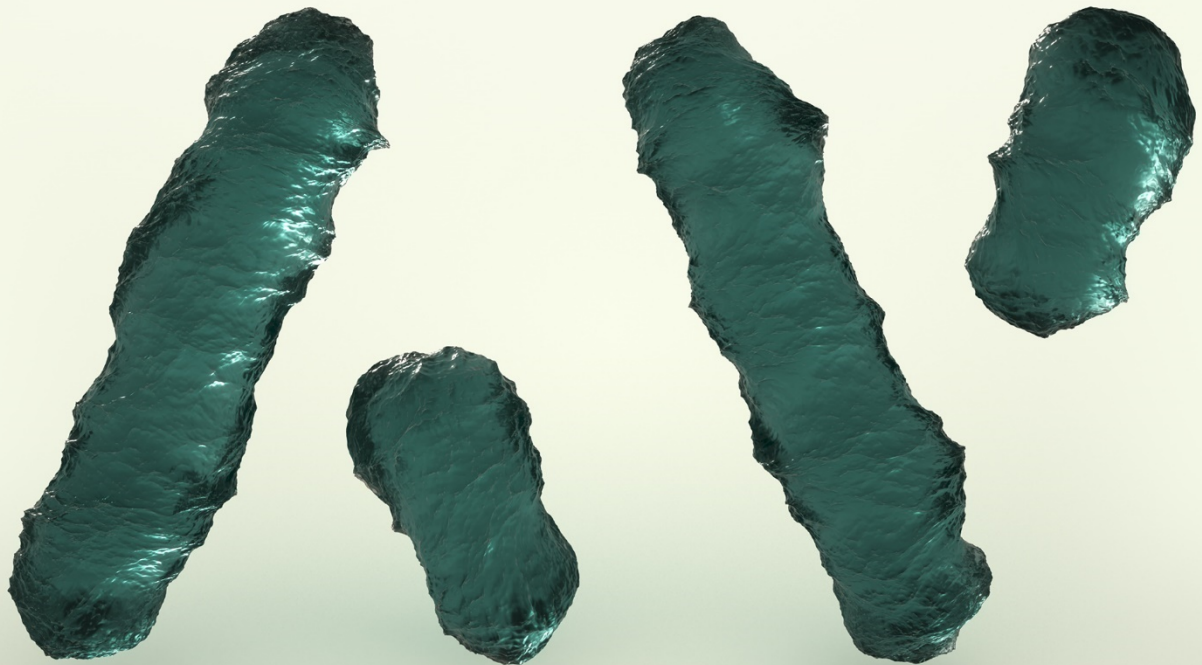


Hydrologisk vurdering av ny Transfarelv bru, E6



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Statens vegvesen
 Tittel på rapport: Hydrologisk vurdering av ny Transfarelv bru, E6
 Oppdragsnavn: D172 - E6 Ny Transfarelv bru hydrologi
 Oppdragsnummer: 631033-47
 Utarbeidet av: Hege Merete Kalnes og Martin Solbakken Løvaas
 Oppdragsleder: Hege Merete Kalnes
 Tilgjengelighet: Åpen

Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS
01	10. jun. 2022	Nytt dokument	MSL og HMK	SA

Sammendrag

Det er utført hydrologiske og hydrauliske beregninger for Transfarelv bru, som er en del av E6 i Alta kommune, på oppdrag fra Statens vegvesen. Det skal bygges ny bru, og beregningene er utført for å gi dimensjoneringsforutsetninger for høyder på og erosjonssikring av brua. Brua og tilhørende veg er vurdert til sikkerhetsklasse V3, med et dimensjonerende gjentakintervall for flom på 200 år. Strømningen ved brua er sterkt påvirket av flo og fjære, og isgang er også et kjent problem i området.

Nedbørfeltet til Transfarelv har en størrelse på 234 km², og er uregulert. Flomberegninger er utført ved bruk av flomfrekvensanalyser, hvorav dimensjonerende flomstørrelser for permanent anlegg (200-årsflom og middelflom i kombinasjon med ispropp) er tillagt påslag for klima og usikkerhet. Det er ikke lagt til påslag for midlertidige anlegg (5-årsflom).

Det er utført hydrauliske beregninger med en todimensjonal hydraulisk modell i programmet HEC-RAS. Beregningene er utført for både eksisterende, midlertidig og fremtidig situasjon. Det er benyttet en høyvannssituasjon (tillagt havnivåstigning for permanente anlegg) som nedre grensebetingelse for estimat av dimensjonerende flomhøyder, og en lavvannssituasjon for dimensjonerende vannhastigheter (til grunnlag for erosjonsberegninger).

Dimensjoneringsgrunnlag og anbefalinger for minimum kote på overbygning og erosjonssikring ved Transfarelv bru er oppsummert i tabellen under. Dimensjonering og anbefalinger er basert på krav i Vegnormal N200 og N400, samt veiledere fra NVE og SVV.

Dimensjoneringsgrunnlag for Transfarelv bru			
Vannføring	200-årsflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet	[m ³ /s]	207.7
	Middelflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet	[m ³ /s]	93.6
	5-årsflom (for midlertidig anlegg)	[m ³ /s]	82.1
Havnivå	Høyvannssituasjon; 1-års stormflo	[moh]	1.6
	Havnivåstigning	[cm]	67
	Lavvannssituasjon; 1-års lavvann	[moh]	-2.0
Anbefalinger		Permanent anlegg	Midlertidig anlegg ¹⁾
Høyder bru	Dimensjonerende flomhøyde [moh]	2.40	1.63
	Minimum kote overbygning ²⁾ [moh]	2.90	2.13
Erosjonssikring i elv	Stabil steinstørrelse, D ₅₀ [mm]	300	250
	Minimum tykkelse ³⁾ [mm]	500	400
Erosjonssikring landkar	Stabil steinstørrelse, D ₅₀ [mm]	200	400
	Minimum tykkelse ³⁾ [mm]	400	800
	Minimum bredde (fra landkar) [m]	10	5

¹⁾ Da den midlertidige bru allerede er etablert, kan anbefalingene kontrolleres opp mot faktiske forhold og benyttes til grunnlag for risikovurdering og eventuell avklaring av behov for avbøtende tiltak.

²⁾ Minimum høyde for å oppfylle krav til 50 cm fri høyde over dimensjonerende flomhøyde (jf. vegnormal N400).

³⁾ Tykkelsen er beregnet for ensgradert masse ($C_u = D_{60}/D_{10} < 5$) med filterlag under (gradering 0-200 mm, tykkelse 250 mm) - dersom det benyttes samfengt masse bør det vurderes å øke tykkelsen. Ved plassering i vann bør tykkelsen økes med 50%.

Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Statens Vegvesen for å utføre hydrologisk vurdering av Transfarelva bru i Alta kommune, Troms og Finnmark fylke. Det skal bygges ny bru, og beregningene er utført for å gi dimensjoneringsforutsetninger for høyder på og erosjonssikring av brua. Denne rapporten beskriver vurderingens grunnlag, fremgangsmåte og resultater.

Hege Merete Kalnes og Martin Solbakken Løvaas har utført beregninger og vurderinger, samt utarbeidet rapporten. Sølvi Amland har vært fagansvarlig i oppdraget, og foretatt kvalitetskontroll av arbeidet og rapporten. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Gaute Brunstad Øyehaug og Linda Therese Nilsen. Erosjonsforhold, og behov for sikring, har vært diskutert i samråd med Staten vegvesens geotekniker i prosjektet, Johan Kristofers. Kristin Vasshaug er leder for prosjektet i Statens vegvesen.

Trondheim, 10.06.2022

Hege Merete Kalnes

Oppdragsleder

Sølvi Amland

Kvalitetssikrer

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	6
2. Forutsetninger og grunnlag	7
2.1. Generelle forutsetninger	7
2.2. Påvirkende faktorer	7
2.3. Dimensjonering av permanente anlegg	8
2.4. Dimensjonering av midlertidige anlegg	10
2.5. Beregningsforutsetninger	11
2.6. Utarbeidelse og bruk av flomsonekart	12
3. Flomberegninger	13
3.1. Beskrivelse av nedbørsfelt	13
3.2. Tilgjengelige observerte data	14
3.3. Beregning av flomvannføring	17
3.4. Påslag for klima og usikkerhet	23
3.5. Oppsummering og endelig estimat	23
3.6. Flomforløp for modellering	24
4. Hydrauliske beregninger	26
4.1. Programvare og modelltype	26
4.2. Modelloppsett	26
4.3. Resultater fra hydraulisk beregning	32
5. Dimensjonering av bru	44
5.1. Permanent anlegg	44
5.2. Midlertidig anlegg	45
6. Erosjonssikring	46
6.1. Grunnforhold	46
6.2. Områder med potensiell erosjonsfare	48
6.3. Generelle krav og anbefalinger for erosjonssikring	49
6.4. Dimensjonering av erosjonssikring	52
6.5. Filterlag	57
7. Konklusjon og anbefalinger	58
Kilder	60
Vedlegg	62

1. Innledning

Asplan Viak AS er engasjert av Statens Vegvesen (SVV) for å bidra med hydrologiske og hydrauliske vurderinger for Transfarelv bru som skal oppgraderes. Brua er en del av E6, og ligger like nord for Alta i Troms og Finnmark fylke, nær Transfarelvas utløp i Rafsbotn - se Figur 1-1.

Veien svært viktig for logistikk og fremkommelighet mellom Alta og områder videre nordover. Omkjøring til Hammerfest fra Alta blir tre og en halv time lengre dersom Transfarelv bru må stenges, og for blant annet nødetater kan dette være kritisk. Flomsikker dimensjonering av ny Transfarelv bru er derfor viktig for samfunnssikkerheten.



Figur 1-1 Oversiktskart som viser geografisk plassering av Transfarelv bru.

2. Forutsetninger og grunnlag

2.1. Generelle forutsetninger

Hydrologiske og hydrauliske beregninger utføres for å gi dimensjoneringsforutsetninger for ny bru på E6 over Transfarelva. Det er både sett på nødvendig høyde på ny bru for å tilfredsstille krav gitt i Statens vegvesens vegnormaler, og erosjonssikring for å hindre skader på brufundament og omliggende terreng. Det er også gjort beregninger for midlertidig anlegg/bru. Da denne allerede er etablert kan beregninger og anbefalinger kontrolleres opp mot faktiske forhold, og benyttes til grunnlag for risikovurdering samt eventuell avklaring av behov for avbøtende tiltak i anleggsfasen.

Kartlegging tar ikke høyde for mulige vannstrømmer gjennom løsmasser – i analyser anses grunnen som helt tett. Det er lagt til grunn en konstant elveprofil, det vil si at erosjon og sedimentasjon av masser under og etter et flomforløp ikke er hensyntatt.

2.2. Påvirkende faktorer

2.2.1. Havnivå

På grunn av nærheten til sjø, vil havnivå påvirke flomsituasjonen ved brua i stor grad.

Når en ser på dimensjonerende flomhøyder, bør det legges til grunn en høyvannssituasjon i fjorden. I NVEs rapport *Flom og stormflo* (83/2015), er det anbefalt at det benyttes 1-års stormflo som nedre grensebetingelse. Denne anbefalingen gjelder for alle gjentaksintervall av elflom. I DSBs veileder *Havnivåstigning og stormflo* (2016), er det videre anbefalt å legge til havnivåstigning i planlegging av permanente anlegg, hvor det skal legges til grunn et scenario med høyt utslipp (RCP8.5).

Når en ser på dimensjonerende vannhastigheter og erosjon, bør det legges til grunn en lavvannssituasjon i fjorden. Med bakgrunn i NVEs anbefaling for kombinasjon av høyvann og elflom, er det valgt å ta utgangspunkt i kombinasjonen 1-års lavvann og elflom for lavvannssituasjonen. Det er videre konservativt valgt å se bort ifra fremtidig havnivåstigning i lavvannssituasjonen for vurderinger av permanente anlegg (til tross for lang levetid).

2.2.2. Isgang og ispropp

Isgang og mulige ispropper er et kjent problem i området, og skapte problemer for vegstrekningen rundt Transfarelv bru blant annet i mai 2010. Isgang oppstår når isen i et vassdrag sprekker som følge av økt vannføring, og driver med strømmen nedover. Isen kan

bli sittende fast på plasser der vanddybden avtar, elveløpet snevres inn og/eller svinger brått. Bruer, spesielt dersom de er lave, har pilarer og/eller landkar tett på elva, er utsatte steder. Is som stopper opp danner en demning, en såkalt ispropp, noe som kan føre til oversvømmelser avhengig av vannføringen i elva.

Det er generelt lite føringer for hvordan fare forbundet med ispropp skal hensyntas i planlegging, og hvordan det skal modelleres. I NVEs høringsdokument av veilederen *Sikkerhet mot flomfare - Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (03/2022)*, er det foreslått å sammenligne flomhøyde ved dimensjonerende flomvannføring med flomhøyde ved isdemning opp til breddfull høyde for elveløpet kombinert med middelflom. Denne fremgangsmåten er benyttet for å finne dimensjonerende flomhøyde ved Transfarelv bru.

2.3. Dimensjonering av permanente anlegg

Dimensjonering av ny bru over Transfarelva er utført i henhold til Statens Vegvesens normaler for veg- og brubygging, N200 *Vegbygging* og N400 *Bruprosjektering*.

2.3.1. Dimensjonerende flomvannføring

Dimensjonerende vannføring beregnes etter følgende ligning, gitt i Vegnormal N200;

$$Q_{dim,T} = Q_T \times F_k \times F_u$$

Der $Q_{dim,T}$ er dimensjonerende vannføring, og er produktet av flomvannføring ved et gitt gjentaksintervall (Q_T), med påslag for klimafaktor (F_k) og påslag for usikkerhet (F_u).

2.3.1.1 Sikkerhetsklasse for flom og gjentaksintervall

Gjentaksintervall for flom bestemmes fra sikkerhetsklassen vegen faller under (se Tabell 2-1) og konstruksjonstype.

Basert på informasjon om trafikkmengde fra SVVs karttjeneste Vegkart, hadde Transfarelv bru en ÅDT på 2570 i 2021, noe som plasserer konstruksjonen i sikkerhetsklasse V2. Konsekvensene av at brua må stenges er imidlertid store. Omkjøring dersom Transfarelv bru må stenges er svært lang, og kan være kritisk for nødetater. Ifølge Vegkart er 15% av trafikkmengden lange kjøretøy, noe som understreker viktigheten av E6 for effektiv logistikk i Finnmark. I samråd med oppdragsgiver, er Transfarelv bru følgelig vurdert til **sikkerhetsklasse V3**.

I henhold til krav i Vegnormal N200, settes dimensjonerende gjentaksintervall følgelig til **$T_{dim} = 200$ år** (se Tabell 2-1). Dette er også det gjeldende gjentaksintervall for

vanngjennomløp som klassifiseres som bruer (spennvidde over 2,5 meter), i henhold til Vegnormal N400.

Tabell 2-1 Dimensjonerende gjentakintervall basert på årlig trafikkmengde (ÅDT) og sikkerhetsklasse fra anlegget, hentet fra Vegnormal N200.

Sikkerhets- klasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse			
		Med omkjøring		Uten omkjøring	
		Tverrdrenering	Langsgående drenering	Tverrdrenering	Langsgående drenering
V1	0 - 500	50 år	50 år	100 år	50 år
V2	500 - 4000	100 år	50 år	200 år	100 år
V3	> 4000	200 år	100 år	200 år	100 år

2.3.1.2 Klimafaktor

Økt regnintensitet som følge av klimaendringer vil føre til endringer for flomhendelser i norske vassdrag. Det forventes en generell økning i flomstørrelse og hyppighet, men med regionale forskjeller. Det er også forventet at små felt (< 50 km²) vil ha en mer markant økning sammenlignet med større felt (>50 - 100 km²). I store felt er det gjerne smelteflommer om våren som utgjør størst fare, og pga. klimaendringer antas snømengden i fjellet å minske og derav mindre tilgjengelig smeltevann. For Finnmark, indikerer NVEs rapport *Klimaendringer og fremtidige flommer i Norge* (2016) at det kan bli en reduksjon i middelflom. Samme rapport viser til at det også kan bli en reduksjon for 200-årsflom, noe som er avhengig av hvilket utslippsscenario som legges til grunn.

Vegnormal N200 gir krav til klimafaktor for små og store nedbørfelt i Norge - se Tabell 2-2. I henhold til kravet for store nedbørfelt i Finnmark, benyttes en klimafaktor på **F_k = 1.2 (20% påslag)**. Dette kan ansees som et konservativt påslag, i forhold til NVEs vurderinger for Finnmark som beskrevet over.

Tabell 2-2 Klimafaktorer for ulike nedbørfelt i Finnmark, hentet fra Vegnormal N200.

Fylke	Klimafaktor, F _k	
	Små nedbørfelt	Store nedbørfelt
Finnmark	1.3	1.2

2.3.1.3 Usikkerhetsfaktor

For alle anlegg med levetid over 50 år skal det brukes en usikkerhetsfaktor, for å hensynta usikkerhet i beregningene. Usikkerhetsfaktoren som skal benyttes velges ut ifra hvilken sikkerhetsklasse konstruksjonen faller under (se Tabell 2-3).

I henhold til kravet for konstruksjoner i sikkerhetsklasse V3, benyttes en usikkerhetsfaktor på **$F_u = 1.2$ (20% påslag)**.

Tabell 2-3 Usikkerhetsfaktor for ulike sikkerhetsklasser, hentet fra Vegnormal N200.

Sikkerhetsklasse	Usikkerhetsfaktor, F_u
V1 eller F1	1.0
V2 eller F2	1.1
V3 eller F3	1.2

2.3.2. Krav til dimensjonering av bru

For bruer (spennvidde ≥ 2.5 meter) er det krav om 50 cm fri høyde over dimensjonerende flomhøyde i vassdrag i Vegnormal N400, målt fra underkant av konstruksjonen.

I normalen står det at kravet til fribordet på 50 cm er gitt i forhold til flomhøyden som opptrer ved en dimensjonerende vannføring med returperiode på 200 år. Ved Transfarelv bru, er det imidlertid en fare for at kombinasjonen av flom og ispropp gir en større vannstand.

I samråd med oppdragsgiver, er det valgt å ta utgangspunkt i flomhøyden som er størst av 200-årsflom, og middelflom i kombinasjon med ispropp (se kapittel 2.2.2). I begge scenarier er det benyttet de samme påslagene for klima og usikkerhet i vannføring, samt samme høyvannssituasjon i fjorden som nedre grensebetingelse (1-års stormflo inkl. havnivåstigning - se kapittel 2.2.1).

2.3.3. Krav til dimensjonering av erosjonssikring

Krav til dimensjonering av erosjonssikring av stein, er omfattet i Vegnormal N200. Den dimensjonerende steinstørrelsen skal ta hensyn til strømningsforholdene som opptrer under den dimensjonerende vannføringen (i dette tilfellet 200-årsflom inkl. klima- og usikkerhetspåslag). Det er videre valgt å ta utgangspunkt i en lavvannssituasjon i fjorden ved dimensjonering av erosjonssikring (1-års lavvann - se kapittel 2.2.1).

I beregning/valg av dimensjonerende steinstørrelse, skal det benyttes en sikkerhetsfaktor på **$F_{s,D} = 1,2$** . Sikringslaget skal ha en tykkelse som oppfølger følgende krav $T_{\min} \geq 300$ mm, D_{\max} eller $1,5 \times D_{50}$, samt en gradering som oppfyller følgende krav; $1.5 \leq D_{85}/D_{15} \leq 7.0$.

2.4. Dimensjonering av midlertidige anlegg

Statens vegvesens Håndbok V240 gir føringer for dimensjonering av midlertidige anlegg, som omkjøringsvei ved anleggsarbeider og lignende. Det anbefales at midlertidige anlegg dimensjoneres for en flom med returperiode som gir samme (eller lavere) sannsynlighet for

flom som den permanente konstruksjonen vil ha når det er ferdigstilt. Sannsynligheter for ulike returperioder er presentert i Tabell 2-4.

Tabell 2-4 Sannsynlighet for flom ut fra levetid og returperiode. Hentet fra SVV Håndbok V240.

Forventet levetid	Returperiode (T) i år						
	1	2	5	10	50	100	200
1	1.00	0.5	0.20	0.10	0.02	0.01	0.01
2	1.00	0.75	0.36	0.19	0.04	0.02	0.01
5	1.00	0.97	0.67	0.41	0.10	0.05	0.02
10	1.00	1.00	0.89	0.65	0.18	0.10	0.05
50	1.00	1.00	1.00	0.99	0.64	0.39	0.22
100	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.63	0.39
200	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.87	0.63

I henhold til anbefalingene tas det utgangspunkt i at ny Transfarelv bru har en levetid på 50 år, noe som gir en sannsynlighet for flom på 0.22 med en dimensjonerende returperiode på 200 år. Det tas utgangspunkt i at anleggsarbeidet ved brua ikke tar mer enn 1 år – følgelig blir dimensjonerende flom for midlertidig krysning **5-årsflom**, markert i Tabell 2-4. Påslag for klima og usikkerhet settes til 0%, med bakgrunn i den korte levetiden.

For etablering av dimensjonerende flomhøyde og vannhastighet i anleggsperioden, er det sett på kombinasjonen av 5-årsflom og henholdsvis 1-års stormflo og 1-års lavvann i fjorden (se kapittel 2.2.1).

2.5. Beregningsforutsetninger

2.5.1. Flomberegninger

Flomberegninger er utført for Transfarelva ved utløpet i Rafsbotn, i henhold til NVEs *Veileder for flomberegninger* (1/2022). Det er utført beregninger av middelflom, 5-årsflom og 200-årsflom.

I flomberegningene er det benyttet en rekke hydrologiske data fra NVEs databaser og karttjenester. Nedbørsfelt og feltparametere er generert via NVEs karttjeneste NEVINA, samt validert via SCALGO Live. Beregningsmetoder og endelig estimat er basert på tilgjengelige observerte data, samt gyldighet i forhold til feltegenskaper.

For å hensynta klimaendringer og usikkerhet i beregningene er det lagt til påslag på dimensjonerende flomvannføring for permanent anlegg – se foregående kapittel 2.3.1.

2.5.2. Hydrauliske beregninger

Hydrauliske beregninger er utført med en todimensjonal hydraulisk modell i programmet HEC-RAS versjon 6.1. Det er utført beregninger for tre situasjoner; eksisterende/naturlig

situasjon (til grunnlag for innledende vurderinger av brudimensjoner), samt midlertidig situasjon og fremtidig/prosjektert situasjon.

Hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene er en terrengmodell basert på siste tilgjengelige laserdata, lastet ned fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata. Laserdata har ikke nøyaktige høyder under større vanndybder. Terrengmodellen er derfor supplert med innmålinger av elvebunn rundt brua, foretatt av Statens vegvesen. Batymetri videre utover i fjorden er interpolert basert på tolkning av flyfoto og sjøkart.

Innløpet i modellen er plassert et stykke oppstrøms planområdet, for å kunne modellere riktige strømningsforhold ved brua og eventuelt flomvann på avveie. Her er antagelse om normalstrømning og konstruert flomforløp benyttet som øvre grensebetingelse. Utløpet i modellen er plassert i Rafsbotn, hvor kjent havnivå er benyttet som nedre grensebetingelse.

Modellen er ikke kalibrert mot observert flom, og ruhetsforhold er vurdert ut fra bilder, flyfoto og kartgrunnlag.

2.5.3. Erosjonsberegninger

Erosjonsberegninger er basert på resultater fra hydraulisk beregning, hvor det er gjort beregninger både for potensielt erosjonsutsatte områder og for landkar knyttet til brua. Vurdering av grunnforhold er basert på kart og boreprøver foretatt av Statens vegvesen. Det er tatt utgangspunkt i den kombinasjonen av vannføring og havnivå som gir størst erosjonspotensiale i elven, det vil si ved 1-års lavvann.

Beregning av steinstørrelser er utført etter NVEs *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (4/2009)*, samt SVVs *Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger (2014)*.

2.6. Utarbeidelse og bruk av flomsonekart

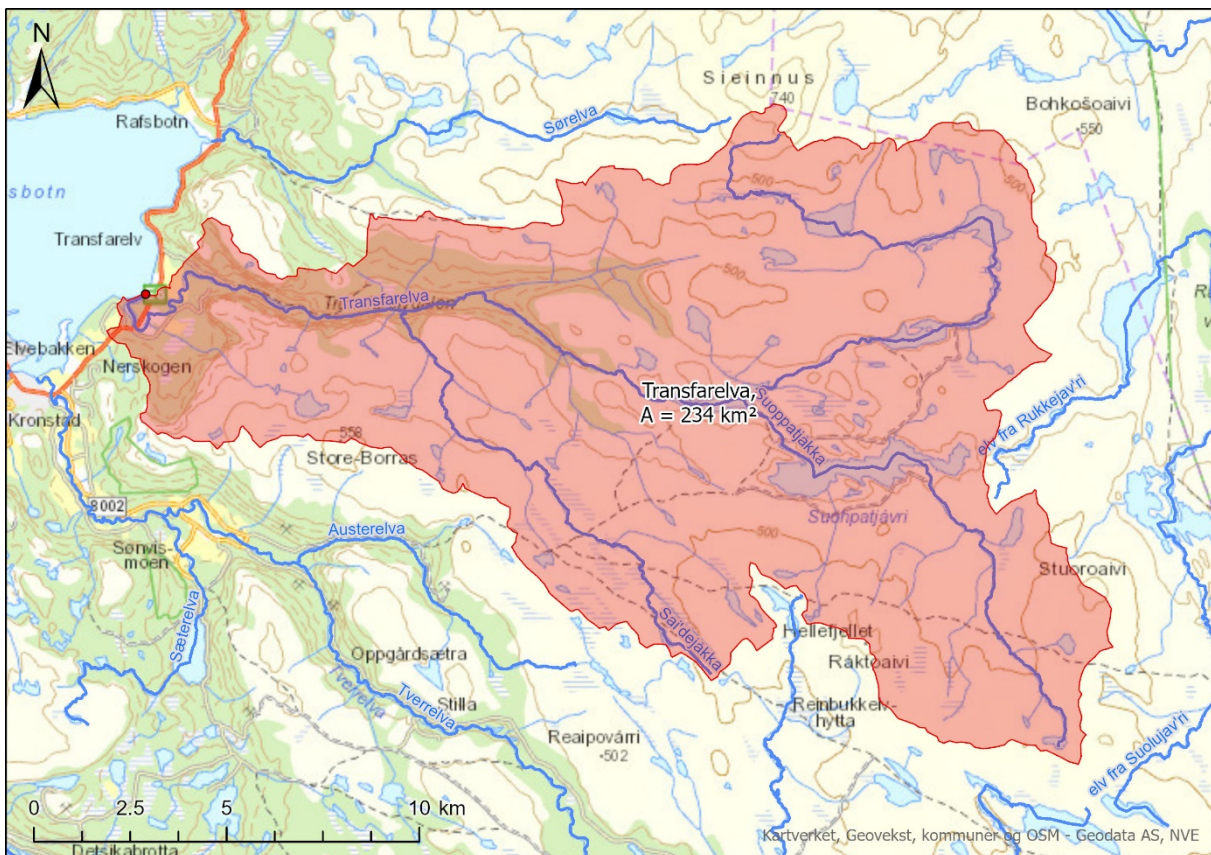
Resultater fra de hydrauliske beregningene er benyttet til å utarbeide flomsonekart. Det er utarbeidet kart for både eksisterende/naturlig, midlertidig og fremtidig/prosjektert situasjon. I flomsonekartene er kombinasjonen av elflo og høyvann gitt som et standard flomsonekart, som viser utbredelse samt beregnede flomnivåer i moh. (gitt som flomkoter). For kombinasjonen elflo og lavvann, er det vist modellert vannhastighet i m/s.

Flomsonekartet er generert ved bruk av GIS, og er utarbeidet i koordinatsystemet EUREF89 UTM33 og høydesystemet NN2000.

3. Flomberegninger

3.1. Beskrivelse av nedbørsfelt

Nedbørsfeltet med feltparametere er generert i NVEs karttjeneste NEVINA (rapport er gitt i Vedlegg 1). Kontrollanalyse i overflatemodellen SCALGO Live, viser at NEVINA gir korrekt avgrensning av feltet. Det avgrensede feltet er vist i Figur 3-1, og et utvalg av feltparametere er gitt i Tabell 3-1.



Figur 3-1 Nedbørsfeltet til Transfarelv ved utløp til Rafsbotn, generert i NEVINA.

Tabell 3-1 Utvalgte feltparametere for Transfarelv nedbørsfelt, generert i NEVINA.

Felt	Areal [km ²]	Eff. sjø [%]	Felt lengde [km]	Maks høyde [moh]	Relieff [m/km]	Skog [%]	Snauf- fjell [%]	Myr [%]	q _N * [l/s·km ²]
Transfarelv	233.5	0.7	27.1	738	3.5	11.1	75.1	4.3	17.3

*Spesifikk normalavrenning i referanseperioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.

Transfarelv nedbørsfelt stikker seg østover fra utløpet i Rafsbotn til vannskillet mot Stabbursdalen. Felter er definert som stort med mye snaufjell, lite skog og liten effektiv

sjøprosent og beskjedent relieff. Store nedbørfelt i Norge, som Transfarelv-feltet, responderer generelt sakte på nedbør og det er snøsmelting om våren som skaper de største flommene. Feltet er naturlig og uregulert.

Nedover mot Transfarelv bru flater terrenget ut, og elva meandrerer gjennom et område med betydelige flomsletter og elveterrasser. Ved brua snevres elveløpet inn og støter mot berget i yttersvingen mot sør-vest.

3.2. Tilgjengelige observerte data

Flere beregningsmetoder beror seg på observerte data som grunnlag for beregning av flomvannføring. Derfor presenteres tilgjengelige data i følgende underkapitler.

3.2.1. Tilgjengelige vannføringsdata

Det beste grunnlaget for hydrologiske analyser, er vannføringsmålinger over lengre tid fra det aktuelle vassdraget. Dersom det ikke er stedegne observasjoner, kan det benyttes måleserier fra representative referansestasjoner. Sistnevnte er tilfellet for Transfarelv, og det finnes flere dataserier fra nærliggende vassdrag som kan benyttes som referansestasjonene. Geografisk plassering av aktuelle målestasjoner i forhold til Transfarelvas nedbørfelt er vist i Figur 3-2, og stasjonsdata og feltparametere er gitt i Tabell 3-2.

I valg av referansestasjoner er beliggenhet, reguleringsgrad og feltstørrelse særlig vektlagt, samt måleserielengde og -kvalitet. Det er valgt å benytte vannføringsdata fra fire målestasjoner i relativ nærhet til Transfarelv; 209.3.0 Kvænangselv bru, 212.49.0 Halsnes, 212.48.0 Sagafoss og 213.3.0 Leirbotnvatn. En femte stasjon (213.3.0 Skaidi) ble også vurdert, men ikke benyttet da måleserien var relativt kort og ble nedlagt tidlig på 90-tallet. Spesielt Halsnes har en lang måleserie for døgndata, mens Sagafoss og Leirbotnvatn har også gode måleserier for kulminasjonsverdier. Det er valgt å vektlegge Sagafoss mest i beregningene, da dette er nabofeltet til Transfarelv og har feltparametere som stemmer godt overens med Transfarelvas nedbørfelt.

