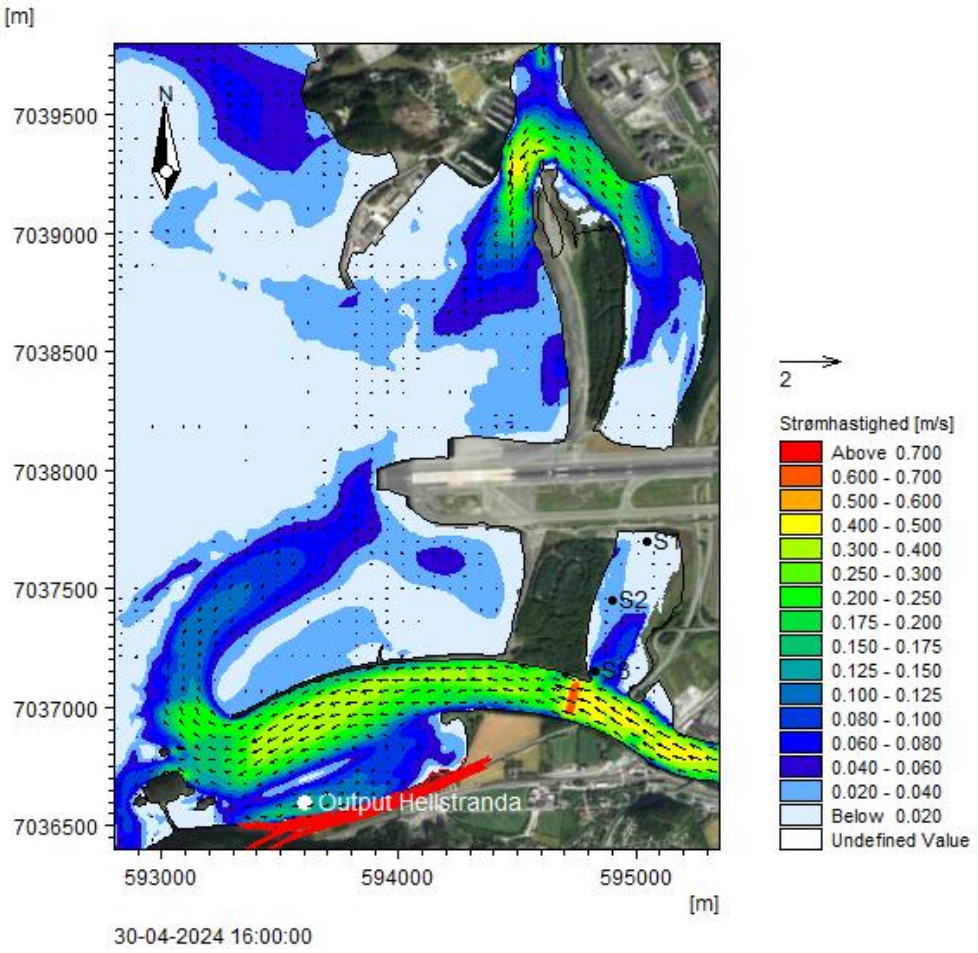
Modelleringen er gennemført for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdominerede vandstandsvariationer i Trondheimfjorden, normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode (84 m^3/s jf. afsnit 5.2) samt for flom med en returperiode på 200 år. Temperaturdifferens mellem vandet i Trondheimfjorden og vandet i Stjørdalselva er 6°C (Stjørdalselva er varmest), resultater for andre temperaturdifferencer er indeholdt i bilag 1.

Resultaterne i dette afsnit vurderes relativt til resultaterne præsenteret i afsnit 6.1 og 6.2.

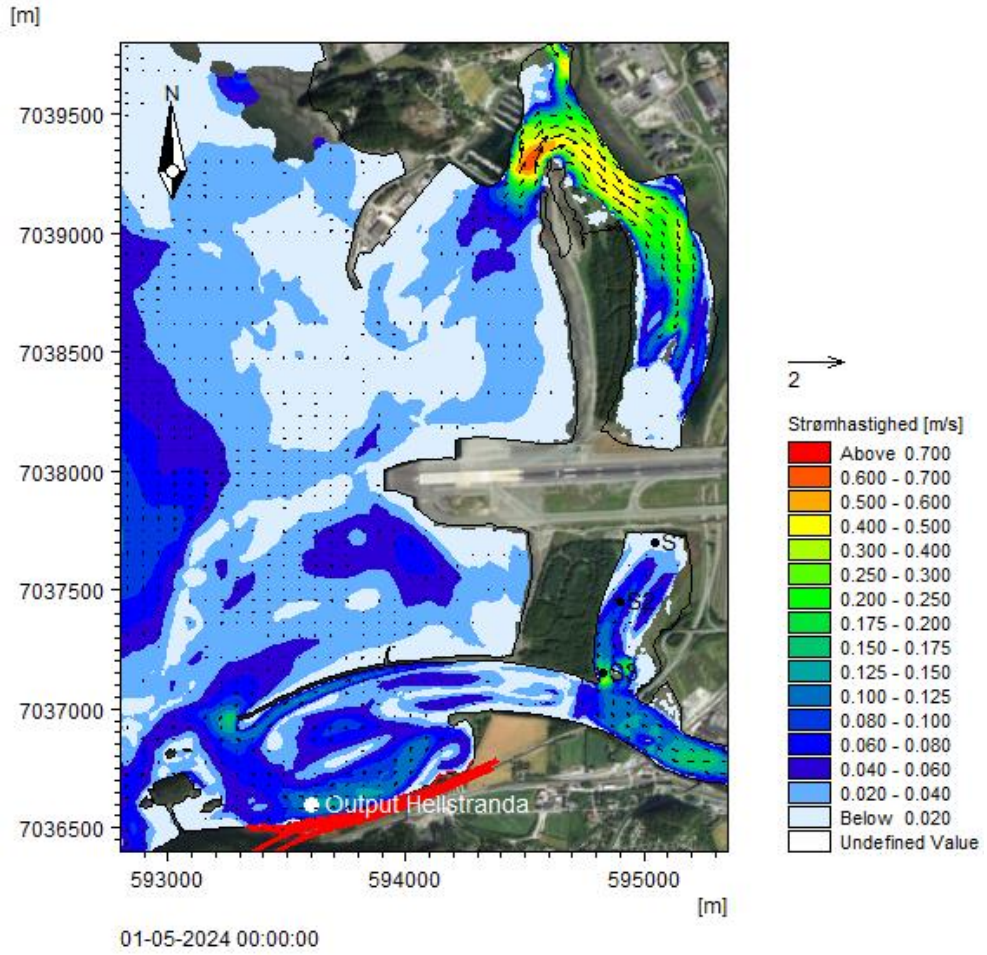
7.1.1 Indvirkning på lokale strømforhold

Øjebliksbilleder af dybdemidlede strømforhold ved hhv. aftagende- og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden for normale forhold inkl. vejudvidelsen og Kompensationstiltag A er vist i figur 7-1 og figur 7-2. Ved sammenligning med dagens situation i figur 6-4 og figur 6-5, kan det konstateres at de lokale strømforhold, på nær meget lokale ændringer, er stort set upåvirkede.

Confidential



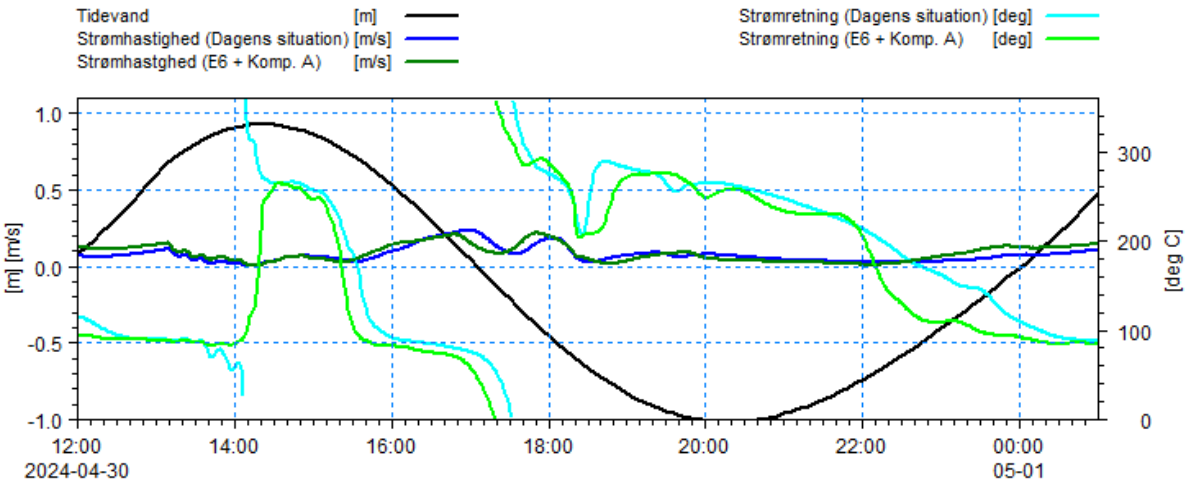
Figur 7-1: Geografisk variation af strømhastighed i området ved Hellstranda efter etablering af udvidelsen af E6 samt Komp. A for et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til høje lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).



Figur 7-2: Geografisk variation af strømhastighed i området ved Hellstranda efter etablering af E6 samt Komp. A for et tidspunkt (kl. 00:00) med tiltagende vandstand i Trondheimfjorden, hvilket giver anledning til lave lokale strømhastigheder. Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

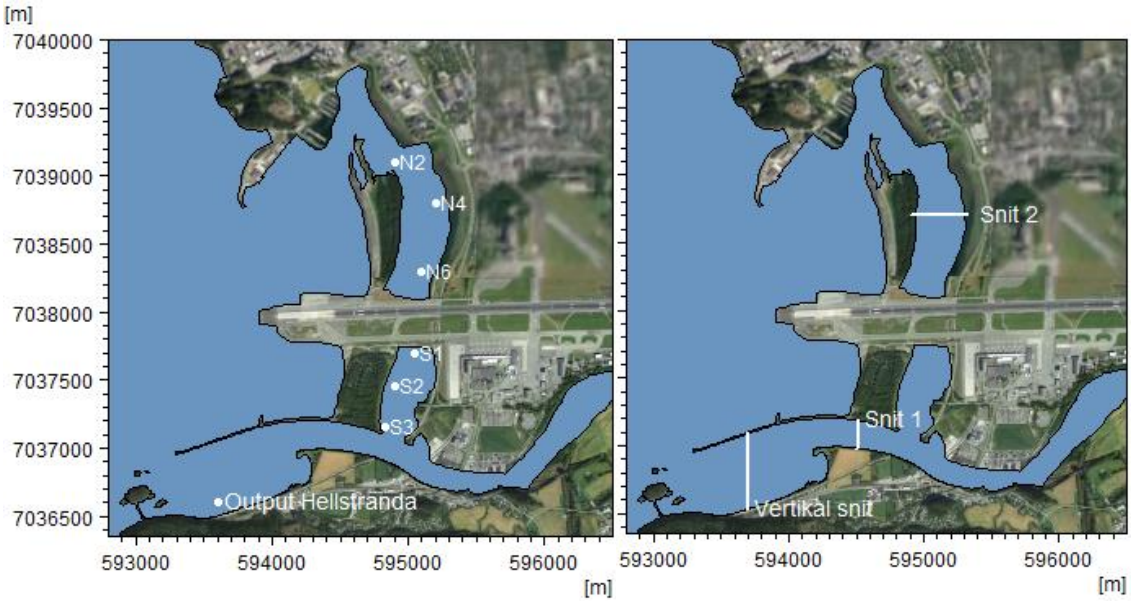
En sammenligning af tidsserier for dybdemidlet strømhastighed og -retning igennem en normal tidevandsperiode er vist i figur 7-3 i en position umiddelbart ud for den planlagte udbygning fra kysten (se placering af output punkt på figur 7-1 og figur 7-2). Som det fremgår af figuren, medfører udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A kun relativt små påvirkninger af de lokale strømforhold. Påvirkningerne skal desuden ses i lyset af den i forvejen relativt store dynamik i de lokale hydrodynamiske forhold – indenfor en tidevandsperiode med normal sommervandføring i Stjørdalselva. Dertil kommer de naturlige variationer, der forekommer som følge af andre vandføringer i Stjørdalselva, der indenfor et år ligger på op til ca. 600 m^3/s.

Det bør desuden bemærkes, at output-punktet er fasthold ift. geografisk koordinat, hvilket betyder, at det for de fremtidige forhold vil være beliggende lidt nærmere kysten efter udbygningen af E6 - sammenlignet med positionen for nuværende forhold.



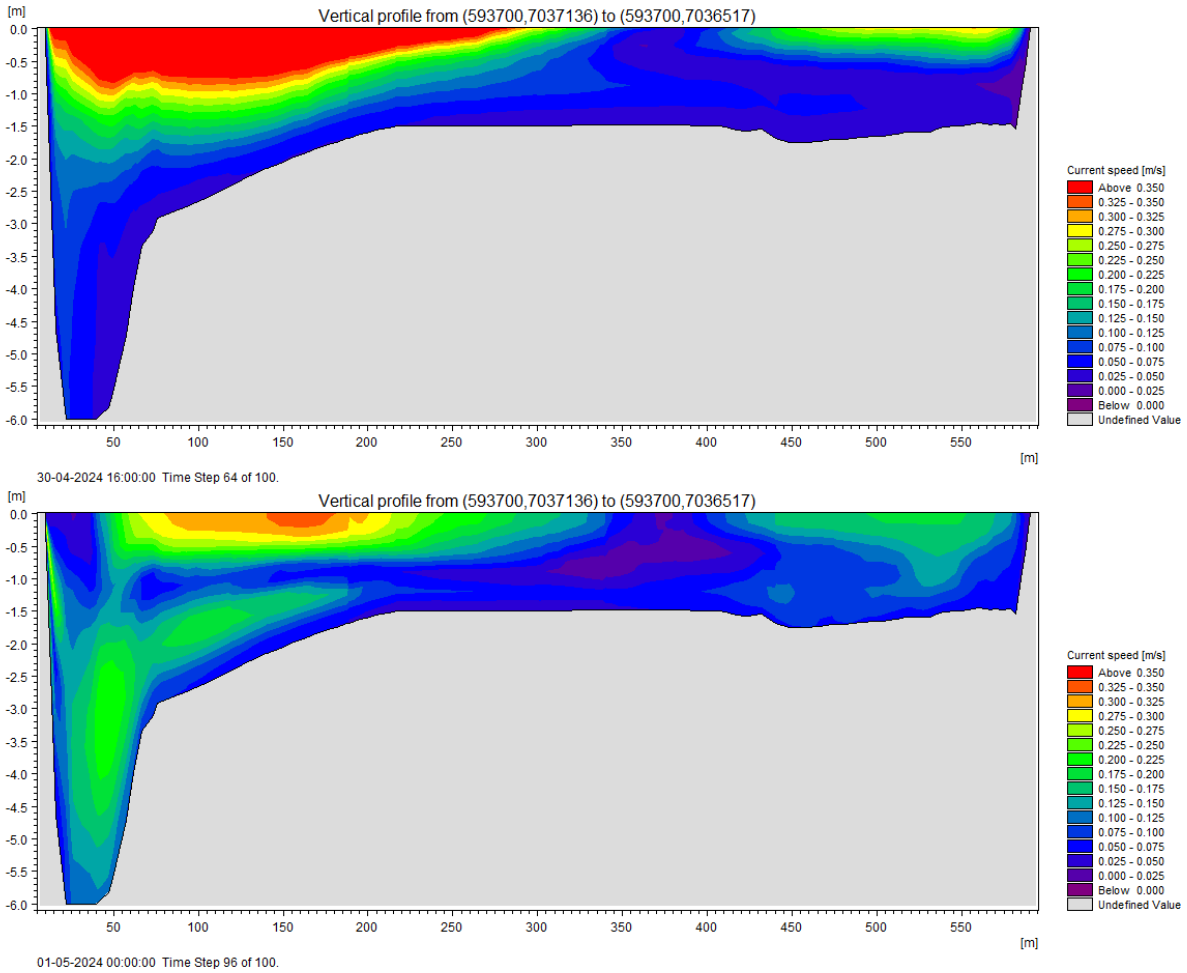
Figur 7-3: Tidsserie, der viser variationen i vandstand og strømforhold for nuværende forhold (dagens situation) og den fremtidige situation (efter udbygning af E6 samt efter etablering af Kompensationstiltag A) i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede strømforhold samt for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Strømretning er "gående mod". Output punkt er illustreret i figur 7-2. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Et øjebliksbillede af strømhastigheden for den fremtidige situation inkl. effekten fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag A igennem et vertikalt snit er vist i figur 7-5 (position af vertikalsnit fremgår af figur 7-4). De forudsatte dybdeforhold er kun et eksempel på, hvordan det kan se ud efter Kompensationstiltag A er fuldt etableret, men følsomhedssimuleringer har vist, at strømforholdene i det lavvandede område ikke er signifikant følsomme overfor hvordan kompensationen af det lavvandede område etableres, se nærmere i bilag 2.



Figur 7-4: Placering af punkter og vertikalt snit for udtrækning af resultater i model. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

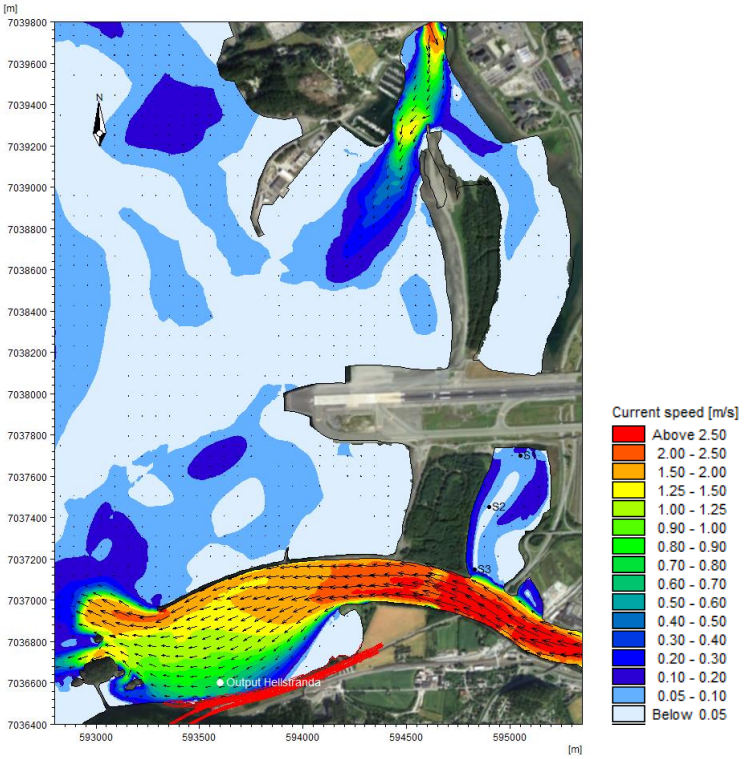
Ved sammenligning af figur 7-5 med et lignende vertikalt snit for eksisterende situation (figur 6-7) ses kun relativt små ændringer i strømhastighederne – og primært relateret til den dybe rende, der har et andet tværsnit end den nuværende.



Figur 7-5: Vertikalt snit, der viser strømhastigheden igennem vandsøjlen langs det viste snit i figur 7-4 for de fremtidige forhold med E6 udvidelsen og Kompensationstiltag A til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) (*øverst*) og et tidspunkt med stigende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 00:00) (*nederst*).

Indvirkning på lokale strømforhold under en ekstrem flomsituation

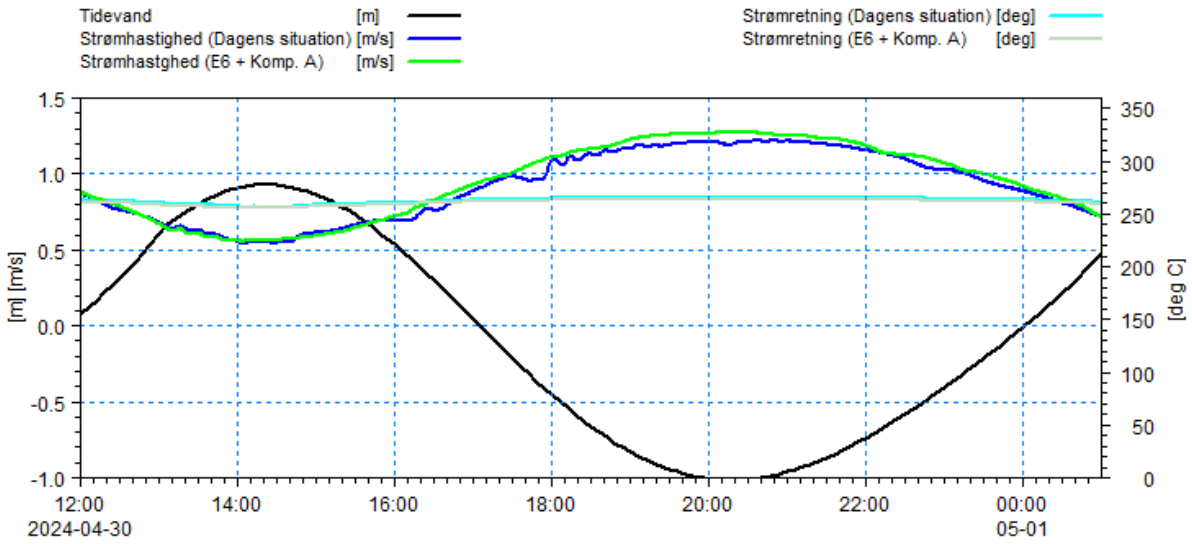
Et øjebliksbillede af dybdemidlede strømforhold for de fremtidige forhold inkl. E6 udvidelsen og Kompensationstiltag A under ekstrem flom er vist i figur 7-6. Ved sammenligning med figur 6-21 for nuværende forhold, uden effekten fra E6, kan det konstateres, at der kun forekommer en meget begrænset påvirkning af strømforholdene.



