

Beregnet til
Troms og Finnmark fylkeskommune

Dokument type
Rapport

Dato
Januar, 2023

Flomfareutredning

Fv. 7748 Sørabekken bru



Flomfareutredning

Fv. 7748 Sørabekken bru

Oppdragsnavn **Fv. 7748 Sørabekken bru**
Prosjekt nr. **1350053735**
Versjon **1**
Dato **19.01.2023**
Beskrivelse **Flom- og vannlinjeberegninger i Sørabekken ved bekkekryssingen**

Rambøll
Løkkeveien 115
Postboks 1077
9503 Alta

T +47 78 44 92 22
F +47 78 44 92 20
<https://no.ramboll.com>

Revisjon	00		
Versjon	01		
Dato	19.01.2023		
Utarbeidet av	TUPH		
Kontrollert av	PLUB		
Godkjent av	TOKA		
Beskrivelse	Flom- og vannlinjeberegninger		

Confidential

Sammendrag

Troms og Finnmark fylkeskommune planlegger å skifte ut Sørabekken bru. Brua ligger like opp for utløpet av bekken til Buttelvatnet sør-vest for Harstad og er ei platebru i betong. Brua er i dårlig forfatning, bl.a. pga. utglidning, (bevegelser av stein) og dermed fare for kollaps av steinlandkar.

I forbindelse med utskiftingen av brua, er Rambøll engasjert til å utføre kartlegging og flomfarevurdering av eksisterende og ny bru over Sørabekken. Hovedmålet med flomanalysen og denne utredningen har vært å sikre at ny bru er flomsikker i henhold til gjeldende myndighetskrav, herunder vurderinger og beregninger av nødvendig dimensjon/lysåpning av brua.

Flomberegningene er utført i henhold til anbefalinger og retningslinjer fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) samt oppfylle kravene i Statens vegvesens (SVV) håndbøker. Viktigste myndighetskrav i tillegg til SVVs sine håndbøker og TEK17 § 7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo*. Dersom bygging av ny vei/bru kan påvirke flomforholdene i området må eventuelle konsekvenser for eksisterende eller planlagte byggverk eller viktig infrastruktur utredes. For byggverk med personopphold, samt bruer er det 200-årsflom + klimapåslag som er dimensjonerende.

Det er etablert en 1D-modell for bekkekrysningen, og vannlinjer er utarbeidet både for eksisterende og situasjon etter tiltak. Modellen med tilhørende resultater er basert på innmålinger av bekkeprofiler høsten 2022, observasjoner under befaring og supplert med laserscan-data. Vurderingene herunder forutsetter at veiens høyde (fv. 7748) ikke endres.

Eksisterende situasjon

Topp vei er målt til ca. kote +176,4 m og under kant bru er målt til ca. kote +175,9 m. Vannstanden ved en 200-årsflom like oppstrøms bruas innløp er beregnet til ca. kote +175,9 m. Eksisterende lysåpning er derfor ikke stor nok i forhold til dagens myndighetskrav og forventede klimaendringer.

Ny situasjon

For bruer sier håndbok N400: «*Fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års flom*».

Vurderingene herunder forutsetter at veiens høyde (Sørliveien) ikke endres. Ved å utvide bredden av bekkebunnen til 3 m viser nye vannlinjeberegninger for en 200-års flom på 8 m³/s at vannstanden ved bruas innløp ligger på ca. kote +174,8 m. UKbru, med en brutykkelse på ca. 0,6 m, ligger på ca. kote +175,8 m. Dette betyr at det er 1,0 m til underkant bru. SVVs krav om fri høyde på 0,5 m er dermed innfridd.

Energilinjene er beregnet til å ligge på kote +175,9 m. På grunn av høye vannhastigheter er det stor forskjell mellom beregnet vannstand og energilinjene. Det bør derfor legges til en sikkerhetsmargin på 0,5 m for å ta hensyn til usikkerheten i beregningene, og fare for tilstopping pga. is og drivgods.

Erosionssikring

Vannhastighetene ved 200-årsflom (med klima- og sikkerhetspåslag) oppstrøms brua er beregnet til å være opp mot ca. 6,0 m/s, mens nedstrøms brua er hastigheten beregnet til å være opp mot 4,0 m/s. Ved bruken av nomogrammet Size of stone pitching vs. velocity og sidehelning på 2:1 (horisontal:vertikal), trengs det steinstørrelser D_{50} på henholdsvis 0,4 m (nedstrøms) og 0,9 m (oppstrøms).