Enkelte flomberegningemetoder benytter normalavrenning (q_n) som en inngangsparameter. Derfor er det gjort en vurdering av avrenningen estimert i NEVINA fra NVEs avrenningskart (referanseperiode 1961-90) og avrenning estimert fra observasjoner i området. Det ser ut som spesielt målt avrenning i Leirbotnvatn og Sagafoss samsvarer godt med avrenningen fra kartet. Det er derfor valgt å ikke justere normalavrenningen for Transfarelv.



Figur 3-2 Regional oversikt over referansestasjoner med vannføringsdata som har blitt vurdert.

Tabell 3-2 Stasjonsdata og feltparametere for aktuelle målestasjoner (Kilde: NVE Seriekart/Hydra II).

Stasjonsnummer		Transfarelv	209.3.0	212.49.0	212.48.0	213.2.0	
Stasjonsnavn		Kvænangselv bru	Halsnes	Sagafoss	Leirbotnvatn		
Areal	[km ²]	233.5	309.0	145.1	234.2	135.2	
Effektiv sjø	[%]	0.7	0.3	0.9	0.0	1.1	
Feltlengde	[km]	27.1	33.6	20.5	32.6	15.2	
Relieff forhold	[m/km]	3.5	2.4	17.8	5.4	8.6	
Bre	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Dyrket mark	[%]	0.3	0.0	0.2	1.4	0.0	
Myr	[%]	4.3	4.9	1.2	4.5	2.2	
Leire	[%]	0.0	-	-	-	-	
Skog	[%]	11.1	6.8	13.9	27.6	12.9	
Sjø	[%]	5.5	6.2	3.5	5.2	5.6	
Snauffjell	[%]	75.1	78.6	72.5	51.2	76.6	
Urban	[%]	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	
Uklassifisert	[%]	3.8	3.6	8.8	10.0	2.8	
Høyde min	[moh]	0	10	30	21	161	
Høyde 50	[moh]	432	616	530	416	457	
Høyde maks	[moh]	738	910	1146	633	716	
Avrenning	1961-90	[l/s·km ²]	17.3	25.8	31.4	16.3	26.7
	Observert	[l/s·km ²]	17.3*	23.8	26.2	15.7	25.8
Kurvekvalitet flom		-	middels	bra	bra	bra	
Døgn data	Observasjonsperiode	-	2001 - 2020	1920 - 2021	1971 - 2020	1961 - 2021	
	Antall år med data	-	19	96	50	61	
Kulm. data	Observasjonsperiode	-	2001 - 2020	1993 - 2021	1985 - 2021	1981 - 2021	
	Antall år med data	-	19	28	36	40	

*Justert avrenning basert på sammenligning mellom avrenningskart (1961-90) og observasjoner i området.

3.2.2. Tilgjengelige nedbørsdata

Nedbørstatistikk for gjentakintervaller opp til og med 200 år er offentlig tilgjengelig, og kan lastes ned via bla. Norsk klimaservicesenter.

For Transfarelv nedbørfelt er det sparsomt med nærliggende meteorologisk stasjoner med tilstrekkelig data, der Karasjok ligger ca. 100 km sør-øst (se Figur 3-3) og Bardufoss ligger over 200 km sør-vest. Historisk nedbørsdata fra SeNorge, tyder på at Transfarelv mottar noe mer nedbør, ettersom klimaet blir tørrere innover Finnmarksvidda. Det er valgt å benytte nedbørsdata fra Karasjok, SN97250, da det ikke er andre alternativer. Denne stasjonen har 17 sesonger med data, fra perioden 1968-1978.

Benyttede IVF-data er gitt i Tabell 3-3, og er hentet fra Norsk Klimaservicesenter sine databaser. Disse IVF-verdiene er punktverdier, som er konvertert til arealnedbør ved hjelp av arealreduksjonsfaktorer (ARF). Arealreduksjonsfaktorene for Transfarelv er estimert fra anbefalte verdier med hensyn til feltstørrelse og varighet oppgitt i NVEs *Veileder for flomberegninger* (2022).

Tabell 3-3 Verdier for ekstremnedbør fra målestasjon Karasjok og arealreduksjonsfaktorer (ARF).

Antall timer	1	2	3	6	12	24
Punkt P200 [mm]	28.6	30.2	34.6	51.3	58.3	60.0
ARF (234 km ²) [-]	0.74	0.80	0.82	0.87	0.90	0.92
Areal P200 [mm]	21.1	24.3	28.4	44.6	52.5	55.5



Figur 3-3 Regional plassering for Karasjok nedbørmålestasjon relativt til Transfarelva.

3.3. Beregning av flomvannføring

Beregninger av flomvannføring (Q_M , Q_5 og Q_{200}) er gjort med forskjellige typer flomfrekvensanalyser;

- Flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier
 - Lokal flomfrekvensanalyse (FFA)
- Flomfrekvensanalyse på døgnverdier
 - Lokal flomfrekvensanalyse (FFA)
 - Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)
 - Forenklet lokal + RFFA-2018
 - Full lokal + RFFA-2018

I denne typen analyser estimeres en indeksflom (middel- eller medianflom - Q_M), og vekstkurveforhold som gir forholdet mellom indeksflommen og en flom med et vilkårlig gjentaksintervall T (Q_T/Q_M). Den dimensjonerende flomvannføringen er en kulminasjonsverdi, det vil si vannføringstoppen under en flomhendelse. I flomfrekvensanalyser på kulminasjonsverdier beregnes dette direkte, mens i flomfrekvensanalyser på døgnverdier må estimatene konverteres til kulminasjonsverdier ved bruk av en kulminasjonsfaktor ($Q_{mom}/Q_{døgn}$). Videre skiller det mellom flomfrekvensanalyser som er direkte basert på observerte data (lokale analyser) eller om det benyttes regionale formelverk/regresjonsligninger. Det henvises til NVEs *Veileder for flomberegninger* (2022), samt NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (10/2022), for utdypende beskrivelse av metodene.

Det er også gjort beregninger ved bruk av nedbør-avløpsmodellen PQRUT, for å gi et supplerende estimat som kan sammenlignes med flomfrekvensanalysene. Denne metoden er kun anbefalt å benyttes for gjentaksintervall større eller lik 200 år. Dette er siden den baserer seg på en antagelse om full metning som initialtilstand i feltet, noe som ikke vil være rimelig for lave gjentaksintervall (NVE, 2022). Følgelig er metoden kun benyttet til å beregne 200-årsflom, og ikke middel- eller 5-årsflom.

3.3.1. Flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier

Flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier er kun utført som en lokal analyse, da feltets størrelse er utenfor gyldighetsområdet for regional flomfrekvensanalyse for kulminasjonsverdier (RFFA-NIFS). Den lokale analysen baserer seg på kulminasjonsdata fra nærliggende målestasjoner (se kapittel 3.2.1).

Kulminasjonsverdi for middelflom og vekstkurve for 5- og 200-årsflom er beregnet basert på data fra stasjon 212.48.0 Sagafoss, 213.2.0 Leirbotnvatn og 212.49.0 Halsnes. De ulike referansestasjonene har ulik serielengde med kulminasjonsdata, og er derfor vektet noe ulikt. Data fra nevnte stasjoner er hentet fra NVEs database FINUT i Hydra II ved bruk av programmet Ekstremverdianalyse. For å finne vekstkurven, anbefaler NVEs veileder å benytte to- eller treparameterfordeling dersom det foreligger henholdsvis mer eller mindre enn 50 år med data. Ingen av stasjonene har over 50 år med kulminasjonsdata, derfor er det benyttet toparameterfordeling (Gumbel med L-moment).

Vekstkurver og middelflom for de aktuelle referansestasjonene, hentet fra Hydra II, er presentert i Tabell 3-4.

Tabell 3-4 Resultater fra flomfrekvensanalyse på kulminasjonsdata fra referansestasjoner i Hydra II.

Målestasjon	Parameterfordeling	Middelflom [l/s·km ²]	Q ₅ /Q _M [-]	Q ₂₀₀ /Q _M [-]	Vekting [%]
212.48.0 Sagafoss	To - GUMBEL	251	1.272	2.389	45
213.2.0 Leirbotnvatn	To - GUMBEL	334	1.216	2.102	35
212.49.0 Halsnes	To - GUMBEL	317	1.293	2.498	20
Vektet snitt:		293	1.257	2.311	-

Resultatene fra flomfrekvensanalysen på kulminasjonsverdier, og estimerte flomvannføringer for Transfarelv, er gitt i Tabell 3-5.

Tabell 3-5 Beregnet flomvannføring i Transfarelv basert på lokal flomfrekvensanalyse på kulminasjonsdata.

Felt	Middelflom (kulm)		5-årsflom (kulm)		200-årsflom (kulm)	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Transfarelv	293	68.5	369	86.1	678	158.3

3.3.2. Flomfrekvensanalyse på døgnerverdier

3.3.2.1 Lokal flomfrekvensanalyse på døgndata

Døgnerverdi for middelflom og vekstkurve for 5- og 200-årsflom for valgte referansestasjoner (se kapittel 3.2.1) er hentet fra NVEs database DAGUT i Hydra II ved bruk av programmet Ekstremverdianalyse. Referansestasjonene er vektet noe ulikt basert på serielengde med døgndata.

De fleste referansestasjonene har mer enn 50 år med døgndata. For disse, er det benyttet en treparameterfordeling (GEV med L-moment) for å finne vekstkurven. For 209.3.0 Kvænangselv bru (som har 19 år med døgndata) er det benyttet toparameterfordeling (Gumbel med L-moment).

Tabell 3-6 oppsummerer beregninger for de aktuelle referansestasjonene med døgndata.

Tabell 3-6 Resultater fra flomfrekvensanalyse på døgndata fra referansestasjoner i Hydra II.

Målestasjon	Parameterfordeling	Middelflom [l/s·km ²]	Q ₅ /Q _M [-]	Q ₂₀₀ /Q _M [-]	Vekting [%]
212.48.0 Sagafoss	Tre - GEV	234	1.277	1.849	55
212.49.0 Halsnes	Tre - GEV	304	1.299	2.271	25
209.3.0 Kvænangselv bru	To - GUMBEL	257	1.210	2.073	10
213.2.0 Leirbotnvatn	Tre - GEV	322	1.223	1.655	10
Vektet snitt:		263	1.271	1.958	-

Resultatene fra flomfrekvensanalysen på døgnerverdier, og estimerte flomvannføringer for Transfarelv, er gitt i Tabell 3-7.

Tabell 3-7 Beregnet flomvannføring i Transfarelv basert på lokal flomfrekvensanalyse på døgndata.

Felt	Middelflom (døgn)		5-årsflom (døgn)		200-årsflom (døgn)	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Transfarelv	263	61.3	334	77.9	514	120.0

3.3.2.2 Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)

Det regionale formelverket RFFA-2018 er utarbeidet for store (> 60 km²) naturlige uregulerte felt. Formelverket består av regresjonsligninger for beregning av medianflom Q_M (døgnerverdi) og vekstkurveforhold Q_T/Q_M. Det er her benyttet formlene oppgitt i NVEs rapport *Lokal og Regional flomfrekvensanalyse* (2020).

Estimerte døgnerverdier og vekstkurveforhold fra RFFA-2018 er gitt i Tabell 3-8.

Tabell 3-8 Beregnet medianflom og 5- og 200-årsflom ved bruk av regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018).

Nedbørsfelt	Medianflom (døgn)		Q ₅ /Q _M [-]	5-årsflom (døgn)		Q ₂₀₀ /Q _M [-]	200-årsflom (døgn)	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]		[l/s·km ²]	[m ³ /s]		[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Transfarelv	211	49.2	1.282	270	63.1	2.284	481	112.4

3.3.2.3 Forenklet lokal kombinert med regional analyse

Den største usikkerheten knyttet til regionale formelverk ligger i indeksflommen (Q_M), men vekstkurveforholdet (Q_T/Q_M) er ansett som svært robust. En metodikk for å hensynta dette, er å benytte en vektet indeksflom fra regionalt formelverk og lokale data med hensyn til antall år med data, i kombinasjon med vekstkurveforholdet fra regionalt formelverk (RFFA-2018). Den vektete middel-/medianflomen er her beregnet ved bruk av formler gitt i NVEs

rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (2020). Det er valgt å benytte et representativt antall år med lokale flomdata på $n = 60$.

Resultat for beregning av 200-årsflom ved bruk av metoden beskrevet i foregående avsnitt er gitt i Tabell 3-9 og Tabell 3-10.

Tabell 3-9 Vektet middelflom fra lokal og regional analyse, samt vekstkurveforhold fra RFFA-2018.

Felt	Middel-/medianflom (døgn)			Q_5/Q_M	Q_{200}/Q_M
	Lokal FFA [m ³ /s]	RFFA-2018 [m ³ /s]	Vektet [m ³ /s]	RFFA-2018 [-]	RFFA-2018 [-]
Transfarelv	61.3	49.2	61.0	1.282	2.284

Tabell 3-10 Beregnet flomvannføring ved bruk av forenklet lokal i kombinasjon med regional analyse.

Felt	Middelflom (døgn)		5-årsflom (døgn)		200-årsflom (døgn)	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Transfarelva	261	61.0	335	78.2	597	139.3

3.3.2.4 Full lokal kombinert med regional analyse

NVE har utarbeidet en metodikk hvor lokale flomdata sammen med forkunnskapen fra det regionale formelverket RFFA-2018, brukes for estimering av både indeksflom (Q_M) og vekstkurve (Q_T/Q_M). Denne metodikken muliggjør mer utstrakt bruk av lokale data, men eventuell usikkerhet i dataene reduseres ved å benytte erfaringsgrunnlaget til den regionale modellen (RFFA-2018), og der feltegenskaper til nedbørsfeltet inngår.

NVE kaller denne metoden for «Full lokal + RFFA», og utføres på lokale døgndata i Flomanalyse-programmet i NVEs Hydra II-system. Resultatene fra analysen er gitt i Tabell 3-11 og estimat for døgnmiddelvannføringer i Transfarelva er gitt i Tabell 3-12.

Tabell 3-11 Resultater fra full lokal i kombinasjon med RFFA-2018 for referansestasjoner i Hydra II.

Målestasjon	Parameter - fordeling	Medianflom (døgn) [l/s·km ²]	Q_5/Q_M [-]	Q_{200}/Q_M [-]	Vekting
212.48.0 Sagafoss	GEV + Bayesiansk	235	1.238	2.271	55%
212.49.0 Halsnes	GEV + Bayesiansk	272	1.214	2.389	25%
209.3.0 Kvænangselv bru	GEV + Bayesiansk	279	2.232	2.158	10%
213.2.0 Leirbotnvatn	GEV + Bayesiansk	328	1.215	2.074	10%
Vektet snitt:		258	1.229	2.270	-

Tabell 3-12 Beregnet flomvannføring i Transfarelva basert på full lokal i kombinasjon med regional analyse..

Felt	Medianflom (døgn)		5-årsflom (døgn)		200-årsflom (døgn)	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Transfarelva	258	60.3	317	74.1	586	136.8

3.3.2.5 Kulminasjonsfaktor

For å estimere kulminasjonsverdier fra døgnverdier, er det vanlig å benytte forholdstallet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ - også kalt kulminasjonsfaktor. Denne faktoren kan estimeres fra regresjonsligninger fra formelverket RFFA-2018, eller fra observasjoner. I dette tilfellet er det gjort begge deler, hvor det er sett på de fem største observerte flommene i nabofeltet Sagafoss. Endelig valgt kulminasjonsfaktor er gjennomsnittet mellom de to tilnærmingene, ettersom verdiene samsvarer relativt godt og Sagafoss er tilstøtende nedbørsfelt til Transfarelv. Etter anbefaling i NVEs veileder, benyttes samme kulminasjonsfaktor uavhengig av gjentaksintervall.

Beregnete forholdstall og endelig valgt kulminasjonsfaktor er gitt i Tabell 3-13.

Tabell 3-13 Estimerte kulminasjonsfaktorer basert på observasjoner og regionalt formelverk (RFFA-2018).

Dato for de fem største registrerte flommene	Kulminasjon	Døgnmiddel	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$
Målestasjon 212.48.0 Sagafoss	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[-]
13.06.21	109.76	105.00	1.045
09.06.20	107.14	102.14	1.049
19.05.10	105.56	92.88	1.137
11.06.97	91.68	81.25	1.128
10.06.96	87.62	76.82	1.141
Gjennomsnitt:			1.114
Beregnet med RFFA-2018:			1.100
Valgt kulminasjonsfaktor:			1.107

3.3.3. Nedbør-avløpsmodell PQRUT

PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som benyttes til flomberegninger der det foreligger representative nedbørsdata. PQRUT er en lineær karmodell, hvor nedbørsfeltet er representert som et kar med to utløp som har forskjellig tømmekonstant (K1 og K2) og er skilt av et terskelnivå (T). For dette tilfellet er det benyttet NVEs nett-versjon av modellen.

PQRUT er kun anbefalt å benyttes for gjentaksintervall større eller lik 200 år, da den baserer seg på en antagelse om full metning som initialtilstand i feltet. Dette vil ikke være rimelig for lave gjentaksintervall (NVE, 2022). Følgelig er metoden kun benyttet til å beregne 200-årsflom, og ikke middel- eller 5-års flom.

Parameterne til den hydrologiske flommodellen bør helst bestemmes via kalibrering mot observerte vannføring fra det aktuelle vassdraget. Siden det ikke finnes måleserier fra det aktuelle vassdraget i dette tilfellet, er parametere beregnet ut fra ligninger gitt i NVEs veileder, se Tabell 3-14. Disse beror på feltegenskapene relieff, effektiv sjøprosent, andel

skog og feltlengde, samt årlig nedbør og dreneringstetthet. Konsentrasjonstiden er beregnet med pragmatisk metode.

Tabell 3-14 Beregnede modellparametere i PQRUT for Transfarelv.

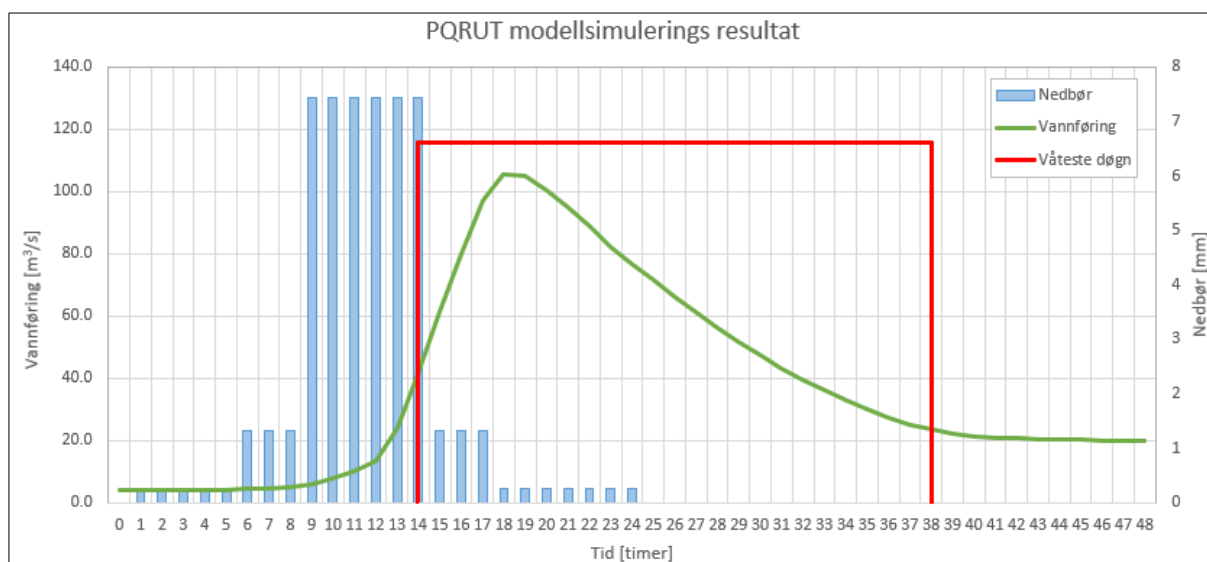
Felt	K_1 [1/time]	K_2 [1/time]	T [mm]	Konsentrasjonstid [timer]
Transfarelv	0.090	0.009	36.52	5

Nedbørforløp for en 200-års hendelse er konstruert med utgangspunkt i IVF-data fra målestasjon Karasjok (se Tabell 3-3). For større felt ($> 20 \text{ km}^2$) er det anbefalt å benytte en total varighet som er lengre enn 24 timer. Dette er ikke offentlig tilgjengelig, og det er derfor her benyttet en varighet på ett døgn. Det er videre tatt utgangspunkt i en symmetrisk fordeling for nedbørforløpet, og tidsskritt på en time. Flere mulige nedbørsforløp er testet for å finne størst kulminasjonsverdi.

Konstruert nedbørforløp og modellert flomforløp for 200-årsflom med PQRUT i Transfarelv er presentert i Tabell 3-15, og modellert flomforløp er grafisk fremstilt i Figur 3-4.

Tabell 3-15 Beregnet flomverdi for 200-årsflom i Transfarelv med nedbør-avløpsmodellen PQRout.

Felt	Nedbør 24t [mm/døgn]	Nedbør max [mm/time]	200-årsflom [m ³ /s]	
			Døgnmiddel	Kulminasjon
Transfarelv	55.5	7.4	63.4	105.4



Figur 3-4 Grafisk fremstilling av nedbør- og flomforløp fra nedbør-avløpsmodellen PQRUT for 200-årsflom i Transfarelv.

3.4. Påslag for klima og usikkerhet

Som beskrevet i kapittel 2.3.1, legges det til grunn 20% påslag for å hensynta fremtidige klimaendringer, samt 20% påslag for usikkerhet i beregningene i beregninger for det permanente anlegget. Dette gjelder altså for dimensjonerende 200-års flomvannføring, samt middelvannføring i kombinasjon med ispropp. Det er ikke lagt til påslag for 5-årsflom, til grunnlag for planlegging av midlertidige anlegg.

3.5. Oppsummering og endelig estimat

Beregnete flomverdier ved bruk av metodene beskrevet i foregående underkapitler, er presentert i Tabell 3-16.

Som det fremkommer i tabellen, er det relativt godt samsvar mellom resultatene fra de forskjellige metode, med unntak av PQRUT. FFA på kulminasjonsdata gir det høyeste estimatet, og PQRUT gir et estimat betydelig lavere enn øvrige metoder. Basert på tilgjengelige nedbørsobservasjoner via nedbør-modulen til nettverktøyet SeNorge, betraktes estimatet fra PQRUT å være et underestimat. Målestasjonen i Karasjok mottar betydelig mindre nedbør enn Transfarelv nedbørsfelt, som ligger nærmere kysten. Videre er det benyttet et nedbørførsløp som er kortere enn det som er anbefalt for et felt av en slik størrelse. Følgelig er det valgt å se bort ifra estimatet fra nedbør-avløpsmodellen.

Det er ikke grunnlag for å vektlegge en type av flomfrekvensanalyse fremfor noen andre. Tilgjengelige vannføringsdata som er benyttet vurderes som gode og representative, men de er ikke fra det aktuelle feltet. Derfor ansees de lokale og regionale analysene som nokså likestilt. Med hensyn til analyser på døgn- og kulminasjonsverdier, har målestasjonene nokså lange serier med kulminasjonsdata som bedre vil kunne reflektere flomtoppen i feltet, men serielengden til døgndataene er for flere av stasjonene betraktelig lengre.

Basert på vurderingen over, i tillegg til at flomfrekvensanalysene gir nokså like verdier, er det valgt å benytte gjennomsnittet av alle flomfrekvensanalysene til endelig estimat.

Dermed blir endelig estimat for dimensjonerende vannføring i Transfarelva ved en 200-årsflom, på $Q_{dim,T} = Q_{200+20%+20\%} = 207.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabell 3-16 Beregnede flomverdier og endelig estimat.

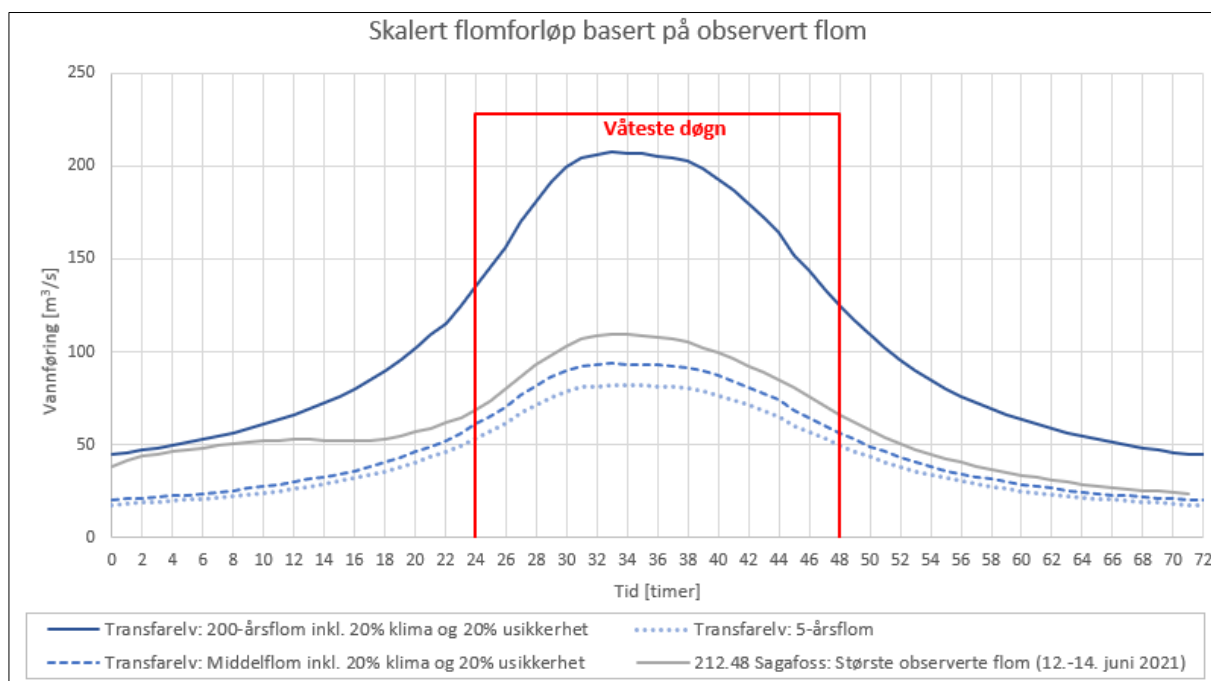
Metode		Middelflom				
		Døgnmiddel		$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ [-]	Kulminasjon	
		[l/s·km ²]	[m ³ /s]			[l/s·km ²]
Lokal flomfrekvensanalyse kulminasjonsverdier		-	-	-	293	68.5
Flomfrekvens-analyse døgnverdier	Lokal analyse (FFA)	263	61.3	1.107	291	67.8
	Regional analyse (RFFA-2018)	211	49.2		233	54.5
	Forenklet lokal + RFFA-2018	261	61.0		289	67.5
	Full lokal + RFFA-2018	258	60.3		286	66.7
Endelig estimat:		252	58.7	1.107	278	65.0
Inkludert klima (20%) og usikkerhet (20%):		362	84.6		401	93.6
Metode		5-årsflom				
		Døgnmiddel		$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ [-]	Kulminasjon	
		[l/s·km ²]	[m ³ /s]			[l/s·km ²]
Lokal flomfrekvensanalyse kulminasjonsverdier		-	-	-	369	86.1
Flomfrekvens-analyse døgnverdier	Lokal analyse (FFA)	334	77.9	1.107	369	86.2
	Regional analyse (RFFA-2018)	270	63.1		299	69.8
	Forenklet lokal + RFFA-2018	335	78.2		371	86.6
	Full lokal + RFFA-2018	317	74.1		351	82.0
Endelig estimat:		318	74.2	1.107	352	82.1
Metode		200-årsflom				
		Døgnmiddel		$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ [-]	Kulminasjon	
		[l/s·km ²]	[m ³ /s]			[l/s·km ²]
Lokal flomfrekvensanalyse kulminasjonsverdier		-	-	-	678	158.3
Flomfrekvens-analyse døgnverdier	Lokal analyse (FFA)	514	120.0	1.107	569	132.8
	Regional analyse (RFFA-2018)	481	112.4		533	124.4
	Forenklet lokal + RFFA-2018	597	139.3		660	154.2
	Full lokal + RFFA-2018	586	136.8		649	151.4
<i>Nedbør-avløpsmodell PQRUT</i>		271	63.4	1.663	451	105.4
Endelig estimat:		558	130.3	1.107	618	144.2
Inkludert klima (20%) og usikkerhet (20%):		804	187.7		890	207.7

3.6. Flomforløp for modellering

For å kunne gjøre hydrauliske beregninger er det nødvendig med et representativt flomforløp. I dette tilfellet vurderes flomforløpet som er generert fra PQRUT (se kapittel 3.3.3) å være for spisst, basert på feltareal og andre feltparametere. Det er derfor valgt å benytte et skalert flomforløp basert på den største observerte flommen i nabofeltet 212.48.0 Sagafoss. Det er gjort noen justeringer i forhold til observert flom; flomforløpet er

noe jevnet ut samt laget spissere for å reflektere beregnet/valgt kulminasjonsfaktor (se kapittel 3.3.2.5). Følgelig har flomforløpet en kulminasjonsverdi og døgnmiddelverdi som reflekterer endelige estimat for flomvannføringer.

Det er valgt å benytte den samme formen på forløpet for både dimensjonerende 200-årsflom, middelflom og 5-årsflom. Flomforløp som er benyttet i beregningene er illustrert i Figur 3-5.



Figur 3-5 Skalert flomforløp basert på observasjoner fra referansestasjonen 212.48 Sagafoss referansestasjon.

4. Hydrauliske beregninger

4.1. Programvare og modelltype

Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.1, utviklet av United States Army Corps of Engineers. HEC-RAS muliggjør endimensjonale stasjonære hydrauliske beregninger, og en- og todimensjonal dynamisk modellering. For videre beskrivelse av programvaren, vises det til brukermanualen til HEC-RAS (HEC, 2021).

Det er valgt å benytte en todimensjonal dynamisk modell. Dette betyr at strømmingen er ikke-stasjonær (varierer over tid), og kan opptre i horisontalplanet. Denne typen modell vil kunne fange opp strømninger utover det definerte elveløpet og evt. oppstuvning i større grad enn en tradisjonell endimensjonal stasjonær modell.