Figur 7-6: Dybdemidlede strømforhold ved Hellstranda for en situation med ekstrem vandføring i Stjørdalselva (flom med en returperiode på 200 år) for de fremtidige forhold inkl. udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

En sammenligning af tidsserier for den dybdemidlede strømhastighed under flom for hhv. nuværende og fremtidige forhold er vist i figur 7-7 i et punkt umiddelbart ud for den planlagte udbygning fra kysten, se position på figur 7-4. Heraf fremgår det, at påvirkningen af strømhastighederne er små sammenlignet med den naturlige variation. Det vurderes derfor, at der ikke forekommer en betydende påvirkning af strømhastighederne, der generelt er dynamiske i området og stærkt vekslende med vandstandsforholdene i Trondheimfjorden og vandføringen i Stjørdalselva. Det bemærkes desuden, at output-punktet er beliggende i samme geografiske koordinat for de to scenarier (dagens situation og fremtidige forhold), hvilket betyder at afstanden til kysten ikke er den samme.

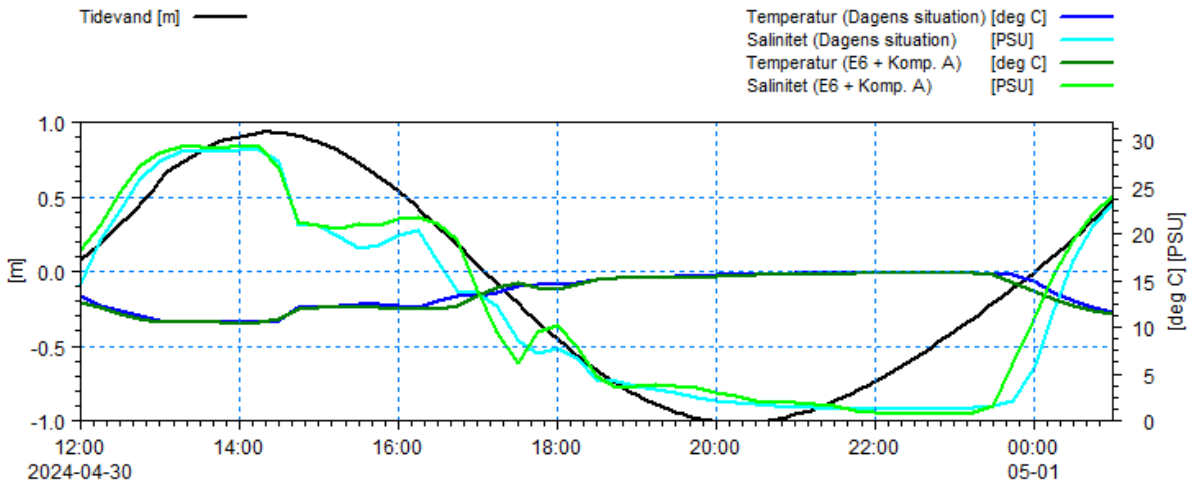
Confidential



Figur 7-7: Tidsserier af dybdemidlet strømforhold ved Hellstranda for en situation med ekstrem vandføring i Stjørdalselva (flom situation) svarende til en 200-års hændelse for nuværende forhold samt situationen med udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A i output punktet. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

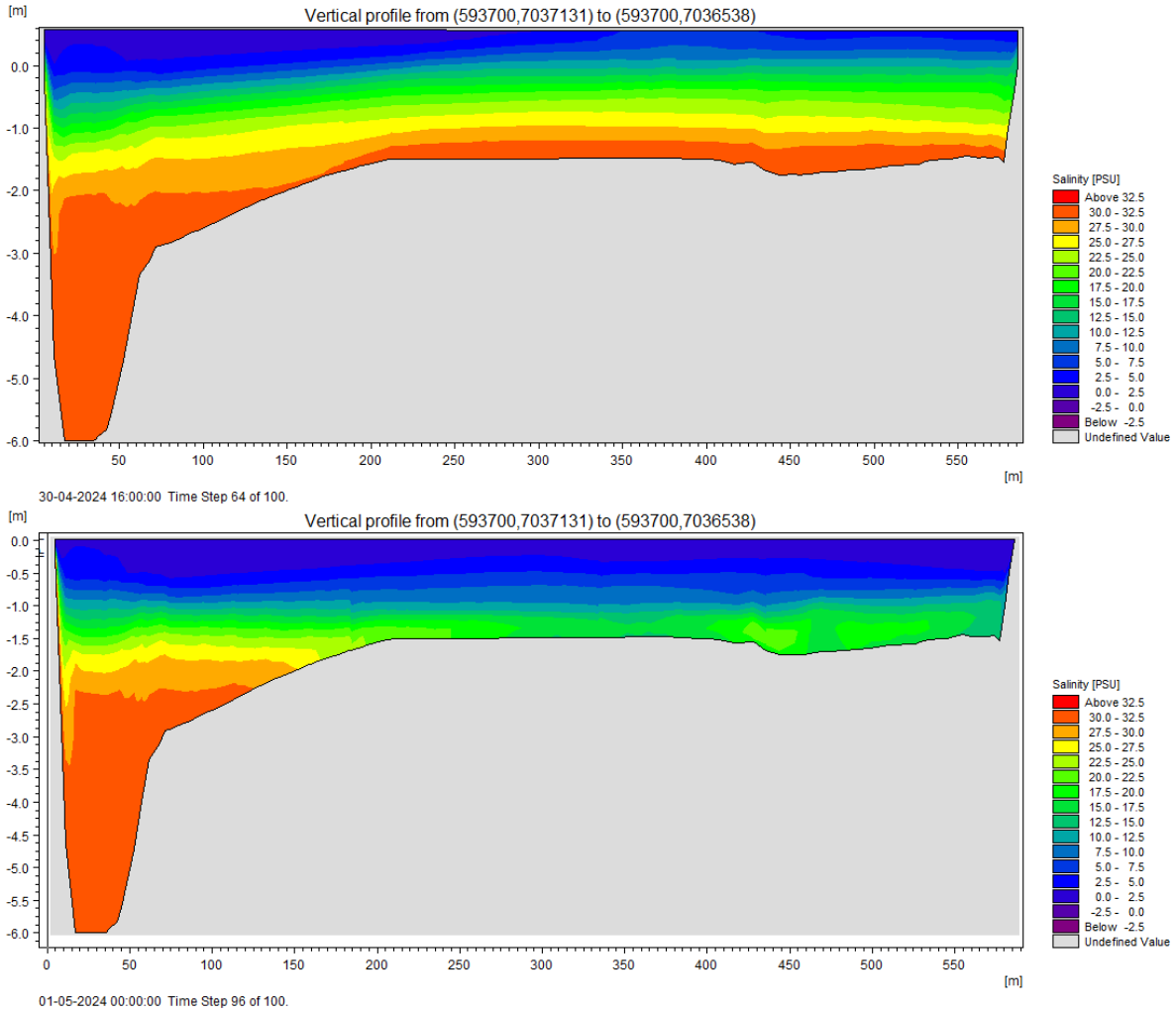
7.1.2 Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold

På samme vis som for strømforholdene er variationen i temperatur og salinitet for hhv. nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 og Kompensationstiltag A) vist på figur 7-8 for et normalt sommerscenarie ift. vandføringen i Stjørdalselva. Som det fremgår af figuren, forekommer der også for temperatur og salinitet kun en relativ lille påvirkning som følge af E6-udbygningen. Variationen er desuden langt mindre end de i forvejen meget dynamiske lokale forhold. Igen bemærkes, at output-punktet er beliggende i samme geografiske koordinat for de to scenarier (dagens situation og fremtidige forhold), hvilket betyder at afstanden til kysten ikke er den samme.

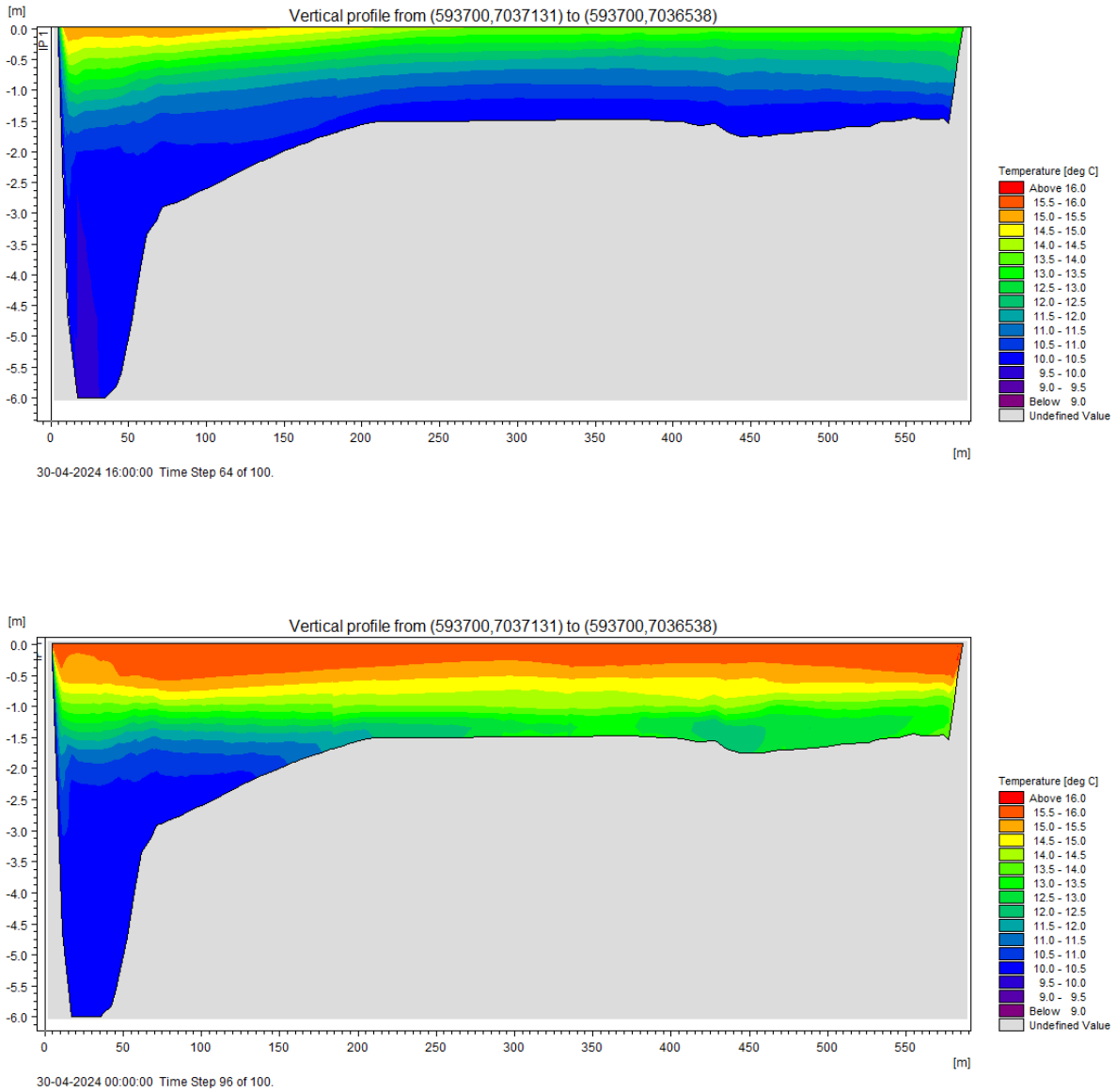


Figur 7-8: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur under nuværende- og fremtidige forhold (E6 og Kompensationstiltag A) i løbet af en normal tidevandsperiode i et punkt umiddelbart ud for det planlagte opfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede forhold i det specifikke punkt og for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva, samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Output punkt er illustreret i figur 7-6. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Vertikale snit, der viser momentane strømhastigheder for de fremtidige forhold inkl. Kompensationstiltag A til hhv. aftagende og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden for salinitet og vandtemperatur langs outputlinjen (position vist i figur 7-4) er vist i figur 7-9 og figur 7-10. Ved sammenligning med tilsvarende resultater for de nuværende forhold (figur 6-17 og figur 6-18), kan det konkluderes, at der kun forekommer relativt små variationer – og primært relateret til den dybe rende, der kun er et eksempel på, hvordan de fremtidige dybdeforhold kan være i det område. Således kan det forventes, at Kompensationstiltag A kun i meget begrænset grad påvirker den naturlige salinitets- og temperaturlagdeling ved Hellstranda.



Figur 7-9: Vertikalt snit for fordeling af salinitet igennem vandsøjlen for de fremtidige forhold inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag A langs det viste snit i figur 7-4 til et tidspunkt med aftagende vandstand ved Hellstranda (*øverst*) og til et tidspunkt med tiltagende vandstand (*nederst*).



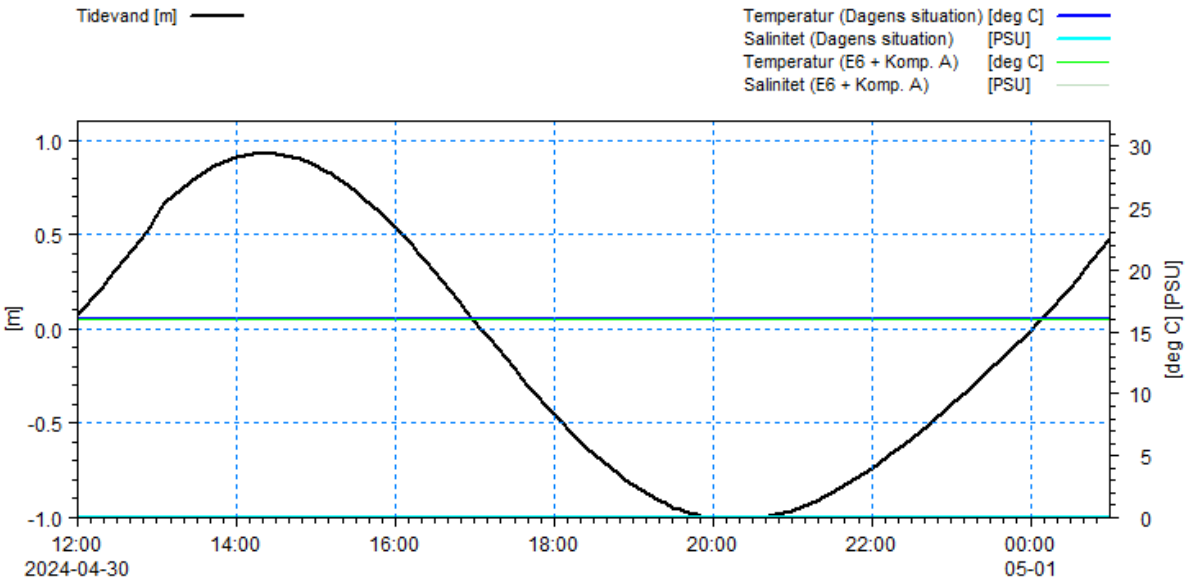
Figur 7-10: Vertikalt snit for fordeling af vandtemperatur igennem vandsøjlen for de fremtidige forhold inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag A langs det viste snit i figur 7-4 til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (*øverst*) og til et tidspunkt med tiltagende vandstand (*nederst*).

Den vertikale fordeling påvirkes af den faktiske vertikale opblanding (udtrykt ved dispersionen). Resultaterne her er for samme antagelse, som resultaterne præsenteret i afsnit 6.1, mens følsomheder ift. den anvendte dispersion er vist i bilag 2. Konklusionen er dog den samme for scenariet med fuld vertikal dispersion, at påvirkningen fra udbygningen af E6 inkl. Komp. A ikke vil medføre en signifikant påvirkning af saliniteten og temperaturen gennem vandsøjlen sammenlignet med de naturlige variationer, der er inden for en tidevandsperiode.

<u>Indvirkning på lokal temperatur og salinitet under en ekstrem flomsituation</u>

På figur 7-11 er variationen i temperatur og salinitet for hhv. nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 og Kompensationstiltag A) vist for scenariet med ekstrem vandføring i Stjørdalselva. Under flom er Hellstranda-området i højere grad præget af forholdene fra Stjørdalselva end forholdene i Trondheimfjorden og der vil forventelig ikke være en påvirkning af temperatur og salinitet som følge af E6-udvidelsen inkl. Kompensationstiltag A.

Confidential



Figur 7-11: Tidsserie for variation af salinitet og temperatur under nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 og Kompensationstiltag A) i løbet af en tidevandsperiode i et punkt umiddelbart ud for det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for dybdemidlede forhold i det specifikke punkt og for et scenarie med ekstrem vandføring i Stjørdalselva svarende til flom med en returperiode på ca. 200 år. Temperaturen i Stjørdalselva er 16˚C, mens den er 10˚C i Trondheimfjorden. Salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Output punkt er illustreret i figur 7-4. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.1.3 Opsummering – indvirkning fra udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A

Kompensationstiltag A indebærer, at det vandareal, der inddrages i forbindelse med udvidelsen af E6 erstattes ved at flytte dele af dækmolen ved Hellstranda. Herved sikres, at vandarealet mellem dækmolen og kysten, i fremtiden som minimum, svarer til det nuværende area. Samtidig justeres de lokale dybdeforhold, således at den dybe rende, som i dag løber langs dækmolen, flyttes tilsvarende. Formålet er, at genskabe et kompensationsområde med overordnet sammenlignelige dybde- og hydrodynamiske forhold, som det område, der inddrages til E6-udbygningen.

En sammenligning af modelresultater repræsentative for hhv. nuværende forhold og fremtidige forhold - inkl. udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A – viser, at de hydrauliske parametre som strømforhold, salinitet og temperatur er meget robuste overfor de pågældende ændringer. Der observeres således ingen signifikant påvirkning. Det skal desuden bemærkes, at de naturlige variationer i området er store og stærkt afhængige af variationer i vandstanden i Trondheimfjorden og vandføringen i Stjørdalselva, der årligt kan komme op på ca. 600 m^3/s.

Som følge af ændringen af de lokale dybdeforhold – herunder "genskabelsen" af det lavvandede plateau og flytningen af dækmolen – vil der efterfølgende ske en naturlig tilpasning, indtil en ny ligevægt har indstillet sig. Omfanget af disse ændringer er vanskeligt at forudsige med det nuværende datagrundlag, eftersom der mangler detaljeret dokumentation af den nuværende dynamik. Der må derfor forventes en vis usikkerhed ift. de antagede fremtidige dybdeforhold.

Dog er det vurderet, at de hydrauliske forhold ikke er udpræget følsomme overfor mindre og lokale ændringer af dybdeforholdene (jf. bilag 2). For at sikre, at det nye kompensationsareal i videst muligt omfang opnår tilsvarende dybdeforhold og dynamik, som området der inddrages til vejudvidelsen anbefales det, at der efter etableringen foretages løbende inspektioner og eventuelle justeringer.

Det vurderes samtidig som rimeligt at antage, at de nuværende dybdeforhold ved Hellstranda repræsenterer et gennemsnitligt niveau, hvor der i forvejen forekommer en vi naturlig variation.

7.2 Modelresultater og vurdering af indvirkning fra Kompensationstiltag B

Som nævnt i afsnit 5.1.3 består Kompensationstiltag B i en "reetablering" af det oprindelige udløb for Stjørdalselva nord for Hellstranda og Trondheim Lufthavn. Kompensationstiltag B indeholder dermed en lukning af det nuværende udløb, underføring af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavns landingsbane samt udløb nord for Trondheim Lufthavn ved Stjørdal Bådforening (jf. situationen i 1955 se afsnit 2). Underføringen af Stjørdalselva under Trondheim Lufthavns start- og landingsbane forudsættes at svare til et fuldt gennemstrømningstværsnit, dvs. hvor landingsbanen ved lufthavnen reetableres via en bro-løsning over Stjørdalselva.

Hensigten er så vidt muligt at genskabe de historiske hydrauliske forhold nord for Trondheim Lufthavn fra før forlængelsen af landingsbanen og dermed omlægningen af udløbet. Kompensationstiltag B vil dog ikke medføre identiske forhold, som i perioden før etableringen af Trondheim Lufthavn, da andre tiltag, herunder molerne ved Stjørdal Bådforening og landopfyldninger medfører ændret gennemstrømningstværsnit.

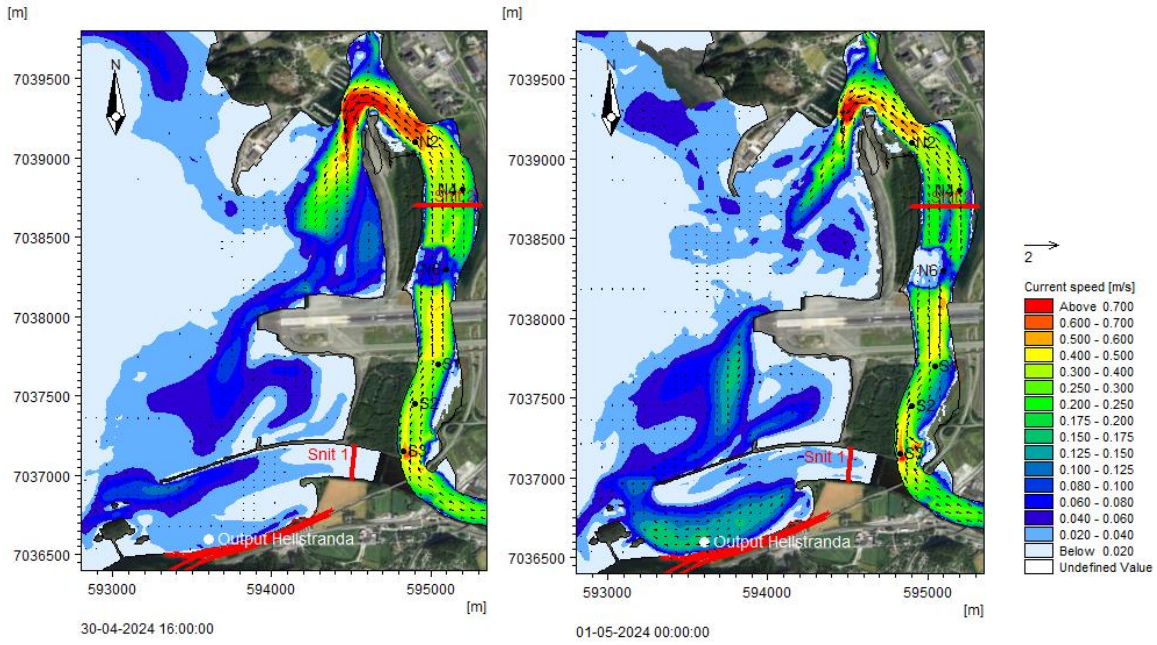
I forbindelse med den gennemførte modellering kendes hverken nuværende eller tidligere dybdeforhold i områderne nord for Trondheim Lufthavn, hvilket giver anledning til en vis usikkerhed af de opnåede resultater. Desuden må forventes, at en omlægning af Stjørdalselva's udløb vil ændre dybdeforholdene indtil en ny "ligevægt", som passer med de ændrede strømforhold, har ind stillet sig. Efterfølgende må forventes naturlige variationer, som følge af fx vekslende vandføring i Stjørdalselva. Da forudsatte vanddybder i modellen har en stor betydning for de modellerede strømhastigheder og vandstande er der således en signifikant usikkerhed forbundet med disse modelresultaterne for dette kompensationstiltag.