Det understrekes at dimensjoneringen av steinstørrelsene oppgitt herunder er veiledende. Prosjektering og beregninger må gjennomføres i senere detaljplanfaser når bruløsningen er bestemt, og før utførelse.

Dersom det anbefalte tiltak knyttet til vannhåndtering beskrevet i denne fagrapport følges, mener vi at gjeldende myndighetskrav er innfridd. Tiltakene er planlagt slik at de er til minst mulig skade og ulempe for allmenne og private interesser.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
1. Innledning og mål	5
1.1 Innledning	5
1.2 Mål	5
2. Myndighetskrav og metoder	6
2.1 De viktigste myndighetskrav og veiledninger knyttet til vei- og brubygging ved/nært vassdrag er:	6
2.1.1 Krav til dimensjonerende gjentakintervall for flom for offentlige veier	6
2.1.2 Klima- og sikkerhetsfaktor	6
2.1.3 Behov for erosjonssikring	6
2.1.4 Tilrettelegging for fiskevandring	7
2.2 Metoder	7
2.2.1 Flomberegninger	7
2.2.2 Hydrauliske beregninger i en bekkemodell	7
2.2.3 Beregning av nødvendig bokskulvert dimensjon	8
3. Datagrunnlag	9
4. Tiltaksområdet	10
5. Dimensjonerende flom	11
6. Eksisterende Sørabekken bru	12
7. Ny situasjon for krysning av Sørabekken	14
8. Hydrauliske beregninger	15
8.1 Hydraulisk modell	15
8.1.1 Krysning av Sørabekken	15
8.2 Resultater vannlinjer og vannhastigheter	16
8.2.1 Eksisterende situasjon	16
8.2.2 Ny situasjon	16
8.2.3 Beregnet flomutbredelse	17
8.3 Erosjonssikring	18
9. Referanser	20
10. Vedlegg	21
10.1 Valg av klima- og sikkerhetsfaktor	21
10.2 Flomberegning	22
10.2.1 Generelt	22
10.2.2 Nedbørfeltet til Sørabekken bru	22
10.2.3 Flomberegninger basert på formler for små nedbørfelt	22
10.2.4 Observerte data – nabofelt, regionale erfaringsdata	23
10.2.5 Flomberegning basert på PQRUT	24
10.2.6 Vurdering og valg av dimensjonerende 100-årshendelse	27
10.3 Dimensjonering av bru	29
10.4 Ruhet, grensebetingelser og kalibreringsdata benyttet i HEC-RAS	30

10.4.1	Ruhet	30
10.4.2	Øvre og nedre grensebetingelser	30
10.4.3	Kalibreringsdata	31
10.5	Grov dimensjonering av steinstørrelse D_{50} - erosjonssikring	32

1. Innledning og mål

1.1 Innledning

Troms og Finnmark fylkeskommune jobber med utbedring av Sørabekken bru på fv. 7748 ved Buttelvatnet i Harstad kommune. I den forbindelse planlegger fylkeskommunen utskifting av eksisterende bru. Rambøll har på oppdrag fra Troms og Finnmark fylkeskommune utredet flomfaren ved Sørabekken bru samt vurdert hvordan flomsikre ny bru.

1.2 Mål

Hovedmålet med denne utredning er å sikre at ny løsning for bekkekrysning, som skal erstatte dagens bru ved Sørabekken, er i henhold til dagens myndighetskrav knyttet til flomsikkerhet.

2. Myndighetskrav og metoder

2.1 De viktigste myndighetskrav og veiledninger knyttet til vei- og brubygging ved/nært vassdrag er:

- Vannressursloven med vannforskrift
- Statens vegvesens (SVV) håndbøker; N200 *Vegbygging* (SVV, 2022a) og N400 *Bruprosjektering* (SVV, 2022b).
- Plan- og bygningsloven med byggeteknisk forskrift (TEK 17)
- NVEs retningslinjer og veiledere

Vannressursloven sier blant annet at enhver skal opptre aktsomt, og at vassdragstiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til minst mulig skade og ulempe for allmenne og private interesser.

2.1.1 Krav til dimensjonerende gjentakintervall for flom for offentlige veier
For bruer er det 200-årsflommen som gir dimensjonerende vannstand (SVV, 2022b). I tillegg skal det være 0,5 m fri høyde mot overbygningen for beregnet vannstand for 200-årsflom.

2.1.2 Klima- og sikkerhetsfaktor

Ifølge N200 skal det brukes en klimafaktor F_k for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer, og faktor F_u for å ta hensyn til usikkerheten ved beregning av dimensjonerende avrenning. Sørabekken, som ligger i det tidligere Troms fylke, får klimafaktor 1,3. Sikkerhetsklasse V1 gir en sikkerhetsfaktor på 1,0, jf. 10.1.