4.2. Modelloppsett

4.2.1. Analyseområdet

Området rundt Transfarelv bru er preget av et relativt flatt terreng med flere fluviale terrasser og et meandrerende elveløp med flere bakevjer og mulig flomløp. Analyseområdet er derfor romslig avgrenset - se Figur 4-1.

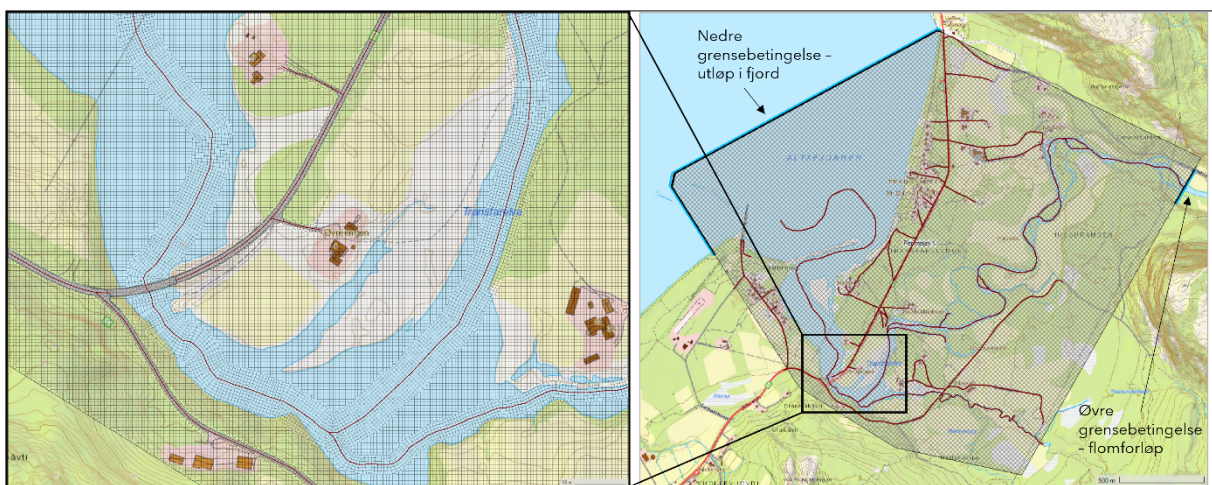


Figur 4-1 Kartutsnitt som visere avgrensing av analyseområdet for hydrauliske beregninger.

Innløpet til modellen er plasser langt oppstrøms aktuell plassering for ny bru - dette gir rom i modellen for å fange opp eventuelle flomløp og gi et nøyaktig bilde av flomsituasjonen ved brune. Utløpet er plasser tilstrekkelig langt ut fjorden.

4.2.2. Beregningsnett

Den hydrauliske modellen baseres på et rutenett som dekker hele analyseområdet, der det gjøres beregninger for hver enkelt rute. Rutenettet for beregninger av Transfarelv er satt til 3 x 3 meter. Senterlinjer for elveløp og veier er lagt som knekklinjer, som bidrar til optimal orientering av hver rute og mer nøyaktig modellering av strømmingen. Oppsettet av beregningsnettet med grensebetingelser er presentert i Figur 4-2.

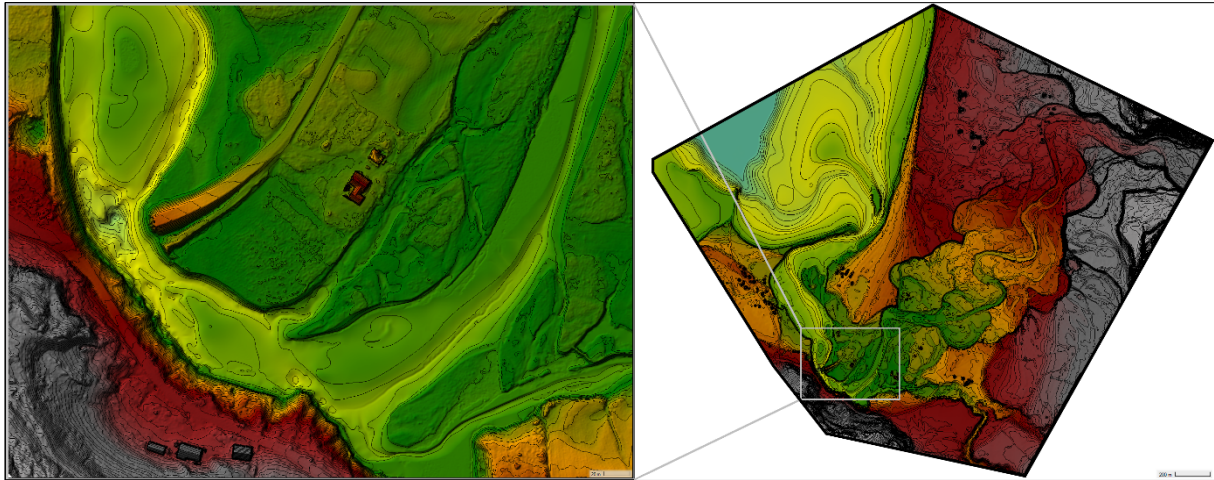


Figur 4-2 Oppsettet av beregningsnett (3x3 meter) i hydraulisk modell for Transfarelv.

4.2.3. Terrengmodell

Det er satt om en terrengmodell, som utgjør hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene, illustrert i Figur 4-3.

Terrengmodellen er primært basert på laserdata med 0.25 meters oppløsning fra 2017 (prosjekt NDH Alta 5 pkt), lastet ned fra Kartverkets tjeneste Høydedata. Laserdataene fra 2017 dekker imidlertid ikke hele analyseområdet, og er derfor kombinert med laserdata fra 2018 (NDH Alta 2pkt - originalt 0.5 m men 'resamplet' til 0.25 m). I tillegg ble det gjort innmålinger av batymetrien i elveløpet rundt brua i 2021, som er lagt inn i terrengmodellen. For utløpet i fjorden er batymetri konstruert manuelt basert på kystkart og flyfoto. Bygninger er klippet ut fra overflatemodellen, og satt inn i terrengmodellen for å gi mest mulig realistisk strømningsmønster på flomslettene. Alt grunnlaget er satt sammen til en helhetlig terrengmodell i programvaren ArcGIS Pro.



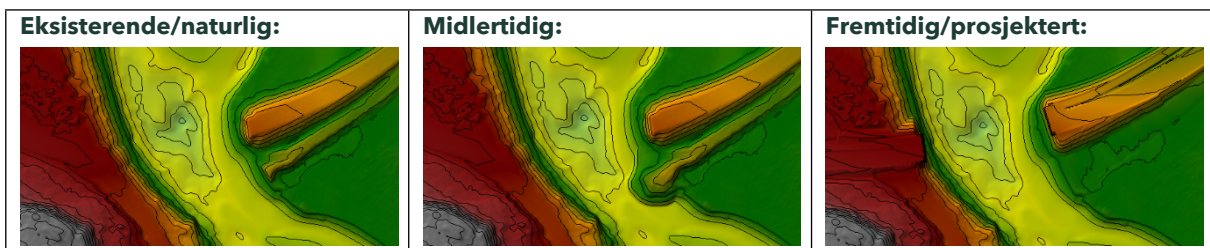
Figur 4-3 Sammensatt terrengmodell basert på flere laserdatasett og innmålinger av batymetri for elveløpet.

4.2.4. Konstruksjoner i vassdraget

Utover Transfarelv bru er det ingen konstruksjoner i vassdraget som påvirker flomsituasjonen. Det ligger en kulvert i sideløpet som kommer inn fra sørøst - denne er ikke inkludert i den hydrauliske modellen.

Det går i dag to bruer over Transfarelva; den gamle brua som er stengt, og en midlertidig bru sør for den gamle som nå fører E6 over elva. Bilder av bruene er vist i Figur 4-5.

Som beskrevet i kapittel 2.5.2, er det utført de hydrauliske beregningene for eksisterende, midlertidig og fremtidig situasjon. Terrengtet for de tre situasjonene er vist i Figur 4-4. For å gjøre innledende beregninger av dimensjonerende flomhøyder ved brua, er det valgt å ta utgangspunkt i en eksisterende/naturlig situasjon, hvor fylling for gammel bru er beholdt, men den midlertidige fyllingen på østsiden er delvis fjernet. I analyser av midlertidig situasjon, er både fyllingen tilhørende den gamle og midlertidige brua beholdt. For fremtidig situasjon, er det lagt inn fyllinger og landkar basert på prosjektert grunnlag hentet fra Statens Vegvesens Quadri-modell i Novapoint den 23.05.2022 (se Figur 4-5). Den midlertidige fyllingen (på sørsiden av ny bru) er fullstendig fjernet for fremtidig situasjon, og den nye brua skal ikke ha pilarer.



Figur 4-4 Utsnitt av terrengmodell ved brustedet for forskjellige situasjoner.

Gammel bru før midlertidig bru ble bygget (09.09.2020):



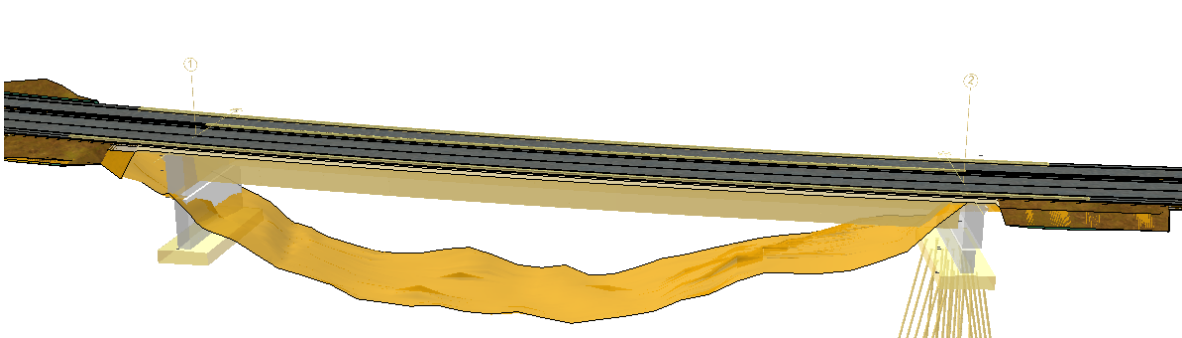
Midlertidig bru til venstre, gammel bru til høyre (10.03.2021):



Midlertidig bru (25.10.2021):



Ny bru (snipp fra Quadri-modell 23.05.2022):

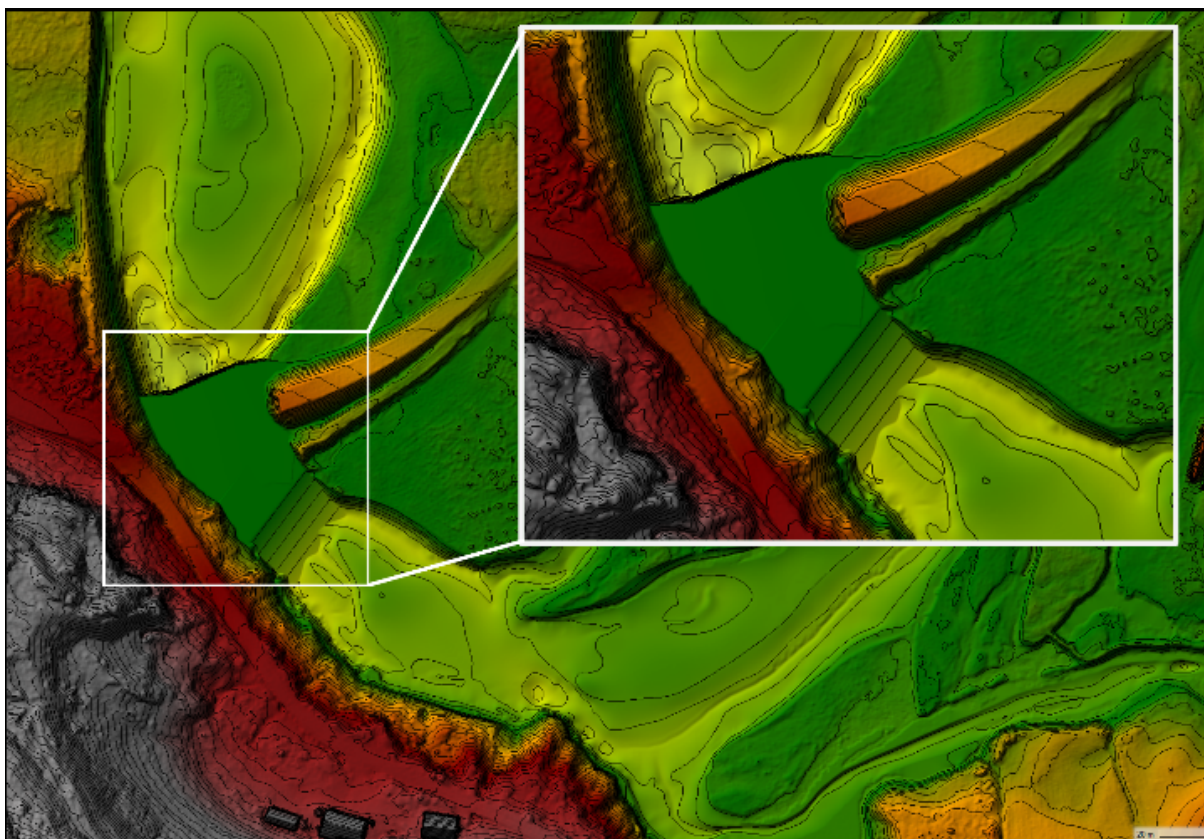


Figur 4-5 Bilder av gammel stengt bru og midlertidig bru over Transfarelva (foto er tatt av SVV), samt tegning av ny bru hentet fra SVVs Quadri-modell i Novapoint.

4.2.5. Isgang og ispropp

I NVEs høringsdokument av veilederen *Sikkerhet mot flomfare - Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (03/2022)*, beskrives en metode der det legges inn en demning opp til breddfull høyde for elveløpet (tilsvarer 1.05 moh.) kombinert med middelflom. Denne fremgangsmåten er benyttet for Transfarelv for å modellere et scenario med ispropp. Demningen er lagt inn i terrengmodellen for eksisterende/naturlig situasjon, illustrert i Figur 4-6.

Det er valgt å ikke modellere ispropp for fremtidig/prosjektet situasjon. Dette er med bakgrunn i at ny bru planlegges uten pilarer. Videre forutsettes det at eventuell erosjonssikring legges med tilstrekkelig lav vinkel slik at isflakene ikke blir hengende fast.



Figur 4-6 Modifisert terreng der tenkt ispropp er lagt inn i terrengmodellen til breddfull høyde (1.05 moh).

4.2.6. Friksjonsforhold

Vannets hastighet påvirkes av friksjonsforhold, altså ruheten til overflaten vannet strømmer over. Forholdene vil variere etter type underlag, vegetasjon, og utforming av elveløpet. Ruheten i modellen er gitt som Manningstall (n), der økende ruhet tilsvarer et høyere n -tall.

Friksjonsforhold er vurdert basert på kart, flyfoto og rikelig med bilder tilsendt fra oppdragsgiver. Benyttede ruhetsverdier i modellen er gitt i Tabell 4-1, og er basert på standardverdier i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl., 2010).

Tabell 4-1 Benyttede ruhetsverdier i hydraulisk modell.

Type overflate	Ruhetsverdi	
	n	M (=1/n)
Elveløp (meandrering, men fint bunnssubstrat)	0.030	33
Landbruksareal	0.035	29
Kratt og gress	0.045	22
Bebyggelse og veger	0.020	50
Skog	0.065	15
Hav	0.010	100

4.2.7. Grensebetingelser

Ved innløpet i modellen er det benyttet antagelse om normalstrømning sammen med et konstruert flomforløp benyttet som øvre grensebetingelse. Flomforløpet som benyttes for dimensjonerende 200-årsflom, middelflom og 5-årsflom er vist i Figur 3-5. Det er valgt å kun modellere forløpet fra time 20 til time 39, da dette er tilstrekkelig for å modellere kulminasjonen og resesjonen av flomhendelsene i hele analyseområdet.

Ved utløpet i modellen, som er satt et godt stykke ut i fjorden nedstrøms Transfarelv bru, er det benyttet kjent havnivå som nedre grensebetingelse. Havnivåer for Transfarelv er hentet fra Kartverkets tjeneste Se havnivå (se Vedlegg 2).

Når en ser på dimensjonerende flomhøyder, er det lagt til grunn at det opptrer en høyvannssituasjon i fjorden. I henhold til anbefaling i NVEs rapport *Flom og stormflo* (83/2015), er det benyttet 1-års stormflo som nedre grensebetingelse for alle gjentaksintervall (1, 5 og 200 år), som tilsvarer +1.6 moh. I analyser for det permanente anlegget (200-årsflom og middelflom+ispropp), er det lagt til havnivåstigning i henhold til anbefalinger i DSBs veileder *Havnivåstigning og stormflo* (2016). Beregnet stigning for Transfarelv er 67 cm, noe som gir et totalt havnivå på +2.3 moh. avrundet til nærmeste 10 cm.

Når en ser på dimensjonerende vannhastigheter/erosjon, er det lagt til grunn at det opptrer en lavvannssituasjon i fjorden. Med bakgrunn i NVEs anbefaling for kombinasjon av høyvann og elveflom, er det valgt å ta utgangspunkt i kombinasjonen 1-års lavvann og elveflom for lavvannssituasjonen. Havnivå ved 1-års lavvann tilsvarer -198 cm (rundet av til -2.0 moh). Det er videre konservativt valgt å se bort ifra fremtidig havnivåstigning i lavvannssituasjonen, også for vurderinger av permanente anlegg med lang levetid.

Kombinasjoner av grensebetingelser for ulike scenarier er oppsummert i Tabell 4-2. Den hydrauliske modellen er kjørt med et beregningsintervall på 0.5 sekunder.

Tabell 4-2 Verdier benyttet for øvre grensebetingelse (kulminasjonsvannføring) og nedre grensebetingelse (kjent havnivå) for forskjellige scenarier i hydraulisk modell.

Anlegg	Dimensjonerende	Scenario	Vannføring [m ³ /s]	Havnivå [moh]
Permanent	Flomhøyde	200-årsflom inkl. klima og usikkerhet + 1-års stormflo inkl. havnivåstigning	207.7	2.3
		Middelflom inkl. klima og usikkerhet + ispropp + 1-års stormflo inkl. havnivåstigning	93.6	2.3
	Vannhastighet	200-årsflom inkl. klima og usikkerhet + 1-års lavvann	207.7	-2.0
Midlertidig	Flomhøyde	5-årsflom + 1-års stormflo	82.1	1.6
	Vannhastighet	5-årsflom + 1-års lavvann	82.1	-2.0

4.3. Resultater fra hydraulisk beregning

Resultater fra de hydrauliske beregningene er beskrevet i kommende underkapitler. Det er hentet ut resultater for utvalgte tverrsnitt, hvis lokasjon er vist i figurer samt i oversiktskartet i Vedlegg 3. Resultatene er også gitt i Vedlegg 4, og vannstands- og hastighetsprofil ved Transfarelv bru er vist i Vedlegg 5.

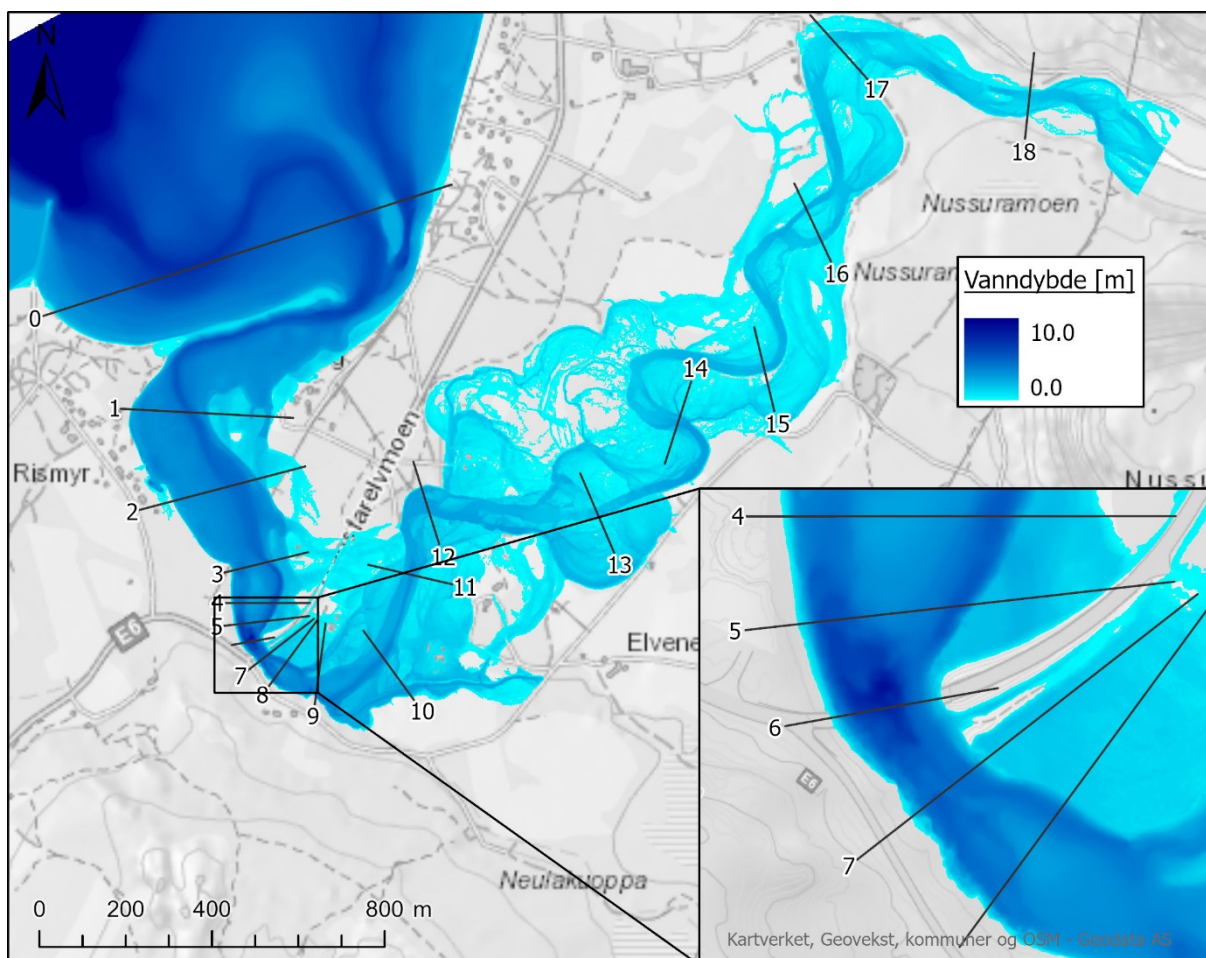
4.3.1. Eksisterende/naturlig situasjon

4.3.1.1 200-årsflom med høyvann

Resultater for dimensjonerende flom under en høyvannssituasjon ved eksisterende/naturlig situasjon er vist i Figur 4-7 og gitt i Tabell 4-3. Jf. kapittel 4.2.7, er det lagt til grunn en 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ($Q_{200+20\%+20\%} = 207.7 \text{ m}^3/\text{s}$), og 1-års stormflo inkludert havnivåstigning (2.3 moh.).

En kan se at flommen fører til betydelige oversvømmelser langs det meandrerende elveløpet, og flommen brer seg lang utover elveslettene. E6 oversvømmes noen hundre meter nord-øst for Transfarelv bru, men vanddybden og -mengdene som strømmer over vegen her er nokså beskjedne (maksimalt 5 cm og $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$). Flere av de omkringliggende gårdene ligger i flomsonen.

Den oppstuvende effekten fra havet fører til at vannhastighetene stort sett reduseres jo nærmere utløpet en kommer. Dette fører til at strømningshastighetene rundt Transfarelv bru er nokså beskjedne under en høyvannssituasjon.



Figur 4-7 Beregnet utbredelse og vanndybder ved $Q_{200+20\%+20\%}$ for eksisterende/naturlig situasjon ved høyyvann.

Tabell 4-3 Resultater fra hydraulisk beregning av $Q_{200+20\%+20\%}$ for eksisterende/naturlig situasjon ved høyyvann.

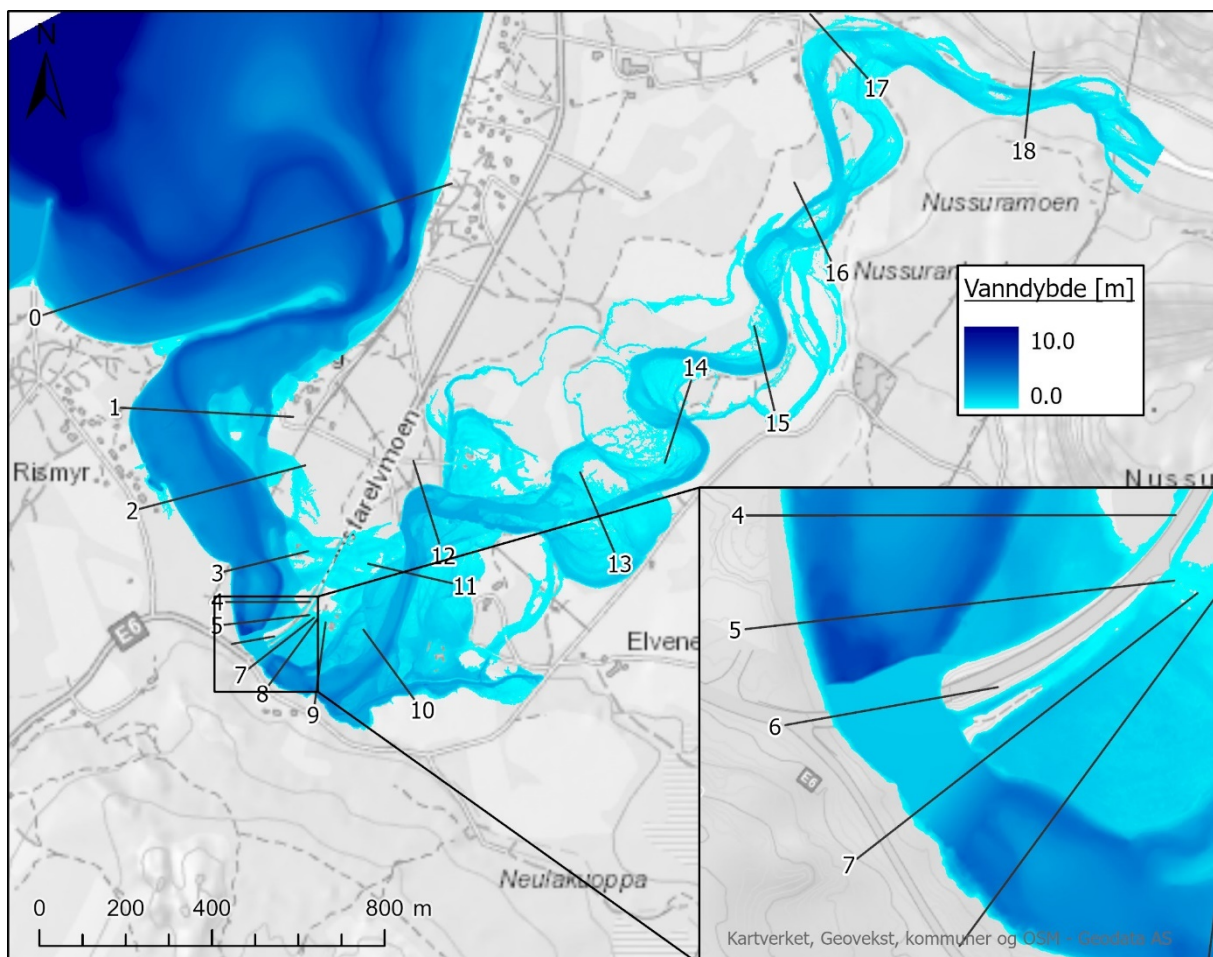
Profil nr.	200-årsflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet + høyyvann		
	Vannstand [moh]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
18	14.91	1.51	4.14
17	11.09	1.30	3.95
16	8.28	2.00	4.38
15	6.01	1.87	3.37
14	4.45	2.32	2.04
13	3.33	1.58	2.10
12	2.69	2.33	1.26
11	2.54	2.69	2.05
10	2.42	3.05	1.03
9	2.39	3.32	1.66
8	2.37	3.75	1.14
7	2.36	4.39	1.66
6 (Transfarelv bru)	2.34	6.45	1.21
5	2.33	4.97	0.86
4	2.33	4.36	0.74
3	2.32	4.01	0.71
2	2.32	3.86	0.39
1	2.31	4.24	0.43
0 (utløp i Altafjorden)	2.30	5.99	0.09

4.3.1.2 Middelflom med ispropp og høyvann

Resultater for kombinasjonen av middelflom og ispropp opp til breddefullt nivå under en høyvannssituasjon ved eksisterende/naturlig situasjon er vist i Figur 4-8 og gitt i Tabell 4-4. Jf. kapittel 4.2.7, er det lagt til grunn en middelflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ($Q_{M+20\%+20\%} = 93.6 \text{ m}^3/\text{s}$), og 1-års stormflo inkludert havnivåstigning (2.3 moh.).

Også ved middelflom vil elva gå over sine bredder, men graden av oversvømmelser er ikke like omfattende som en 200-årsflom lengre opp i vassdraget. Ved Transfarelv bru og nedstrøms, er flomvannstanden og graden av oversvømmelse nokså lik. Også i denne situasjonen går vannet tett opp mot lavpunktet på E6 nordøst for Transfarelv bru, men i dette tilfellet forblir selve veien tørr.

Fra profil 10 til 7, fører isproppen til en oppstuvning som resulterer i en flomvannstand som er rundt 5 cm høyere enn ved 200-årsflom. Ved selve brua (ca. midt på isproppen) er vannstanden lik, mens nedstrøms dette er den noe mindre (rundt 2 cm).



Figur 4-8 Beregnet utbredelse og vanndybder ved $Q_{M+20\%+20\%}$ for eksisterende/naturlig situasjon med ispropp.

Tabell 4-4 Resultater fra hydraulisk beregning av $Q_{M+20\%+20\%}$ for eksisterende/naturlig situasjon med ispropp.