Indvirkning fra Kompensationstiltag B på lokale strøm- og vandstandsforhold samt temperatur- og salinitetsforhold vurderes i det følgende. Indvirkningerne vurderes med udgangspunkt i relative sammenligninger ift. nuværende forhold ved Hellstranda – dog uden at forsøge identiske forhold.

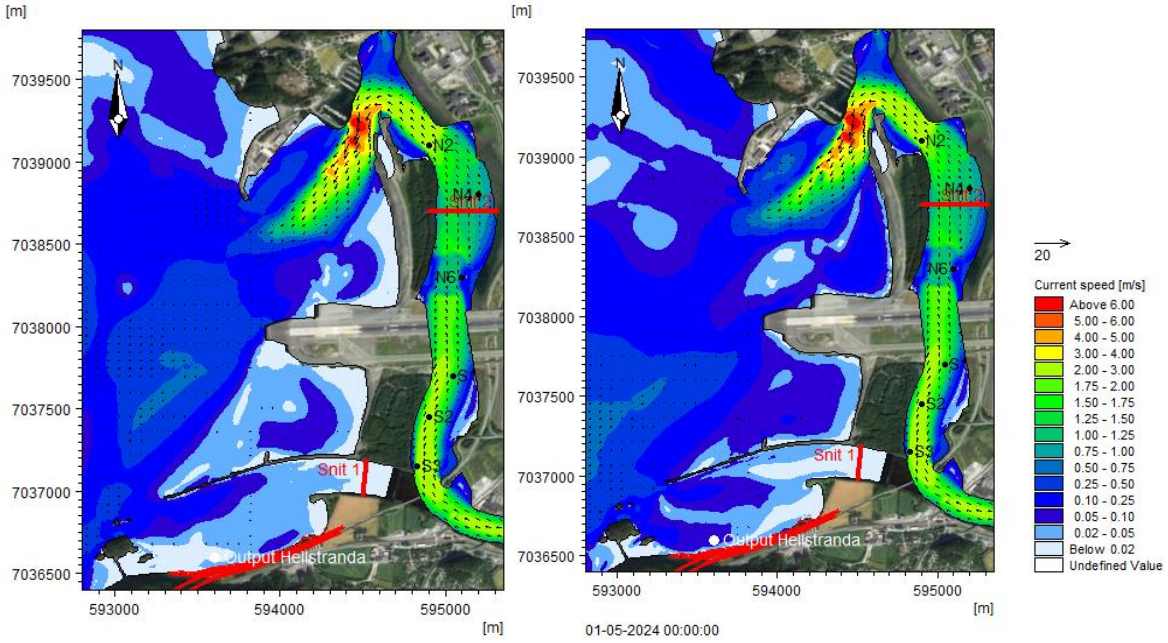
7.2.1 Indvirkning på lokale strøm- og vandstandsforhold

Dybdemidlede strømforhold for en normal sommerhændelse med en vandføring i Stjørdalselva på 84 m^3/s er vist i figur 7-12 og for en ekstrem flom på figur 7-13 til et tidspunkt med hhv. aftagende og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden. Som det fremgår af figurerne, haves der en stor geografisk variation i strømhastigheder med en relativt høj hastighed i Stjørdalselva's primære løb. Sammenlignet med de nuværende forhold ses en signifikant reduktion af strømhastighederne i Hellstranda-området.

Confidential

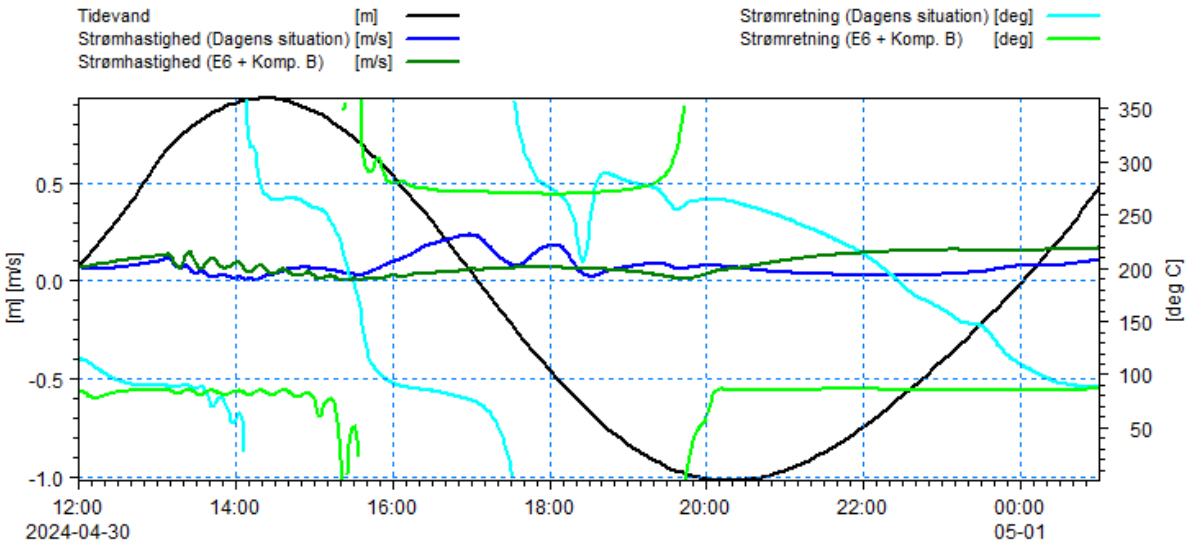


Figur 7-12: Dybdemidlede strømforhold for et scenarie med Kompensationstiltag B for en normal sommer vandføring i Stjørdalselva, til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (*venstre*) og stigende vandstand (højre). Baggrundsfoto er fra (Google Earth, 2024)



Figur 7-13: Dybdemidlede strømforhold for et scenarie med Kompensationstiltag B for en flom-vandføring i Stjørdalselva (returperiode på ca. 200 år) til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (*venstre*) og stigende vandstand (*højre*). Baggrundsbillede fra (Google Earth, 2024)

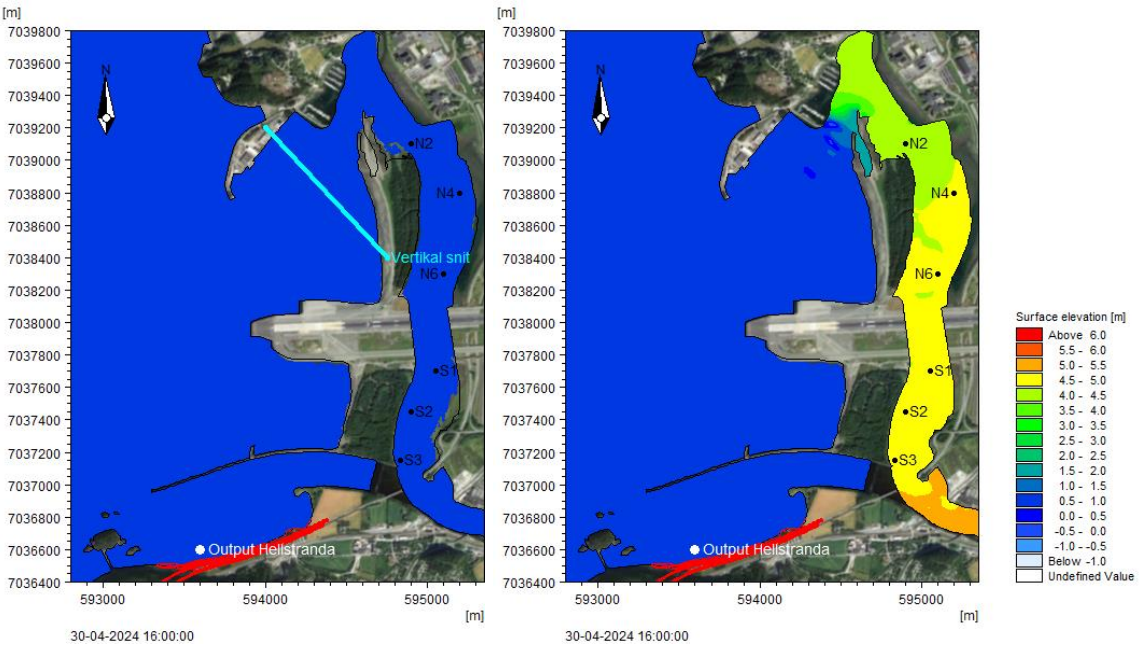
I et punkt ud for kysten, hvor E6 skal retableres, er strømforholdene for hhv. nuværende forhold og Komp. B vist på figur 7-14. Heraf fremgår det, at strømforholdene stadig vil være dynamiske indenfor en tidevandsperiode, men at både strømhastigheden og -retningen generelt ændres som følge af at Stjørdalselva ikke har udløb ved Hellstranda.



Figur 7-14: Tidsserieplot af strømforhold i et punkt ud for kysten, hvor E6 skal udbygges for hhv. nuværende forhold (Dagens situation) og Komp. B, hvor det nuværende udløb fra Stjørdalselva lukkes og det oprindelige udløb reetableres. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

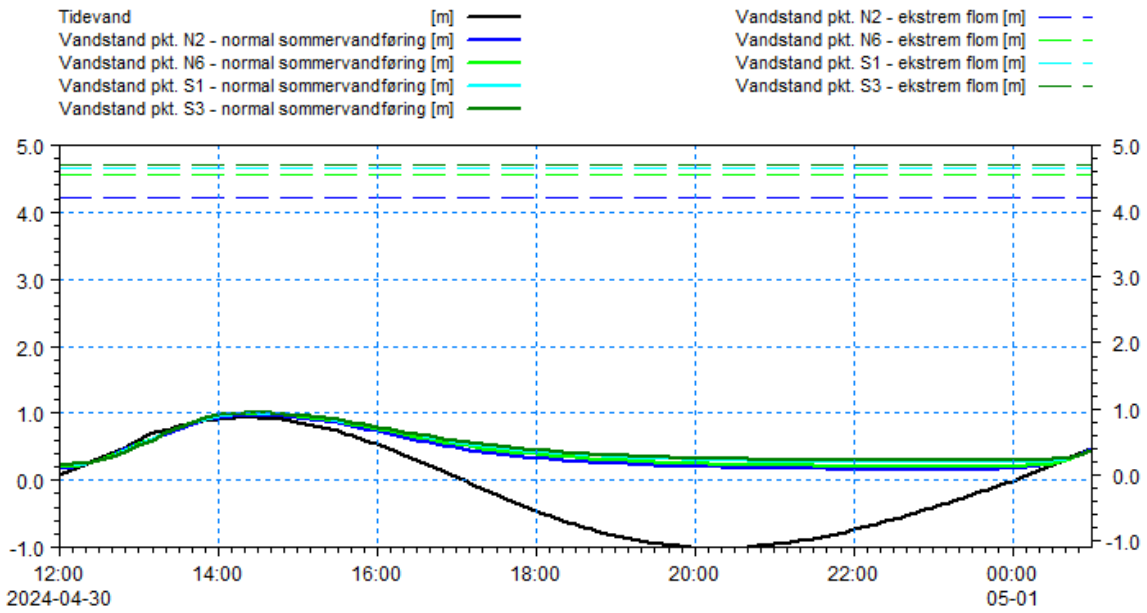
Et øjebliksbillede af vandstandsniveauet er vist i figur 7-15 for hhv. normal vandføring i Stjørdalselva samt under ekstrem flom. Heraf fremgår det, at der under ekstrem flom forekommer en signifikant forøgelse af vandstanden til mere end 4 m NN2000 i svinget ved den eksisterende lavvandstærskel samt i området ved Trondheim Lufthavn.

Det skal bemærkes, at modellen ikke inkluderer effekten af oversvømmelse af evt. lavtliggende områder. Hvis der er sådanne områder vil de oversvømmes og vandstanden vil således potentielt reduceres. Det må dog forventes, at det ikke kan tolereres, at bebyggede arealer oversvømmes, hvormed Kompensationstiltag B sandsynligvis vil nødvendiggøre en forøgelse af topkoten for kantbeskyttelsen til Stjørdalselva.



Figur 7-15: Vandstandsforhold for et scenarie med Kompensationstiltag B for en normal sommer vandføring i Stjørdalselva (*venstre*) og ekstrem vandføring i Stjørdalselva (*højre*). Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

Tidsserieplot af vandstanden i udvalgte punkter markeret i figur 7-15 er vist i figur 7-16.
Af tidsserierne fremgår det, at vandstanden i den oprindelige del af elvudløbet er relativ høj, med den laveste vandstand nærmest udløbet til Trondheimfjorden.

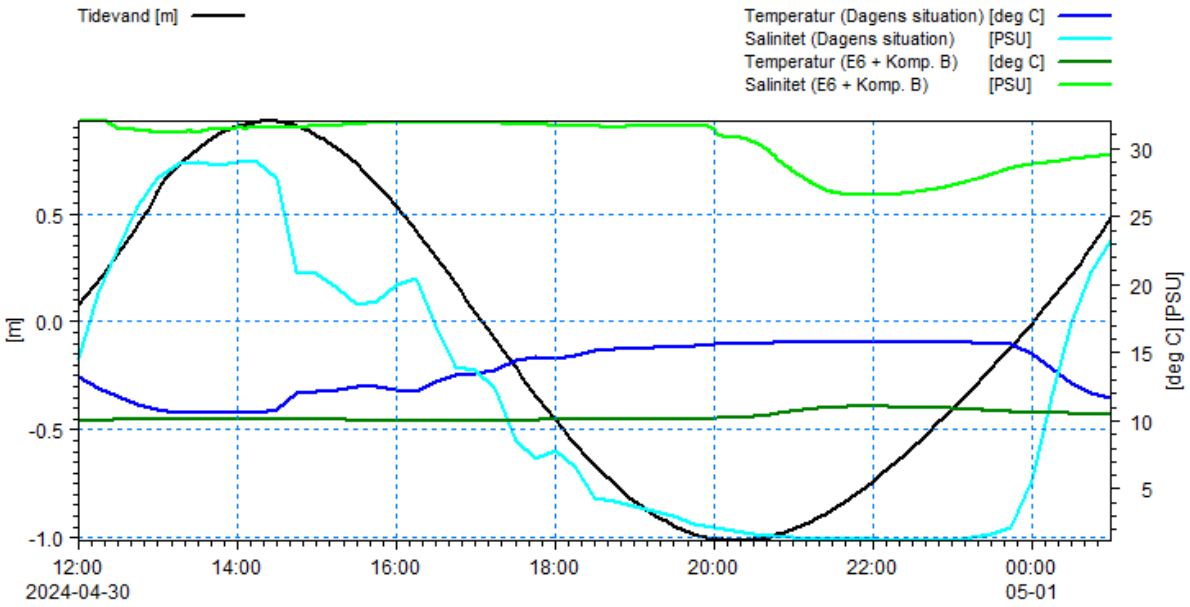


Figur 7-16: Tidsserieplot af vandstandsvariationen i Stjørdalselva i forskellige punkter angivet i figur 7-15 for normal sommervandføring og ekstrem flom svarende til en 200 års hændelse. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.2.2 Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold

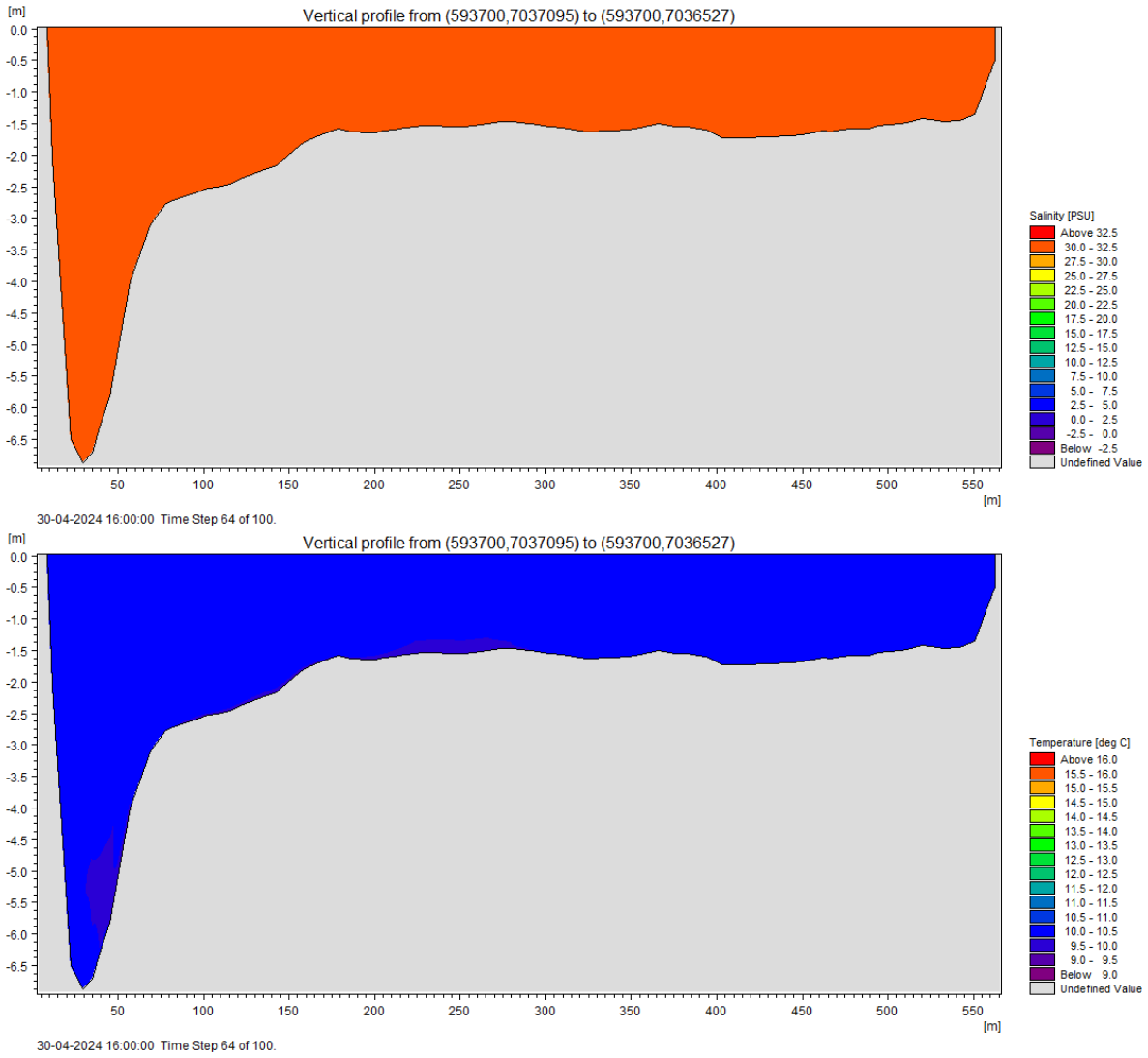
Figur 7-17 viser den tidsmæssige variation indenfor en tidevandsperiode i hhv. temperatur og salinitet for Kompensationstiltag B i et punkt ud for kysten, hvor udbygningen af E6 etableres (se placering af punktet på figur 7-12). Som det fremgår af figuren vil temperaturen og saliniteten i Hellstranda-området ændres signifikant ift. nuværende forhold, da de primært vil være præget af de marine forhold i Trondheimfjorden, da der ikke direkte tilføres ferskvand fra Stjørdalselva. Variationen gennemvandsøjlen til et tidspunkt med aftagende vandstand er vist på figur 7-18.