**Basert på ovenstående myndighetskrav settes følgende dimensjonerende flom:
QDIM bru=200-årsflom (Q200) pluss 30 % for klimapåslag og sikkerhetsfaktor.**

2.1.3 Behov for erosjonssikring

Behovet for erosjonssikring vurderes for følgende:

- Langs vannveier og flomveier
- For alle hydrauliske tiltak
- For arealer tilknyttet vei og eventuell tredjepart i område

Det forutsettes erosjonssikring med stein. Dimensjonerende steinstørrelse for erosjonssikring skal ta hensyn til vannhastighet, steinmaterialets spesifikke tetthet og underlagets stabilitet. Ved bruk av erosjonssikring med andre metoder skal sikringseffekten dokumenteres. Det skal erosjonssikres der erosjon kan medføre skade på veien eller tredjepart. Med erosjonssikring menes her sikringslag av stein og ev. filterlag over eksisterende underlag. Sikring av både bekkkant og bekkbunn skal prosjekteres i detaljfasen. Avslutning av sikring oppstrøms og nedstrøms skal utformes slik at det ikke oppstår erosjonsskader der.

Erosjonssikring utføres i samsvar med NVE 4/2009 «*Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*».

Confidential

2.1.4 Tilrettelegging for fiskevandring

I alle vannveier der det stilles krav om å legge til rette for fiskevandring må en slik fiskepassasje beskrives. Dette for å sikre vandringsmuligheter for fisk langs vassdraget. I tillegg må fiskepassasjene håndtere flomvannføring.

Ifølge naturmangfoldnotatet (SVV, 2018) finnes det to innløpsbekker til Butteltvatnet, Sørabekken og Sørrelva, hvor Sørrelva er regnet som den viktigste gytebekken for ørret. Det må kunne antas at gyting også vil kunne foregå eller foregår i Sørabekken.

I Butteltvatn er det registrert ørret, røye, tre-pigget stingsild og ål. Ål står som sårbar på den norske rødlista.

Dersom det unngås fysiske varige inngrep i Sørabekken vil virkning for naturverdier være minimal og avgrense seg til noe påvirkning i anleggsfasen. Ved å følge tilråkningene gitt i naturmangfoldnotatet vil tiltaket kunne klareres uten merknad fra NVE og Statsforvalter i henhold til regelverk i vannforskriften og laks- og innlandsfiskeloven.

Kunnskapsgrunnlaget vurderes som tilstrekkelig i forhold til tiltakets omfang, jamfør naturmangfoldloven § 8. På grunn av tiltakets beskjedne omfang og svært avgrenset inngrep i naturverdier anses det å ikke være i strid med naturmangfoldloven § 4 om forvaltningsmål for naturtyper og økosystemer eller forvaltningsmål for arter i henhold til naturmangfoldloven § 5, ref. naturmangfoldnotatet (SVV, 2018).

2.2 Metoder

2.2.1 Flomberegninger

For å vurdere dimensjonerende flomverdi for vassdraget har det blitt benyttet metoder og formler anbefalt i NVE 1/2022 «*Veileder for flomberegninger*». I tillegg er det aktuelle feltet blitt sammenlignet med nabofelt, mot regionale erfaringsdata. Basert på regionale erfaringstall, faglig skjønn og en samlet vurdering av alle de ulike beregningsmetoder, velges det estimatet som antas å være mest representativt for det aktuelle felt.

2.2.2 Hydrauliske beregninger i en bekkemodell

HEC-RAS programvare er benyttet for hydrauliske beregninger av vannlinjer for bekkeløp og bru. HEC-RAS er en anerkjent 1D/2D programvare som beregner vannlinjer under ulike hydrauliske forhold og har spesielle funksjoner for å beregne effekten av blant annet bruer og rør.

Hovedforskjellen mellom 1D og 2D er at 1D beregner én vannstand og en hastighet for hvert enkelt tverrsnitt, mens 2D beregner det samme celle for celle og som gir variasjon i 2 retninger. 1D modeller er egnet til bruk ved tilfeller hvor kreftene som påvirker vannet er dominant i én retning, langsgående bekkeløpet. 2D derimot er velegnet når det ønskes 2 retninger inn i

beregningene, både langs bekkeløpet og på tvers av bekkeslettene. Terreng- og bekkeprofiler er basert på innmålinger av bekkeprofiler høsten 2022 (23.11.2022) og supplert med laserscannede data.