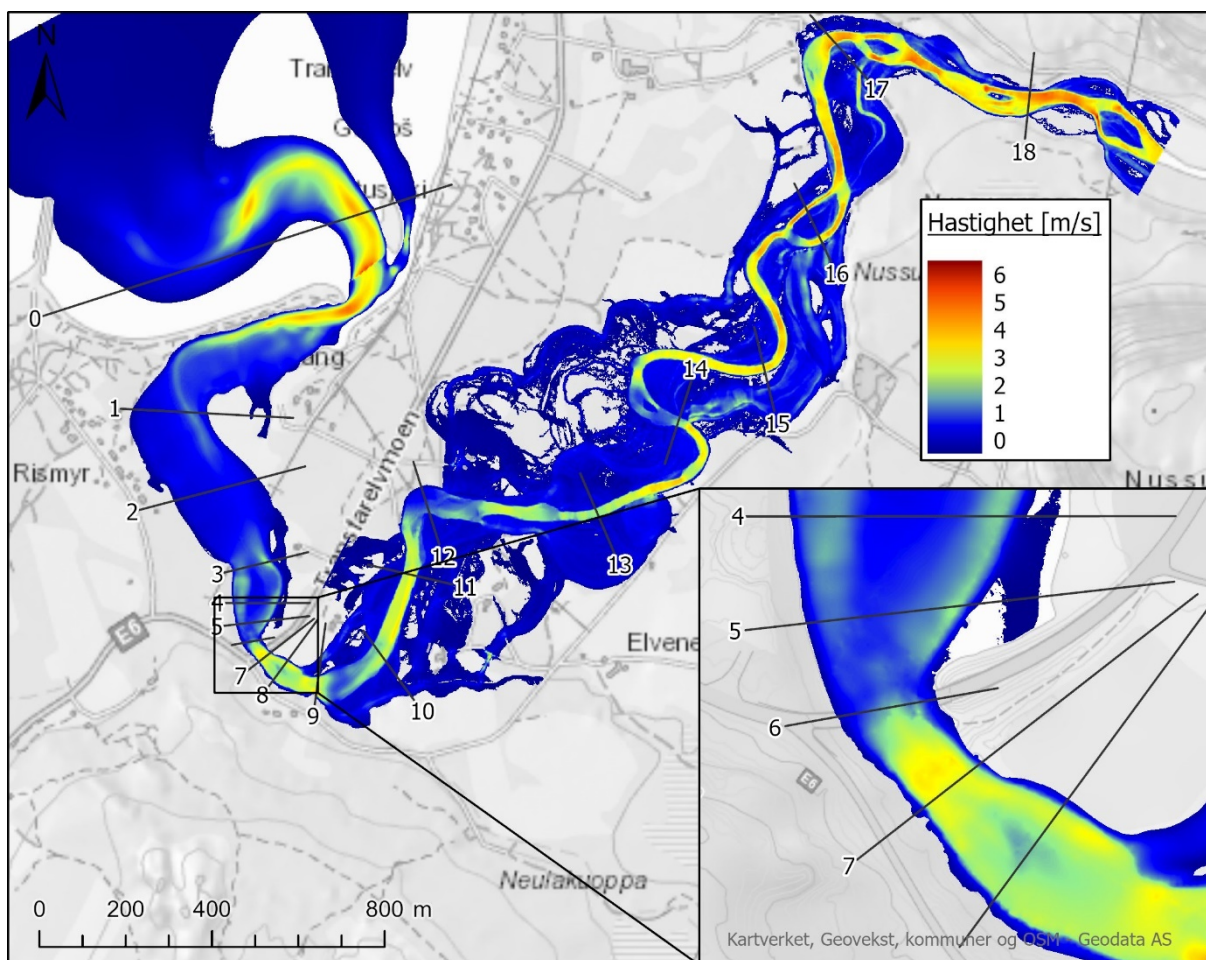
Profil nr.	Middelflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet + ispropp + høyyvann		
	Vannstand [moh]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
18	14.48	1.08	3.05
17	10.73	0.94	3.07
16	7.85	1.57	3.29
15	5.73	1.59	3.05
14	3.99	1.86	2.00
13	3.05	1.30	1.81
12	2.52	2.16	0.70
11	2.47	2.62	1.05
10	2.44	3.07	0.47
9	2.44	3.37	0.72
8	2.43	3.81	0.50
7	2.42	4.45	1.67
6 (Transfarelv bru)	2.34	6.45	1.60
5	2.31	4.95	0.40
4	2.31	4.34	0.34
3	2.30	3.99	0.32
2	2.30	3.84	0.18
1	2.30	4.23	0.19
0 (utløp i Altafjorden)	2.30	5.99	0.04

4.3.1.3 200-årsflom med lavvann

Resultater for dimensjonerende flom under en lavvannssituasjon ved eksisterende/naturlig situasjon er vist i Figur 4-9 og gitt i Tabell 4-5. Jf. kapittel 4.2.7, er det lagt til grunn en 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ($Q_{200+20\%+20\%} = 207.7 \text{ m}^3/\text{s}$), og 1-års lavvann (-2.0 moh.).

De hydrauliske beregningene viser at flo og fjære påvirker flomsituasjonen ganske langt opp i vassdraget; omtrentlig fra profil 13 og nedstrøms gir en lavvannssituasjon større vannhastigheter og lavere vannstander enn en høyyvannssituasjon. Oppstrøms dette er strømningssituasjonen lik.

Ved selve brua, er vannhastighetene størst ved innsnevringen i elveløpet rett oppstrøms - her kommer vannhastighetene opp i 3.2 m/s. Ved den eksisterende brua er hastighetene noe redusert (til maksimalt rundt 2.0 m/s).



Figur 4-9 Beregnet utbredelse og hastighet ved $Q_{200+20\%+20\%}$ for eksisterende/naturlig situasjon ved lavvann.

Tabell 4-5 Resultater fra hydraulisk beregning $Q_{200+20\%+20\%}$ for eksisterende/naturlig situasjon ved lavvann.

Profil nr.	200-årsflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet + lavvann		
	Vannstand [moh]	Vanddybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
18	14.91	1.51	4.14
17	11.09	1.30	3.95
16	8.28	2.00	4.38
15	6.01	1.87	3.37
14	4.45	2.32	2.04
13	3.31	1.56	2.17
12	2.50	2.14	1.54
11	2.19	2.34	2.96
10	1.55	2.18	2.58
9	1.26	2.19	4.05
8	0.99	2.37	2.62
7	0.90	2.93	2.91
6 (Transfarelv bru)	0.82	4.93	1.88
5	0.81	3.45	1.98
4	0.76	2.79	1.88
3	0.66	2.35	2.16
2	0.55	2.09	1.03
1	0.43	2.36	1.58
0 (utløp i Altafjorden)	-2.00	1.69	3.68

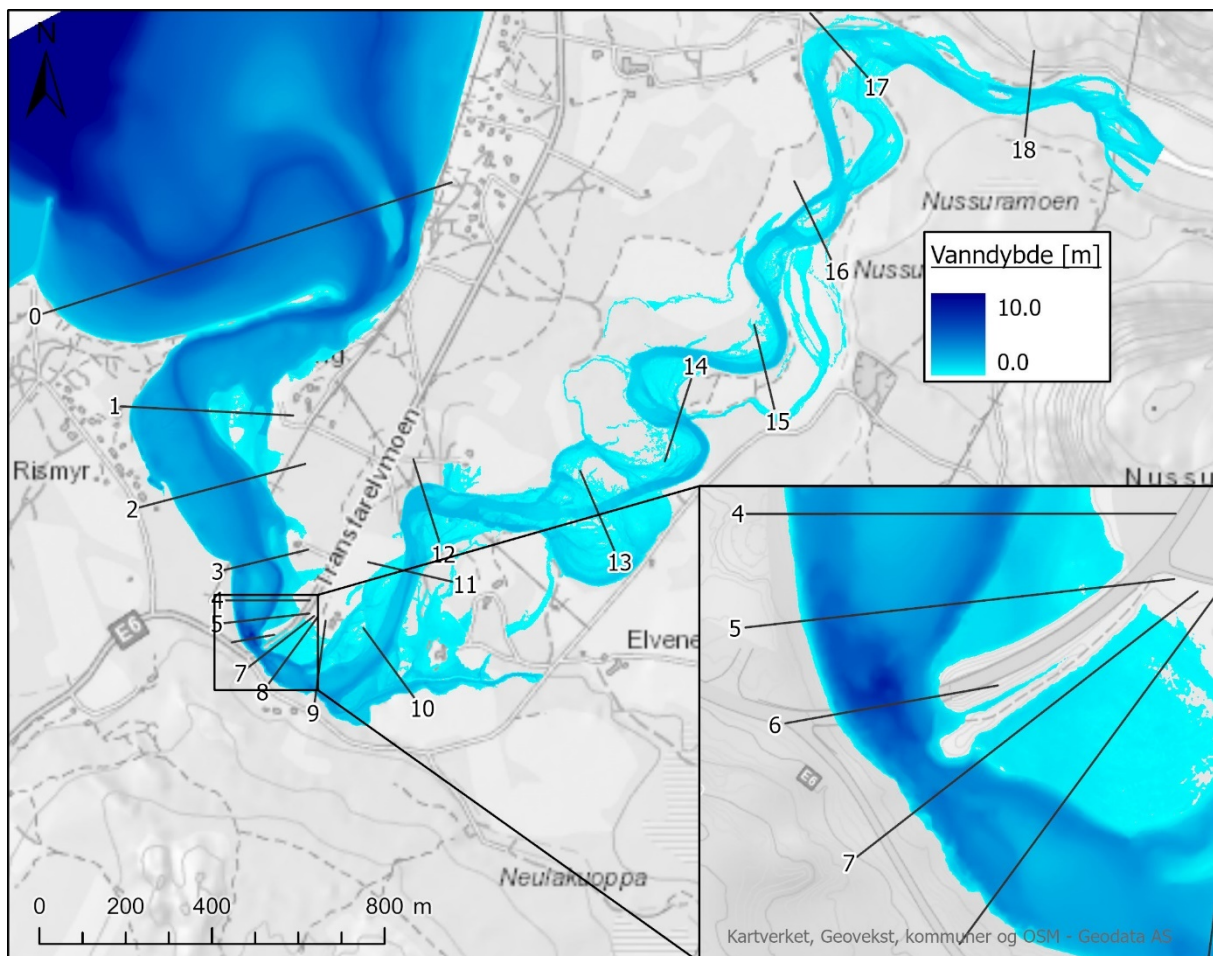
4.3.2. Midlertidig situasjon

4.3.2.1 5-årsflom med høyvann

Resultater for 5-årsflom ($Q_5 = 82.1 \text{ m}^3/\text{s}$) under en høyvannssituasjon (1-års stormflo; 1.6 moh.) ved midlertidig situasjon er vist i Figur 4-10 og gitt i Tabell 4-6.

Lengre opp i vassdraget er flomsituasjonen nokså lik som ved middelflom (inkl. klima og usikkerhet), da det er kun rundt $10 \text{ m}^3/\text{s}$ forskjell mellom de to flomvannføringene. Lengre nedstrøms, er det imidlertid forskjell mellom de to. Dette er primært på grunn av forskjellig havnivå (med og uten havnivåstigning). Videre fører den midlertidige fyllinga til betydelig mindre oppstuvning sammenlignet med en ispropp.

Sammenlignet med en 200-årsflom (inkl. klima og usikkerhet) er graden av oversvømmelse naturlig nok mindre oppstrøms i vassdraget. Men, i området ved brua og nedstrøms (fra ca. profil 9) vil kombinasjonen 200-årsflom og lavvann faktisk gi mindre vannstand og oversvømmelse enn en 5-årsflom og høyvann, noe som viser havets sterke påvirkning.



Figur 4-10 Beregnet utbredelse og vandedybder ved Q_5 for midlertidig anlegg ved høyvann.

Tabell 4-6 Resultater fra hydraulisk beregning av Q_5 for midlertidig anlegg ved høyvann.

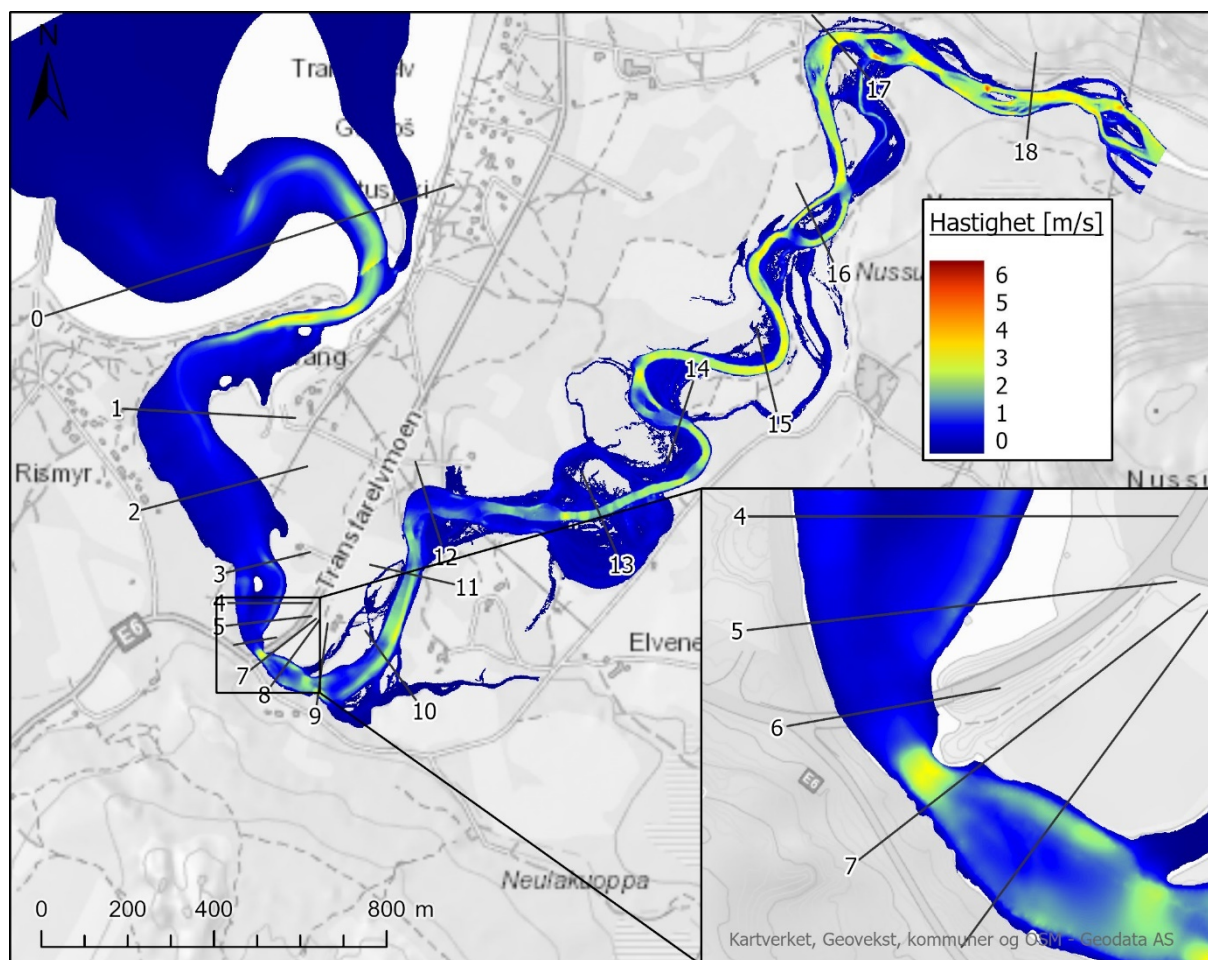
Profil nr.	5-årsflom + høyvann		
	Vannstand [moh]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
18	14.43	1.03	2.91
17	10.67	0.88	2.94
16	7.76	1.48	3.14
15	5.62	1.48	2.95
14	3.90	1.77	1.96
13	3.00	1.25	1.84
12	2.03	1.67	1.10
11	1.86	2.01	1.67
10	1.67	2.30	0.98
9	1.65	2.58	1.15
8	1.63	3.01	0.69
7	1.63	3.66	1.09
6 (Transfarelv bru)	1.62	5.73	0.58
5	1.62	4.26	0.47
4	1.62	3.65	0.40
3	1.61	3.30	0.40
2	1.61	3.15	0.21
1	1.61	3.54	0.26
0 (utløp i Altafjorden)	1.60	5.29	0.08

4.3.2.2 5-årsflom med lavvann

Resultater for 5-årsflom ($Q_5 = 82.1 \text{ m}^3/\text{s}$) under en lavvannssituasjon (1-års lavvann; -2.0 moh.) ved midlertidig situasjon er vist i Figur 4-11 og gitt i Tabell 4-7.

Også for 5-årsflom har flo og fjære en sterk påvirkning på strømmingssituasjonen. Selv uten havnivåstigning, vil stormfloen gå langt opp i vassdraget (til mellom profil 12 og 13). Nedstrøms disse profilene, gir følgelig en lavvannssituasjon større vannhastigheter og lavere vannstander sammenlignet med en høyvannssituasjon.

Ved bruområdet, er vannhastighetene størst under den midlertidige brua. Vannhastighetene her er nokså lik det som opptrer under en dimensjonerende 200-årsflom (rundt 3 m/s), som følge av at elveløpet er enda mer innsnevret av den midlertidige fyllinga.



Figur 4-11 Beregnet utbredelse og vannhastighet ved 5-årsflom for midlertidig anlegg ved lavvann.

Tabell 4-7 Resultater fra hydraulisk beregning av 5-årsflom for midlertidig anlegg ved lavvann.

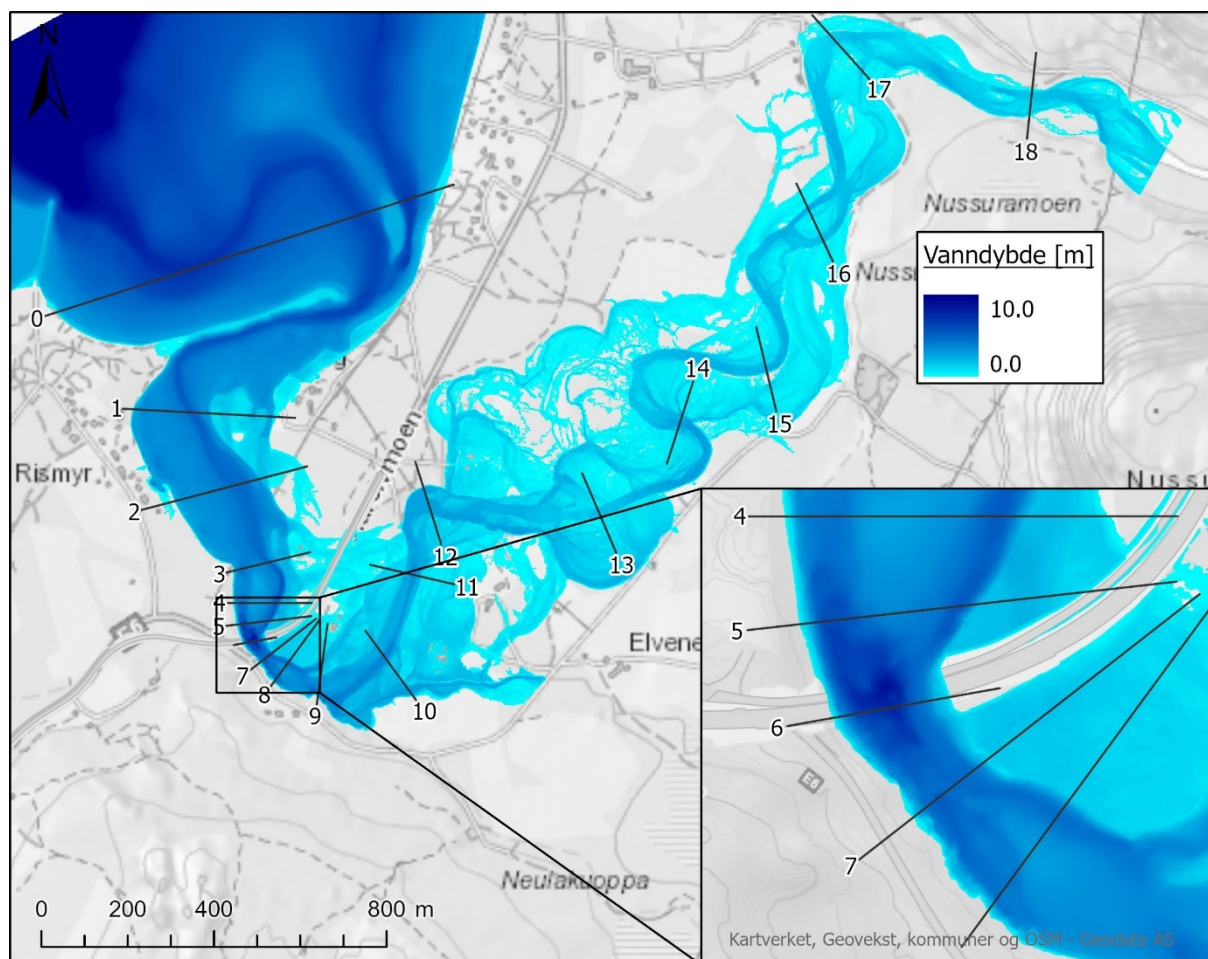
Profil nr.	5-årsflom + lavvann		
	Vannstand [moh]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
18	14.43	1.03	2.91
17	10.67	0.88	2.94
16	7.76	1.48	3.14
15	5.62	1.48	2.95
14	3.90	1.77	1.96
13	3.00	1.25	1.84
12	1.93	1.57	1.28
11	1.63	1.78	2.03
10	0.99	1.62	2.28
9	0.58	1.51	3.41
8	0.34	1.72	1.89
7	0.27	2.30	2.04
6 (Transfarelv bru)	0.20	4.31	0.93
5	0.19	2.83	1.46
4	0.18	2.21	1.39
3	0.06	1.75	1.80
2	-0.02	1.52	0.74
1	-0.12	1.81	1.25
0 (utløp i Altafjorden)	-2.00	1.69	2.22

4.3.3. Fremtidig/prosjektert situasjon

4.3.3.1 200-årsflom med høyvann

Resultater for dimensjonerende flom under en høyvannssituasjon ved fremtidig/prosjektert situasjon er vist i Figur 4-12 og gitt i Tabell 4-8. Jf. kapittel 4.2.7, er det lagt til grunn en 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ($Q_{200+20\%+20\%} = 207.7 \text{ m}^3/\text{s}$), og 1-års stormflo inkludert havnivåstigning (2.3 moh.). Endringer i vannstand som følge av tiltak (ny bru og vegfylling, fjerning av midlertidig vegfylling) er vist i Figur 4-13.

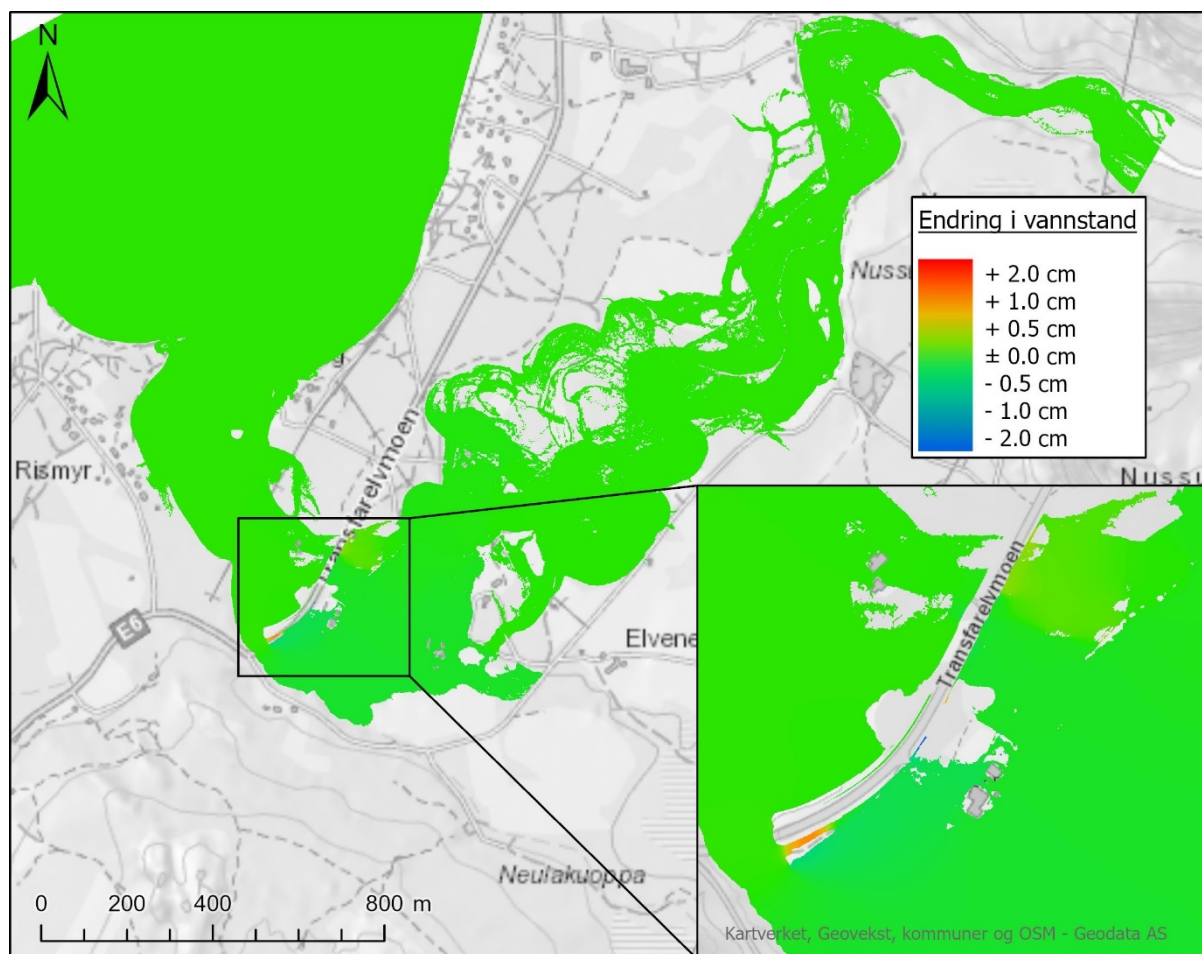
En kan se at det flomsituasjonen er tilnærmet lik den som opptrer ved eksisterende/naturlig situasjon. Dette er både på grunn av at endringene i terrenget er nokså små, og at stormflo har en såpass stor innvirkning så vannstanden forblir omtrentlig den samme. Den største endringer skjer i området bak den midlertidige fyllingen; det at denne fjernes fører til en liten vannstandsøkning (+1.5 cm). Det er også mindre endringer ved lavpunktet på E6 nordøst for Transfarelv bru - ny veg ligger noe høyere og blir derfor ikke oversvømt. Dette gir en svært liten vannstandsøkning (+0.5 cm) ved oppstrøms side av vegen. Totalt sett, ansees endringene som neglisjerbare.



Figur 4-12 Beregnet utbredelse og vanddybder ved $Q_{200+20\%+20\%}$ for fremtidig/prosjektert situasjon ved høyvann.

Tabell 4-8 Resultater fra hydraulisk beregning av $Q_{200+20\%+20\%}$ for fremtidig/prosjektert situasjon ved høyvann.

Profil nr.	$Q_{200+20\%+20\%}$ + høyvann		Endring	
	Vannstand [moh]	Hastighet [m/s]	Vannstand [± m]	Hastighet [± m/s]
18	14.91	4.14	0.00	0.00
17	11.09	3.95	0.00	0.00
16	8.28	4.38	0.00	0.00
15	6.01	3.37	0.00	0.00
14	4.45	2.04	0.00	0.00
13	3.33	2.10	0.00	0.00
12	2.69	1.26	0.00	0.00
11	2.54	2.05	0.00	0.00
10	2.42	1.03	0.00	0.00
9	2.39	1.66	0.00	0.00
8	2.37	1.13	0.00	-0.01
7	2.36	1.56	0.00	-0.10
6 (Transfarelv bru)	2.34	1.21	0.00	0.00
5	2.33	0.87	0.00	+0.01
4	2.33	0.75	0.00	+0.01
3	2.32	0.71	0.00	0.00
2	2.32	0.39	0.00	0.00
1	2.31	0.43	0.00	0.00
0 (utløp i Altafjorden)	2.30	0.09	0.00	0.00

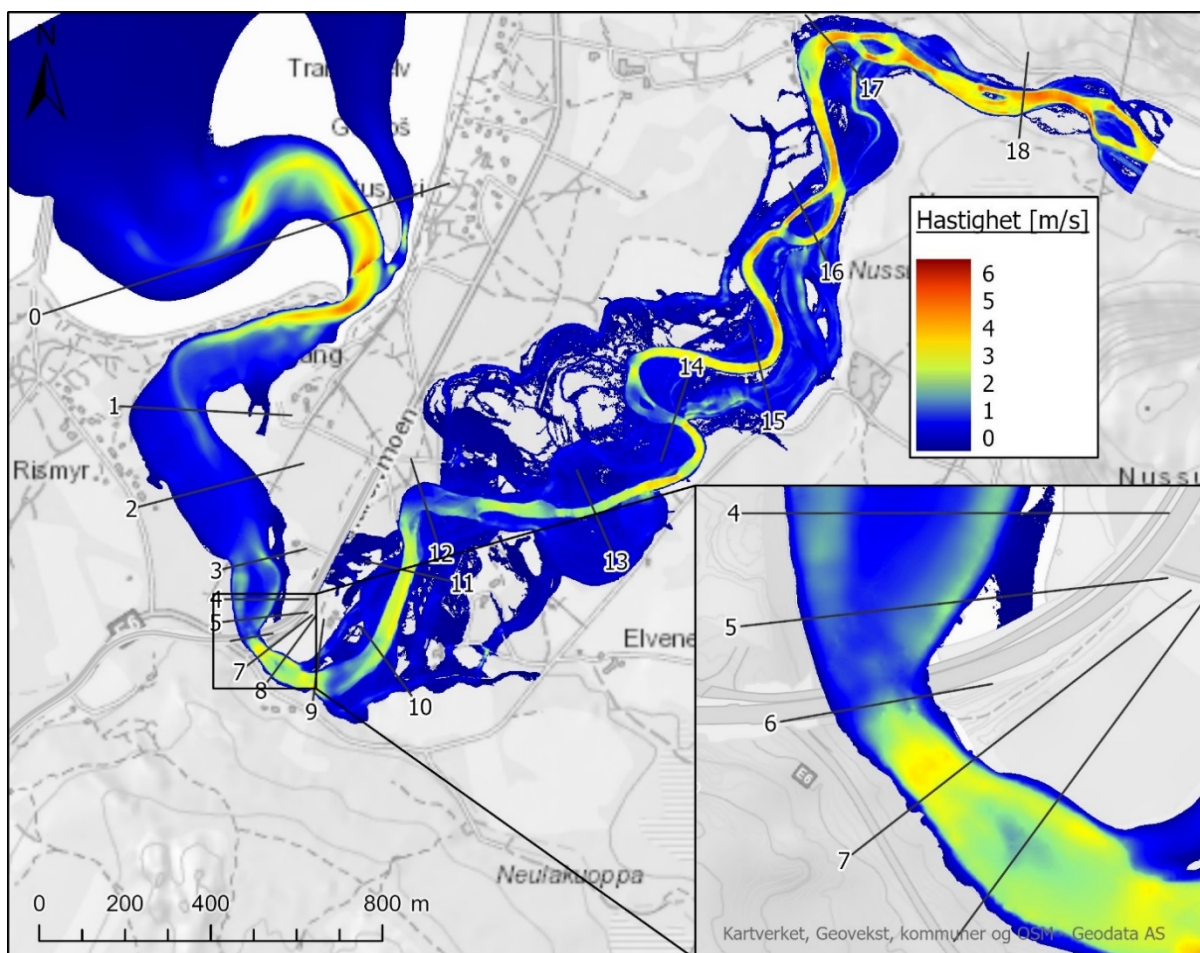


Figur 4-13 Beregnet endring i vannstand ved $Q_{200+20\%+20\%}$ og høyvann som følge av tiltak.