Confidential



Figur 7-17: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur for scenariet med Kompensationstiltag B indenfor en normal tidevandsperiode i et punkt ved Hellstranda ud for kysten hvor E6 udbygges. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, samt et typisk salinitetsniveau i Trondheim fjorden på 32 PSU og 6°C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

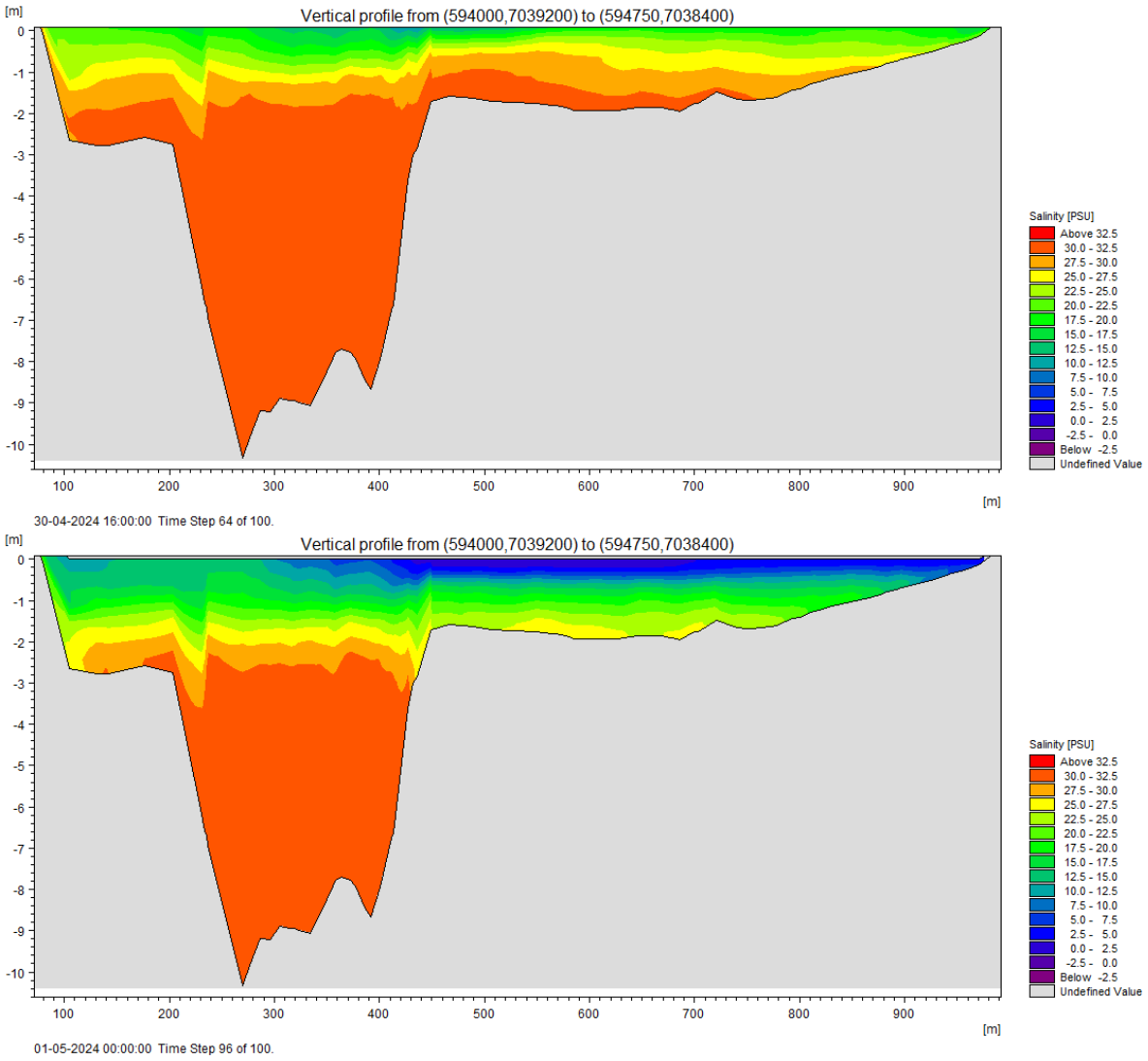
Confidential



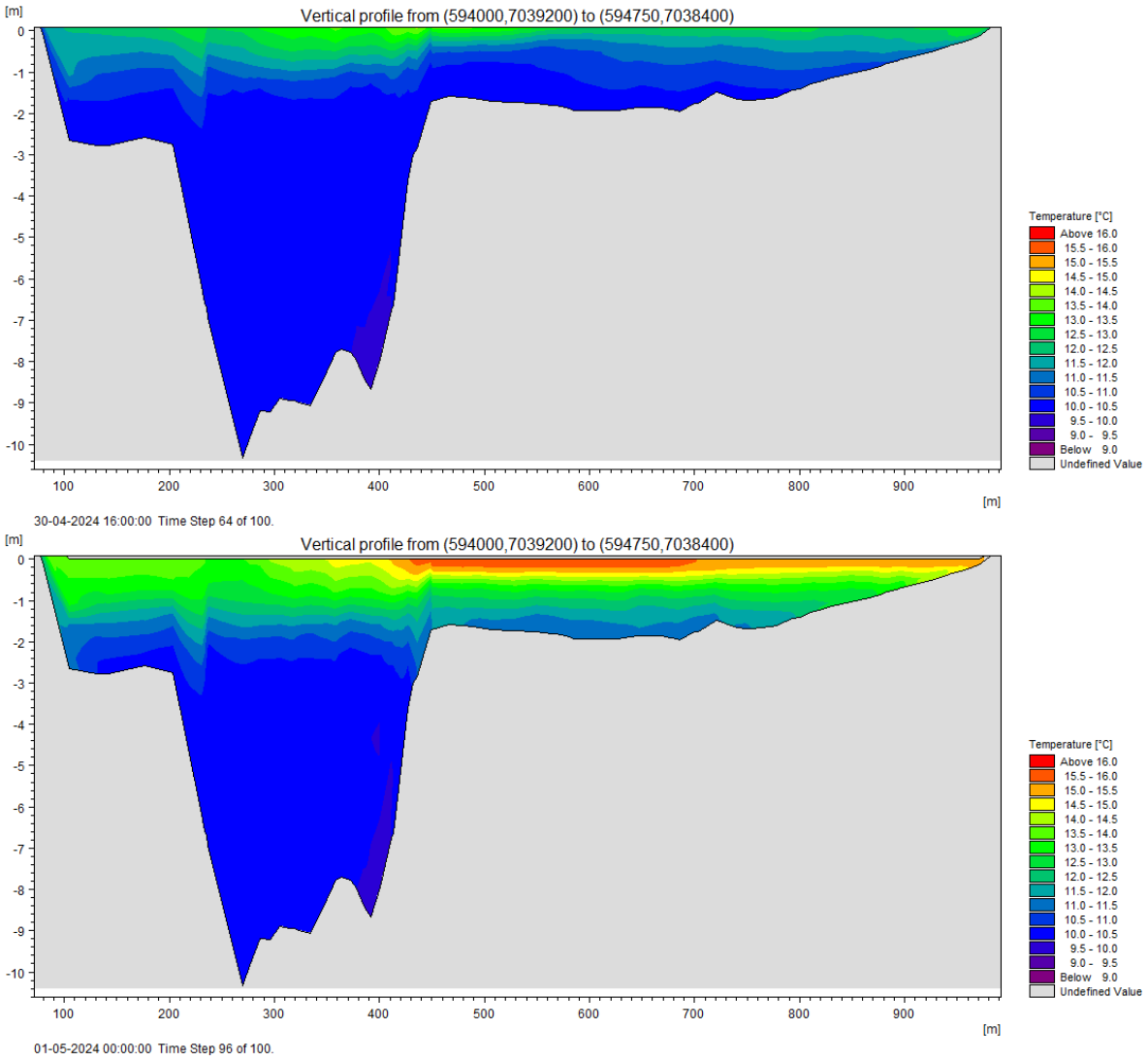
Figur 7-18: Vertikalt snit for fordeling af salinitet (øverst) og vandtemperatur (nederst) igennem vandsøjlen for Komp. B langs det viste snit i figur 7-4 til kl. 16:00 – svarende til aftagende vandstand.

Vertikale snit, der viser variationen af hhv. salinitet og temperatur gennem vandsøjlen i området efter Stjørdalselva's udløb for Kompensationstiltag B til et tidspunkt med aftagende vandstand i Trondheimfjorden (kl. 16:00) og tiltagende vandstand (kl 00:00) er vist på figur 7-19 og figur 7-20. Placeringen af det vertikale snit ses på figur 7-15.

De vertikale snit viser, at der forekommer en vis lagdeling, hvor forholdene i den dybe rende er domineret af mere marine forhold, mens de øvre lag er præget af det ferske vand fra Gråelva og Stjørdalselva. Forholdene ned gennem vandsøjlen er dynamiske, hvilket betyder, at de varierer både med vandstanden i Trondheimfjorden og vandføringen i Stjørdalselva. Ved flomsituationer er den vertikale opblanding øget og påvirkningen fra Stjørdalselva signifikant større sammenlignet med mere normale tidevandsdominerede forhold. Vertikale snit af denne situation er ikke vist her.

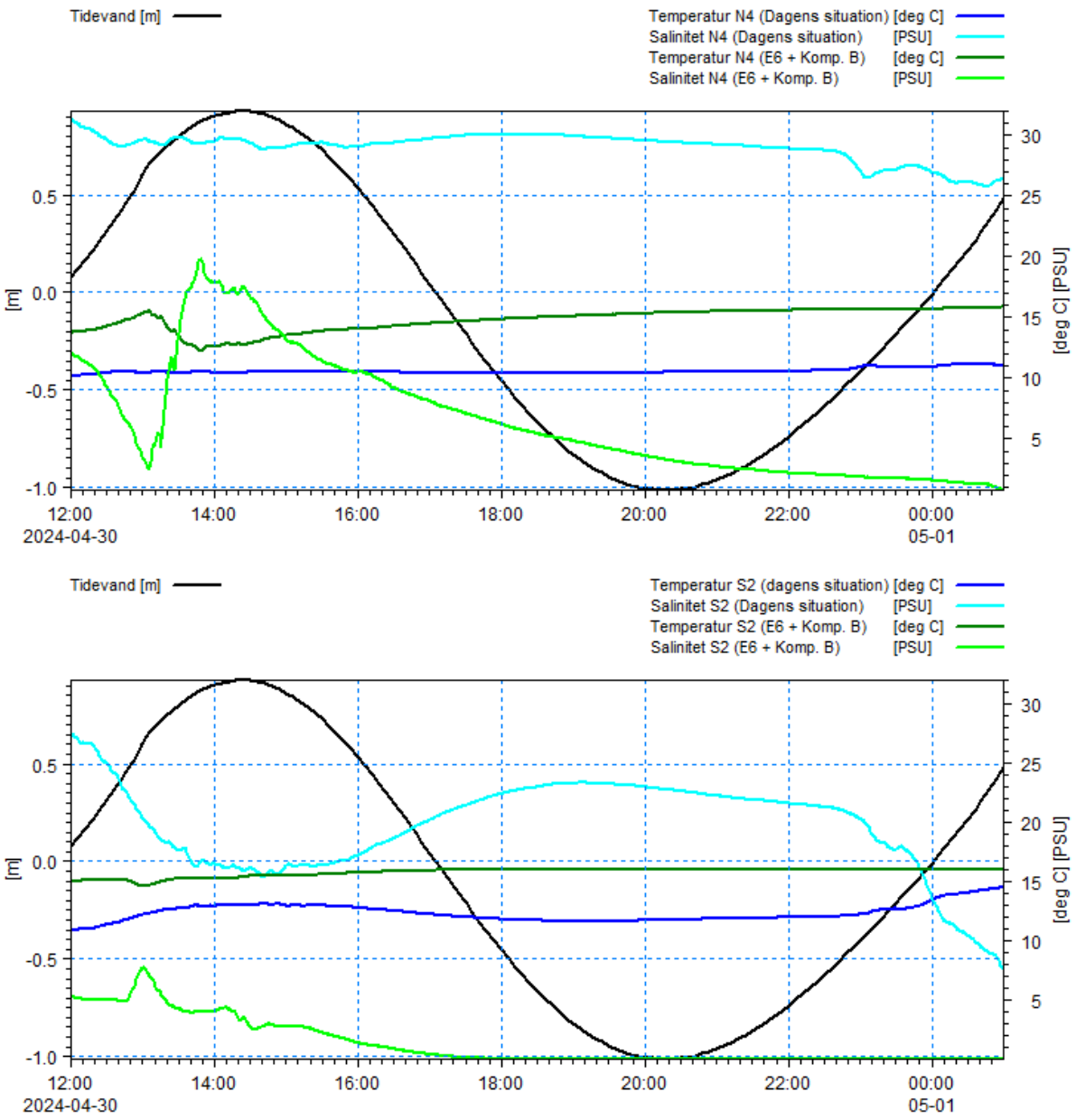


Figur 7-19: Vertikale snit for fordeling af salinitet igennem vandsøjlen for den fremtidige situation inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag B langs det viste snit i figur 7-15 kl. 16:00 (*øverst*) – og kl. 00:00 (*nederst*) - svarende til hhv. aftagende og tiltagende vandstand i Trondheimfjorden.



Figur 7-20: Vertikale snit for fordeling af vandtemperatur igennem vandsøjlen for den fremtidige situation inkl. påvirkningen fra udbygning af E6 samt Kompensationstiltag B langs det viste snit i figur 7-15 kl. 16:00 (*øverst*) – og kl. 00:00 (*nederst*) - svarende til lav strømhastighed ved Hellstranda.

Figur 7-21 viser den tidsmæssige variation i vandtemperatur og salinitet for Kompensationstiltag B i den gamle del af elv-udløbet hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn. Som det fremgår af figuren vil temperatur- og salinitetsforholdene ændres signifikant i den nordlige del af det oprindelige udløb, hvor forholdene går fra at være domineret af de marine forhold i Trondheimfjorden med høj salinitet, til at være domineret af forholdene i Stjørdalselva. I det gamle elvudløb syd for Trondheim Lufthavn ændres forholdene ligeledes, da de i dag er relativt varierende, idet der i perioder sker en indtrængning af marint vand til i fremtiden alene at være domineret af Stjørdalselva's ferske vand.



Figur 7-21: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur for hhv. nuværende forhold samt Kompensationstiltag B indenfor en normal tidevandsperiode i den gamle del af elv-udløbet hhv. nord for Trondheim Lufthavn (*øverst*) og syd for Trondheim Lufthavn (*nederst*). Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU og 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.2.3 Opsummering – indvirkning fra Kompensationstiltag B

Kompensationstiltag B indebærer, i sammenligning til Kompensationstiltag A, en væsentlig indgriben i de nuværende hydrauliske forhold ved Hellstranda, idet det nuværende udløb af Stjørdalselva omlægges til det gamle udløb, hvormed Hellstranda ikke direkte tilføres ferskvand. Til trods for at Kompensationstiltag B i princippet er en reetablering af det oprindelige forløb af Stjørdalselva, har området igennem årene udviklet sig (herunder etablering af Stjørdal bådforening samt landudfyldning jf. afsnit 2), hvilket medfører at en reetablering af det gamle elvudløb vil ikke medføre en 1:1 reetablering af de historiske hydrauliske forhold.

Confidential

Modelberegningerne er gennemført baseret på en forudsætning om de nuværende dybdeforhold. Disse kendes ikke i alle dele af det gamle elv-udløb og de vil også ændres som følge af den øgede vandføring, der vil opstå ved en omlægning. Den manglende viden omkring både de nuværende dybdeforhold, de oprindelige dybdeforhold samt den naturlige dynamik gør, at det er svært på forhånd at modellere de lokale hydrauliske forhold, som opstår efter en reetablering.

Det nye udløbsområde for Stjørdalselva ved Stjørdal bådforening og på vestsiden af Langøra nord vil i nogle områder formentlig opleve lignende hydrauliske forhold, som dem der i dag forekommer ved Hellstranda med stor dynamik i strøm-, temperatur- og salinitetsforhold, herunder lagdeling. Usikkerheden om de aktuelle forhold, som kan opstå efter etablering af Kompensationstiltag B og en ny tilpasset ligevægt har indstillet sig, er dog forventeligt langt højere sammenlignet med Kompensationstiltag A ved Hellstranda idet der må forventes store justeringer af dybdeforholdene grundet de signifikante ændringer i vandføring og strømhastigheder. Desuden må forventes en større bølgepåvirkning og dermed indtrængen af marint vand ved Langøra nord idet der ikke forekommer en dækmole.

Etablering af Kompensationstiltag B vil forventelig medføre et behov for etablering af en væsentlig højvandssikring/flomsikring samt erosionssikring for at beskyttelse områder mod høje strømhastigheder. Desuden kan der opstå behov for løbende oprensning ved Stjørdalselva bådforening som følge af ændrede dybde- og sedimenttransportforhold.

En reetablering af Stjørdalselva's udløb medfører også at landingsbanen for Trondheim Lufthavn skal etableres som en bro-løsning, så der et er fuldt gennemstrømningstværsnit under.

7.3 Modelresultater og vurdering af effekt af tiltag for øget vandudskiftning nord for Trondheim Lufthavn

For de nuværende forhold er det undersøgt om der kan etableres tiltag for at øge vandudskiftningen i den oprindelige del af Stjørdalselva's udløb nord for Trondheim Lufthavn. Tiltagene, der er benævnt hhv. Tiltag C1 og Tiltag C2 er beskrevet i afsnit 5.1.4 og resultaterne i afsnit 6.3 og 6.4.

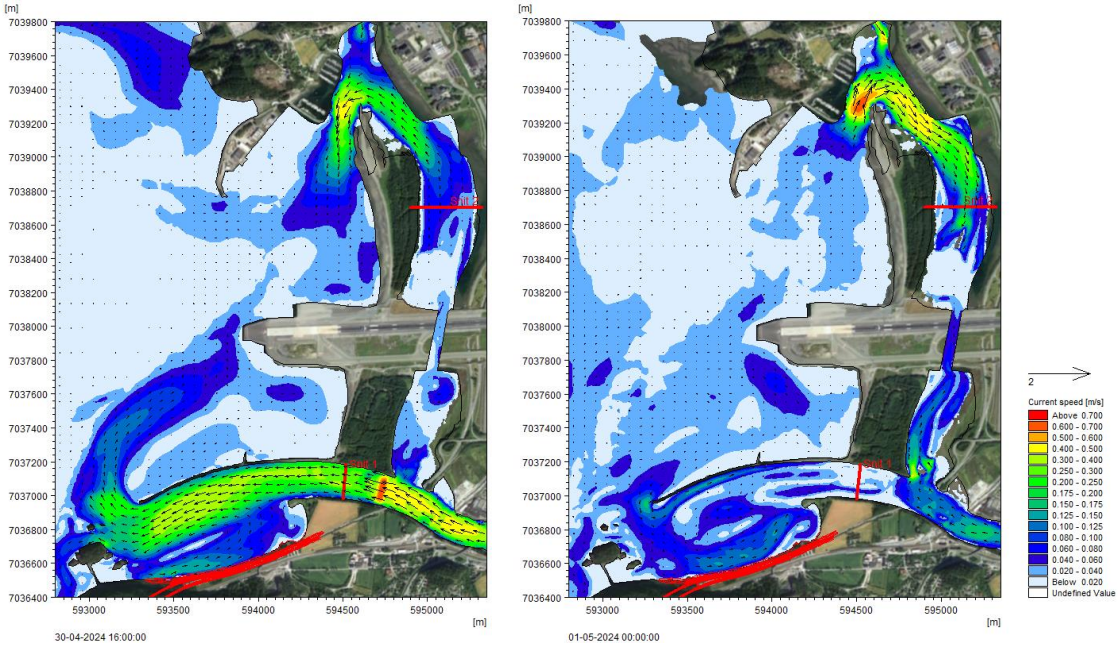
Med henblik på at vurdere, om de fremtidige forhold – inkl. udvidelsen af E6 + Kompensationstiltag A – har betydning for effekten af en kulvertløsning, der muliggør vandudveksling mellem det gamle elv-udløb nord og syd og for Trondheim Lufthavn, er der gennemført en supplerende modelberegning. Beregningen omfatter kombinationen af E6-udvidelsen inkl. Kompensationstiltag A og Tiltag C1 (varianten med 3 rør).

Der er ikke udført tilsvarende modellering for Tiltag C2, da dette tiltag ikke involverer ændringer i Hellstranda-området. Resultaterne i dette afsnit vurderes relativt til resultaterne i afsnit 6.3.

7.3.1 Indvirkning på lokale strømforhold

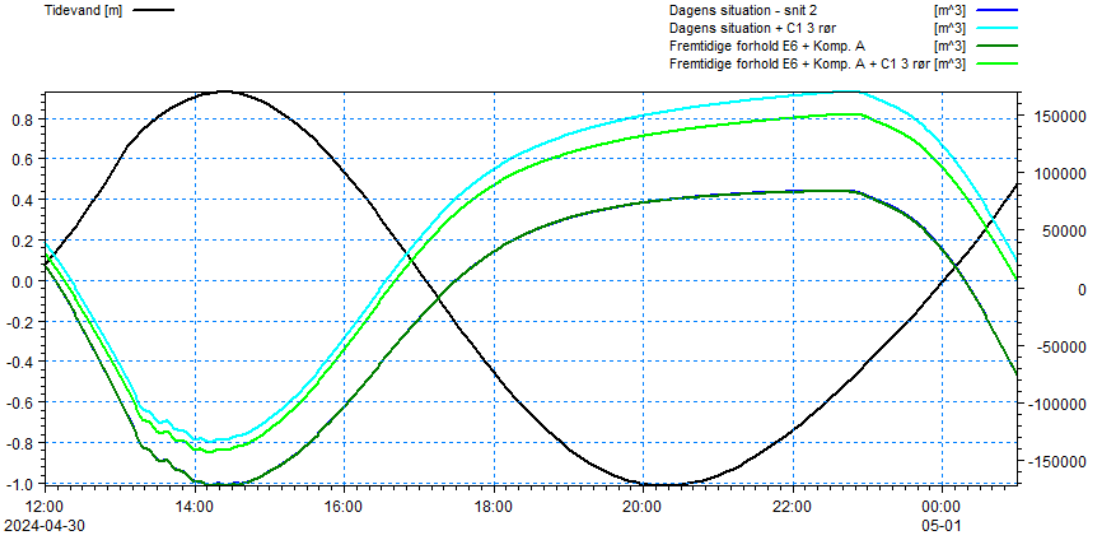
Øjebliksbilleder af de lokale strømforhold nord og syd for Trondheim Lufthavn for de fremtidige forhold med udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A og Tiltag C1 er vist i figur 7-22 for scenariet med hhv. aftagende og tiltagende tidevand i Trondheimfjorden. Begge eksempler er vist for scenariet med en kulvert med i alt 3 åbninger.