2.2.3 Beregning av nødvendig bokskulvert dimensjon

Nomogrammet «*Headwater depth for box culverts with inlet control*» (for boks) ble brukt for dimensjonering og design av ny bru. Valgt dimensjonerende kriterium er HW/D (vannstand/høyde kulvert) lik 1,0, det vil si at oppstrøms vanddybde ikke skal bli større enn bruas høyde, samt at det da er en reservekapasitet på ca. 20 %.

3. Datagrunnlag

Grunnlagsdata benyttet i flomfareutredningen er vist i tabellen under.

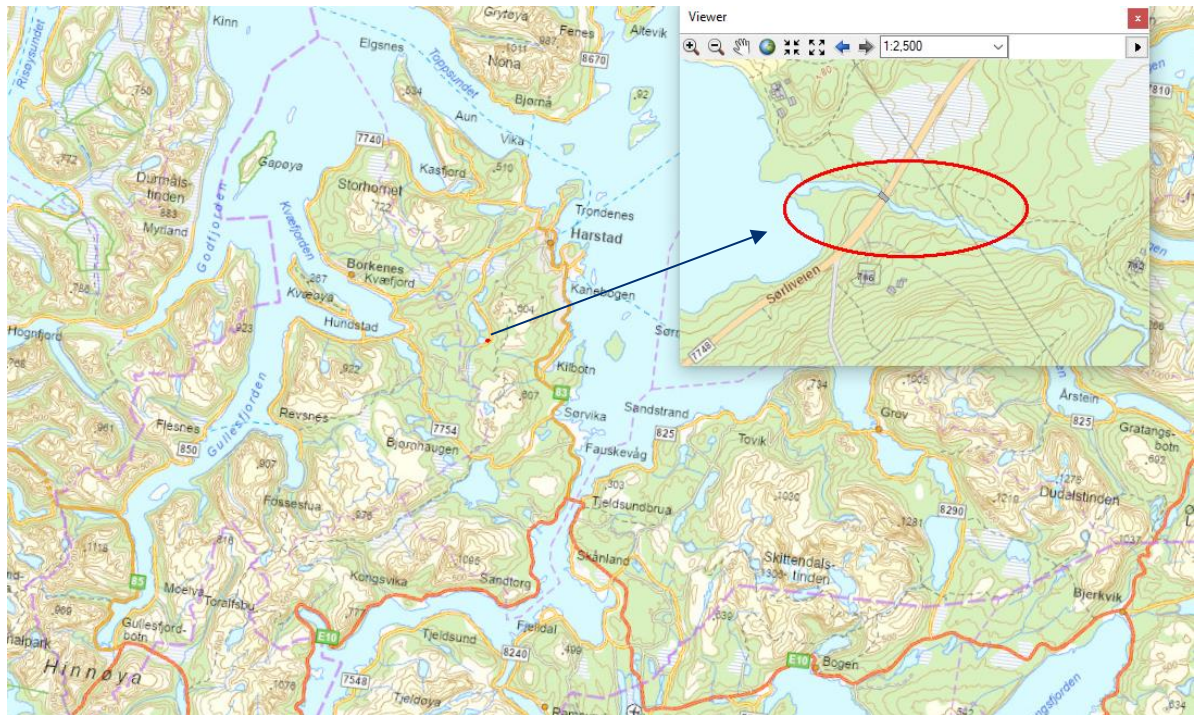
Tabell 3-1. Grunnlagsdata benyttet i flomfareutredningen.

Datatype	Format	Kilder/kommentarer
Innmålingsdata	KOF-fil	Rambøll Norge AS
Høydedata	Laserscan	<p>Høydedata, prosjekter (data i NN2000 og NTM sone 16):</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> NDH Harstad 2015 Prosjektnr LACH0001 Oppdragsgiver Kartkontoret Bodø Dekningsnummer BNO15017 Laserstandard 10 Flyfirma Blom Geomatics AS Leverandør Blom Geomatics Type Laser Prioritet 1 Koordinatsystem Euref89 UTM33 Høydesystem NN2000 Objektkatalog FKB-Laser 2.0 Bestilt punkttetthet 2 Årstall 2015 Dato 16.08.2015 Prosjektrapport Last ned Oppløsning 0.5

Profilene på bekkeløpet er basert på befaring og innmålte data utført 23.11.2022 samt laserscanninger (august-september 2015 med oppløsning 0,5*0,5 m) (Blom Geomatics AS, 2015).

4. Tiltaksområdet

Sørabekken bru ligger langs Sørliveien ved Butteltvatnet, i Harstad kommune, jf. Figur 4-1.