4.3.3.2 200-årsflom med lavvann

Resultater for dimensjonerende flom under en lavvannssituasjon ved fremtidig/prosjektert situasjon er vist i Figur 4-14 og gitt i Tabell 4-9. Jf. kapittel 4.2.7, er det lagt til grunn en 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ($Q_{200+20\%+20\%} = 207.7 \text{ m}^3/\text{s}$), og 1-års lavvann (-2.0 moh.). Endringer i vannstand som følge av tiltak (ny bru og vegfylling, fjerning av midlertidig vegfylling) er vist i Figur 4-15.

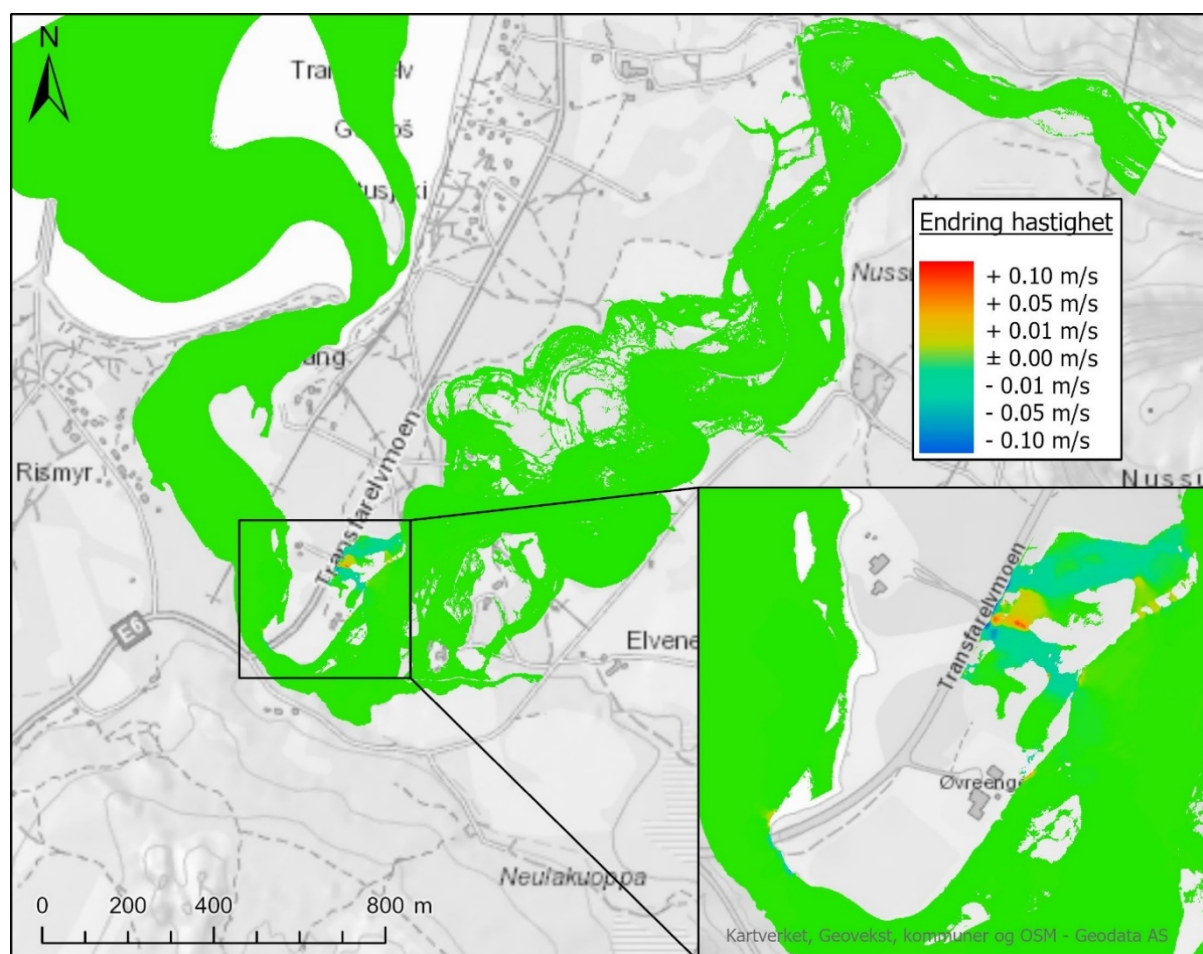
Flomsituasjonen er stort sett den samme som for eksisterende/naturlig situasjon, da vannivået i elven er såpass lavt ved lavvann at tiltakene stort sett ikke berører flomsonen. Den største endringen skjer i området ved lavpunktet på E6 nordøst for Transfarelv bru - siden den nye vegen er noe høyere, tar fyllingen opp noe av plassen til flomsletten. Dette fører til at vannet strømmer litt annerledes, og får liten hastighetsøkning (maks. +0.1 m/s) enkelte steder, og reduksjon andre (maks. -0.1 m/s). Ved selve brua av vannhastighetene noe endret på den østlige siden; under brua, og litt oppstrøms, er vannhastighetene noe redusert (maks. -0.05 m/s) som følge av fjerning av midlertidig fylling og at den nye brua er noe bredere. På nedstrøms side, er vannhastighetene noe økt (maks. +0.05 m/s) som følge av at den nye vegfyllingen strekker seg litt lengre nord enn den gamle. Totalt sett, ansees endringene som neglisjerbare.



Figur 4-14 Beregnet utbredelse og hastighet ved $Q_{200+20\%+20\%}$ for fremtidig/prosjektert situasjon ved lavvann.

Tabell 4-9 Resultater fra hydraulisk beregning av $Q_{200+20\%+20\%}$ for fremtidig/prosjektert situasjon ved lavvann.

Profil nr.	$Q_{200+20\%+20\%}$ + lavvann		Endring	
	Vannstand [moh]	Hastighet [m/s]	Vannstand [± m]	Hastighet [± m/s]
18	14.91	4.14	0.00	0.00
17	11.09	3.95	0.00	0.00
16	8.28	4.38	0.00	0.00
15	6.01	3.37	0.00	0.00
14	4.45	2.04	0.00	0.00
13	3.31	2.17	0.00	0.00
12	2.50	1.54	0.00	0.00
11	2.19	2.96	0.00	0.00
10	1.55	2.58	0.00	0.00
9	1.26	4.05	0.00	0.00
8	0.99	2.62	0.00	0.00
7	0.90	2.91	0.00	0.00
6 (Transfarelv bru)	0.82	1.88	0.00	0.00
5	0.81	1.98	0.00	0.00
4	0.76	1.88	0.00	0.00
3	0.66	2.16	0.00	0.00
2	0.55	1.03	0.00	0.00
1	0.43	1.58	0.00	0.00
0 (utløp i Altafjorden)	-2.00	3.68	0.00	0.00



Figur 4-15 Beregnet endring i vannhastighet ved $Q_{200+20\%+20\%}$ og lavvann som følge av tiltak.

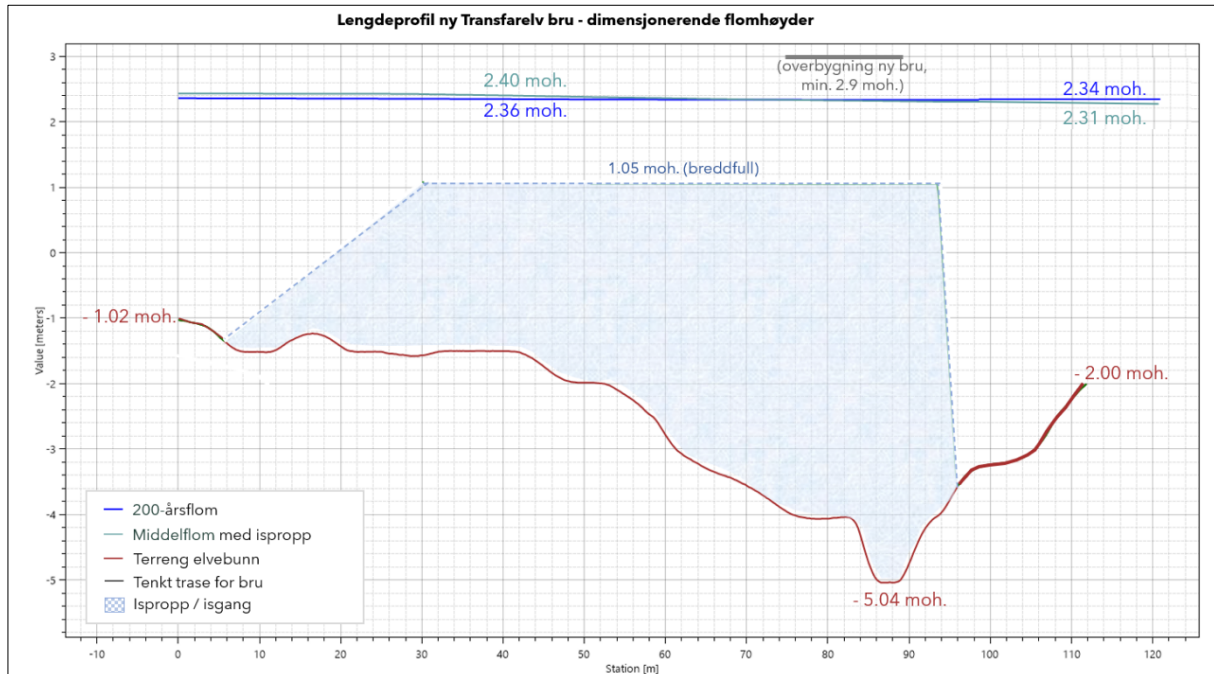
5. Dimensjonering av bru

5.1. Permanent anlegg

I henhold til krav til dimensjonering av bruer (se kapittel 2.3.2), settes dimensjonerende flomhøyde til den største som opptrer under en 200-årsflom, og middelflom i kombinasjon med ispropp. I begge tilfeller er påslag for klima (20%) og usikkerhet (20%) lagt til flomvannføringene, og det er lagt til grunn en høyvannssituasjon i fjorden (1-års stormflo inkl. havnivåstigning; 2.3 moh.).

De hydrauliske beregningene (se kapittel 4.3) viser at de to situasjonene gir tilnærmet identiske flomvannstander ved brustedet, illustrert i Figur 5-1. Videre viser beregninger for fremtidig/prosjektert situasjon at vannstandene ikke vil endres som følge av tiltakene, og det er følgelig ikke et behov for justering av dimensjonerende flomhøyde i forhold til dette.

Det er anbefalt at dimensjonerende flomhøyde settes 2.4 moh. For å oppfylle krav til 50 cm fri høyde gitt i Vegnormal N400, må **underkant av ny bru ligge på minimum høydekote 2.90 moh.** For dimensjonerende flomhøyder for øvrige permanente anlegg, vises det til flomsonekart i Vedlegg 7.



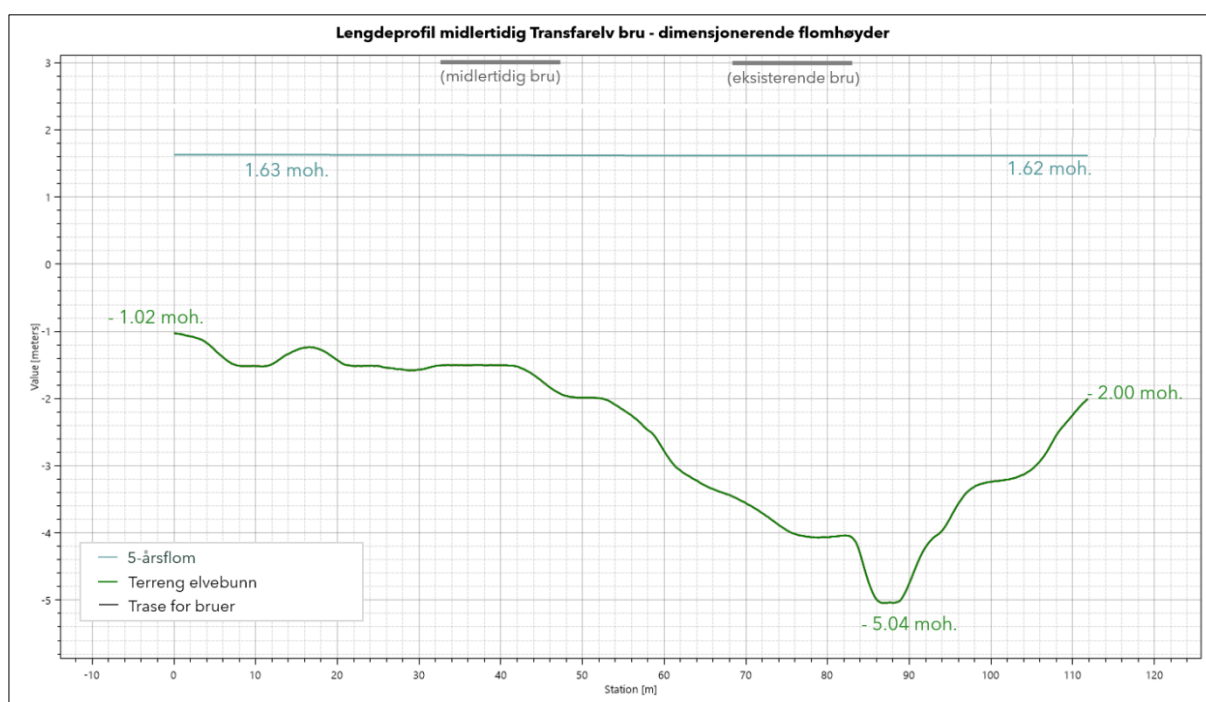
Figur 5-1 Dimensjonerende flomhøyder for ny bru ved 200-årsflom og middelflom med ispropp (begge med 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag), med 1-års stormflo inkl. havnivåstigning som nedre grensebetingelse.

5.2. Midlertidig anlegg

I henhold til anbefalinger for midlertidige anlegg med levetid på rundt ett år (se kapittel 2.4), er det lagt til grunn en 5-årsflom for bestemmelse av dimensjonerende flomhøyder. Det er ikke lagt til påslag for klima og usikkerhet, og det er benyttet en høyvannssituasjon som ikke tar hensyn til klimaendringer (1-års stormflo; 1.6 moh). Vannstander ved midlertidig og eksisterende bru er illustrert i Figur 5-2.

Kravet til fri høyde over vassdrag gjelder i utgangspunktet ikke for midlertidige bruer, men dette er anbefalt for å sikre at konsekvensene av flom ikke blir for stor. Med en dimensjonerende flomhøyde på 1.63 moh., bør underkant midlertidig konstruksjon følgelig ikke ligge lavere enn **2.13 moh.** Da den midlertidige brua allerede er etablert, kan dette nivået kontrolleres opp mot faktisk høyde på overbygningen og benyttes til grunnlag for risikovurdering og eventuell avklaring av behov for avbøtende tiltak.

For dimensjonerende flomhøyder for øvrige midlertidige anlegg, vises det til flomsonekart i Vedlegg 8.

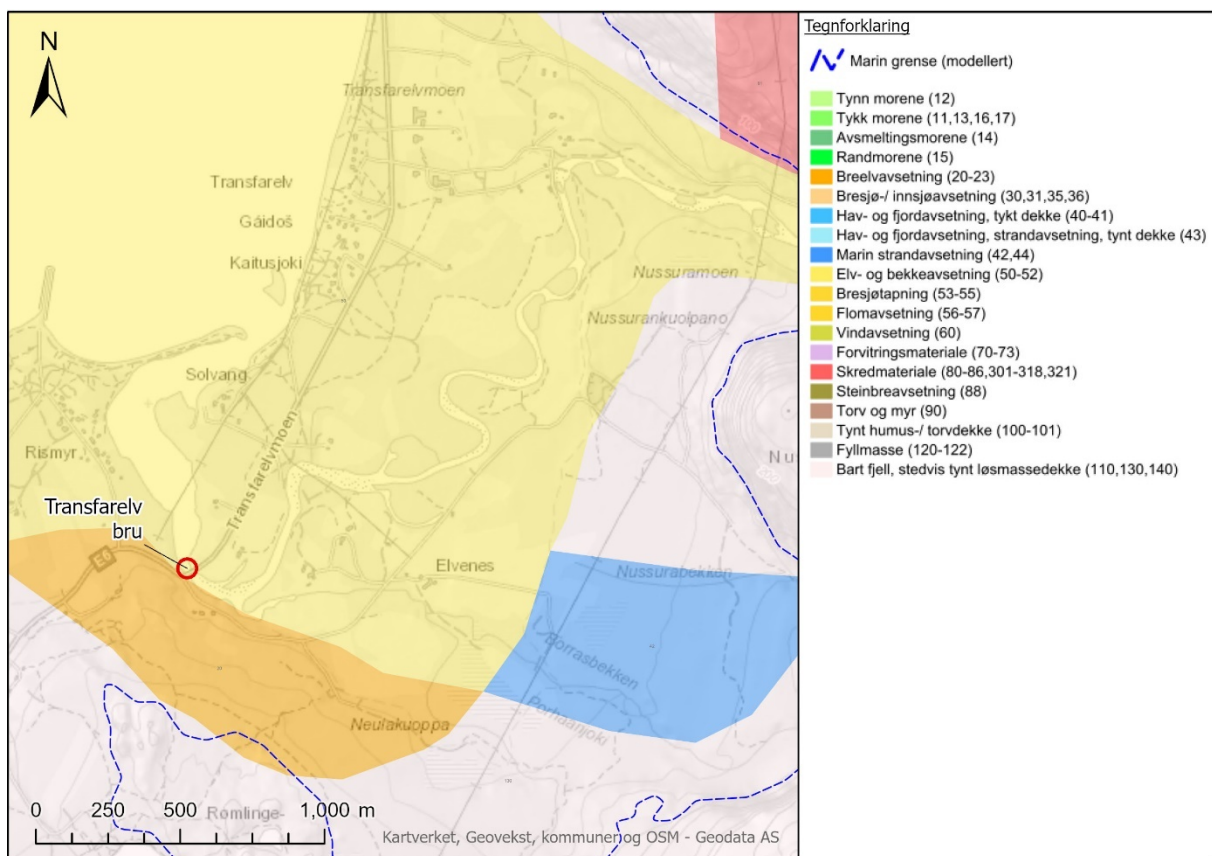


Figur 5-2 Dimensjonerende flomhøyder for midlertidig bru ved 5-årsflom, med 1-års stormflo som nedre grensebetingelse.

6. Erosjonssikring

6.1. Grunnforhold

Kvartærgeologisk kart (løsmassekart) fra NGU, se Figur 6-1, viser at grunnen stort sett består av elve- og bekkeavsetninger (fluviale avsetninger). På den vestlige siden av elven, består grunnen av breelvavsetninger med betydelig større steinstørrelser. Her er det også observert berg i dagen. Videre ligger området under marin grense, og det er påvist kvikkleire i området.



Figur 6-1 Løsmassekart og modellert marin grense i området ved Transfarelv.

Statens vegvesen har utført grunnundersøkelser i området rundt Transfarelv bru. Borehull hvor det ble tatt sikteprøver er vist i Figur 6-2. Av disse er det borehull 23, 49 og 50 som er tatt i elvesletten, hvorav kornkurver for disse punktene er gitt i Vedlegg 6. Prøvene viser at grunnen består av sand, silt og grus, med innslag av leire i dypere lag.

Det er nokså lite avvik mellom kornkurvene, både med hensyn til lokasjon og dybde de øverste 2 meterne. Det er derfor tatt utgangspunkt i en «midlere» kornfordeling basert på kornkurvene for disse punktene for elvebunnen i Transfarelv – se Tabell 6-1.



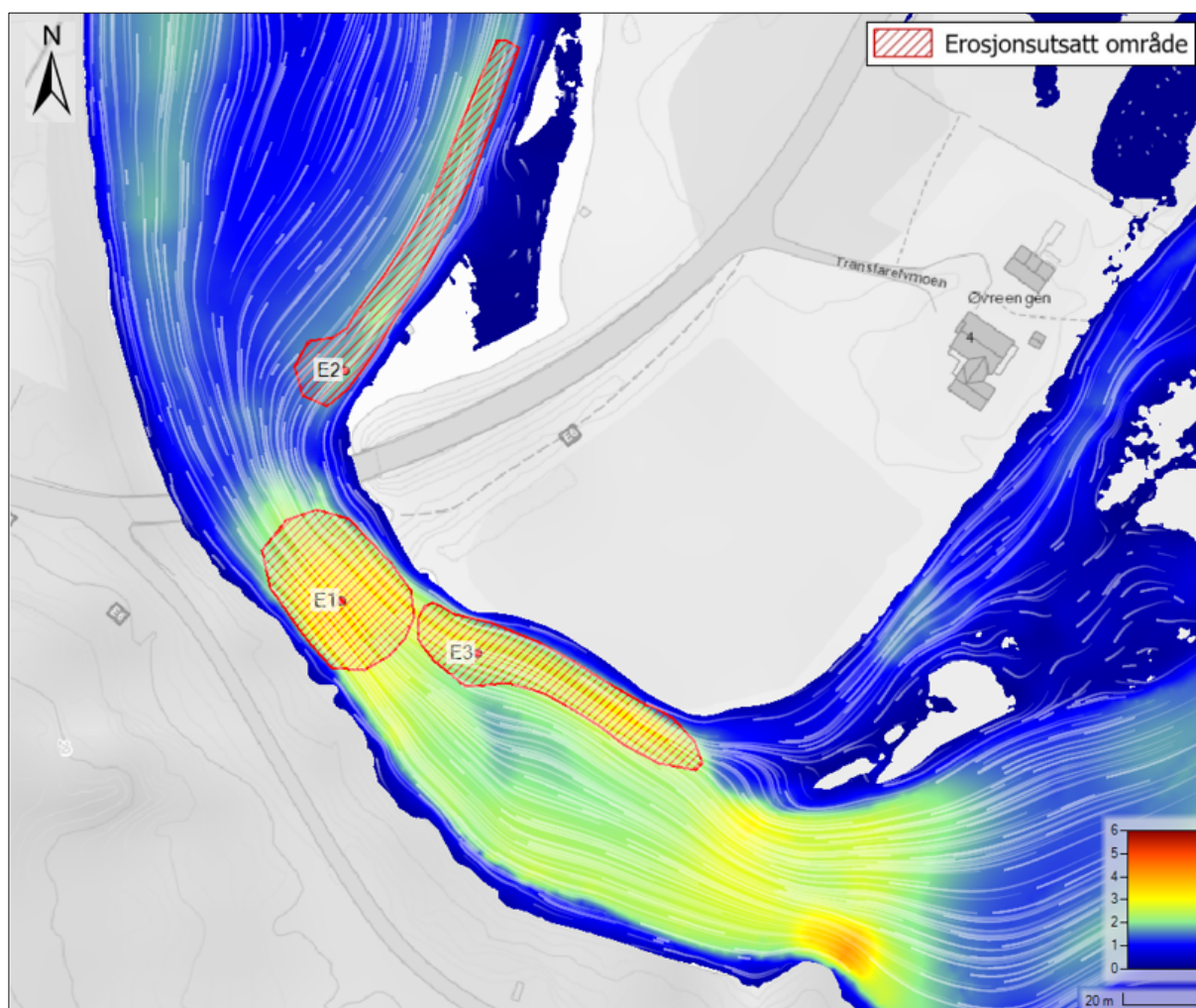
Figur 6-2 Oversikt over borehull hvor det er tatt sikteprøver.

Tabell 6-1 Kornfordeling for den naturlige elvebunnen i Transfarelv basert på sikteprøver.

Passert [%]	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Kornstrørrelse [mm]	21.1	9.9	5.1	1.9	0.79	0.36	0.23	0.15	0.083	0.029	0.000

6.2. Områder med potensiell erosjonsfare

Det er gjort en vurdering av områder med potensiell erosjonsfare, basert på grunnforhold og modellerte vannhastigheter, samt diskusjon med geotekniker. Det er tre områder ved Transfarelv bru som peker seg ut som erosjonsutsatt - se Figur 6-3. I erosjonsområde E1 snevrer elveløpet seg inn, noe som resulterer i høye hastigheter. I erosjonsområde E2 er vannhastighetene noe mindre sammenlignet med E1, men da dette er et naturlig område for finere partikler å sedimentere under en normalsituasjon kan det forventes at grunnen er noe mer finkornig. Videre er det observert at det går en nokså markant erosjonskant langs denne siden. I erosjonsområde E3 er det også høye vannhastigheter, spesielt helt i den nordvestlige enden hvor strømmingen får en liten retningsendring. Vannhastighetene er også ganske store langs den vestlige elvebredden oppstrøms brua - her består grunnen imidlertid av betydelig større stein og berg, og erosjonsfaren er følgelig ansett som liten.



Figur 6-3 Modellerte vannhastigheter ved Transfarelv bru under en 200-årsflom ved lavvann, og områder med potensiell fare for erosjon.

Det er gjort innledende beregninger av den steinstørrelsen som gir påbegynnende erosjon i disse områdene, ved bruk av Maynords formel og med utgangspunkt i naturlig bunnsstrat (rundet stein). Disse viser at steinstørrelsen er for liten i området E1, både med hensyn til en 200-årsflom og 5-årsflom (ved lavvann). I område E2 og E3 indikerer beregningene at det det naturlige bunnsstratet har stor nok steinstørrelse til å stå imot en 5-årsflom, men ikke en 200-årsflom.

6.3. Generelle krav og anbefalinger for erosjonssikring

Krav og anbefalinger for erosjonssikring er gitt i NVEs *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein* (4/2009), SVVs *Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger* (2014) og Vegnormal N200 (2021). Det er her gitt en oppsummering av de viktigste kravene og anbefalingene, med hensyn til de stedlige forholdene ved Transfarelv bru. Prinsippskisser for erosjonssikring av stein er vist i Figur 6-4.

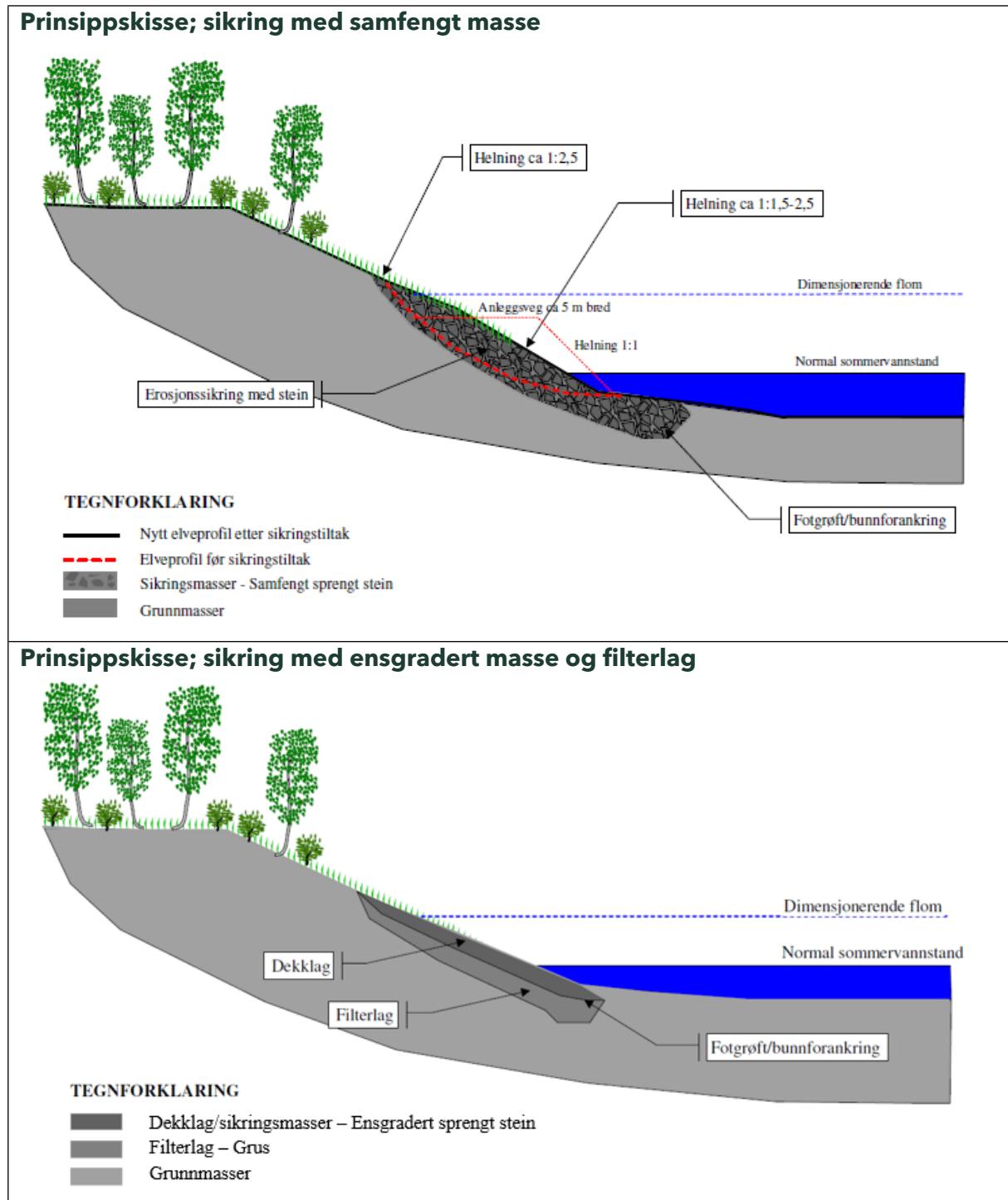
Det bør anlegges slake skråninger, helst slakere enn 1:3 men ikke brattere enn 1:2. Dette er både på grunn av at slakere sikringer er mer stabile, samt for å unngå at eventuelle isflak blir hengende fast. Sikringen bør følge det eksisterende terrenget i størst mulig grad, og toppen av sikringslaget plasseres i flukt med eksisterende elvbunn. Ved avslutningen av steinfyllingen mot elva, skal det enten etableres en fotgrøft eller benyttes en større tykkelse (bunnforsterkning) for å unngå undergraving.

Sikringen bør utføres med sprengt stein med kubisk form, da dette er bestandig mot frost og andre belastninger. Dette er også et krav for erosjonssikringer som påvirkes av is, gitt i Vegnormal N200.