Ved sammenligning med figur 6-4 samt figur 6-5 for nuværende forhold samt lignende modelresultater for Kompensationstiltag A i figur 7-1 og figur 7-2, kan det konstateres at etableringen af en kulvert med mulighed for vandudveksling under landingsbanen kun medfører en meget begrænset påvirkning af de lokale strømforhold ved Hellstranda for de aktuelle øjebliksekseempler.



Figur 7-22: Variation af strømhastighed i området ved Hellstranda samt nord for lufthavnen efter etablering af E6, Kompensationstiltag A og Tiltag C1 for et tidspunkt (kl. 16:00) med aftagende tidevand i Trondheimfjorden (*venstre*) og til kl. 00, hvor der er tiltagende vandstand (*højre*). Vandføringen i Stjørdalselva for det pågældende scenarie svarer til en typisk sommer. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024).

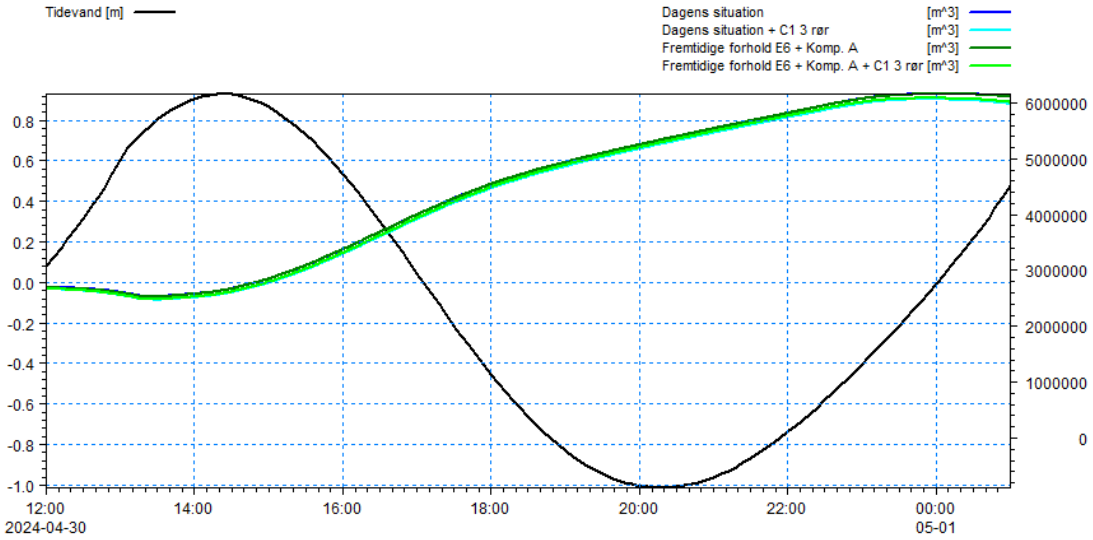
En tidsserie af vandføringen nord for Trondheim Lufthavn (snit 2) for de nuværende forhold med og uden Tiltag C1 samt for de fremtidige forhold med udbygningen af E6 inkl. Komp A med og uden Tiltag C1 (3 åbninger) er vist i figur 7-23. Heraf fremgår det, at Tiltag C1 også under fremtidige forhold med udbygningen af E6 + Komp. A vil medfører øget vandføring gennem snit 2. Effekten vurderes dog at være påvirket af de faktiske dybdeforhold og dermed den tilhørende modstand for strømmen.



Figur 7-23: Tidsserie for vandføring gennem "Snit 2" nord for Trondheim Lufthavn jf. figur 7-22 for Tiltag C1 med 3 åbninger i kulverten for hhv. nuværende forhold (dagens situation) med og uden Tiltag C1 samt de fremtidige forhold med udbygning af E6 + Komp. A med og uden Tiltag C1. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Positivt fortegn indikerer nordgående vandføring. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Confidential

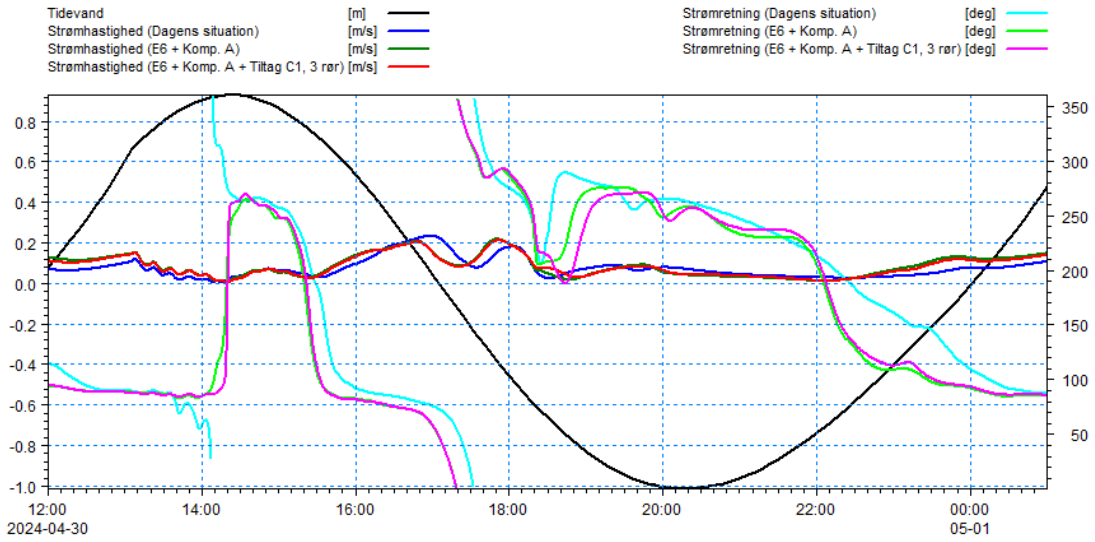
En tidsserie af vandføringen ved eksisterende udløb for Stjørdalselva fremgår af figur 7-24 (snit 1). Af figuren kan det ses, at implementeringen af en kulvert under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn kun har en relativt begrænset effekt på vandføringen ved Hellstranda, maksimal akkumuleret vandføring reduceres < 2%.



Figur 7-24: Tidsserie for vandføring gennem Snit 1 ved Stjørdalselva's udløb jf. figur 7-22 for Tiltag C1 med 3 åbninger i kulverten for hhv. nuværende forhold (dagens situation) med og uden Tiltag C1 samt de fremtidige forhold med udbygning af E6 + Komp. A med og uden Tiltag C1. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Positivt fortegn indikerer nordgående vandføring. Vertikalreference for vandstand er NN2000

En sammenligning af tidsserier for dybdemidlet strømhastighed og -retning igennem en normal tidevandsperiode er vist i figur 7-25 umiddelbart ud for den planlagte udbygning fra kysten (output punkt). Som det fremgår af figuren, medfører Tiltag C1 (kulvert med tre åbninger) kun relativt små påvirkninger af de lokale strømforhold. Påvirkningerne skal desuden ses i lyset af dels den i forvejen relativt store dynamik i de lokale hydrodynamiske forhold og dels at det punkt, hvor resultaterne sammenlignes, er geografisk placeret samme sted, hvilket medfører, at det ikke har samme afstand til kysten for hhv. nuværende og fremtidige forhold.

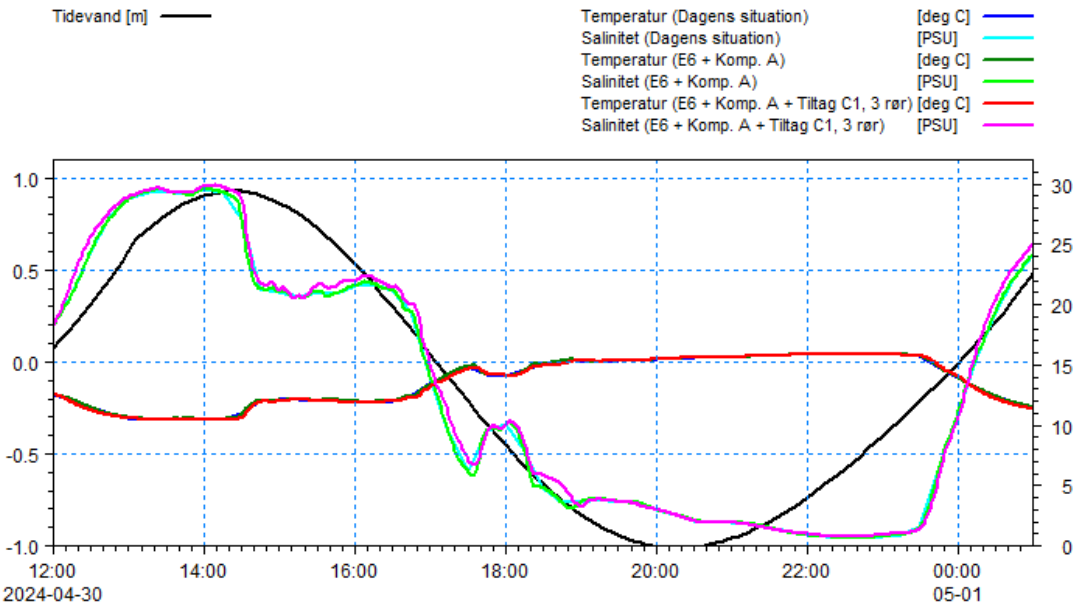
Confidential



Figur 7-25: Tidsserie for variation af vandstand samt strømforhold for nuværende og fremtidige forhold (inkl. udbygning af E6 + Komp. A +Tiltag C1) i et punkt umiddelbart ud for det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode. Strømretning er "gående mod". Output punkt er illustreret i figur 6-4. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.3.2 Indvirkning på lokale salinitets- og temperaturforhold

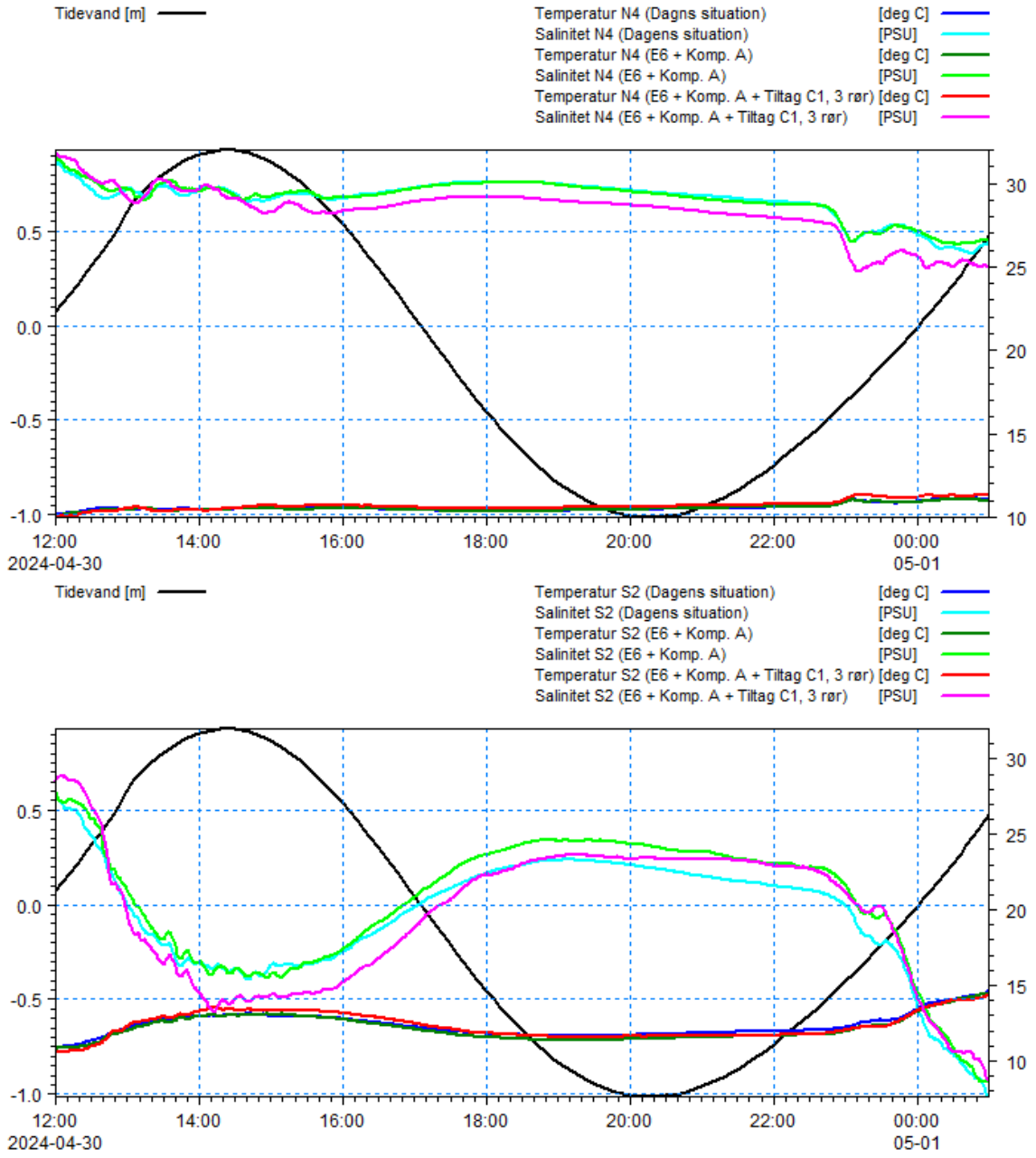
Tidsserier for temperatur og salinitet ved Hellstranda i et punkt ud for E6 udbygningen for hhv. nuværende forhold samt fremtidige forhold med og uden Tiltag C1 er vist i figur 7-26. Som det fremgår af figuren, forekommer der på samme vis som for strømforholdene også for temperatur og salinitet kun en relativt lille påvirkning, som følge af etableringen af en kulvert, der muliggør vandudveksling under Trondheim Lufthavn. Påvirkningen er marginal sammenlignet med den variation, der forekommer under en normal tidevandsperiode og sammenlignet med den variation der forekommer ifm. flom.



Figur 7-26: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur under nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6, Kompensationstiltag A samt Tiltag C1) i løbet af en normal tidevandsperiode i et punkt umiddelbart udfor det planlagte udfyldningsområde ved E6. Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med

Stjørdalselva samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Vertikalreference for vandstand er NN2000.

Tidsserier for variation i vandtemperatur og salinitet i området hhv. nord og syd for Trondheim Lufthavn for hhv. nuværende og fremtidige forhold er vist i figur 7-27. Som det fremgår af figurerne påvirkes saliniteten og temperaturen ved en kulvert-løsning, hvilket indikerer, at der sker en udveksling af vand mellem områderne. I det gamle elv-udløb nord for Trondheim sker der et fald i saliniteten, hvilket skyldes at der tilføres ferskvand fra det gamle elv-udløb syd for.



Figur 7-27: Tidsserie for variation af salinitet og vandtemperatur i et punkt i det gamle elv-udløb nord (øverst) og syd (nederst) for Trondheim Lufthavn under under nuværende- og fremtidige forhold (inkl. E6 samt Kompensationstiltag A og med/uden Tiltag C1, 3 rør). Tidsserien er repræsentativ for et scenarie med normal vandføring i Stjørdalselva svarende til en sommerperiode, 6˚C koldere vand i Trondheimfjorden sammenlignet med Stjørdalselva, samt et typisk salinitetsniveau i Trondheimfjorden på 32 PSU. Baggrundskort fra (Google Earth, 2024). Vertikalreference for vandstand er NN2000.

7.3.3 Opsummering – indvirkning fra Tiltag C1

Tiltag C1 har til formål at forbedre de marine forhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn ved at øge vandudskiftningen. For de nuværende forhold, blev det i afsnit 6.5 konkluderet, at en kulvertløsning med rørføringer, som muliggør vandudveksling mellem områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn, har en positiv effekt på vandudskiftningen. For fremtidige forhold – herunder udvidelsen af E6 og Kompensationstiltag A – vurderes Tiltag C1 at have samme effekt.

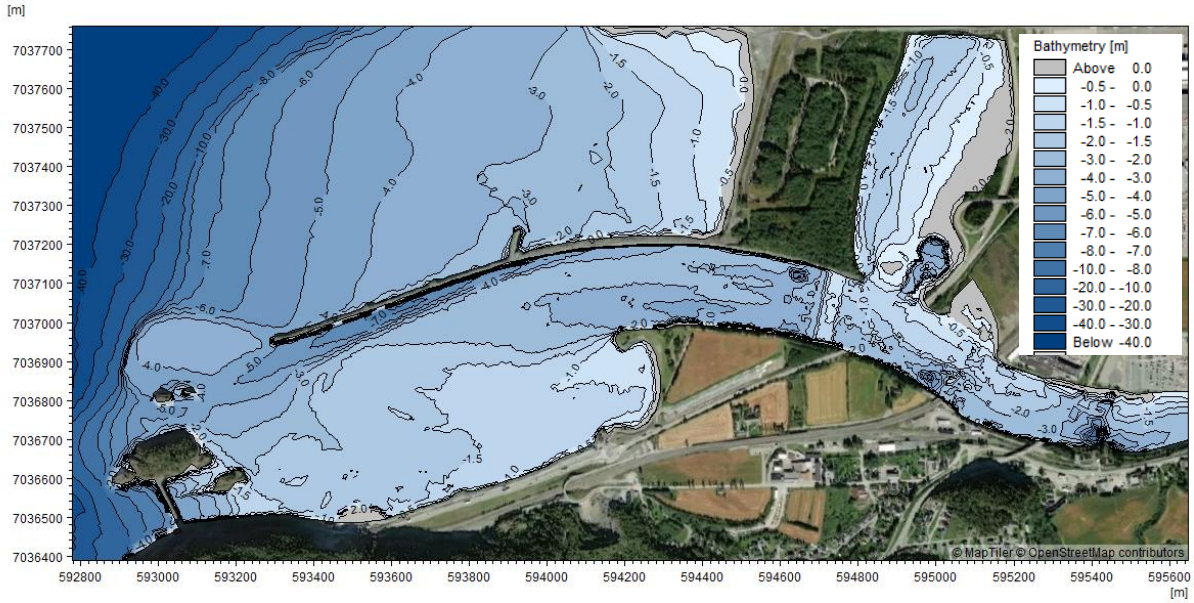
Effekten vurderes dog at afhænge af både den konkrete udformning af løsningen, herunder antal og placering af rør, samt de aktuelle dybdeforhold. Der må desuden forventes behov for periodisk oprensning ved både ind- og udløb for at opretholde funktionaliteten.

Det anbefales, at der gennemføres mere detaljerede vurderinger med henblik på at optimere løsningen, baseret på et signifikant mere oplyst grundlag. Dette bør omfatte kortlægning af faktiske og sæsonmæssige variationer i vandføringen i Gråelva samt faktiske og sæsonmæssige variationer i dybdeforholdene nord og syd for Trondheim Lufthavn samt en vurdering af den generelle udvikling af dybdeforholdene i området ift. vedligeholdsvurderinger.

8. Sedimentation og erosion

Området ved Hellstranda er, som tidligere nævnt, præget af vekslende dybdeforhold, med en markant dyb rende ud langs dækmolen og et lavvandet plateau i området ud for kysten, hvor E6 planlægges udbygget. Dette fremgår af gengivelsen af figur 4-7 på figur 8-1, der er baseret på seneste datagrundlag ift. dybdeforhold i Hellstranda-området.

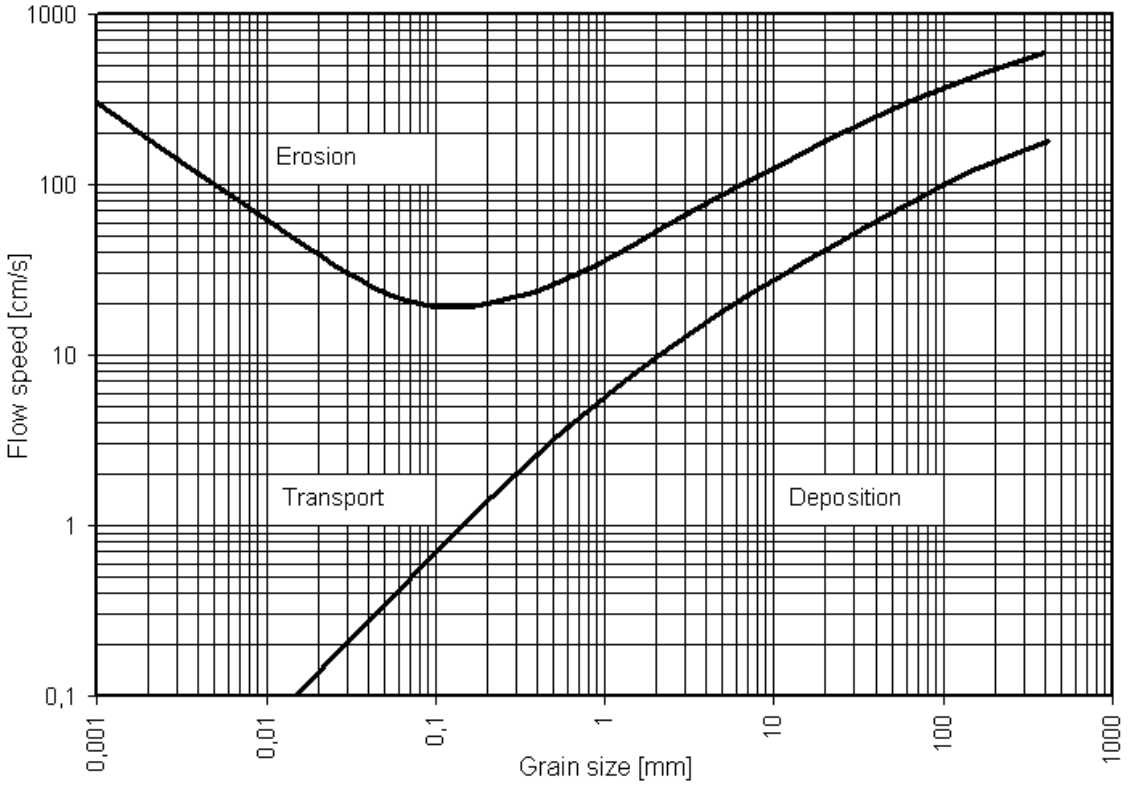
Der foreligger desværre ikke historiske dybdemålinger, som kan danne grundlag for en kortlægning af den historiske udvikling eller af de naturlige variationer i dybdeforholdene ved Hellstranda. Den overordnede vurdering er dog, at dybdeforholdene har ændret sig over tid, primært som følge af flytningen af Stjørdalselva's udløb samt etableringen af dækmolen. Derudover vurderes, at der er en vis årlig variation i dybderne, som følge af skiftende vandføring i Stjørdalselva og deraf påvirkning af strømforholdene i Hellstranda-området.