Figur 4-1. Oversikt over plassering av tiltaksområdet.

5. Dimensjonerende flom

Nedbørfeltet har et areal på ca. 4,1 km². Dimensjonerende 200-årsflom inklusive klima- og sikkerhetsfaktor er beregnet til 7,9 m³/s. Flomberegningene er vist i delkapittel 10.2.

Tabell 5-1 sammenstiller beregnede flomverdier for utvalgte gjentaksintervall.

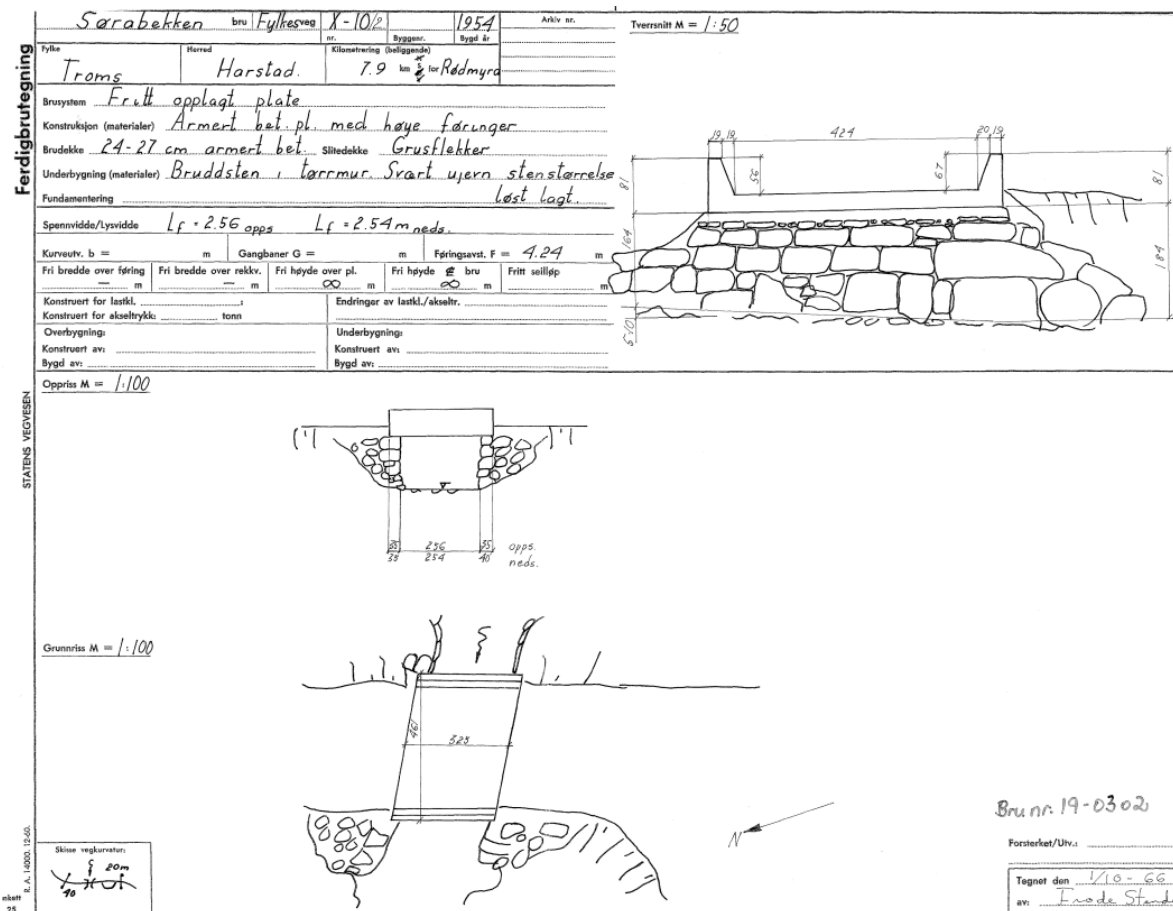
Tabell 5-1. Beregnede flomverdier for Sørabekken ved ulike gjentaksintervall, verdier med og uten klima- og sikkerhetsfaktor.

Sted	Areal	Qn	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q100kl	Q200kl
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Sørabekken	4,1	0,13	2,2	2,7	3,2	3,7	4,5	5,3	6,1	6,9	7,9

For bruer er det 200-årsflom som er dimensjonerende (SVV, 2022b). I tillegg skal fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen (underkant bru) ved beregnet vannstand for 200-årsflom.