Sikringslaget skal ha en tykkelse som oppfølger følgende krav $T_{\min} \geq 300$ mm, D_{\max} eller $1,5 \times D_{50}$. I NVEs veileder er det anbefalt at minstekravet (300 mm) økes noe, hvis sikringen kan utsettes for drivgodsbelastning fra isflak - vanligvis er det tilstrekkelig at sikringen er tykkere enn 400 mm. Ved plassering i vann, bør tykkelsen økes med 50%.

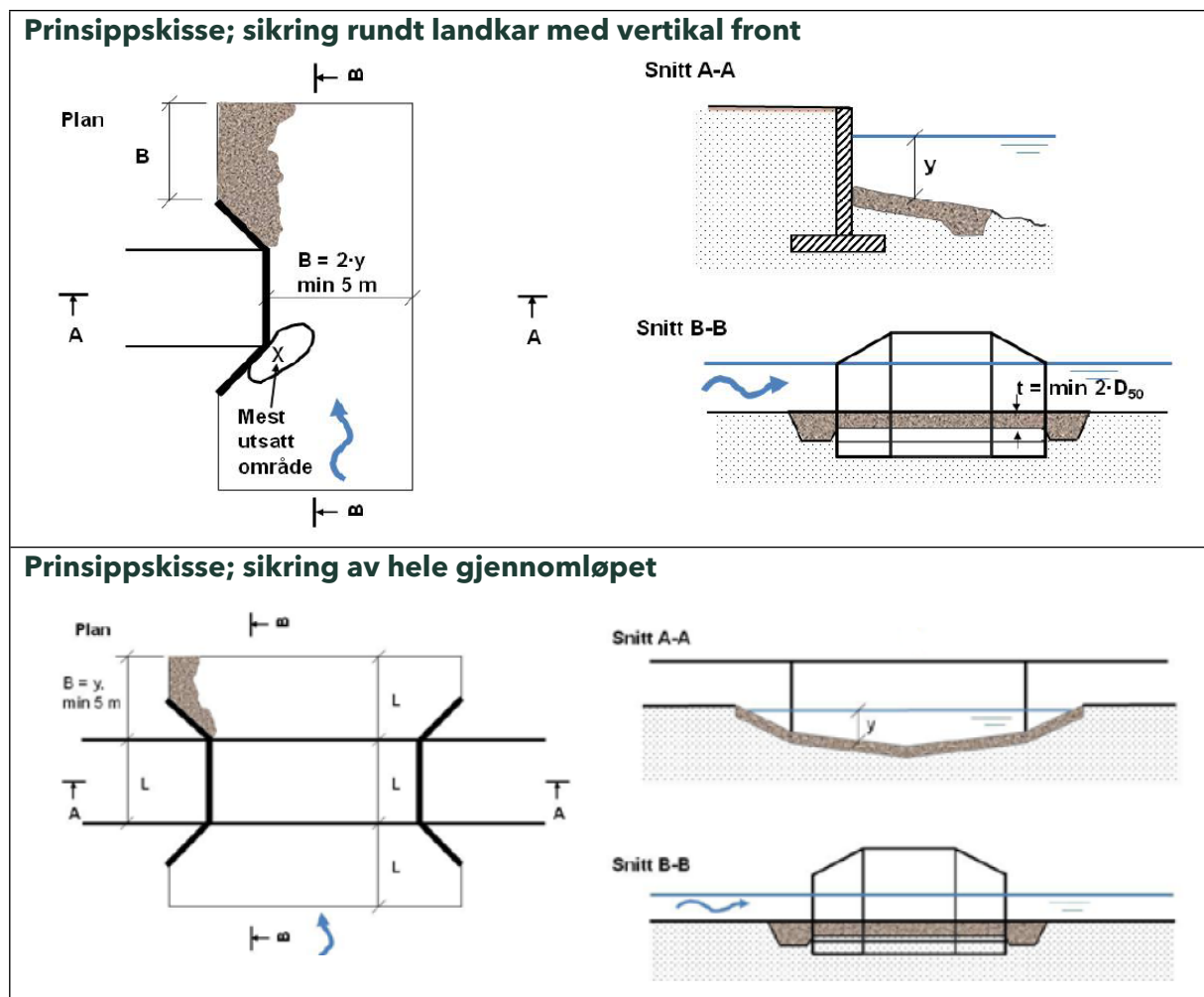
Det er anbefalt at sikringen utføres med relativt ensgradert masse ($C_u = D_{60}/D_{10} < 5$) og med et filterlag av grus under. Med en slik type oppbygning har en mer kontroll på steinstørrelser i sikringslaget, og et eget filterlag gir bedre grenseflatestabilitet og filtrering mot naturlig grunn. Dette er spesielt med tanke på at grunnen her består av ganske fine masser (sand, silt og grus med innslag av leire - se kapittel 6.1), hvor det er en fare for at finere partikler i underlaget vaskes ut gjennom porene i erosjonssikringen. Alternativt kan det benyttes geotekstil eller fibermatter i stedet for filterlag av grus, men dette er ofte vanskelig å plassere i vann. Det er ikke ansett som nødvendig med både filterlag og geotekstil.

Erosjonssikringen kan også utføres med samfengt masse, som fungerer som sikring og filter i ett. Med en slik løsning, bør en imidlertid øke tykkelsen på sikringen, for å kompensere for faren for utvasking av finstoff i underlaget. Som et absoluttkrav, skal sikring oppfylle følgende krav til gradering gitt i Vegnormal N200; $1.5 \leq D_{85}/D_{15} \leq 7.0$.



Figur 6-4 Prinsippskisser for erosjonssikring, hentet fra NVE veileder 4/2009.

Krav og anbefalinger for erosjonssikring av landkar er stort sett de samme som for erosjonssikring generelt. Det er imidlertid gitt spesielle krav til tykkelsen og utstrekningen/bredden av sikringen. Tykkelsen av sikringen skal være den største av $2 \cdot D_{50}$ eller D_{maks} . Bredden skal være minst 5 meter, men ikke mindre enn det dobbelte av vandybden ved foten av landkaret ($B_{min} \geq 5 \text{ m}$ eller $2 \cdot y$). Det kan også være hensiktsmessig å sikre hele gjennomløpet, for å unngå at det dannes erosjonsgroper. Vannhastighetene under den nye brua er nokså beskjedne (se kapittel 4.3.3.2), men sikring av hele gjennomløpet kan være et alternativ hvis nødvendig utstrekning dekker store deler av elven under brua. Prinsippskisser for erosjonssikring rundt landkar er vist i Figur 6-5.



Figur 6-5 Prinsippskisser for erosjonssikring rundt landkar, hentet fra SWV håndbok V221.

6.4. Dimensjonering av erosjonssikring

Beregning av stabil steinstørrelse er utført etter NVEs *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein* (4/2009), samt SVVs *Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger* (2014).

Transvarelvva har en svært slak lengdehelning ved bruområdet. Beregninger av stabil steinstørrelse i elven generelt er følgelig utført ved bruk av Maynords formel;

$$D_{30} = S_f \cdot C_s \cdot C_v \cdot C_t \cdot y_0 \cdot \left[\left(\frac{1}{s-1} \right)^{0.5} \cdot \frac{U}{\sqrt{K_1 \cdot g \cdot y_0}} \right]^{2.5}$$

Hvor

- D_{30} = stabil steinstørrelse [m]
- S_f = sikkerhetsfaktor [-]
- C_s = stabilitetskoeffisient [-]
- C_v = koeffisient for vertikal hastighetsfordeling [-]
- C_t = koeffisient for sikringstykkelse [-]
- y_0 = vanddybde på samme sted som U [m]
- s = steinens spesifikke tetthet (antatt lik 2.6)
- U = lokal hastighet midlet over dybden [m/s]
- K_1 = koeffisient for skråningshelling [-]
- g = tyngdens akselerasjon (9.81 m/s²)

Beregninger med Maynords formel er gjort for de erosjonsutsatte områdene, som beskrevet i kapittel 6.2. Av praktiske hensyn, vil det være hensiktsmessig å sikre med de samme massene i alle tre områder. Det er derfor kun utført beregninger for det mest erosjonsutsatte området som ligger i innsnevringen av elveløpet (område E1).

For beregning av stabil steinstørrelse ved landkar, er det benyttet spesielt utviklede formler (fra Barkdoll, 2007), hvor det er to formler som kan brukes avhengig av om Froudetallet (Fr) er større eller mindre enn 0.8;

$$Fr \leq 0.8 \quad \frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(s-1)} \cdot \frac{V_{kar}^2}{g \cdot y}$$

$$Fr > 0.8 \quad \frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(s-1)} \cdot \left[\frac{V_{kar}^2}{g \cdot y} \right]^{0.14}$$

Hvor

- D_{50} = stabil steinstørrelse [m]
- K = formfaktor (avhenger av form på landkar og Froudetall) [-]
- s = steinens spesifikke tetthet (antatt lik 2.6)

V_{kar} = karakteristisk hastighet [m/s]

y = vanddybde ved foten av landkaret [m]

g = tyngdens akselerasjon (9.81 m/s²)

6.4.1. Permanent anlegg

I henhold til krav til dimensjonering av erosjonssikring (se kapittel 2.3.3), beregnes den stabile steinstørrelsen med hensyn til strømningsforholdene som opptrer under en dimensjonerende 200-årsflom (inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag), og det er lagt til grunn en lavvannssituasjon i fjorden (1-års lavvann; -2.0 moh.). Det er videre tatt utgangspunkt i de hydrauliske resultatene for fremtidig/prosjektert situasjon (se kapittel 4.3.3).

Beregninger med Maynords formel for erosjonsutsatte områder i elven er gitt i Tabell 6-2. Beregninger for landkar, baser på formler fra Barkdoll (2007) er gitt i Tabell 6-3. I henhold til krav gitt i Vegnormal N200, benyttes en sikkerhetsfaktor på $F_{s,D} = 1,2$ i beregning av dimensjonerende steinstørrelse for permanente anlegg.

En kan se at de to erosjonssikringene blir nokså like, men at det er et større behov for sikring i de erosjonsutsatte områdene i elven. Her er stabil steinstørrelse satt til **$D_{50} = 300$ mm og tykkelse $T_{min} = 500$ mm**. Tilsvarende for landkarene er **$D_{50} = 200$ mm og $T_{min} = 400$ mm**. Av praktiske hensyn, kan det være relevant å benytte de samme massene for erosjonssikring av elven og av landkarene. I så fall anbefales det å ta utgangspunkt i beregningene med Maynords formel. Det bemerkes at sikringslaget rund landkarene i så fall må økes til $T_{min} = 2 \cdot D_{50} = 600$ mm for å oppfylle kravene.

Tabell 6-2 Beregning av stabil steinstørrelse og anbefalt sikring i erosjonsutsatte områder (se Figur 6-3) for ny bru, med utgangspunkt i hydrauliske resultater for 200-årsflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet ved lavvann.

Beregning av erosjonssikring i elv med Maynords metode - Permanente anlegg				
Parameter		Verdi		Kommentar
Sikkerhetsfaktor	S_f	[-]	1.2	Krav i N200
Vannhastighet i punkt	U	[m/s]	3.2	Lokal hastighet ved punkt E1
Vanndybde i punkt	y_0	[m]	2.4	Dybde ved på samme sted som U
Bredde av hovedløp	W	[m]	30	Målt på kart
Kurveradius	R	[m]	255	Målt på kart
Sideskråning (1:n)	n	[-]	2.0	Bør ikke være brattere enn 1:2 (helst maks 1:3)
Relativ radius	R/W	[-]	9	Radius delt på bredde av hovedløp
Stabilitetskoeffisient	C_s	[-]	0.3	Benytter C_s for kantet (sprengt) stein
Koeffisient for vert.hast.fordeling	C_v	[-]	1.1	Bestemt vha. formel. Settes til 1 hvis $R/W > 26$
Koeffisient for sikringstykkelse	C_t	[-]	1.0	Tykkelse settes til største av D_{maks} og $1.5 \cdot D_{50}$
Spesifikk tetthet	s	[-]	2.6	Tetthet = 2600 km/m ³
Koeffisient for skråningshelling	K_1	[-]	0.88	Bestemt vha. formel (satt til 1 for bunn)
Stabil steinstørrelse bunn	$D_{30 \text{ bunn}}$	[m]	0.19	Bestemt vha. Maynords formel. Omtrentlig samme
Stabil steinstørrelse side	$D_{30 \text{ side}}$	[m]	0.22	størrelse - benytter samme for bunn og side
Bestemt D_{30}	D_{30}	[mm]	250	Rundet opp til nærmeste 5 cm.
Bestemt D_{50}	D_{50}	[mm]	300	$D_{50} = 1.2 \cdot D_{30}$
Anbefalt korngradering	D_{min}	[mm]	200	Gir en ensgradert sikring ($C_u = D_{60}/D_{10} < 5$) som oppfyller krav i N200 ($1.5 \leq D_{85}/D_{15} \leq 7.0$)
	D_{15}	[mm]	220	
	D_{50}	[mm]	300	
	D_{85}	[mm]	360	
	D_{maks}	[mm]	500	
Minimum sikringstykkelse	t	[mm]	500	$t > 400\text{mm}^*$, $t > 1.5 \cdot D_{50}$, $t > D_{maks}$

* Økt fra 300 mm til 400 mm pga. fare for drivgodsbelastning fra isflak.

Tabell 6-3 Beregning av stabil steinstørrelse og anbefalt sikring rundt landkar for ny bru, med utgangspunkt i hydrauliske resultater for 200-årsflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet ved lavvann.

Beregning av erosjonssikring rundt landkar med metode fra Barkdoll (2007) - Ny bru				
Parameter		Verdi		Kommentar
Sikkerhetsfaktor	$F_{s,D}$	[-]	1.2	Krav i N200
Vanndybde ved landkar	y	[m]	4.8	Konservativt benyttet maksdybde under bru
Innrykk	L_i	[m]	0.0	Avstand fra hovedløp til landkar
Gj.dybde i hovedløp	y_m	[m]	4.0	Estimert gjennomsnittsdybde
Innrykksforhold	IF	[-]	0.0	$IF = L_i / y_m$
Total vannføring	Q_{tot}	[m ³ /s]	207.7	Tilsvarende $Q_{200+20\%+20\%}$
Totalt strømningsareal	$A_{gjennomløp}$	[m ²]	139.5	Estimert areal
Karakteristisk hastighet	V_{kar}	[m/s]	1.5	$IF < 5 \rightarrow V_{kar} = Q_{tot} / A_{gjennomløp}$
Spesifikk tetthet	s	[-]	2.6	Tetthet = 2600 km/m ³
Froudetallet	Fr	[-]	0.24	Beregnet fra V_{kar} og y_m
Formfaktor	K	[-]	1.02	Benytter K for $Fr \leq 0.8$ og vertikal frontvegg
Stabil steinstørrelse	D_{50}	[m]	0.17	Beregnet med formel fra Barkdoll for $Fr \leq 0.8$ Inkl. sikkerhetsfaktor
Bestemt D_{50}	D_{50}	[mm]	200	Rundet opp til nærmeste 5 cm
Anbefalt korngradering	D_{min}	[mm]	150	Gir en ensgradert sikring ($C_u = D_{60}/D_{10} < 5$) som oppfyller krav i N200 ($1.5 \leq D_{85}/D_{15} \leq 7.0$)
	D_{15}	[mm]	160	
	D_{50}	[mm]	200	
	D_{85}	[mm]	280	
	D_{maks}	[mm]	400	
Minimum sikringstykkelse	t	[mm]	400	$t > 2.0 \cdot D_{50}$, $t > D_{maks}$

6.4.2. Midlertidig anlegg

I henhold til anbefalinger for midlertidige anlegg med levetid på rundt ett år (se kapittel 2.4), er det lagt til grunn en 5-årsflom til beregning av stabil steinstørrelse for erosjonssikring. Det er videre lagt til grunn en lavvannsituasjon i fjorden (1-års lavvann; -2.0 moh.). Beregningene tar utgangspunkt i de hydrauliske resultatene for midlertidig situasjon (se kapittel 4.3.2).

Beregninger med Maynords formel for erosjonsutsatte områder i elven er gitt i Tabell 6-4. Beregninger for landkar, baser på formler fra Barkdoll (2007) er gitt i Tabell 6-5. Det er ikke gitt krav til bruk av sikkerhetsfaktor for midlertidige anlegg. Ved bruk av Maynords formel gir imidlertid en faktor på 1,0 påbegynnende skade, og det er derfor valgt å benytte $S_f = 1,1$ i henhold til anbefalinger i NVEs veileder. For landkar, er det ikke lagt til en faktor for den midlertidige brua.

Det bemerkes at beregningene for 5-årsflom med Barkdoll gir en større steinstørrelse enn det som er beregnet for dimensjonerende 200-årsflom med Maynords formel i samme område (se Tabell 6-2). Dette er både på grunn av at formlene fra Barkdoll hensyntar forhold ved bruer som gir ekstra erosjonsbelastning (hastighetsøkning og turbulens), og at den midlertidige fyllingen snevrer inn elveløpet nokså betydelig. Dette gir en større hastighetsøkning sammenlignet med fremtidig/prosjektert situasjon, hvor fyllingen er fjernet.

De innledende erosjonsvurderingene, viser at det er lite sannsynlig at en vil få omfattende erosjon i områdene E2 og E3 under en 5-årsflom (se kapittel 6.2). I område E1, kan dette imidlertid skje. I tillegg går den midlertidige brua rett over dette innsnevrede området. Det vil derfor være praktisk å eventuelt sikre hele gjennomløpet og området med steinstørrelsen gitt av formler fra Barkdoll (2007), som gir den største steinstørrelsen. Dette gir en stabil steinstørrelse og tykkelse på **$D_{50} = 400 \text{ mm}$ og $T_{\min} = 800 \text{ mm}$** .

Disse beregningene kan benyttes til grunnlag for risikovurdering og eventuell avklaring av behov for ekstra erosjonssikring i anleggsfasen.

Tabell 6-4 Beregning av stabil steinstørrelse og anbefalt sikring i erosjonsutsatte områder (se Figur 6-3) for midlertidig bru, med utgangspunkt i hydrauliske resultater for 5-årsflom ved lavvann.

Beregning av erosjonssikring i elv med Maynords metode - Midlertidige anlegg				
Parameter		Verdi		Kommentar
Sikkerhetsfaktor	S_f	[-]	1.1	Ikke krav, men 1,0 gir påbegynnende erosjon
Vannhastighet i punkt	U	[m/s]	3.0	Lokal hastighet ved punkt E1
Vanndybde i punkt	y_0	[m]	1.7	Dybde ved på samme sted som U
Bredde av hovedløp	W	[m]	30	Målt på kart
Kurveradius	R	[m]	255	Målt på kart
Sideskråning (1:n)	n	[-]	2.0	Bør ikke være brattere enn 1:2 (helst maks 1:3)
Relativ radius	R/W	[-]	9	Radius delt på bredde av hovedløp
Stabilitetskoeffisient	C_s	[-]	0.3	Benytter C_s for kantet (sprengt) stein
Koeffisient for vert.hast.fordeling	C_v	[-]	1.1	Bestemt vha. formel. Settes til 1 hvis $R/W > 26$
Koeffisient for sikringstykkelse	C_t	[-]	1.0	Tykkelse settes til største av D_{maks} og $1.5 \cdot D_{50}$
Spesifikk tetthet	s	[-]	2.6	Tetthet = 2600 km/m ³
Koeffisient for skråningshelling	K_1	[-]	0.88	Bestemt vha. formel (satt til 1 for bunn)
Stabil steinstørrelse bunn	$D_{30 \text{ bunn}}$	[m]	0.16	Bestemt vha. Maynords formel. Omtrentlig samme
Stabil steinstørrelse side	$D_{30 \text{ side}}$	[m]	0.19	størrelse - benytter samme for bunn og side
Bestemt D_{30}	D_{30}	[mm]	200	Rundet opp til nærmeste 5 cm.
Bestemt D_{50}	D_{50}	[mm]	250	$D_{50} = 1.25 \cdot D_{30}$
Anbefalt korngradering	D_{min}	[mm]	170	Gir en ensgradert sikring ($C_u = D_{60}/D_{10} < 5$) som oppfyller krav i N200 ($1.5 \leq D_{85}/D_{15} \leq 7.0$)
	D_{15}	[mm]	180	
	D_{50}	[mm]	250	
	D_{85}	[mm]	300	
	D_{maks}	[mm]	400	
Minimum sikringstykkelse	t	[mm]	400	$t > 400\text{mm}^*$, $t > 1.5 \cdot D_{50}$, $t > D_{maks}$

* Økt fra 300 mm til 400 mm pga. fare for drivgodsbelastning fra isflak.

Tabell 6-5 Beregning av stabil steinstørrelse og anbefalt sikring rundt landkar for midlertidig bru, med utgangspunkt i hydrauliske resultater for 5-årsflom ved lavvann.

Beregning av erosjonssikring rundt landkar med metode fra Barkdoll (2007) - Midlertidig bru				
Parameter		Verdi		Kommentar
Sikkerhetsfaktor	$F_{s,D}$	[-]	1.0	Ikke krav til midlertidige anlegg
Vanndybde ved landkar	y	[m]	2.0	Konservativt benyttet maksdybde under bru
Innrykk	L_i	[m]	0.0	Avstand fra hovedløp til landkar
Gj.dybde i hovedløp	y_m	[m]	1.8	Estimert gjennomsnittsdybde
Innrykksforhold	IF	[-]	0.0	$IF = L_i / y_m$
Total vannføring	Q_{tot}	[m ³ /s]	82.1	Tilsvarende Q_5
Totalt strømningsareal	$A_{gjennomløp}$	[m ²]	33.1	Estimert areal
Karakteristisk hastighet	V_{kar}	[m/s]	2.5	$IF < 5 \rightarrow V_{kar} = Q_{tot} / A_{gjennomløp}$
Spesifikk tetthet	s	[-]	2.6	Tetthet = 2600 km/m ³
Froudetallet	Fr	[-]	0.59	Beregnet fra V_{kar} og y_m
Formfaktor	K	[-]	1.02	Benytter K for $Fr \leq 0.8$ og vertikal frontvegg
Stabil steinstørrelse	D_{50}	[m]	0.40	Beregnet med formel fra Barkdoll for $Fr \leq 0.8$.
Bestemt D_{50}	D_{50}	[mm]	400	Rundet opp til nærmeste 5 cm
Anbefalt korngradering	D_{min}	[mm]	300	Gir en ensgradert sikring ($C_u = D_{60}/D_{10} < 5$) som oppfyller krav i N200 ($1.5 \leq D_{85}/D_{15} \leq 7.0$)
	D_{15}	[mm]	320	
	D_{50}	[mm]	400	
	D_{85}	[mm]	460	
	D_{maks}	[mm]	600	
Minimum sikringstykkelse	t	[mm]	800	$t > 2.0 \cdot D_{50}$, $t > D_{maks}$

6.5. Filterlag

For å unngå at finere partikler i underlaget vaskes ut gjennom porene i erosjonssikringen, er det anbefalt å legge et filterlag mellom erosjonssikringen og grunnen. Dette kan ansees som et krav dersom sikringen utføres med ensgradert masse, noe som er en forutsetning i beregningene og anbefalinger til korngraderinger gitt i kapittel 6.4. Dersom sikringen utføres med samfengt masse, vil selve sikringslaget fungere også som filter, men tykkelsen bør da økes (se generelle anbefalinger i kapittel 6.3).

Krav til filterlag av grus er omfattet i NVEs *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (4/2009)*, samt Vegnormal N200. Det er her gitt anbefaling til et filterlag som er egnet til alle sikringene som er beskrevet i kapittel 6.4, og oppfyller kravene i NVEs veileder og Vegnormal N200. Kontroll av grenseflatestabilitet og permeabilitet mot grunnen/underlaget, er beregnet med hensyn til den midlere korngraderingen gitt i Tabell 6-1.

Filterlaget må være relativt ensgradert, samtidig som det oppfyller krav til indre stabilitet. Dette oppfylles ved å ha et graderingstall ($C_u = D_{60,f} / D_{10,f}$) tett opp mot 10. For å hindre utvasking av filtermateriale mellom lag, skal filteret ha en minste steinstørrelse $D_{5,f} > 0.063$ mm. Det er anbefalt at filteret har en kornstørrelse på 0-200 mm. Maksimal steinstørrelse er valgt for å oppnå grav til grenseflatestabilitet mellom filter-, sikrings- og underlag ($D_{15,s} / D_{85,f}$ og $D_{15,f} / D_{85,u} < 5$). Med en slik størrelse oppnår en også en parallell graderingskurve på sikring- og filterlag, noe som vil hindre fine partikler i å vandre til grovere lag. Også krav til permeabilitet mellom lagene ($D_{15,s} / D_{15,f}$ og $D_{15,f} / D_{15,u} > 5$) er oppfylt med en slik korngradering.

Tykkelsen på filterlaget må være minimum 150 mm i henhold til NVEs veileder og Vegnormal N200. Da det er benyttet nokså stor stein i sikringslaget, og maksimal steinstørrelse i filterlaget er valgt til $D_{maks,f} = 200$ mm, er det valgt å øke tykkelsen til 250 mm. Som med sikringslaget, bør tykkelsen på filterlaget økes med 50% hvis det legges ut i vann for å ta hensyn til utvasking av masser under utlegging.

En oppsummering av anbefalinger for filterlaget er gitt i Tabell 6-6.

Tabell 6-6 Beskrivelse av filterlag som oppfyller krav gitt i NVEs veileder 4/2009 og Vegnormal N200.

Parameter	Beskrivelse
Anbefalt kornstørrelse	0 - 200 mm (minste steinstørrelse $D_{5,f} > 0.063$ mm)
Gradering	Middels gradert ($C_u = D_{60,f} / D_{10,f} \sim 9.5$)
Lagtykkelse	250 mm (økes med 50% hvis legges under vann)

7. Konklusjon og anbefalinger

Det er utført hydrologiske og hydrauliske beregninger for Transfarelv bru, som er en del av E6 i Alta kommune, på oppdrag fra Statens vegvesen. Brua og tilhørende veg er vurdert til sikkerhetsklasse V3, med et dimensjonerende gjentaksintervall for flom på 200 år. Strømningen ved brua er sterkt påvirket av flo og fjære, og isgang er også et kjent problem i området. Det er sett på forskjellige kombinasjoner disse elementene sammen med flom, for vurdering og dimensjonering av både midlertidig og ny bru.

Beregningene viser at det er 200-årsflom (inkl. 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag) i kombinasjon med høyvann inkl. havnivåstigning som gir de største flomhøydene generelt i elven. Kombinasjonen av middelflom og ispropp (med samme påslag og havnivå) gir noe høyere vannstand (+ 4 cm) rett oppstrøms den nye brua. Det er derfor viktig at ny bru ikke har pilarer i elveløpet, og at erosjonssikring legges med tilstrekkelig lav vinkel (maks 1:3) slik at isflakene ikke blir hengende fast. For den midlertidige brua, er det sett på kombinasjonen 5-årsflom og høyvann uten havnivåstigning, hvorav utledet høyde kan benyttes som en kontroll av den faktiske høyden på brua. For etablering av minimum kote på overbygningen, er det lagt 50 cm fri høyde i henhold til krav i Vegnormal N400.

For å vurdere erosjonsforhold, er det sett på kombinasjonen av flom og lavvann, hvor det er lagt til grunn dimensjonerende 200-årsflom for ny bru og 5-årsflom for midlertidig bru. Disse beregningene viser at flo og fjære har stor innvirkning på flomforholdene; ved lavvann er vannhastighetene ved broen betydelig større sammenlignet med en høyvannssituasjon. Det er tre områder som peker seg som spesielt utsatt for erosjon, basert på modellerte vannhastigheter og grunnforhold. Området som er mest utsatt er i innsnevringen av elveløpet, ved den midlertidige brua. De to øvrige områdene ligger oppstrøms og nedstrøms ny bru, på den østlige siden av elven. Beregninger av stabile steinstørrelser, viser at det er et behov for å erosjonssikre disse områdene. Landkarene tilhørende ny bro må også erosjonssikres, for å hindre undergraving av brofundament.

Sammenligning mellom eksisterende/naturlig situasjon og fremtidig/prosjektert situasjon, viser at tiltakene vil ha liten innvirkning på flomforholdene i elven. Den midlertidige brua, og tilhørende fylling, har imidlertid nokså stor innvirkning lokalt, hvorav innsnevringen av elveløpet fører til nokså store vannhastigheter selv under en 5-årsflom.

Dimensjoneringsgrunnlag og anbefalinger for minimum kote på overbygning og erosjonssikring ved Transfarelv bru er oppsummert i tabellen under. Dimensjonering og anbefalinger er basert på krav i Vegnormal N200 og N400, samt veiledere fra NVE og SVV. For mer detaljerte beskrivelser av erosjonssikring, vises det til kapittel 6.

Tabell 7-1 Oppsummering av dimensjoneringsgrunnlag og anbefalinger for Transfarelv bru.

Dimensjoneringsgrunnlag for Transfarelv bru			
Vannføring	200-årsflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet	[m ³ /s]	207.7
	Middelflom inkl. 20% klima og 20% usikkerhet	[m ³ /s]	93.6
	5-årsflom (for midlertidig anlegg)	[m ³ /s]	82.1
Havnivå	Høyvannssituasjon; 1-års stormflo	[moh]	1.6
	Havnivåstigning	[cm]	67
	Lavvannssituasjon; 1-års lavvann	[moh]	-2.0
Anbefalinger		Permanent anlegg	Midlertidig anlegg ¹⁾
Høyder bru	Dimensjonerende flomhøyde [moh]	2.40	1.63
	Minimum kote overbygning ²⁾ [moh]	2.90	2.13
Erosjonssikring i elv	Stabil steinstørrelse, D ₅₀ [mm]	300	250
	Minimum tykkelse ³⁾ [mm]	500	400
Erosjonssikring landkar	Stabil steinstørrelse, D ₅₀ [mm]	200	400
	Minimum tykkelse ³⁾ [mm]	400	800
	Minimum bredde (fra landkar) [m]	10	5

¹⁾ Da den midlertidige brua allerede er etablert, kan anbefalingene kontrolleres opp mot faktiske forhold og benyttes til grunnlag for risikovurdering og eventuell avklaring av behov for avbøtende tiltak.

²⁾ Minimum høyde for å oppfylle krav til 50 cm fri høyde over dimensjonerende flomhøyde (jf. vegnormal N400).

³⁾ Tykkelsen er beregnet for ensgradert masse ($C_u = D_{60}/D_{10} < 5$) med filterlag under (gradering 0-200 mm, tykkelse 250 mm) – dersom det benyttes samfengt masse bør det vurderes å øke tykkelsen. Ved plassering i vann bør tykkelsen økes med 50%.