Figur 8-1: Forudsatte vanddybder i modellen af de nuværende forhold lokalt ved Hellstranda. Baggrundsfoto er fra (DHI, 2025).

8.1 Teoretisk sammenhæng mellem sedimenttransport og kornstørrelse

Sedimenttransport samt sedimentations- og erosionsområder hænger i høj grad sammen med kombinationen af strømforhold og de aktuelle karakteristika for bundsedimenterne, se teoretisk sammenhæng mellem strømhastigheder og kornstørrelsesfordelingen ift. om bundsedimenter bringen i suspension (eroderes), transporteres eller aflejres på figur 8-2. Heraf fremgår det, at for en kornstørrelse på fx d=0,07 mm kræves en strømhastighed på ca. 20 cm/s til for at sedimentet eroderes og bringes i suspension og transporteres, mens strømhastigheden skal under ca. 0,5 cm/s før sedimenter, der er bragt i suspension, aflejres. For sandfraktionen, kornstørrelse > 0,06 mm ses, at jo grovere sedimenter er des højere strømhastigheder kræves for at løsrive sedimenterne.



Figur 8-2: Hjulströms diagram, der viser den teoretiske sammenhæng mellem (dybdemidlede) strømhastighed og kornstørrelse ift. erosion, transport og sedimentation. (Hjulström, 1935)

8.2 Formål og metode

Erosion og transport af sedimenter forekommer generelt, når sedimenternes friktionshastighed overskrides, hvorved materialet bringes i suspension og transporteres med strømmen, indtil strømhastighederne aftager og sedimenterne aflejres. Hellstranda-området er dels eksponeret for transport og evt. aflejring af sedimenter, som er ført til med Stjørdalselva og dels som følge af de lokale strømforhold.

De nuværende dybdeforhold i området vurderes, at være tilpasset de strømhastigheder, der forekommer ifm. Stjørdalsleva's udløb og den beskyttelse dækmolen giver ift. fx bølgeeksponering. Ændringer i disse forhold – eksempelvis under flom, hvor strømhastighederne kan stige markant – kan føre til øget sedimenttransport og dermed periodevis ændrede dybdeforhold.

En udbygning af E6 samt en flytning af dækmolen vil kunne påvirke sedimenttransporten, hvis de medfører ændringer i de lokale strømforhold. Den overordnede vurdering af de fremtidige forhold inkl. Kompensationstiltag A er dog, at der sker en parallelforskydning af det nuværende vandområde svarende til det areal, som udbygningen inddrager. Hvilket betyder, at det vurderes, at den samlede påvirkning af strømforholdene og dermed af sedimenttransporten og påvirkninger af dybdeforhold vil værende marginale jf. afsnit 7.1.

En udbygning af E6 kombineret med Kompensationstiltag B vurderes i modsat fald at ændre signifikant på de nuværende dybdeforhold. Ændringen af udløbet fra Stjørdalselva til det oprindelige udløb, vil sandsynligvis medføre, at der vil ske en fordybning af områderne nord og syd for Trondheim Lufthavn, som følge af den højere vandføring og højere strømhastigheder. Modsat vil området ved Hellstranda blive mere roligt.

Dette afsnit indeholder en indledningsvis vurdering af de overordnede sedimenttransportforhold i Hellstranda-området og en vurdering af påvirkningen af sedimentation og erosion ved en udbygning af E6 inkl. Kompensationstiltag A. Vurderingen er baseret på det foreliggende datagrundlag samt på udvalgte supplerende sedimenttransport beregninger.

Formålet er at etablere et grundlag til at vurdere om der kan forventes væsentlige ændringer i sedimenttransportforholdene grundet de tiltag, der påtænkes gennemført ifm. Kompensationstiltag A for at sikre de marinbiologiske forhold ved Hellstranda.

8.3 Datagrundlag

Sedimenttransporten i området ved Hellstranda består overordnet af to bidrag:

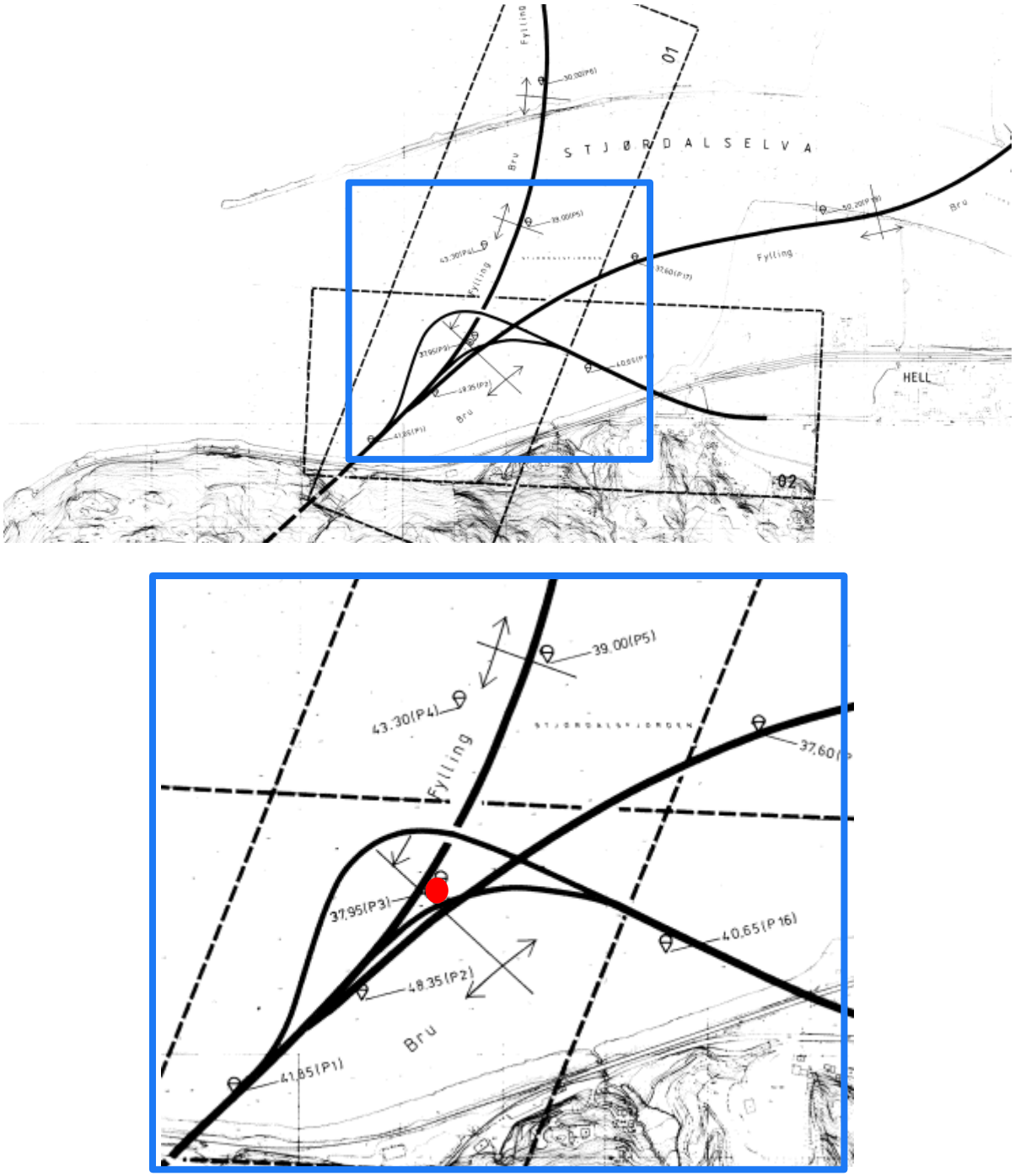
- Tilførsel af sedimenter fra Stjørdalselva
- Sedimenttransport af de øvre bundlag, som følge af de lokale strømforhold

Ændringer af disse to bidrag kan medføre en ændring af sedimentationen og dermed dybdeforholdene i Hellstranda.

Der har til nærværende projekt ikke været oplysninger om hverken sedimenttransportraterne eller kornstørrelsesfordelingen af materialer, der tilføres fra Stjørdalselva. Udbygningen af E6 vil dog ikke påvirke dette forhold og der er derfor gennemført vurderinger baseret på antagelser herom.

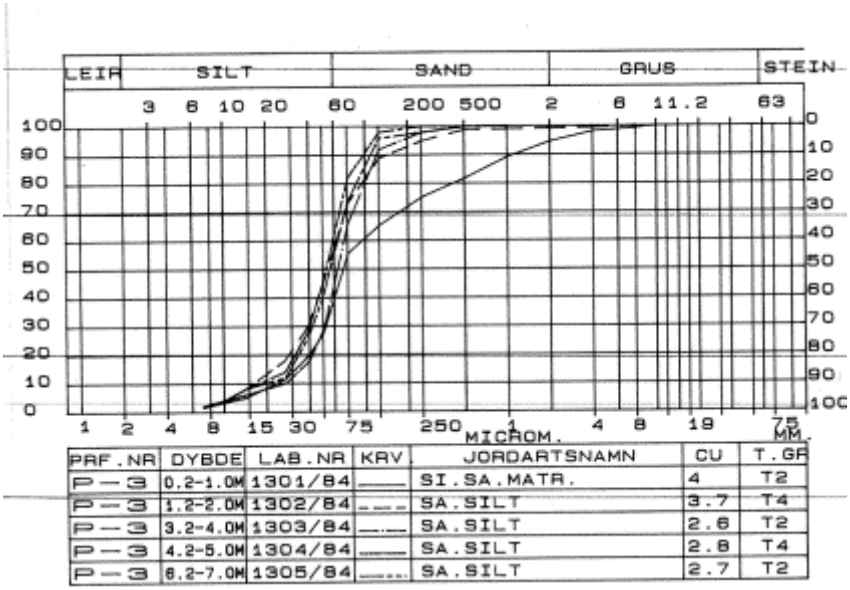
Det øvre bundlag i Hellstranda-området forventes overvejende at bestå af sand. I forbindelse med et projekt omkring linjeføringen af E6 fra 1984 blev der gennemført geotekniske undersøgelser, hvoraf der for udvalgte boringer blev gennemført en analyse af kornstørrelsesfordelingen. Oversigt over de geotekniske undersøgelsessteder i Hellstranda-området ifm. omtalte projekt er vist på figur 8-3.

Confidential



Figur 8-3: Udsnit af oversigtskort af gennemførte geotekniske undersøgelser ifm. udredning af alternative linjeføringer for E6 fra 1984. Rød markering viser den geoteknisk prøvelokalitet, hvor der er gennemført kornstørrelsesfordelings-analyse indenfor dækmolen. (Nord-Trøndelag, 1984)

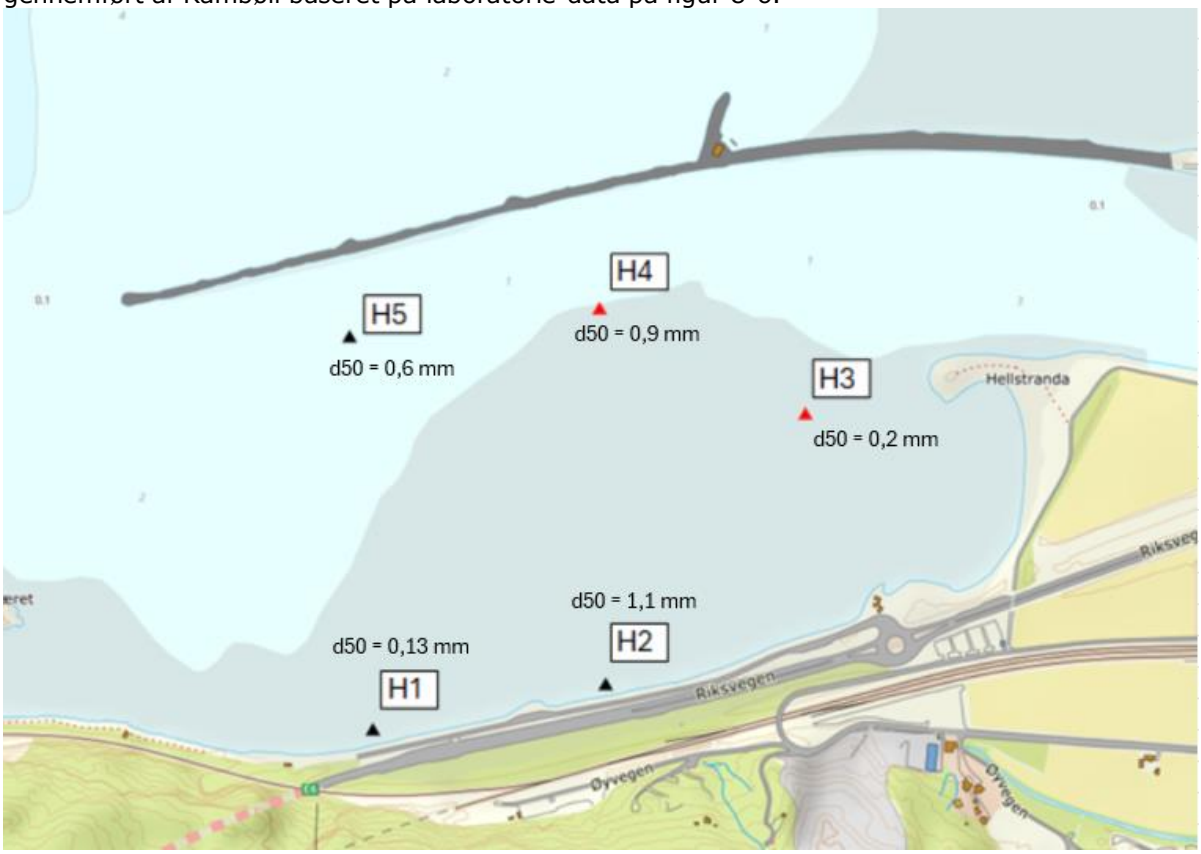
Kornkurver for de øvre lag i P3, der er beliggende i det lavvandede område mellem dækmolen og kysten i Hellstranda, er gengivet på figur 8-4, heraf fremgår det, at middelkornstørrelsen, d_{50} ~ 0,070 mm, hvilket er karakteriseret som meget fint sand.



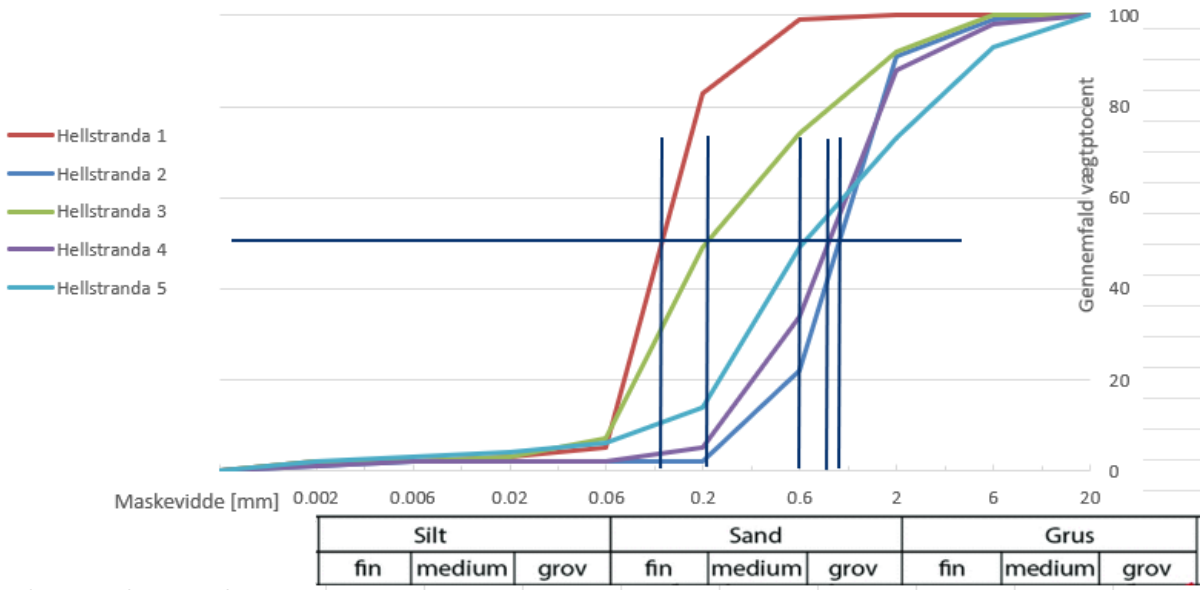
PRF.NR	DYBDE	LAB.NR	KRV	JORDARTSNAMN	CU	T.GR
P—3	0.2-1.0M	1301/84		SI.SA.MATR.	4	T2
P—3	1.2-2.0M	1302/84		SA.SILT	3.7	T4
P—3	3.2-4.0M	1303/84		SA.SILT	2.6	T2
P—3	4.2-5.0M	1304/84		SA.SILT	2.8	T4
P—3	6.2-7.0M	1305/84		SA.SILT	2.7	T2

Figur 8-4: Kornkurve for de øvre jordlag i P3. (Nord-Trøndelag, 1984)

I april 2025 blev der indhentet supplerende overfladeprøver i området mellem dækmolen og kysten, se placering for prøve-tagningen på figur 8-5. Efterfølgende blev der gennemført en sigteanalyse for hver af de indhentede prøver, se den indledningsvise kornstørrelsesfordeling gennemført af Rambøll baseret på laboratorie-data på figur 8-6.



Figur 8-5: Markering af områder, hvor der er indhentet overfladeprøver af bundmaterialet.



Figur 8-6: Indledningsvis Rambøll behandling af laboratoriedata.

Sigteanalyserne bekræfter, at området ved Hellstranda er domineret af et øvre lag bestående af sand med varierende kornstørrelse, i prøverne fra den fine til den grove fraktion.

Det vurderes, at der forekommer en vis årlig variation i kornstørrelsen i det øvre lag grunden de sæsonmæssige variationer. I foråret, umiddelbart efter flom, vurderes det, at området kan være præget af grovere overfladesedimenter. Dette skyldes, at øget vandføring i Stjørdalselva medfører højere strømhastigheder i Hellstanda-området, hvilket resulterer i resuspension og transport af de finere sedimenter. Herefter kan der ske en aflejring af finere materialer, hvormed toplaget i sensommeren og efteråret kan have et øget indhold af fint materiale. Prøver taget i april måned kan være repræsentative for perioden efter/under flom med lidt grovere sedimenter, jf. statistiske data for vandføringen i Stjørdalselva jf. figur 3-3.

Geotekniske undersøgelser gennemført ifm. nærværende projekt viser, at kornstørrelsen af de øvre sedimenter på den nordlige side af dækmolen har en middelkornstørrelse på d_{50} = 0,4 – 0,85 mm. Det område er eksponeret for bølgepåvirkning mv. og forholdene kan ikke sammenlignes med de nuværende forhold ved Hellstranda.

8.4 Modelberegninger

Der er ikke et tilstrækkeligt grundlag til at gennemføre en kalibrering og validering af den anvendte model, hverken ift. de hydrauliske forhold, som nævnt i afsnit 4 eller ift. sedimenttransportberegninger. Sedimenttransportberegningerne er derfor, som de hydrauliske beregninger, gennemført for udvalgte scenarier/forudsætninger for modellen af hhv. nuværende forhold og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og Komp. A, hvorefter ændringer relativt ift. de nuværende forhold er beskrevet.

Det skal bemærkes at sedimenttransportberegninger er særdeles følsomme over for variationer i kornstørrelsen og strømhastighederne. Transportforholdene er bestemt under forudsætning af, at der er tilstrækkeligt sand tilgængelig.

Confidential

8.4.1 Undersøgte sedimenttransport scenarier

Med det formål at vurdere tendenser ift. sedimentations- og erosionsområder samt følsomheder overfor variationer i input er modelberegningerne kørt for flere variationer af forudsætningerne for sedimenttransportberegningerne:

- Transport i Hellstranda-området;
  - Varierende kornstørrelse i Hellstranda-området, udvalgte i indeværende afsnit;
    - d_{50} = 0,07 – 0,15 mm for det lavvandede område
    - d_{50} = 0,20 – 0,60 mm for den dybe rende langs dækmolen
  - Konstant kornstørrelse i Hellstranda-området, d_{50} = 0,2 mm – se bilag 5
  - Konstant kornstørrelse i Hellstranda-området, d_{50} = 0,6 mm – se bilag 5
- Transport i Stjørdalselva
  - Sedimentkoncentration = 20 mg/l
  - Sedimentkoncentration = 200 mg/l

samt for følgende hydrauliske scenarier:

- Normal sommer vandføring i Stjørdalselva (ca. 84 m^3/s)
- Årlig hændelse ift. vandføring i Stjørdalselva (ca. 600 m^3/s)

Sedimenttransportberegningerne er generelt begrænset til kun at give mulighed for erosion inde i Hellstranda-området og umiddelbart udenfor vest for åbningen, dvs. området fra Billedholmen mod nord til området med sandpuden og ind mod dækmolens molehoved. Det betyder, at selv om strømhastighederne evt. i områder i Trondheimfjorden eller i Stjørdalselva overstiger den kritiske hastighed for erosion, så er det ikke indeholdt i modelberegningerne – dette er valgt idet forholdene her ikke påvirkes af udvidelsen af E6 inkl. Kompensationstiltag A.