6. Eksisterende Sørabekken bru

Dagens bekkekryssning, Sørabekken bru, under fylkesvei 7748 består av en platebru i betong, med en brulengde på ca. 3,25 m og lengste spenn på ca. 2,85 m, jf. Figur 6-1.



Figur 6-1. Tegning av eksisterende bekkekryssning.

Eksisterende Sørabekken bru er i dårlig tilstand, det er bl.a. observert en del utglidning, (bevegelser av stein) og dermed fare for kollaps av steinlandkar.



Bilde 6-1. Tatt mot innløpet. Kilde: Brutus.



Bilde 6-2. Tatt fra utløpet og mot innløpet. Kilde: Brutus.

Basert på terrengmodell og innmåling ligger topp vei ved kryssingen ca. på kt. 176,4 m og bunn bekk rett oppstrøms ca. kt. 174,2 m. Underkant bru er målt til ca. kt. 175,9 m. Sørabekken bru har dermed en høyde på ca. 1,7 m. Brubredden ved innløpet er målt til 2,4 m, mens utløpet har en mindre brubredde på ca. 2,3 m.

Normal hydraulisk kapasitet til dagens bru er ca. 10,8 m³/s (HW/D=1,2, innløpskontroll og bredde x høyde = ca. 2,5 m x ca. 1,7 m).

Confidential

7. Ny situasjon for krysning av Sørabekken

Det forutsettes herunder at veiens høyde ikke endres.

For bygging av ny bru gjelder N400s krav: «*Fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års flom*».

Med en dimensjonerende vannføring på nærmere 8 m³/s for 200-årsflom, er det beregnet nødvendig brubredde lik 3 m. Ny bru settes derfor lik 3,0 m x 1,6 m (bredde x høyde). Den utvidete bunnbredden gir også et gunstigere hydraulisk forhold ved bekkekrysningen.

Brutykkelsen avhenger av type bru og mengde betong. Standard elementkulvert har mellom 30 cm og 1,2 m brutykkelse. Med en antatt tykkelse på 0,6 m, må UKbru ligge på kote +175,8 m og bunn innløp på ca. kote +174,2 m (kote +176,4 m topp vei - 0,6 m brutykkelse - 1,6 m lysåpningshøyde).

Bredden av bekken ved innløpet og utløpet tilpasses ny bru-løsning og den naturlige bredden nedstrøms bekken. Med et spenn på 3 m vil den nye bredden på bekkebunnen ved innløp og utløp være på 3 m, jf. Figur 7-1.