Kilder

- **Barkdoll, B. D., Ettema, Robert, Melville, Bruce W.** (2007). *Countermeasures to protect bridge abutments from scour*. NCHRP Report 587.
- **Engeland, K., Glad, P., Hamududu, B.H., Li, H., Reitan, T. og Stenius, S.M.** (2020). *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE rapport 10/2020.
- **DSB** (2016). *Havnivåstigning og stormflo*. DSB-veileder.
- **Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E.** (2010). *Vassdragshåndboka*. Tapir akademisk forlag.
- **HEC** (2021). *HEC-RAS River Analysis System. User's Manual. Version 6.0*.
- **Lawrence, D.** (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. NVE rapport 81/2016.
- **NVE** (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. NVE veileder 4/2009.
- **NVE** (2020). Høringsdokument. *Sikkerhet mot flom - utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. NVE Veileder 03/2022.
- **NVE** (2022). *Veileder for flomberegninger*. NVE veileder 01/2022.
- **Ryalen, P. C., Orvedal, K. (red)** (2015). *Flom og stormflo*. NVE rapport 83/2015.
- **SVV** (2014). *Håndbok V221 - Grunnforsterking, fyllinger og skråninger*. Veileder. Statens vegvesen.
- **SVV** (2020). *Håndbok V240 -Vannhåndtering*. Veileder. Statens vegvesen.
- **SVV** (2021). *Vegnormal N200 - Vegbygging*. Digital vegnormal. Statens vegvesen.
- **SSV** (2022). *Vegnormal N400 - Bruprosjektering*. Digital vegnormal. Statens vegvesen.

Databaser og verktøy:

- **Hydra II** (april, 2022). NVE. Database for hydrologiske og meteorologiske data
- **Høydedata** (april, 2022). Kartverket. Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- **NVE karttjenester** (april, 2022). NVE. Hentet fra <https://kartkatalog.nve.no/#kart>
- **Se havnivå** (april, 2022). Kartverket. Hentet fra <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>
- **Seklima** (april, 2022). Norsk Klimaservicesenter. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>
- **SeNorge** (april, 2022). NVE. Hentet fra <http://retro.senorge.no/index.html?p=klima>
- **Vegkart** (april, 2022). Statens vegvesen. Hentet fra <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>

Vedlegg

- Vedlegg 1** NEVINA-rapport
- Vedlegg 2** Stormflo og havnivåsting, hentet fra Se havnivå
- Vedlegg 3** Oversiktskart
- Vedlegg 4** Resultater hydraulisk beregning
- Vedlegg 5** Vannstand- og hastighetsprofil ved Transfarelv bru
- Vedlegg 6** Kornkurver
- Vedlegg 7** Flomsonekart eksisterende/naturlig situasjon
- Vedlegg 8** Flomsonekart midlertidig situasjon
- Vedlegg 9** Flomsonekart fremtidig/prosjektert situasjon



Feltparametere

Areal (A)	233	km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.68	%
Elvleengde (E _L)	41.7	km
Elvegradient (E _G)	16.7	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	13.6	m/km
Helning	5.9	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.7	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	27.1	km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	0.3	%
Myr (A _{MYR})	4.3	%
Leire (A _{LEIRE})	0	%
Skog (A _{SKOG})	11.1	%
Sjø (A _{SJO})	5.5	%
Snaufjell (A _{SF})	75.1	%
Urban (A _U)	0	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	3.8	%

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	1	m
Høyde ₁₀	298	m
Høyde ₂₅	387.5	m
Høyde ₅₀	432	m
Høyde ₇₅	483	m
Høyde _{MAX}	738	m

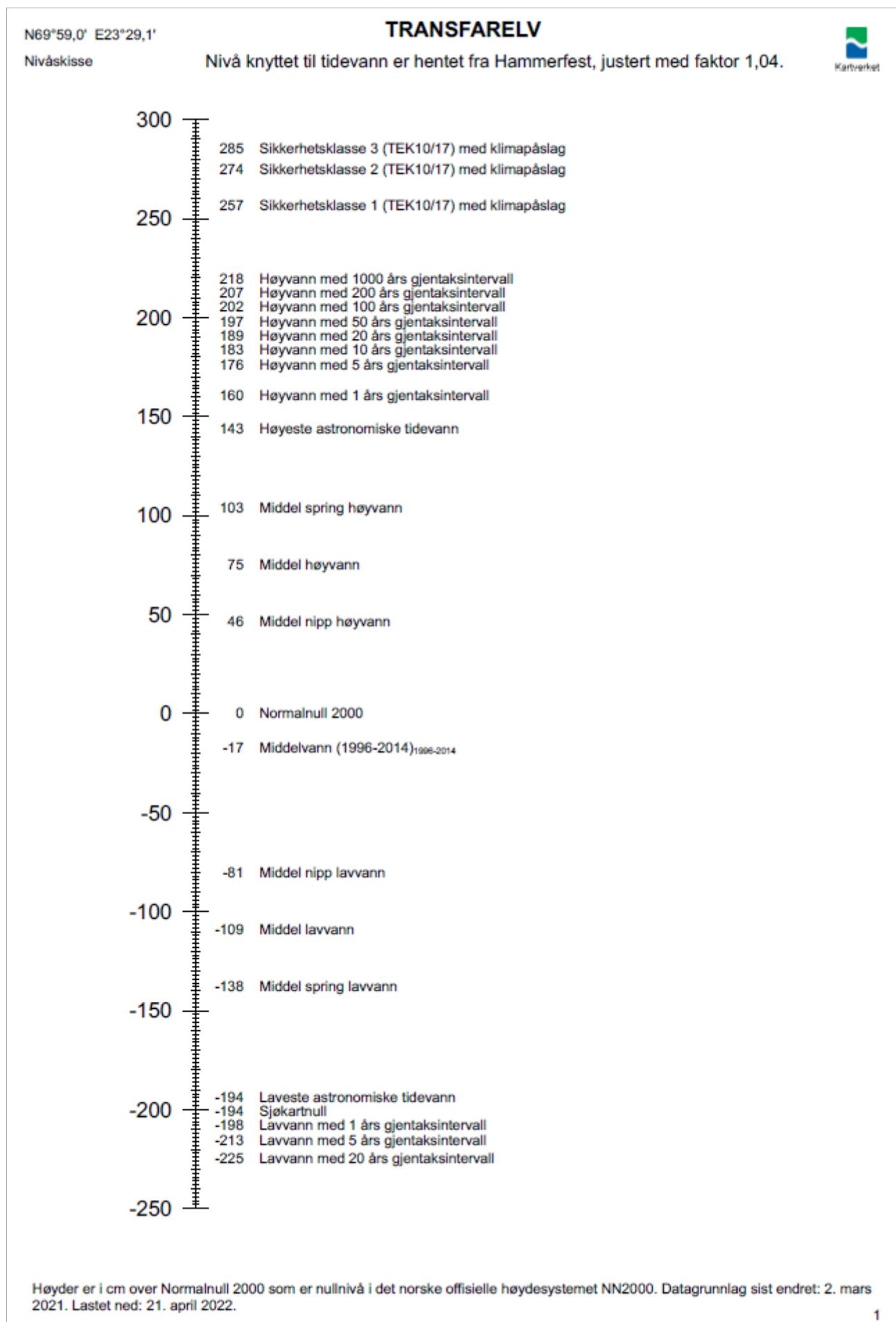
Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	17.3	l/s*km ²
Nedbør juni	38	mm
Nedbør juli	57	mm
Regn og snøsmelting mai	193	mm
Regn og snøsmelting juni	66	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	74	mm
Regn og snøsmelting november	7	mm
Temperatur februar	-13.0	°C
Temperatur mars	-10.6	°C



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Projeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 822519 E
 7785644 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.



**Framskrivinger for framtidig havnivå**

21. april 2022

Tall som presenteres her er basert på rapporten «Sea Level Change for Norway - Past and Present Observations and Projections to 2100», bestilt av Miljødirektoratet. Rapporten inneholder de offisielle tallene.

Hvordan havnivåendringen blir, avhenger av hvor stort utslipp av klimagasser vi kommer til å ha fremover. Ulike utslippsscenarioer for klimagasser er beskrevet i den femte hovedrapporten til FNs klimapanel (IPCC), og tre av disse er vurdert her.

RCP2.6 innebærer drastiske utslippskutt allerede fra 2020

RCP4.5 innebærer små endringer av utslipp fram til 2050 og deretter utslippskutt

RCP8.5 innebærer at utslippene av klimagasser fortsetter å øke i dagens tempo

Tallene gjelder for Alta kommune. Utgangspunktet for modellene er Alta.

	2041-2060	2081-2100	2100
Lavt utslipp (RCP2.6)	8 cm (-6 – 23 cm)	9 cm (-20 – 38 cm)	12 cm (-21 – 45 cm)
Redusert utslipp (RCP4.5)	9 cm (-5 – 23 cm)	16 cm (-12 – 46 cm)	18 cm (-14 – 50 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	13 cm (-2 – 29 cm)	33 cm (-1 – 67 cm)	37 cm (-1 – 77 cm)

Tabellen presenterer framskrivinger for framtidig havnivå for årene fram til 2100 sammenlignet med perioden 1996-2005. Tabellen viser framskrivningenes middelerverdier samt nedre og øvre grense for det sannsynlige intervallet for havnivåendringene.

Vedlegg 3 - Oversiktskart



Resultater for eksisterende/naturlig situasjon

Profil nr.	Elvebunn [moh]	Q _{200+20%+20%} + høyvann			Q _{M+20%+20%} + ispropp + høyvann			Q _{200+20%+20%} + lavvann		
		Vannstand [moh]	Dybde [m]	Hastighet [m/s]	Vannstand [moh]	Dybde [m]	Hastighet [m/s]	Vannstand [moh]	Dybde [m]	Hastighet [m/s]
18	13.40	14.91	1.51	4.14	14.48	1.08	3.05	14.91	1.51	4.14
17	9.79	11.09	1.30	3.95	10.73	0.94	3.07	11.09	1.30	3.95
16	6.28	8.28	2.00	4.38	7.85	1.57	3.29	8.28	2.00	4.38
15	4.14	6.01	1.87	3.37	5.73	1.59	3.05	6.01	1.87	3.37
14	2.13	4.45	2.32	2.04	3.99	1.86	2.00	4.45	2.32	2.04
13	1.75	3.33	1.58	2.10	3.05	1.30	1.81	3.31	1.56	2.17
12	0.36	2.69	2.33	1.26	2.52	2.16	0.70	2.50	2.14	1.54
11	-0.15	2.54	2.69	2.05	2.47	2.62	1.05	2.19	2.34	2.96
10	-0.63	2.42	3.05	1.03	2.44	3.07	0.47	1.55	2.18	2.58
9	-0.93	2.39	3.32	1.66	2.44	3.37	0.72	1.26	2.19	4.05
8	-1.38	2.37	3.75	1.14	2.43	3.81	0.50	0.99	2.37	2.62
7	-2.03	2.36	4.39	1.66	2.42	4.45	1.67	0.90	2.93	2.91
6 (Transfarelv bru)	-4.11	2.34	6.45	1.21	2.34	6.45	1.60	0.82	4.93	1.88
5	-2.64	2.33	4.97	0.86	2.31	4.95	0.40	0.81	3.45	1.98
4	-2.03	2.33	4.36	0.74	2.31	4.34	0.34	0.76	2.79	1.88
3	-1.69	2.32	4.01	0.71	2.30	3.99	0.32	0.66	2.35	2.16
2	-1.54	2.32	3.86	0.39	2.30	3.84	0.18	0.55	2.09	1.03
1	-1.93	2.31	4.24	0.43	2.30	4.23	0.19	0.43	2.36	1.58
0 (utløp i Altafjorden)	-3.69	2.30	5.99	0.09	2.30	5.99	0.04	-2.00	1.69	3.68

Minimal:	-	1.30	0.09	-	0.94	0.04	-	1.30	1.03
Gjennomsnitt:	-	3.37	1.75	-	3.24	1.29	-	2.34	2.68
Maksimal:	-	6.45	4.38	-	6.45	3.29	-	4.93	4.38

Resultater for midlertidig situasjon

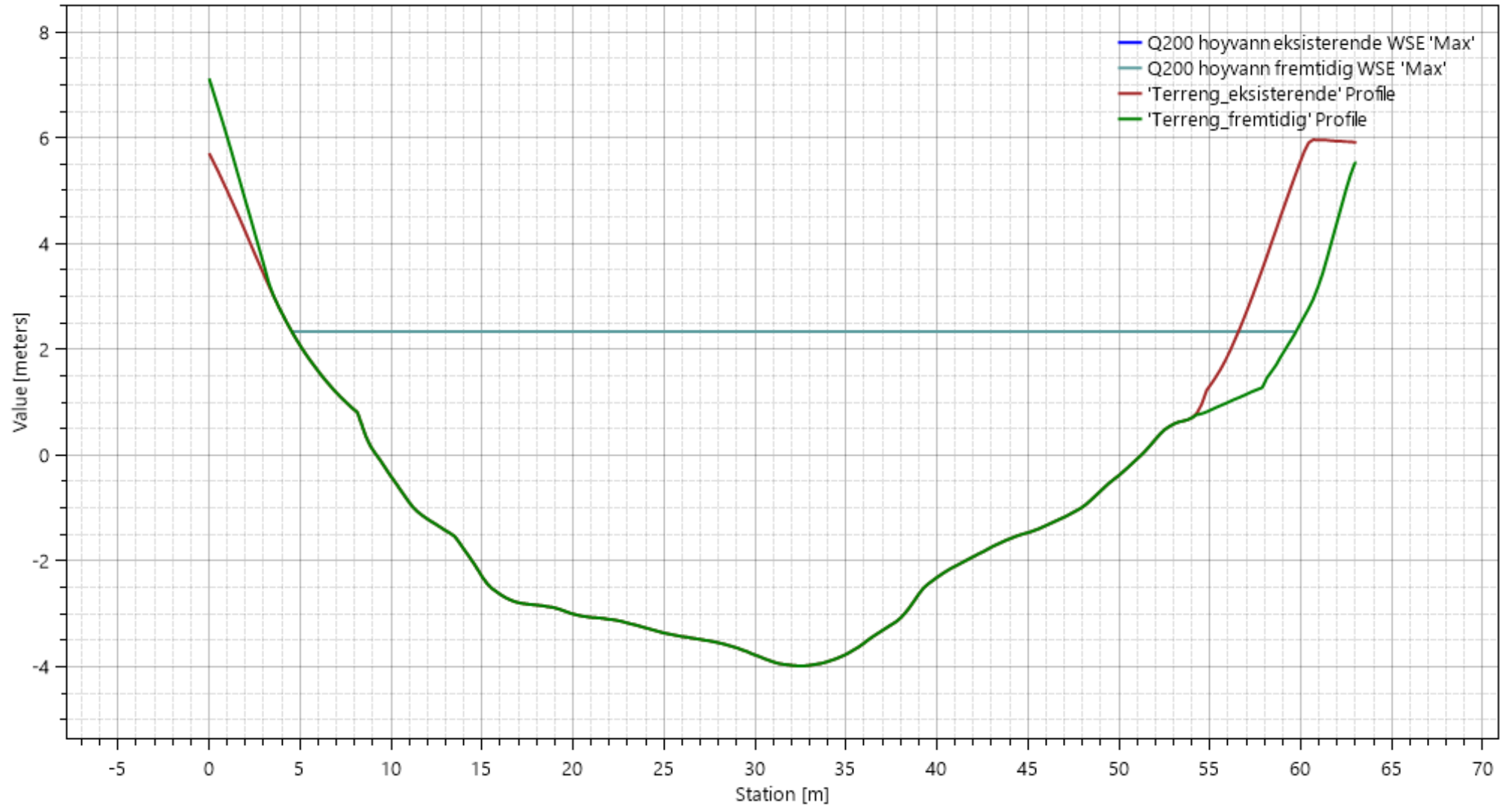
Profil nr.	Elvebunn [moh]	Q ₅ + høyvann			Q ₅ + lavvann		
		Vannstand [moh]	Dybde [m]	Hastighet [m/s]	Vannstand [moh]	Dybde [m]	Hastighet [m/s]
18	13.40	14.43	1.03	2.91	14.43	1.03	2.91
17	9.79	10.67	0.88	2.94	10.67	0.88	2.94
16	6.28	7.76	1.48	3.14	7.76	1.48	3.14
15	4.14	5.62	1.48	2.95	5.62	1.48	2.95
14	2.13	3.90	1.77	1.96	3.90	1.77	1.96
13	1.75	3.00	1.25	1.84	3.00	1.25	1.84
12	0.36	2.03	1.67	1.10	1.93	1.57	1.28
11	-0.15	1.86	2.01	1.67	1.63	1.78	2.03
10	-0.63	1.67	2.30	0.98	0.99	1.62	2.28
9	-0.93	1.65	2.58	1.15	0.58	1.51	3.41
8	-1.38	1.63	3.01	0.69	0.34	1.72	1.89
7	-2.03	1.63	3.66	1.09	0.27	2.30	2.04
6 (Transfarelv bru)	-4.11	1.62	5.73	0.58	0.20	4.31	0.93
5	-2.64	1.62	4.26	0.47	0.19	2.83	1.46
4	-2.03	1.62	3.65	0.40	0.18	2.21	1.39
3	-1.69	1.61	3.30	0.40	0.06	1.75	1.80
2	-1.54	1.61	3.15	0.21	-0.02	1.52	0.74
1	-1.93	1.61	3.54	0.26	-0.12	1.81	1.25
0 (utløp i Altafjorden)	-3.69	1.60	5.29	0.08	-2.00	1.69	2.22
Minimal:		-	0.88	0.08	-	0.88	0.74
Gjennomsnitt:		-	2.74	1.31	-	1.82	2.02
Maksimal:		-	5.73	3.14	-	4.31	3.41

Resultater for fremtidig/prosjektert situasjon

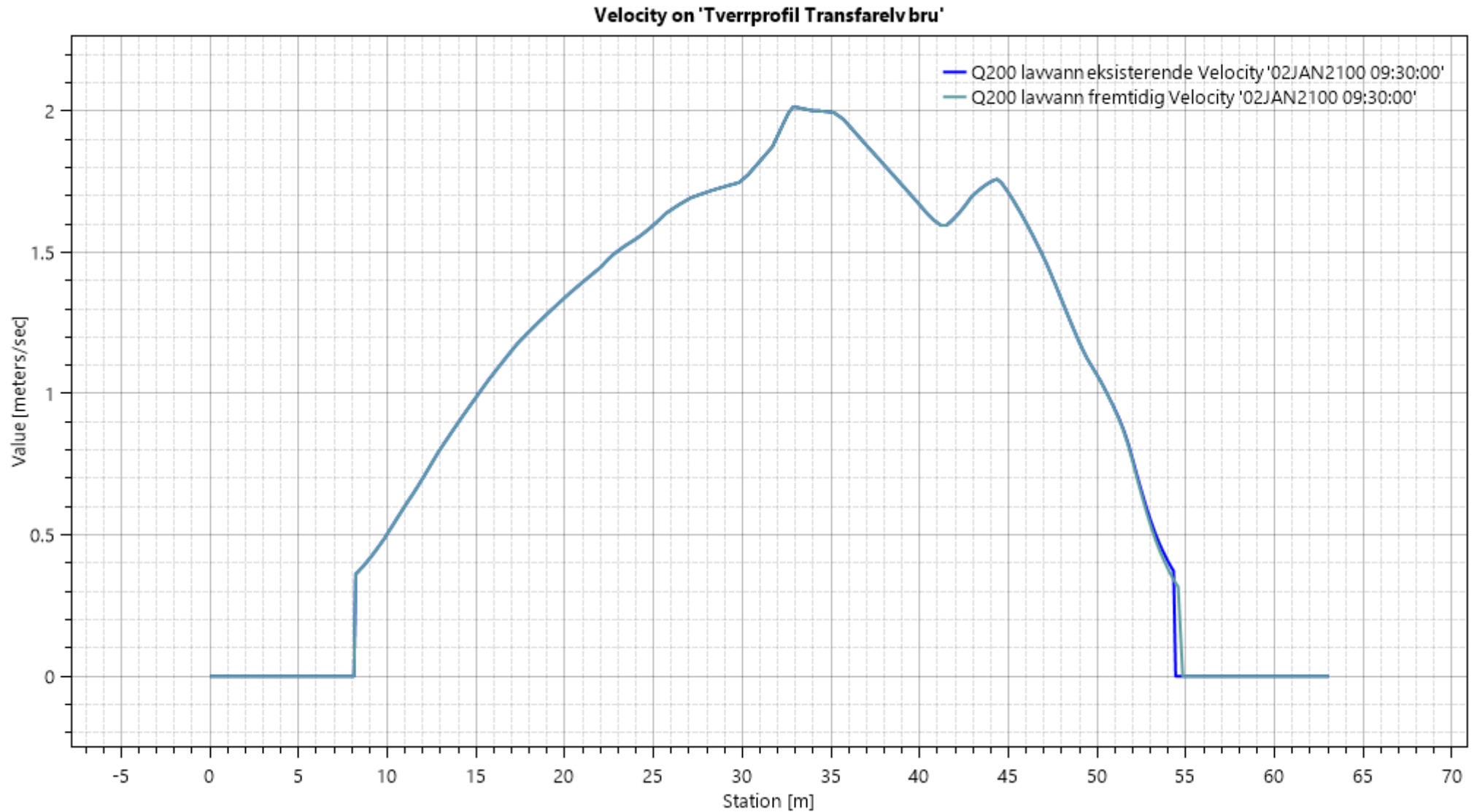
Profil nr.	Elvebunn [moh]	Q _{200+20%+20%} + høyvann		Endring ved høyvann		Q _{200+20%+20%} + lavvann		Endring ved lavvann	
		Vannstand [moh]	Hastighet [m/s]	Vannstand [± m]	Hastighet [± m/s]	Vannstand [moh]	Hastighet [m/s]	Vannstand [± m]	Vannhastighet [± m/s]
18	13.40	14.91	4.14	0.00	0.00	14.91	4.14	0.00	0.00
17	9.79	11.09	3.95	0.00	0.00	11.09	3.95	0.00	0.00
16	6.28	8.28	4.38	0.00	0.00	8.28	4.38	0.00	0.00
15	4.14	6.01	3.37	0.00	0.00	6.01	3.37	0.00	0.00
14	2.13	4.45	2.04	0.00	0.00	4.45	2.04	0.00	0.00
13	1.75	3.33	2.10	0.00	0.00	3.31	2.17	0.00	0.00
12	0.36	2.69	1.26	0.00	0.00	2.50	1.54	0.00	0.00
11	-0.15	2.54	2.05	0.00	0.00	2.19	2.96	0.00	0.00
10	-0.63	2.42	1.03	0.00	0.00	1.55	2.58	0.00	0.00
9	-0.93	2.39	1.66	0.00	0.00	1.26	4.05	0.00	0.00
8	-1.38	2.37	1.13	0.00	-0.01	0.99	2.62	0.00	0.00
7	-2.03	2.36	1.56	0.00	-0.10	0.90	2.91	0.00	0.00
6 (Transfarelv bru)	-4.11	2.34	1.21	0.00	0.00	0.82	1.88	0.00	0.00
5	-2.64	2.33	0.87	0.00	+0.01	0.81	1.98	0.00	0.00
4	-2.03	2.33	0.75	0.00	+0.01	0.76	1.88	0.00	0.00
3	-1.69	2.32	0.71	0.00	0.00	0.66	2.16	0.00	0.00
2	-1.54	2.32	0.39	0.00	0.00	0.55	1.03	0.00	0.00
1	-1.93	2.31	0.43	0.00	0.00	0.43	1.58	0.00	0.00
0 (utløp i Altafjorden)	-3.69	2.30	0.09	0.00	0.00	-2.00	3.68	0.00	0.00
Minimal:	-	-	0.09	0.00	-0.10	-	1.03	0.00	0.00
Gjennomsnitt:	-	-	1.74	0.00	-0.00	-	2.68	0.00	0.00
Maksimal:	-	-	4.38	0.00	+0.01	-	4.38	0.00	0.00

Vedlegg 5 - Vannstand- og hastighetsprofil ved Transfarelv bru

Water Surface Elevation on 'Tverrprofil Transfarelv bru'



Vedlegg 5 - Vannstand- og hastighetsprofil ved Transfarelv bru





Nord

Statens vegvesen

Kornkurve

Oppdragsnr. 5210186 Oppdragsnavn E6 Ny Transfarelv bru
 Prosjektnr. C15015 Prosjektnavn E6 Ny Transfarelv bru
 Ansvarsområdenr. CLA40 Ansvarsområdenavn Plan og utbygging nord

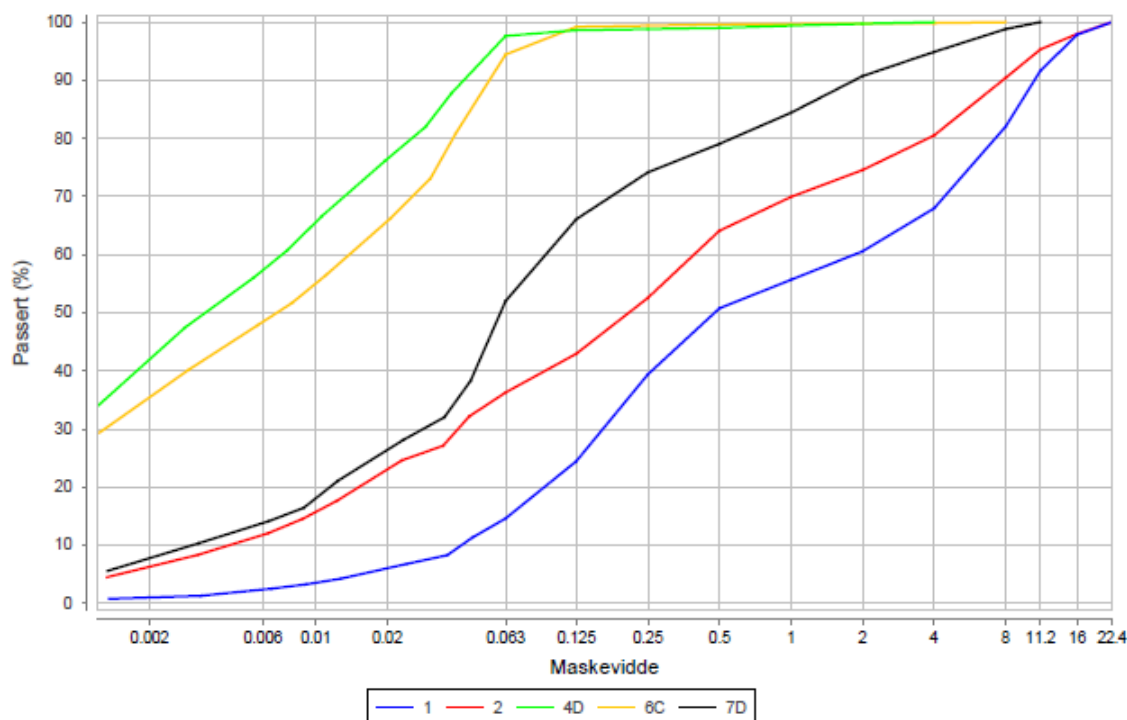
Serienr.: 3_(B), Hullnr.: 23, koordinater:

Prøvenr.	1	2	4D	6C	7D
Uttaksdato	24.11.2021	24.11.2021	24.11.2021	24.11.2021	24.11.2021
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt
Humus (Glødetap)					
Vanninnhold (%)	12.8	18.5			
% <63µm av <delsikt	14.6 (22,4 mm)	36.3 (22,4 mm)	97.6 (22,4 mm)	94.4 (22,4 mm)	52.0 (22,4 mm)
% <20µm av <delsikt	6.0 (22,4 mm)	23.0 (22,4 mm)	76.4 (22,4 mm)	65.7 (22,4 mm)	26.4 (22,4 mm)

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm						
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4
1	14.6	24.5	39.4	50.8	55.7	60.8	68.0	82.0	91.8	97.8	100.0
2	36.3	43.0	52.8	64.1	69.9	74.6	80.5	90.4	95.3	98.0	100.0
4D	97.6	98.6	98.8	99.0	99.4	99.7	100.0				
6C	94.4	99.2	99.4	99.6	99.7	99.8	99.8	100.0			
7D	52.0	66.1	74.2	79.1	84.4	90.7	94.9	98.8	100.0		

Leire	Silt			Sand			Grus	
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.5 - 1.0	Sandig grusig materiale	45.0	T2
2		1.5 - 2.5	Sandig siltig grusig leirig materiale	90.4	T3
4D		4.0 - 4.8	Leire	0.0	T3
6C		6.0 - 6.8	Leire	0.0	T4
7D		7.0 - 7.7	Siltig sandig leirig materiale	30.8	T4

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____

Laboratorienr.: Regenerilaboratoriet Nordkjosboen - Innhold til R014 løpnummer: 14.032, R210.214, R210.215

Prøveopplav: (B) Bygghene (E) Entreprenør (P) Produsent



Statens vegvesen

Kornkurve

Nord

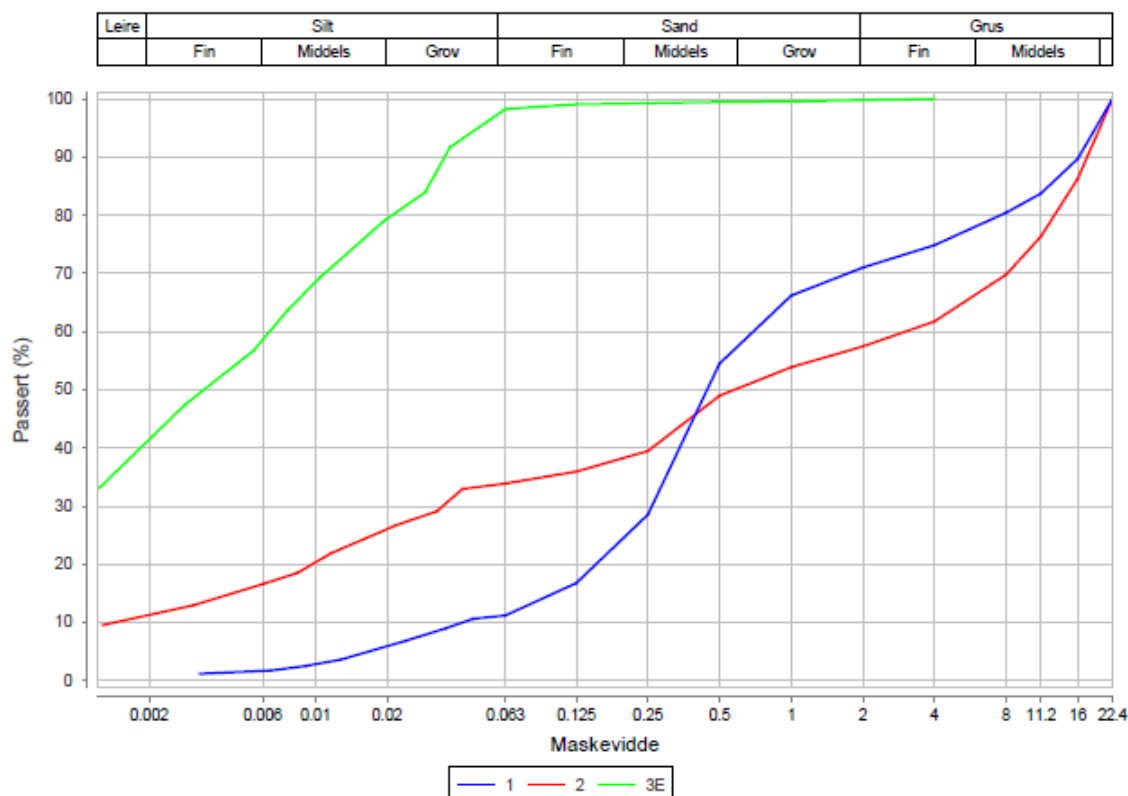
Oppdragsnr.	5210186	Oppdragsnavn	E6 Ny Transfarelv bru
Prosjektnr.	C15015	Prosjektnavn	E6 Ny Transfarelv bru
Ansvarsområdenr.	CLA40	Ansvarsområdenavn	Plan og utbygging nord