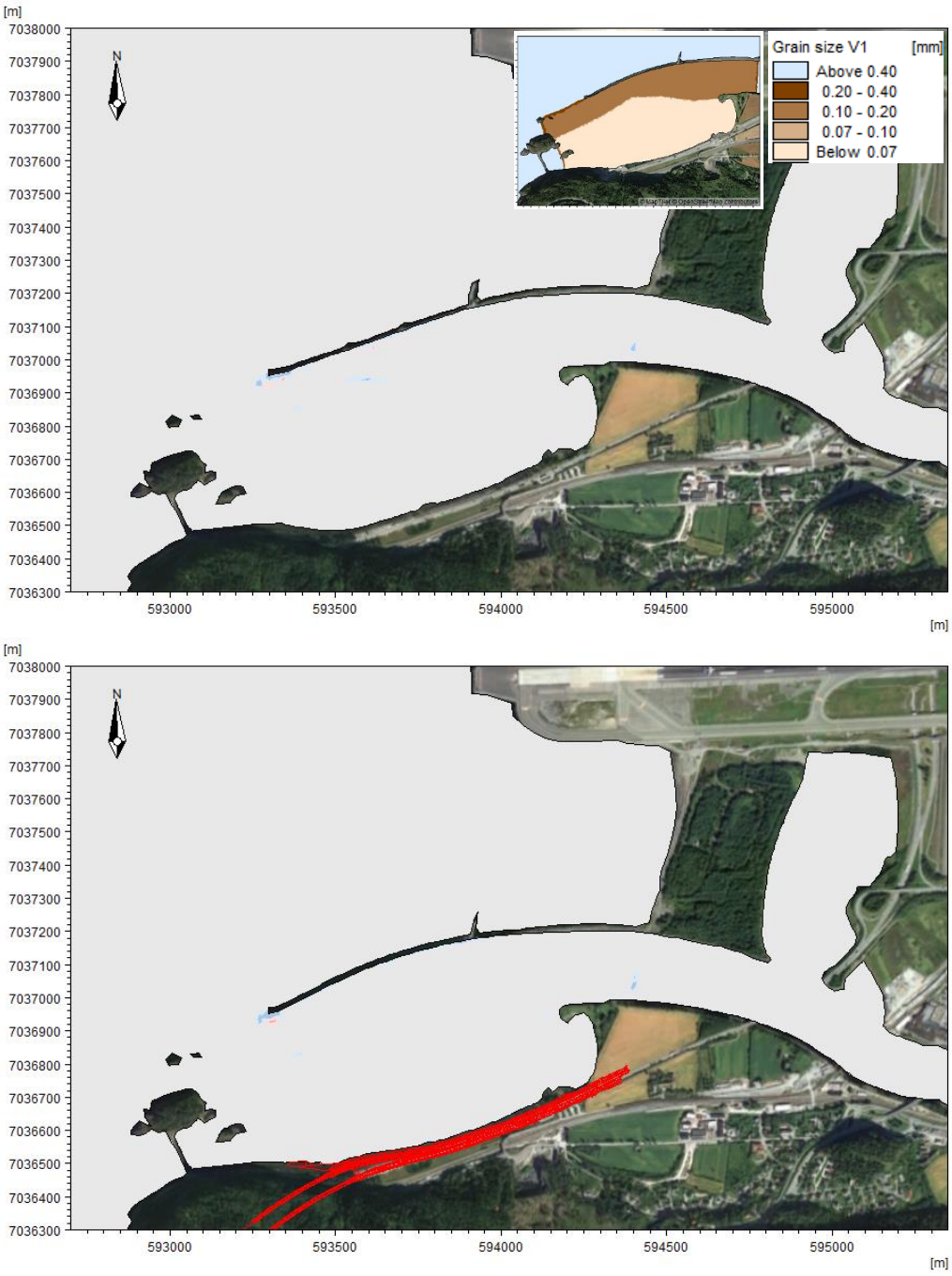
8.5 Resultater

Resultater fra modelberegninger af sedimenttransporten i Hellstranda præsenteres i form af areal-kort, der viser sedimentations- og erosionsområder for de udvalgte model-scenarier, der er gennemført simuleringer for. Idet modelberegningerne alene er gennemført for en kort tidsmæssig periode og for enkelte hydrodynamiske scenarier viser resultaterne ikke fx årlige bundændringer, men alene områder, der under de givne forhold er præget af enten erosion eller sedimentation. Af samme årsag er der ikke vist en skala for de beregnede bundændringer – dog oplyses, at der anvendes samme skala på alle figurer, hvormed de kan sammenlignes indbyrdes ift. områdernes placering og farvens intensitet.

Resultaterne vist i dette afsnit er alle for samme kornstørrelsesfordeling. Resultater for konstant kornstørrelse er vist i bilag 5.

8.5.1 Sedimenttransport under normal sommervandføring i Stjørdalselva

Betragtes strømhastighederne præsenteret i afsnit 6 og 7 samt den teoretiske sammenhæng mellem strømhastighed, sedimenttransport og kornstørrelse er den overordnede vurdering, at det lavvandede område ifm. sommervandføring i Stjørdalselva generelt er godt beskyttet mod erosion. Dette bekræftes af sedimenttransportsimuleringerne for hhv. nuværende og fremtidige forhold (inkl. udbygningen af E6 og Komp. A), se figur 8-7, der viser bundændringen efter en simuleringsperiode på 25 timer, svarende til to tidevadsperioder. Modelberegningerne er gennemført for et scenarie med varierende kornstørrelser, med d_{50} = 0,07 mm i det lavvandede plateau og d_{50} = 0,2 mm i den dybe rende langs dækmolen, se anvendt kornstørrelsesfordeling for de aktuelle scenarier i øverste højre hjørne. Overgangen mellem området med d_{50} = 0,07 mm og d_{50} = 0,2 mm er omtrentlig det samme ift. dybdeforholdene for hhv. nuværende og fremtidige forhold, hvilket er i tråd med kompensationstiltag A, hvor der er forudsat en "parallelforskydning" af dybdeforholdene.



Figur 8-7: Bundændring for modellen, der repræsenterer nuværende forhold (*øverst*) og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og flytningen af dækmolen (*nederst*). Beregningen er gennemført for to tidevandsperioder og viser bundændringen ved simuleringens slutning. Rød indikerer sedimentation og blå indikerer erosion. Intensiteten af farven indikerer intensiteten af erosionen/sedimentationen. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

Baseret på de forudsatte egenskaber for det øvre lag af bundsedimenter i Hellstranda-området og strømforholdene i den pågældende periode, vil der ikke ske en signifikant sedimenttransport, hverken for nuværende eller fremtidige forhold (inkl. E6 udbygningen og Komp. A) i en periode domineret af normal gennemsnitlig sommervandføring i Stjørdalselva og tidevandsdominerede forhold i Trondheimfjorden.

Confidential

8.5.2 Sedimenttransport ifm. en 1-års vandføring i Stjørdalselva

Bundændringen af hhv. nuværende og fremtidige forhold (inkl. udbygningen af E6 og Komp. A) for et scenarie, hvor vandføringen i Stjørdalselva er 600 m^3/s, hvilket omtrentlig svarer til en årlig hændelse, er vist på figur 8-8. Simuleringsperioden er 25 timer svarende til to tidevandsperioder og der er antaget konstant vandføring i Stjørdalselva i hele perioden. Modelberegningerne er gennemført for et scenarie med varierende kornstørrelser, således at der er antaget d_{50} = 0,07 mm på det lavvandede plateau og d_{50} = 0,2 mm i den dybe rende, se anvendt kornstørrelsesfordeling for det aktuelle scenarier i øverste højre hjørne.

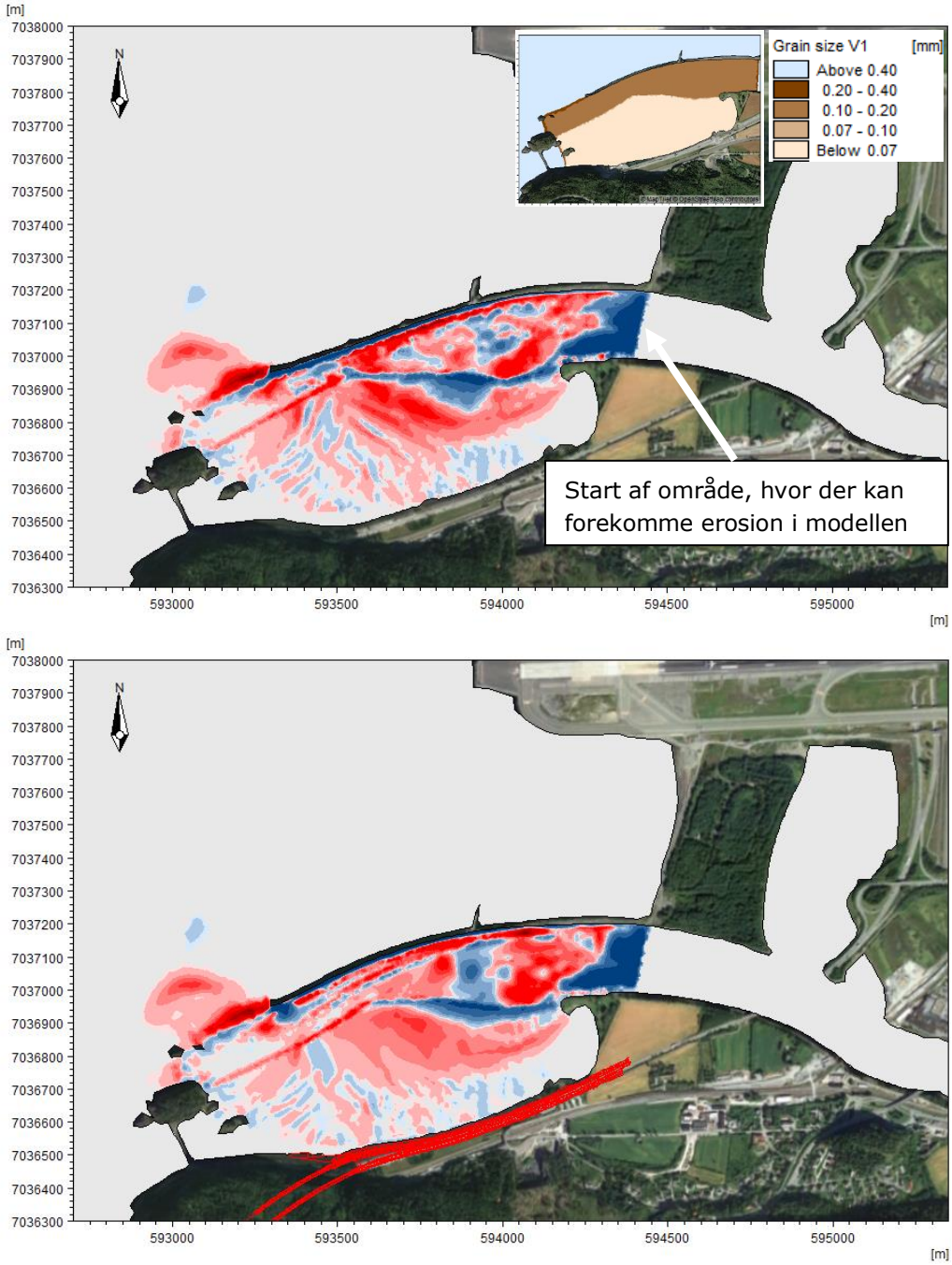
Modelberegningerne viser, at ved en vandføring i Stjørdalselva, der statistisk forekommer en gang om året så vil der ske en væsentlig ændring af dybdeforholdene i Hellstranda-området, baseret på de forudsatte kornstørrelser, sammenlignet med forholdene der repræsenterer normal sommervandføring i Stjørdalselva. Umiddelbart vil sedimenttransportforholdene dog ikke ændres signifikant, som følge af udbygningen af E6 inkl. Komp. A, da bundændringerne for de to modelberegninger viser samme tendenser ift. områder udsat for erosion (blå) og områder udsat for sedimentation (rød).

Strømhastighederne er så høje, at sedimenter med en kornstørrelse på d_{50}=0,2 mm vil blive eroderet i området hvor Stjørdalselva munder ud i Hellstranda-området. Erosion/sedimentation er ikke indeholdt længere opstrøms Stjørdalselva, hvilket forklarer hvorfor der er så skarpt et skifte i bundændringen lige omkring udløbet til Hellstranda.

Det lavvandede område er primært påvirket af sedimentation, men specielt kanten op mod det lavvandede område kan være påvirket af erosion i tilfælde af at sedimenterne er fine i området og strømhastighederne er høje.

Modelberegningerne viser også, at området udenfor dækmolen er et aflejringsområde, hvilket stemmer overens med den sandpude, der er opbygget i området.

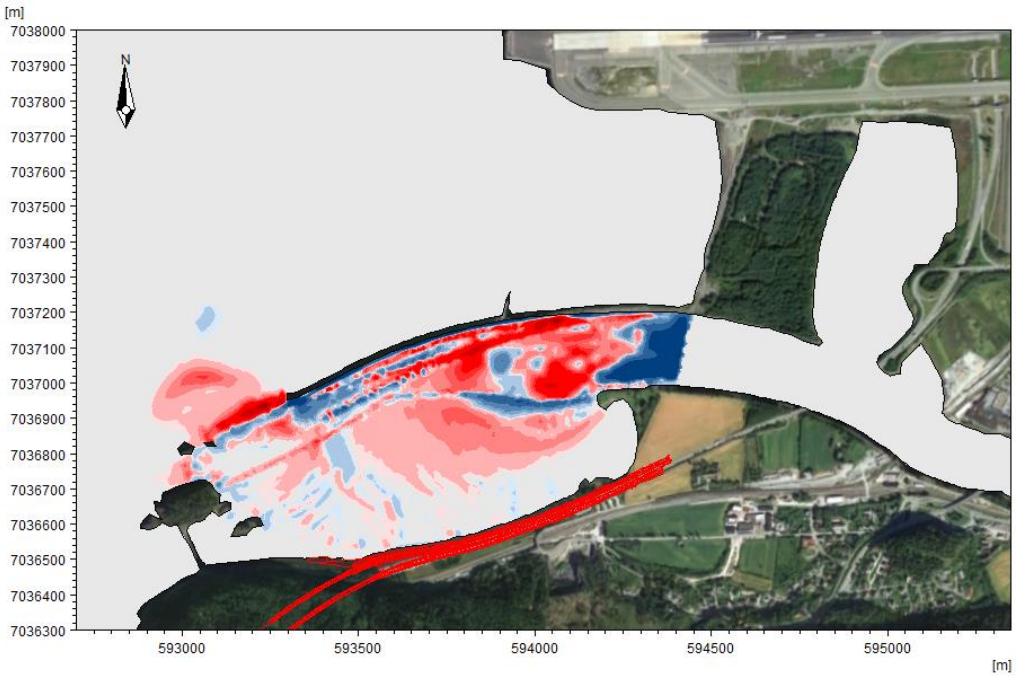
Confidential



Figur 8-8: Bundændring for modellen, der repræsenterer nuværende forhold (*øverst*) og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og flytningen af dækmolen (*nederst*). Beregningen er gennemført for to tidevandsperioder og viser bundændringen ved simuleringens slutning. Rød indikerer sedimentation og blå indikerer erosion. Intensiteten af farven indikerer intensiteten af erosionen/sedimentationen. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

For de samme forudsætninger, men hvor den dybe rende for de fremtidige forhold er ca. dobbelt-bredde, er resultatet af sedimenttransportberegningen vist på figur 8-9. Scenariet er inkluderet for at vurdere robustenden af resultaterne i tilfælde af, at der ikke sker en opfyldning af den nuværende dybe rende som en del af flytningen af dækmolen. Igen viser sedimenttransportberegningerne de samme overordnede tendenser ift. erosion og sedimentation, som for nuværende forhold. Erosionsområderne efter udløbet er lidt mindre, hvilket skyldes reduktionen af strømhastighederne, som følge af den bredere strømrende.

Confidential

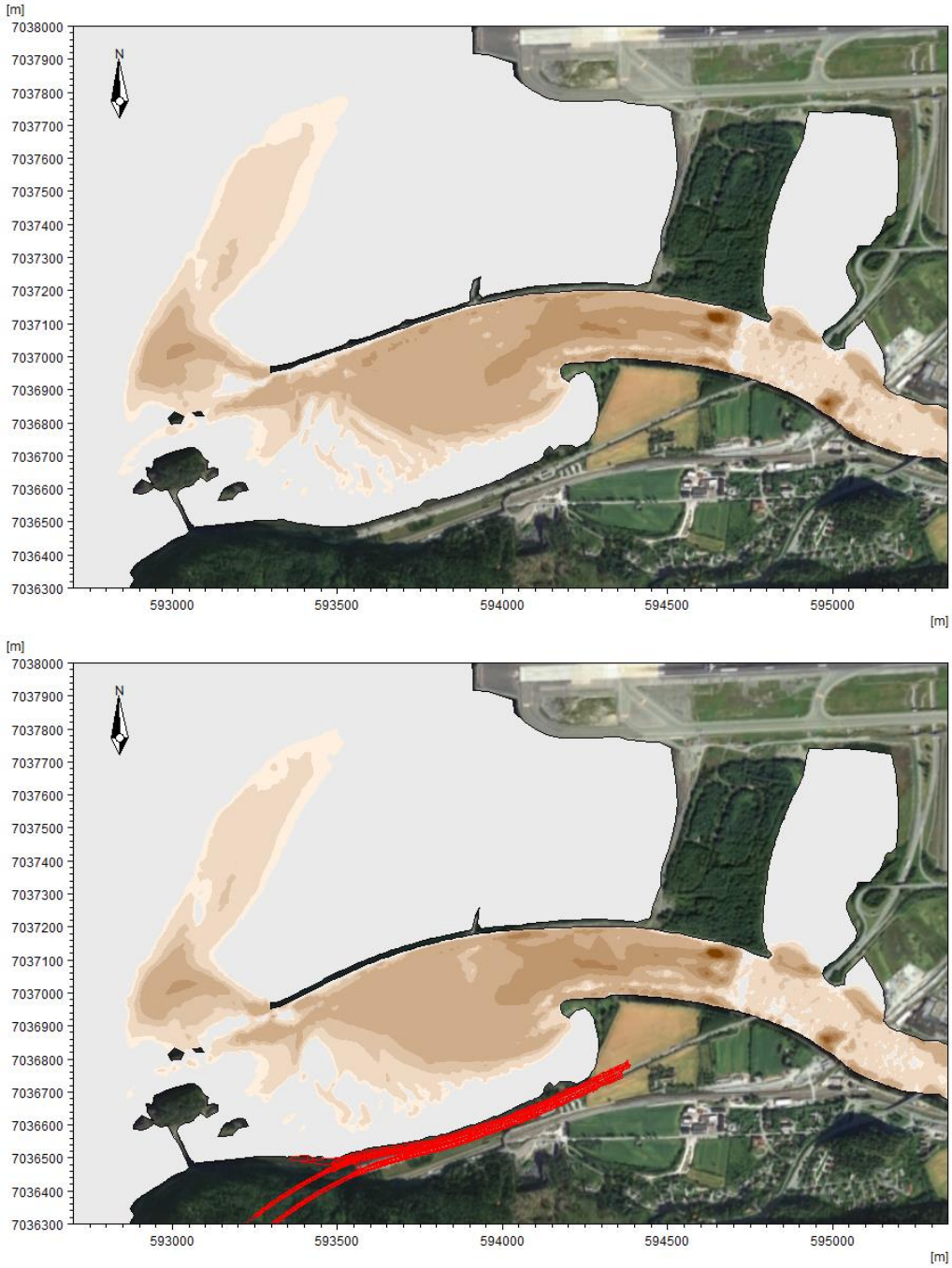


Figur 8-9: Bundændring for modellen, der repræsenterer de fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og flytningen af dækmolen, men hvor den dybe rende er ca. dobbelt-bredde. Beregningen er gennemført for to tidevandsperioder og viser bundændringen ved simuleringens slutning. Rød indikerer sedimentation og blå indikerer erosion. Intensiteten af farven indikerer intensiteten af erosionen/sedimentationen. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

8.5.3 Aflejringsområder for sedimenter fra Stjørdalselva

For at undersøge aflejringsområder for sedimenter, der transporteres til Hellstranda via Stjørdalselva er der gennemført modelberegninger, hvor vandet fra Stjørdalselva er tilført en sedimentkoncentration. Som nævnt tidligere er der ikke kendskab til mængderne eller kornstørrelsesfordelingen af sedimenterne, der transporteres med Stjørdalselva, men udbygningen af E6 vil ikke ændre på det forhold. De faktiske aflejringsmønstre og -mængder vil afhænge både af sedimentfraktionerne og strømhastighederne, men for samme forudsætninger for sedimentfraktioner for hhv. nuværende og fremtidige forhold, er aflejringsområderne vist på figur 8-10. Intensiteten af farven angiver intensiteten af aflejringsmængden.

Modelberegningerne er gennemført for to tidevandsperioder, men en konstant vandføring svarende til den vandføring, der har en returperiode på 1 år.



Figur 8-10: Aflejringsområder for sedimenter, der føres med Stjørdalselva til Hellstranda for vandføring, der svarer til en 1-års returperiode, for nuværende forhold (*øverst*) og fremtidige forhold, inkl. Komp. A (*nederst*). Begge for nuværende forhold. Baggrundsbillede er fra (Google Earth, 2024).

Umiddelbart vil sedimenter transporteret via Stjørdalselva aflejres i store dele af Hellstranda-området og i området umiddelbart udenfor dækmolen, hvor der ses en sandpude i dag. Modelberegningerne viser det første aflejringsområde. I perioder med ændrede/højere strømhastigheder vil sedimenterne kunne blive bragt i suspension igen og transporteres videre.