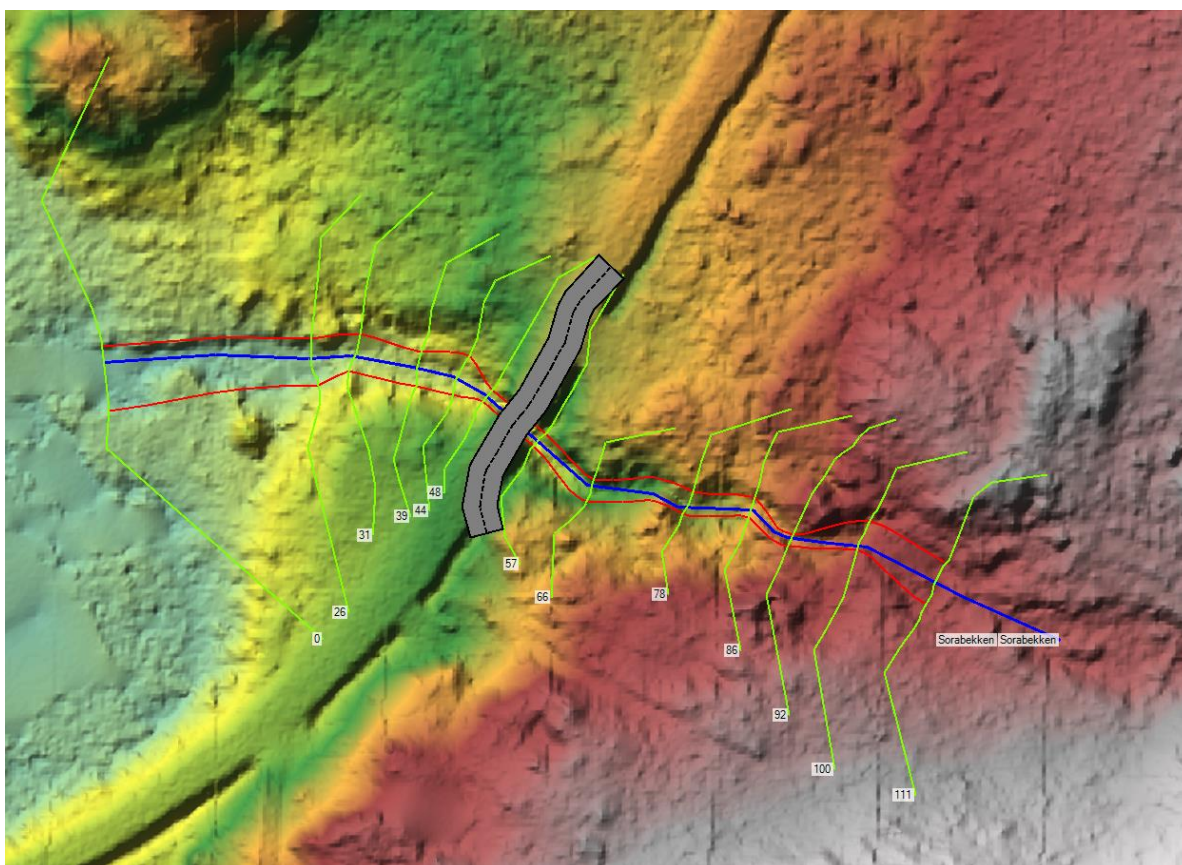


Figur 7-1. Forslag til plassering av ny bru. Blå stiptet linje indikerer nye bredder for bekkebunnen.

8. Hydrauliske beregninger

8.1 Hydraulisk modell

Det er etablert en detaljert hydraulisk 1D-modell i HEC-RAS som strekker seg fra Buttelvatnet og 110 meter oppover. Modellen beregner blant annet hvor høy vannstand og vannhastighet ulike flommer har i de ulike tverrsnitt. 1D-modellen består av totalt 13 tverrprofiler. Tverrprofilene i modellen er basert på innmålinger (bekkebunn samt supplerende innmålinger langs breddekant) samt høydedata fra laserscan. Figur 8-1 gir en oversikt over plassering og nummerering av profilene (Nummereringen tilsvarende lengde fra start av modell ved bekkemunningen og videre oppover).



Figur 8-1. 1D-modell benyttet i HEC-RAS. Rød linje viser antatt bekk bredde.

8.1.1 Krysning av Sørabrekken

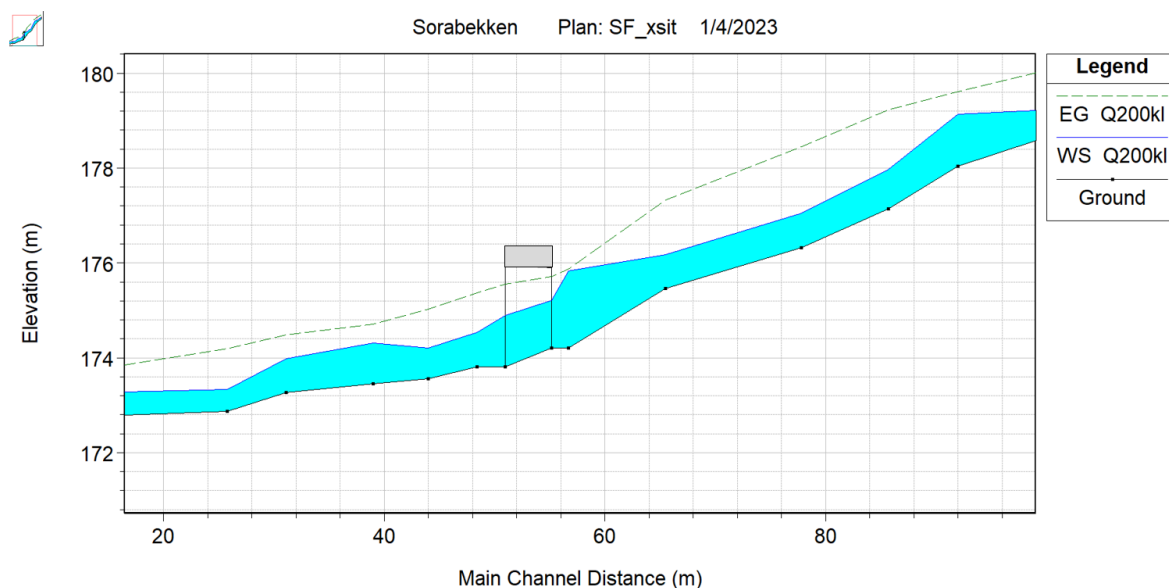
Eksisterende bru over Sørabekken ligger mellom tverrprofil 48 og 57. Eksisterende bru er innmålt/kartlagt ved befaring. Modellering av både ny og gamlebru er utført ved bruk av brudekke (Deck/roadway) i HEC-RAS. Her er kontraksjons- og ekspansjonskoeffisient opp- og nedstrøms bru satt til hhv. 0,3 og 0,5 for å kompensere for brå endringer i innløpet og i utløpet. For ruhet, grensebetingelser og kalibreringsdata benyttet i HEC-RAS vises det til delkapittel 10.4.