 Serienr.: 5_(B), Hullnr.: 49, koordinater:

Prøvenr.	1	2	3E		
Uttaksdato	30.11.2021	30.11.2021	30.11.2021		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)					
Vanninnhold (%)	14.1	14.7			
% <63µm av <delsikt	11.2 (22,4 mm)	33.9 (22,4 mm)	98.3 (22,4 mm)		
% <20µm av <delsikt	5.9 (22,4 mm)	26.1 (22,4 mm)	79.4 (22,4 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm						
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4
1	11.2	16.8	28.6	54.5	66.2	71.0	74.9	80.5	83.8	89.7	100.0
2	33.9	36.0	39.5	49.0	53.9	57.5	61.8	69.8	76.3	86.3	100.0
3E	98.3	99.1	99.3	99.5	99.6	99.8	100.0				



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		1.3 - 2.3	Sandig grusig materiale	16.7	T2
2		2.3 - 3.0	Grusig sandig siltig leirig materiale	2,108.6	T3
3E		3.2 - 4.0	Leire	0.0	T3

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Statens vegvesen

Kornkurve

Nord

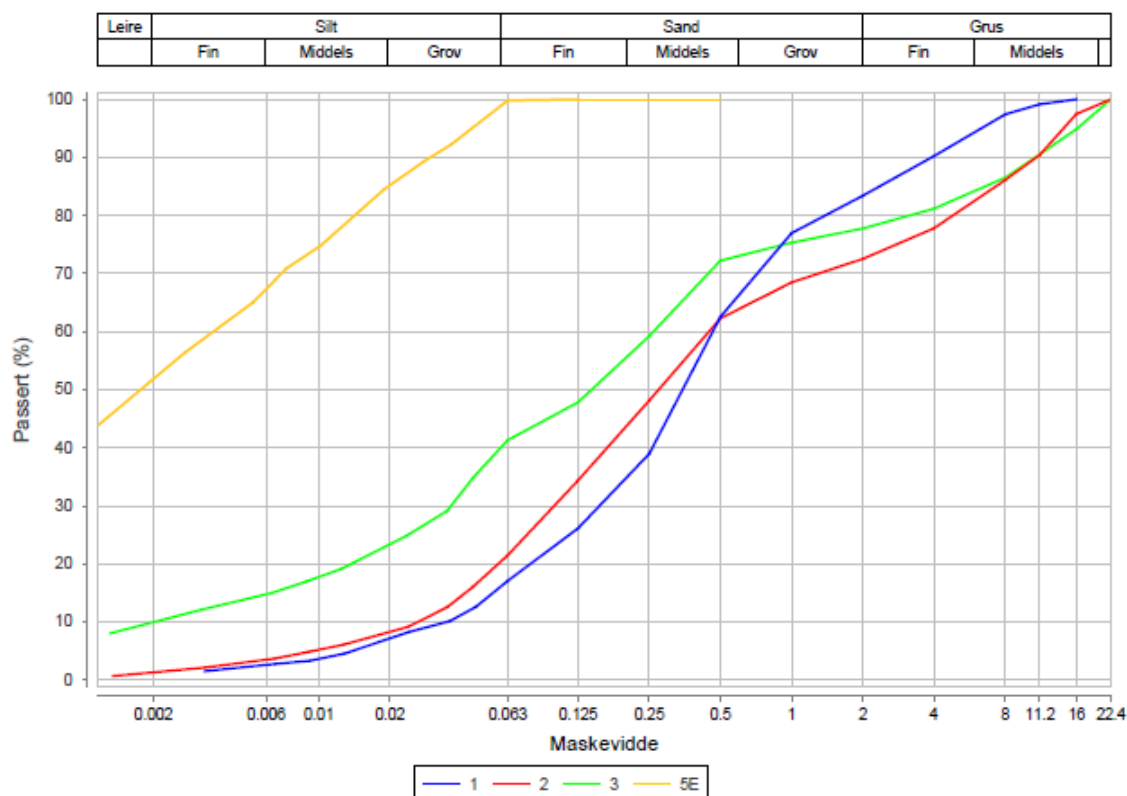
Oppdragsnr.	5210186	Oppdragsnavn	E6 Ny Transfarelv bru
Prosjektnr.	C15015	Prosjektnavn	E6 Ny Transfarelv bru
Ansvarsområdenr.	CLA40	Ansvarsområdenavn	Plan og utbygging nord

Serienr.: 4_(a), Hullnr.: 50, koordinater:

Prøvenr.	1	2	3	5E
Uttaksdato	29.11.2021	29.11.2021	29.11.2021	29.11.2021
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	17.4	18.8	21.6	
% <63µm av <delsikt	17.1 (22,4 mm)	21.5 (22,4 mm)	41.3 (22,4 mm)	99.8 (22,4 mm)
% <20µm av <delsikt	7.2 (22,4 mm)	8.3 (22,4 mm)	23.4 (22,4 mm)	85.2 (22,4 mm)

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm						
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16	22.4
1	17.1	26.1	39.0	62.5	77.0	83.4	90.2	97.4	99.2	100.0	
2	21.5	34.4	48.1	62.3	68.5	72.5	77.8	86.1	90.4	97.5	100.0
3	41.3	47.8	59.2	72.2	75.3	77.8	81.2	86.5	90.5	94.9	100.0
5E	99.8	100.0	100.0	100.0							

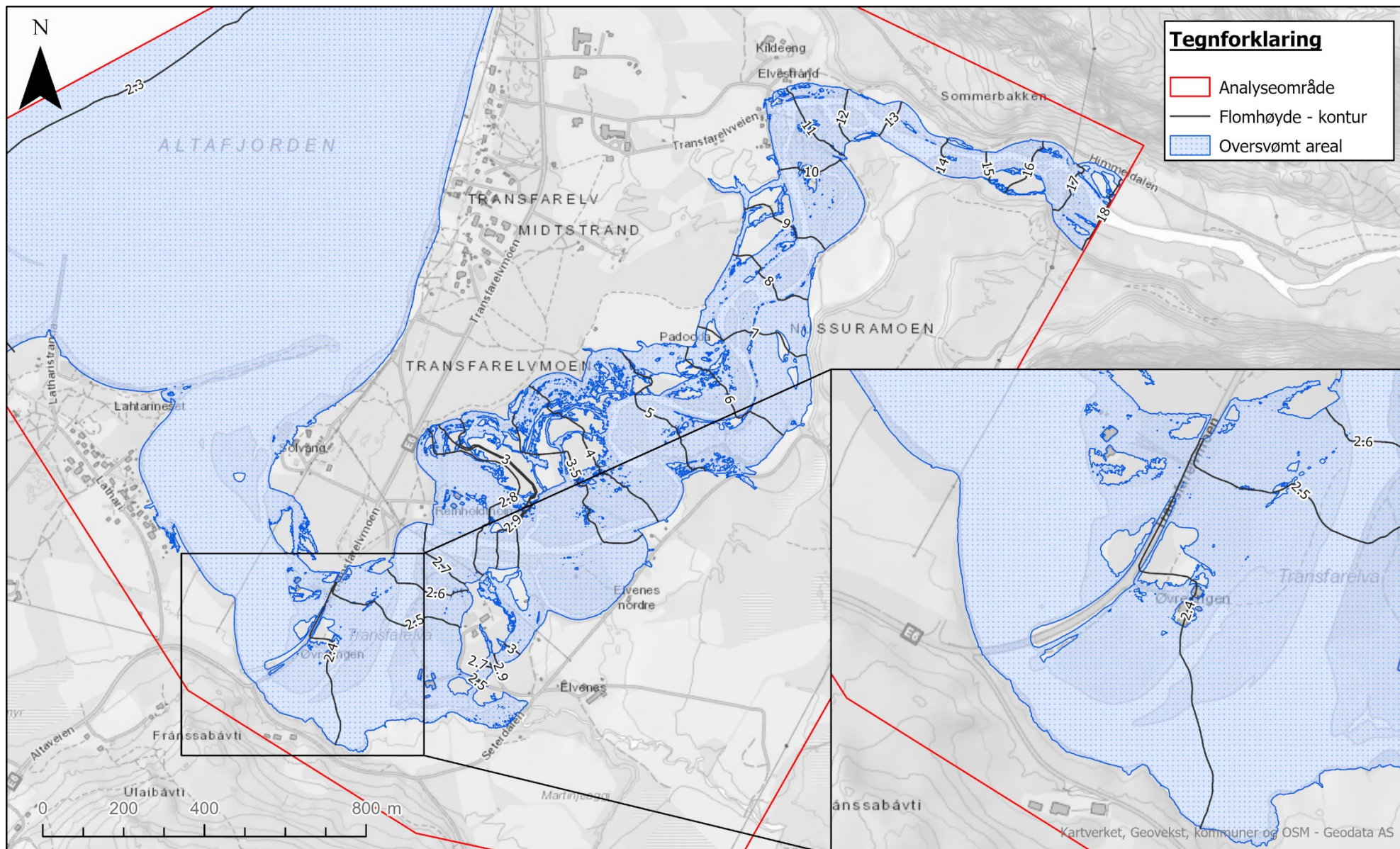


Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1		0.0 - 1.0	Siltig sand	13.4	T2
2		1.0 - 2.0	Sandig grusig siltig materiale	17.1	T2
3		2.0 - 3.0	Sandig siltig grusig leirig materiale	129.6	T4
5E		4.0 - 4.8	Leire	0.0	T3

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Flomsonekart Transfarelv - Eksisterende situasjon

200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ved høyvann (1-års stormflo inkl. havnivåstigning; 2.3 moh.)

Verdier i kart angir modellert vannstand i moh. (NN2000).

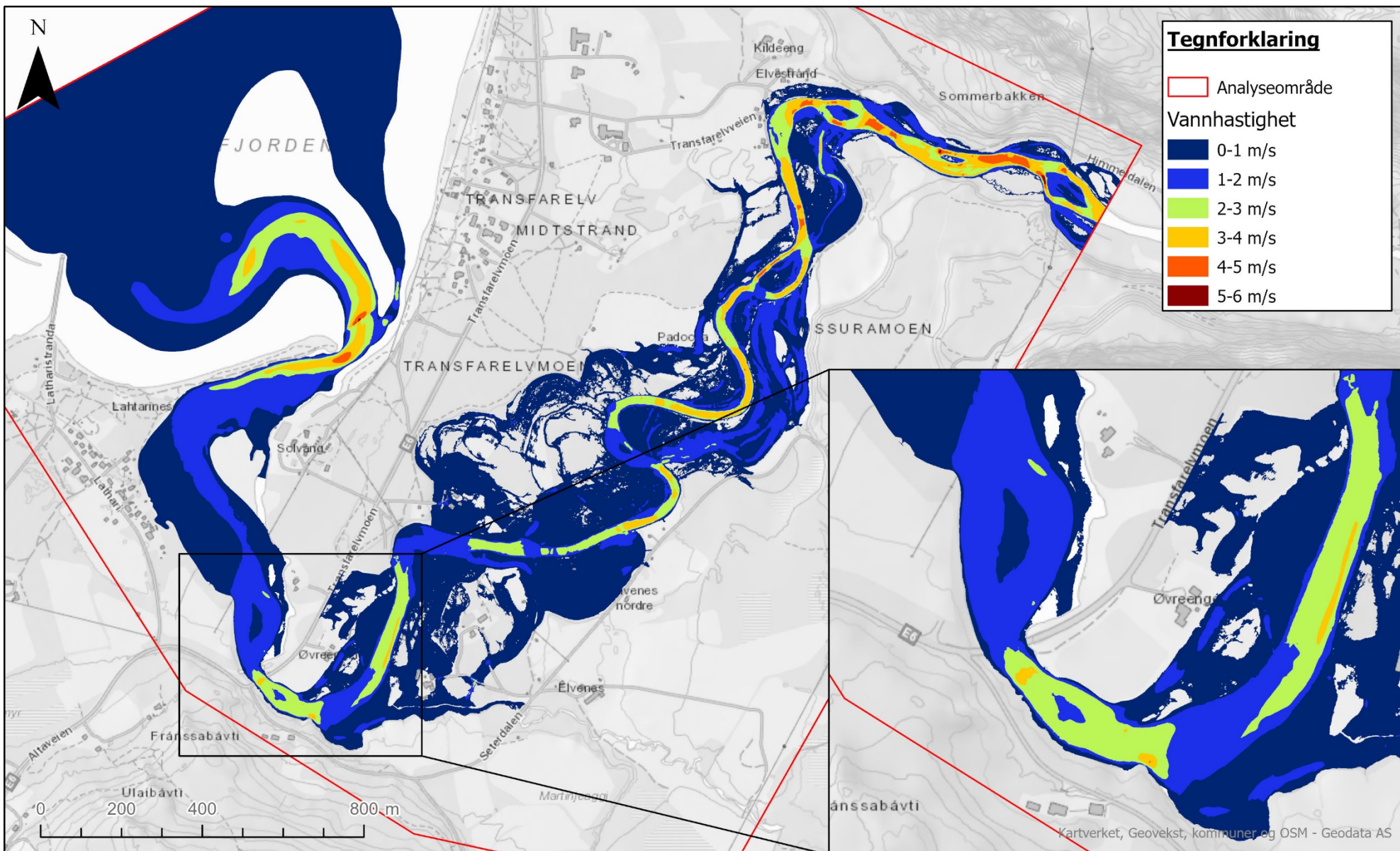
Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 631033-47

Utarbeidet av: HMK

Status: Leveranse

Dato: 10.06.2022



Flomsonekart Transfarelv - Eksisterende situasjon

200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ved lavvann (1-års lavvann; -2.0 moh.)

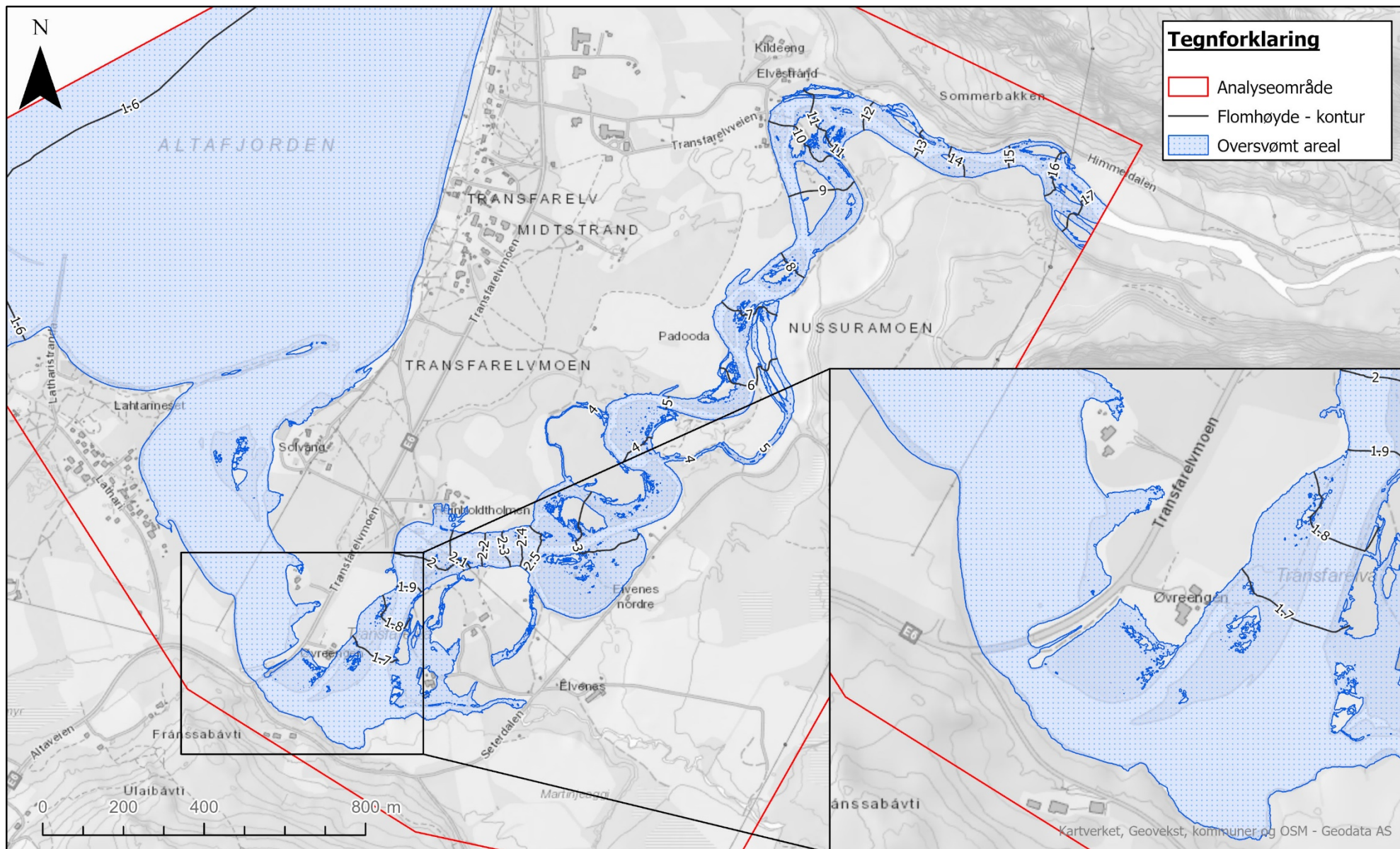
Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 631033-47

Utarbeidet av: HMK

Status: Leveranse

Dato: 10.06.2022



Flomsonekart Transfarelv - Midlertidig situasjon

5-årsflom ved høyvann (1-års stormflo; 1.6 moh.)

Verdier i kart angir modellert vannstand i moh. (NN2000).

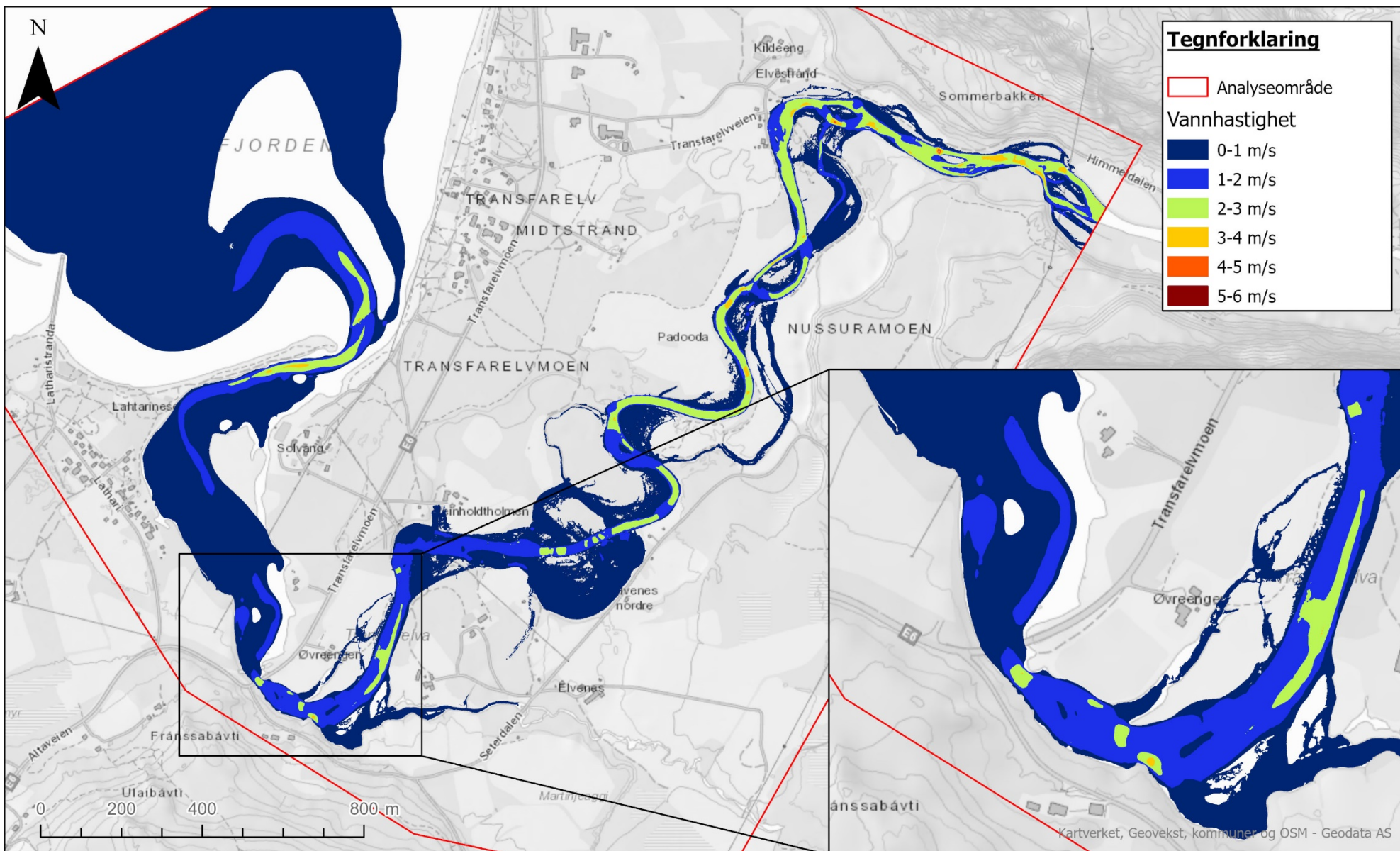
Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 631033-47

Utarbeidet av: HMK

Status: Leveranse

Dato: 10.06.2022



Flomsonekart Transfarelv - Midlertidig situasjon

5-årsflom ved lavvann (1-års lavvann; -2.0 moh.)

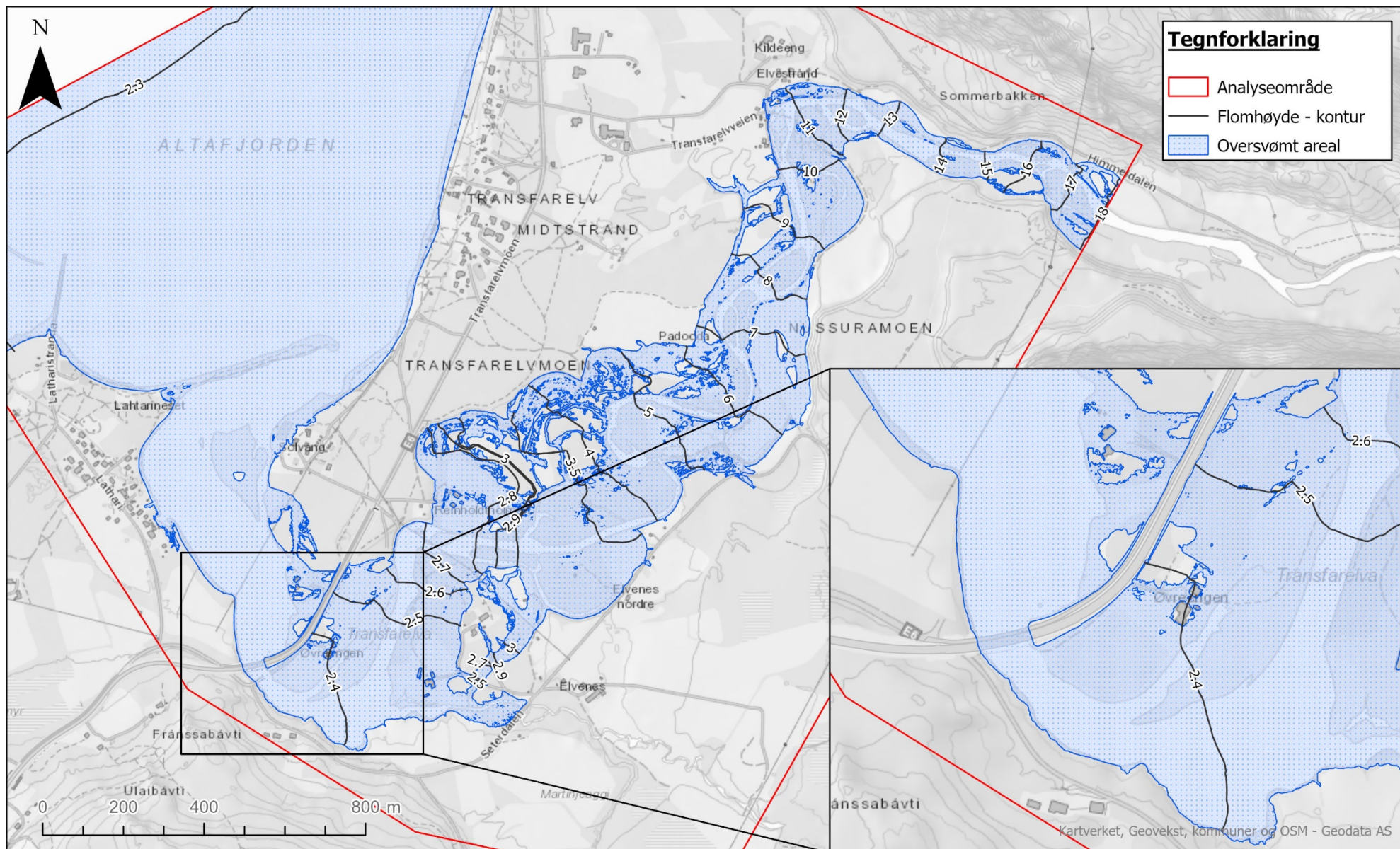
Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 631033-47

Utarbeidet av: HMK

Status: Leveranse

Dato: 10.06.2022



Flomsonekart Transfarelv - Fremtidig situasjon

200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ved høyvann (1-års stormflo inkl. havnivåstigning; 2.3 moh.)

Verdier i kart angir modellert vannstand i moh. (NN2000).

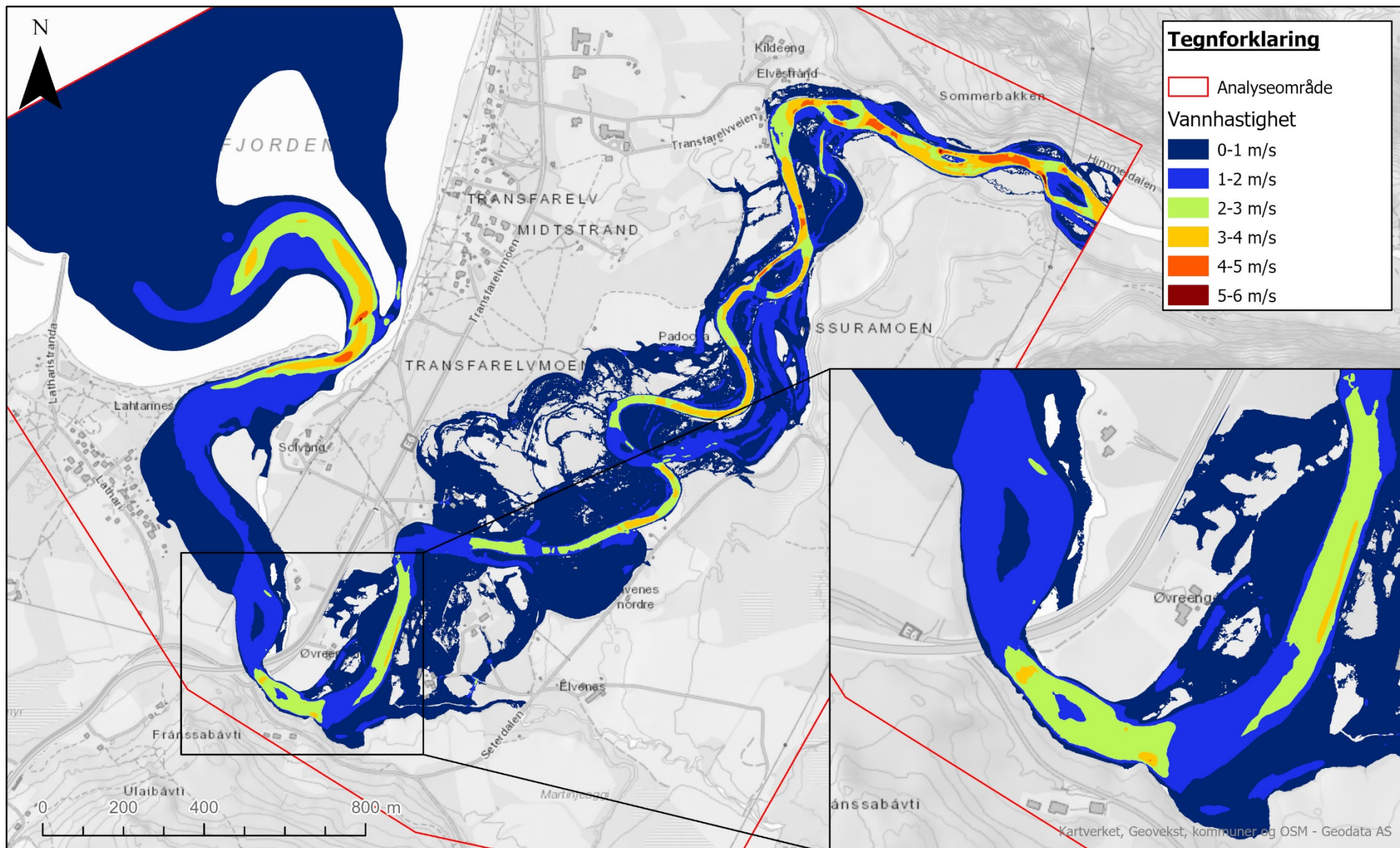
Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 631033-47

Utarbeidet av: HMK

Status: Leveranse

Dato: 10.06.2022



Flomsonekart Transfarelv - Fremtidig situasjon

200-årsflom inkludert 20% klimapåslag og 20% usikkerhetspåslag ved lavvann (1-års lavvann; -2.0 moh.)

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 631033-47

Utarbeidet av: HMK

Status: Leveranse

Dato: 10.06.2022