8.6 Opsummering af sedimentation og erosion

Der foreligger ikke et tilstrækkeligt datagrundlag til at afdække de naturlige variationer i dybdeforholdene grundet sandtransport. For at vurdere om de lokale sandtransportforhold vil blive påvirket af udbygningen af E6 kombineret med Kompensationstiltag A, hvor der sker en flytning af dækmolen og en justering af den dybe rende langs dækmolen, er der gennemført indledningsvise vurderinger baseret på viden omkring de hydrauliske forhold suppleret med sedimenttransport-beregninger.

Den overordnede konklusion ift. de hydrauliske forhold er, at området er forholdsvis robust og at udbygningen af E6 inkl. Kompensationstiltag A ikke forventes at medføre væsentlig ændrede strøm-forhold. Dette er en vigtig konklusion ift. vurderinger af påvirkninger af sedimenttransport-forholdene, idet sedimenttransporten er direkte forbundet med strømhastighederne og kornstørrelses af bundsedimenterne.

Der foreligger ikke en detaljeret kortlægning af kornstørrelsesfordelingen af de øvre bundlag i Hellstranda-området, men enkelte kornstørrelsesfordelingskurver fra Hellstranda-området viser, at det øvre bundlag kan forventes at bestå af sand, med en middelkornstørrelse, der spænder fra ca. d_{50} = 0,07 mm til d_{50} = 1,1 mm. Det vurderes, at kornstørrelsesfordelingen i det øvre lav varierer over året, som følge af varierende vandføring i Stjørdalselva, men at der ikke vil ske en ændring af kornstørrelsesfordelingen som følge af udbygningen af E6.

Med en antagelse om samme kornstørrelsesfordeling for nuværende og fremtidige forhold er den overordnede vurdering, at der ikke vil ske en signifikant ændring af sedimenttransportforholdene ved en udbygning af E6 inkl. flytning af dækmolen. Ved en flytning af den dybe rende skal det sikres, at siden op mod det lave plateau indeholder sedimenter af minimum samme størrelse/grovhed som dem, der forekommer langs siden af den nuværende dybe rende. Finere sedimenter vil kunne transporteres ved lavere strømhastigheder og dermed vil sedimenttransportforholdene ændres.

Det vurderes, at ifm. flom vil der kunne forekomme en øget sedimenttransport og dermed ske en periodevis (signifikant) påvirkning af dybdeforholdene, men dette er gældende både for nuværende og fremtidige forhold, hvis sediment-karakteristikken fastholdes også for de fremtidige forhold.

Sedimenter, der transporteres til Hellstranda via Stjørdalselva vil generelt aflejres i store dele af området. Dette ændres ikke umiddelbart som følge af udbygningen af E6 inkl. Komp. A.

Den overordnede vurdering er, at hvis sedimentkarakteristikken bibeholdes - også efter en udbygning af E6 inkl. Komp. A - så vil den naturlige dynamik ikke blive påvirket signifikant. Der vil dermed fortsat kunne forventes samme dynamik/variation i dybdeforholdene, som der forekommer i dag, når ligevægten har indstillet sig til de nye forhold.

9. Opsummering af væsentlige konklusioner og diskussion af modelresultater

Væsentlige konklusioner fra den gennemførte modellering opsummeres i det følgende, herunder også resultater fra gennemførte robustheds- og følsomhedssimuleringer, der er afrapporteret i bilag 1-5. Desuden diskuteres modelresultaterne samt den videre anvendelse heraf.

9.1 Opsummering af væsentlige konklusioner

Nuværende forhold ved Hellstranda:

- De lokale hydrodynamiske forhold ved Hellstranda er relativt dynamiske og i høj grad styret af de tidevandsdominerede vandstandsforhold i Trondheimfjorden, den varierende ferskvandstilførsel fra Stjørdalselva samt sæsonafhængige vandtemperatur- og salinitetsdifferenser, der medfører en vis densitetslagdeing.
- Stigende vandstand i Trondheimfjorden medfører en periode med lave strømhastigheder og varierende strømretning i området ved Hellstranda, da strøm fra Trondheimfjorden og Stjørdalselva er modsatrettede, mens faldende vandstand medfører relativt høje strømhastigheder og dominerende vestgående strøm.
- Under flom i Stjørdalselva kan forventes meget høje strømhastigheder i specielt den dybe rende langs den nordlige dækmole ved Hellstranda.
- Som følge af de høje strømhastigheder, specielt under flom, kan det ikke udelukkes at der forekommer visse variationer i vanddybder, som følge af lokal og periodisk sedimenttransport.

Nuværende forhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn:

- Det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn er primært domineret af tidevandspåvirkning fra Trondheimfjorden, som medfører vekslende ind- og udstrømning af marint vand indenfor en tidevandscyklus og forventelig sekundært af en varierende ferskvandstilførsel fra Gråelva.
- Ved lavvande er der større områder der er tørlagte

- De faktiske dybdeforhold i det gamle udløb nord for Trondheim Lufthavn kendes kun i få områder og modelberegningerne er derfor gennemført baseret på en kombination af de få opmålte data samt antagede dybdeforhold baseret på satellitbilleder. Der er derfor en vis usikkerhed forbundet med de modellerede forhold i det aktuelle område, idet især strømhastighederne i høj grad varierer med de faktiske dybdeforhold.
- Der foreligger ikke data for Gråelva der har sit udløb i den nordlige del af området og ferskvandstilførslen herfra er derfor baserede på antagede mængder.

Indvirkning fra Tiltag C1 og Tiltag C2:

- Formålet er at forbedre vandkvaliteten i den gamle del af Stjørdalselva's udløb nord for Trondheim Lufthavn ved at øge vandudskiftningen i dette område ved enten en kulvertløsning under Trondheim Lufthavn, Tiltag C1 eller en kulvertløsning gennem den sydlige del af Langøra nord, Tiltag C2.
- Tiltagene vurderes at kunne påvirke vandføringen/strømforholdene i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn, men effekten afhænger af flere faktorer, fx antallet af rørunderføringer, bundkoten for rørene og dermed også af vanddybderne i området.
- Saliniteten og vandtemperaturen påvirkes som følge af påvirkning af ferskvandsbalancen i området – og det vil derfor være forskellig effekt i påvirkningen af saliniteten og det Tiltag C1 eller Tiltag C2 etableres, da Tiltag C1 sikrer en direkte tilførsel af vand domineret af Stjørdalselva mens Tiltag C2 tilfører fra Trondheimfjorden.

- I dag sker udvekslingen af vand alene mod nord, hvor Tiltag C1 og Tiltag C2 giver mulighed for udveksling af vand i den sydlige del af området også. Dette medfører, at der kan forekommen et strømskel, hvor vandføringen nord for dette skel sker nord om Langøra nord og vandføringen syd herfor sker via Tiltag C1 eller Tiltag C2. Strømskellet vil dog være dynamisk og variere med vandføringen i Gråelva og i Stjørdalselva (for Tiltag C1) og vandstanden i Trondheimfjorden (Tiltag C2).

- De faktiske dybdeforhold i det gamle udløb nord for Trondheim Lufthavn kendes kun i få områder og modelberegningerne er derfor gennemført baseret på en kombination af de få opmålte data samt antagede dybdeforhold baseret på satellitbilleder. Der er derfor en vis usikkerhed forbundet med de modellerede forhold i det aktuelle område og især dybdeforholdene vurderes at have en signifikant påvirkning af den faktiske effekt.
- De naturlige variationer i dybdeforholdene vurderes ligeledes at kunne påvirke effekten idet tilsanding omkring rørenderne vil reducere effekten.
- De faktiske hydrauliske forhold i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn påvirkes af udløbet fra Gråelva. Det har ikke været muligt at indhente data herfor og der er derfor en vis usikkerhed forbundet hermed. Der er gennemført følsomhedsanalyser med varierende vandføring i Gråelva og disse har vist at forholdene påvirkes af vandføringen.
-

<u>Påvirkning fra udbygning af E6 inkl. Kompensationstiltag A</u>:

- Udgangspunktet er etablering af en 1:1 kompensation af det areal, som inddrages ved E6-udbygningen. Arealet erstattes ved at ændre på placeringen af dækmolen nord for Hellstranda og "parallelforskyde" vanddybderne, så det lavvandede område udvides idet den dybe rende flyttes med og følger det nye forløb af dækmolen.
- Ved sammenligning af modelresultater for nuværende og fremtidige forhold inkl. udbygningen af E6 og Kompensationstiltag A kan det konstateres, at der opnås meget sammenlignelige hydrauliske forhold for både strøm, salinitet samt vandtemperatur. Desuden observeres at forholdene er forholdsvist robuste overfor (mindre) variationer af de fysiske forhold, herunder lokale dybdeforhold samt omfanget af ændringer ifm. E6 udbygningen.
- Påvirkningerne skal desuden sammenholdes med de relativt dynamiske forhold, der er i området ved Hellstranda, både indenfor en tidevandsperiode og i løbet af et år med vekslende vandføring i Stjørdalselva – og påvirkningerne består primært i en mindre tidsmæssig forskydning og ikke en ændring af fx spændet i temperatur, salinitet, strømhastighed indenfor den betragtede periode.
- Grundet ændringer af lokale dybdeforhold ifm. etablering af E6 udvidelsen og Kompensationstiltag A vurderes det for sandsynligt, at der i perioden efter anlægsfasen vil opstå større eller mindre naturlige bundændringer indtil der er opstået ny ligevægt – også selv om der ifm. med flytningen af dækmolen sker en dybdejustering således at den dybe rende følger det nye forløb af dækmolen mv. Modelresultaterne viser dog, at de hydrauliske forhold i det lavvandede område er forholdsvis robuste overfor variationer i dybdeforholdene.
- Sikres samme kornstørrelsesfordeling i området vurderes, at der ikke vil være en signifikant påvirkning af de lokale sedimenttransportforhold efter dybdeforholdene har indstillet sig til den nye ligevægt. Der må forventes naturlige variationer i samme omfang som under de nuværende forhold.

- De faktiske naturlige variationer i dybdeforholdene kendes ikke, men det vurderes, at især varierende vandføring i Stjørdalselva kan medføre en vis årlig variation i dybdeforholdene.
- Modelberegningerne har vist at forholdene i Hellstranda er forholdsvis robuste overfor mindre ændringer, hvilket i høj grad skyldes at der forekommer relativt dynamiske forhold indenfor en tidevandsperiode under en normal sommerhændelse – og en signifikant dynamik, når varierende vandføring i Stjørdalselva tages i betragtning.

Indvirkning fra Kompensationstiltag B:

- Udgangspunktet er at reetablere det gamle elv-udløb under landingsbanen ved Trondheim Lufthavn samt nord om Langøra nord. Det gamle udløb har dog gennem årene gennemgået en både naturlig udvikling (vurderet ændring af dybdeforholdene) og en menneskeskabt udvikling (etablering af Stjørdal Bådforening samt landudfyldning jf. afsnit 2), som bevirker, at der ikke vil ske en 1:1 reetablering af hverken det gamle elv-udløb eller de hydrauliske forhold.
- Det må forventes, at der i perioden efter etablering af Kompensationstiltag B vil forekomme væsentlige ændringer/tilpasning i de lokale dybdeforhold, hvilket gør, at det er svært på forhånd at modellere de faktisk lokale hydrauliske forhold, som vil opstå efter en reetablering.
- Overordnet vurderes, at ved det reetablerede udløbsområde for Stjørdalselva ved Stjørdal Bådforening og langs den vestlige kyst langs Langøra nord i nogle områder formentlig kan opstå hydrauliske forhold, der ligner dem, der forekommer ved Hellstranda, dvs. med stor dynamik i strøm-, salinitets- og temperaturforhold samt en væsentlig lagdeling. Dog vil der ikke være samme beskyttelse mod bølger, hvilket kan betyde at kornstørrelsesfordelingen vil være anderledes (grovere) sammenlignet med det der er i Hellstranda, højere strømhastigheder samt at der i perioder sker en mere dynamisk tilførsel af marint vand.
- Etablering af Kompensationstiltag B vil forventelig medføre et behov for væsentlige flomsikringstiltag samt tiltag for beskyttelse mod ekstreme strømhastigheder. Desuden kan der opstå behov for løbende oprensning ved Stjørdalselva Bådforening som følge af ændrede dybdeforhold pga. sedimenttransport fra Stjørdalselva.

- Der er stor usikkerhed omkring dybdeforholdene, dels kendes hverken de faktiske eller oprindelige dybdeforhold i store dele af det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn og dels kendes hverken kornstørrelsesfordelingen eller de naturlige dybdevariationer ikke. Alle modelberegninger er derfor gennemført baseret på en kombination af få opmålte data samt antagede dybdeforhold baseret på satellitbilleder. Dybdeforholdene har en indvirkning på især de modellerede strømhastigheder og vandstandsvariationer og der vil derfor være en væsentlig usikkerhed forbundet med disse. Desuden vil ændringen af Stjørdalselva's udløb medfører en væsentlig anden vandføring i området og de nuværende dybdeforhold skal dermed tilpasses de nye strømforhold, hvormed der vil ske en naturlig påvirkning.
- Usikkerheden omkring både de aktuelle og de fremtidige hydrauliske- og dybdeforhold, som kan opstå efter etablering af Kompensationstiltag B, er langt højere sammenlignet med usikkerheden omkring Kompensationstiltag A.

9.2 Diskussion modelusikkerheder samt den videre brug af modelresultater

Der er gennemført hydrauliske analyser i en numerisk 3D model med henblik på at analysere hvorvidt, og evt. i hvilket omfang, udbygningen af E6 ved Hellstranda kan påvirke de hydrauliske forhold, der er gunstige ift. marinbiologiske elementer, herunder fiskeyngleområde.

De lokale hydrauliske forhold ved Hellstranda er primært vurderet med udgangspunkt i typiske normal-forhold, herunder tidevandsdominerede vandstandsforhold i Trondheimfjorden samt normal sommervandføring i Stjørdalselva. Dog er suppleret med analyser af en ekstrem flom svarende en 200-års hændelse.

Da der ikke forekommer et tilstrækkeligt datagrundlag til kalibrering-/validering af modellen der repræsenterer de nuværende fohold lokalt ved Hellstranda, har fremgangsmåden været at gennemføre relative sammenligninger af modellerede lokale hydrauliske forhold for forskellige scenarier/forudsætninger for nuværende forhold (ekskl. udbygning af E6) og fremtidige forhold (inkl. udbygning af E6 samt etableringen af kompensationsforanstaltninger). Forventningen er, at eventuelle modelusikkerheder delvist vil udlignes. Desuden er suppleret med en række følsomheds-/robusthedsanalyser for udvalgte modelparametre samt for varierende hydrauliske scenarier (normal- og ekstremforhold). Begge dele med henblik på at vurdere på resultaternes og dermed konklusionernes robusthed.

Grundlæggende er det jf. resultaterne i hovedrapporten samt bilag 1 og 2 konkluderet, at den relative påvirkning af de hydrauliske forhold, som følge af udvidelsen af E6 med Kompensationstiltag A, er forholdsvis robust overfor de hydrauliske scenarier, herunder temperaturdifferensen mellem Trondheimfjorden og Stjørdalselva (indenfor normalområdet), mindre variationer af dybdeforholdene og vandføringen i Stjørdalselva. Disse begrænsede påvirkninger skal ses i sammenligning med den i forvejen meget store naturlige dynamik af de hydrodynamiske forhold, der er i området. Desuden er det jf. bilag 2 og 3 konkluderet, at varianter af forudsætninger, der er anvendt ifm. modelopsætningen ikke medfører væsentligt ændrede konklusioner ift. påvirkningsniveauet af de hydrauliske forhold, som følge af udbygningen af E6. Jf. bilag 4 vurderes også, at de hydrauliske forhold ikke ændres væsentligt, hvis der sker en udbygning af E6, men ikke etableres kompenserende foranstaltninger. Dette scenarier medfører dog en reduktion af arealet mellem dækmolen og kysten og opfylder ikke umiddelbart kravet om 1:1 erstatning.

Der er relativt stor usikkerhed forbundet med den aktuelle sedimenttransport i området, da denne ikke kan fastlægges baseret på kontinuerte historiske dybdemålinger (pga. manglende grundlag herfor). Således er der også stor usikkerhed forbundet med udviklingen af vanddybder både de naturlige dybde-variationer for de nuværende forhold og vurderinger af påvirkningen af dybdeforholdene efter etablering af kompensationstiltag. Modelberegninger baseret på udvalgte scenarier og forudsætninger viser dog, at den primre årsag til variationer i dybdeforholdene er variationer i vandføringen i Stjørdalselva og at en udbygning af E6 inkl. Kompensationstiltag A ikke medfører en påvirkning heraf, forudsat at kornstørrelsesfordelingen i de øvre bundlag ikke ændres. Det anbefales derfor, at der efter etablering af f.eks. Kompensationstiltag A foretages løbende inspektion af lokale vanddybder med henblik på at foretage eventuelle tilretninger såfremt dette viser sig nødvendigt ift. at sikre 1:1 erstatningen.

De anvendte dybdeforhold i modellen er primært baseret på multibeam-opmåling gennemført i efteråret 2024, men enkelte områder, herunder det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn, er ikke fuldstændig opmålt, hvormed der er en del usikkerhed forbundet med de faktiske dybdeforhold her. Dette kan evt. have en påvirkning ift. vurderingen af Tiltag C1 og C2 og det anbefales, at der indhentes supplerende dybdemålinger for dette område, hvis der skal arbejdes videre med tiltag for forbedring af vandudskiftningen i dette område. Desuden anbefales for samme tiltag at undersøge de naturlige variationer i dybdeforholdene (grundet sedimenttransport), da disse kan påvirke effekten og dermed behovet for vedligehold.

Generelt vurderes, at hvis der ønskes en løsning til forbedring af vandkvaliteten i det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn bør der gennemføres opdaterede vurderinger baseret på et mere oplyst data-grundlag, herunder, som nævnt, dybdeforholdene og vandføringen fra Gråelva. Umiddelbart indikerer de indledende modelberegninger, at der vil kunne generes en påvirkning af vandføringen og strømhastighederne ved at åbne for vandudveksling i den sydlige del af det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn. Effekten vurderes dog at være afhængig af den konkrete løsning, de faktiske dybdeforhold samt om vandudvekslingen sker med det gamle elv-udløb syd for Trondheim Lufthavn, der generelt medfører tilførsel af ferskvand eller med Trondheimfjorden, der i perioder giver indstrømning og andre udstrømning. Desuden medfører tilførsel af vand fra Stjørdalselva, at der tilføres mere ferskvand til området, mens vandudveksling med Trondheimfjorden ikke påvirker saliniteten og temperaturen i samme omfang. Opdaterede vurderinger bør derfor baseres på ønsker/krav til vandkvaliteten for det gamle elv-udløb nord for Trondheim Lufthavn og bør indeholde en specifik vurdering af effekten under kritiske perioder for vandkvaliteten, dette kunne være i form af dynamiske simuleringer med tidsvarierende vandføring i Stjørdalselva for en periode, hvor der forekommer lav vandudskiftning, fx en sommerperiode med lav vandstand. Evt. optimering af løsningen bør også evalueres ift. ønskerne/kravene til vandkvaliteten.

Overordnet anbefales, at den videre anvendelse af modelresultater i nærværende rapport anvendes med passende forsigtighed og tilføres passende konservatisme ift. at tage højde for usikkerheder. Dette skyldes at alle vurderinger er baserede på et ikke-valideret modelgrundlag, samt at model-scenarierne alene dækker få udvalgte hydrauliske scenarier. Af samme grunde kan resultaterne fra de gennemførte modelberegninger ikke anvendes til designformål, men alene til relative sammenligninger imellem nuværende - og fremtidige forhold.

Hvis Kompensationstiltag B ønskes realiseret bør der gennemføres supplerende modelberegninger med et opdateret grundlag ift. dybdeforhold og kornstørrelsesfordeling i det gamle elv-udløb ift. at kvalificere den justering af dybdeforholdene, der kan forventes. Dette for at sikre løsningen ift. fx erosion i områder der ikke må berøres, flomsikring ved Stjørdal mv. Desuden bør der gennemføres supplerende vurderinger af de faktiske hydrauliske forhold (inkl. bølgepåvirkning) i områder, der forventes at kompensere for de tabte marinbiologiske forhold ved Hellstranda) for at sikre et mere oplyst grundlag for at vurdere løsningens egnethed ift. erstatning af tabt natur.

Det anbefales, at der i perioden efter etablering af tiltaget gennemføres løbende inspicering af dybdeforholdene med det formål at sikre, at der opnås en tilfredsstillende kompensering af arealet inddraget ifm. E6 udvidelsen, herunder samme dybdeforhold og samme forventede dynamik som i udfyldningsområdet.

Confidential

10. Referenceliste

Copernicus. (2024). GLOBAL_ANALYSISFORECAST_PHY_001_024.
DHI. (2025). Tilgængelige baggrundsfotos i MIKE Zero 2025.
Google Earth. (2024).
Hjulström, F. (1935). *Studies of Morphological Activity of Rivers as Illustrated by the River Fyris. .* Bulletin of the Geological Institute University of Uppsala, 25, 221-527.
Kartverket. (2024). Hentet fra https://api.sehavniva.no/tideapi_no.html
Nord-Trøndelag, L. v. (1984). *E6 Gjevingåsen - Stjørdal SR grunnundersøkelse for utredning av alternative veglinjer.*
Norgeskart. (2024). Hentet fra https://norgeskart.no/
Norsk Klimaservicesenter. (2024). Hentet fra https://seklima.met.no/
Oceanlabobservatory. (2024). Hentet fra https://oceanlabobservatory.no/
Planbeskrivelse for Helltunnelen – Hellstranda/Norge i bilder. (u.d.).
SeaScan. (2024). *Multibeam dybdemåling, konturkort.*
Sildre. (2024). *https://sildre.nve.no/*. Hentet fra https://sildre.nve.no/station/124.12.0?124.12.0_tab=2