8.2 Resultater vannlinjer og vannhastigheter

Vannlinjeberegningene, dvs. beregningene av vannspeilets høyde/nivå langs bekken, er gjennomført for å si noe om flomvannstanden for 200-års flommen ved brua.

8.2.1 Eksisterende situasjon

Figur 7-2 viser beregnet vannstand for eksisterende situasjon, for 200-års flom med klima og sikkerhetsfaktor. Vannstanden rett oppstrøms bruas innløp er beregnet til ca. kote +175,9 m, jf. Figur 8-2. som er lik underkant bru og dagens bru har dermed ikke stor nok lysåpning i forhold til dagens myndighetskrav og forventede klimaendringer.



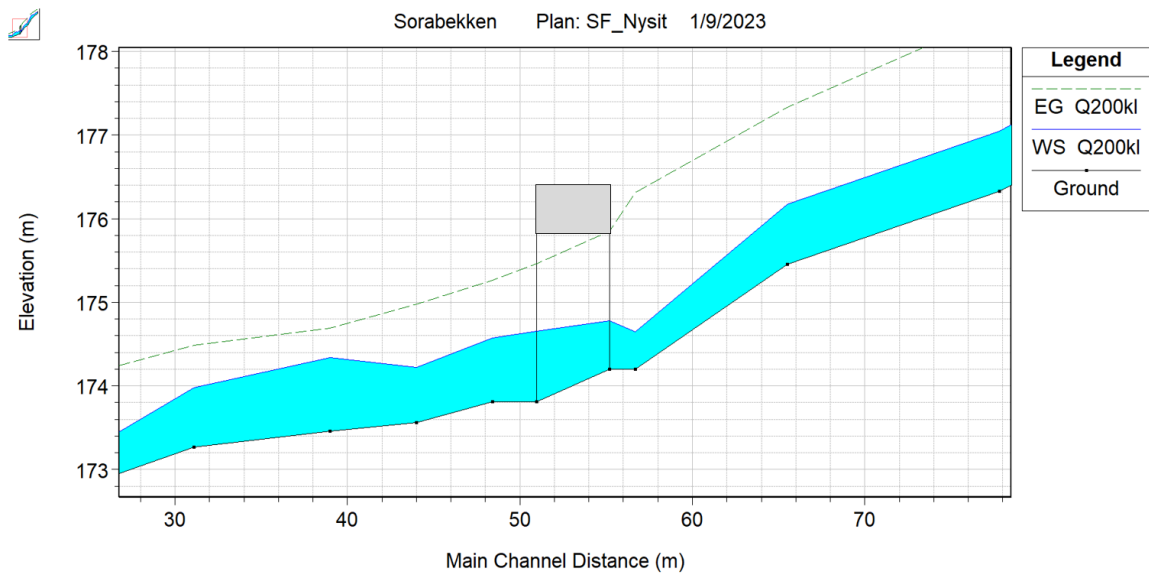
Figur 8-2. Beregnede vann- og energilinjer (WS og EG) for Sørabekken bru, for eksisterende situasjon, ved en 200-års bekkeflom inkl. klima (Q200kl). Energilinjene viser potensiell/worst-case vannlinje om brukonstruksjon/innsnevring «bremser opp» bekken.

8.2.2 Ny situasjon

For å oppnå gunstigere hydrauliske forhold ved bekkekrysningen og sikre 0,5 m klaring til underkant bru ved 200-årsflom, bør bru-løsningen tilpasses den naturlige bredden av bekken nedstrøms brua

Ved å utvide bredden på bekken viser nye vannlinjeberegninger for 200-årsflom at vannstanden ved bruas innløp ligger på ca. kote +174,8 m. Med en brutykkelse på ca. 0,6 m, ligger UKbru på ca. kote +175,8 m. Dette betyr at det er 1,0 m til underkant bru. SVVs krav om fri høyde på 0,5 m er dermed innfridd.

Energilinjen er beregnet til kote +175,9 m. Da det er stor forskjell mellom beregnet vannstand og energilinje, bør det legges til en sikkerhetsmargin lik 0,5 m for å ta hensyn til usikkerheten i beregningene, og ta høyde for faren for tilstopping pga. is og drivgods.



Figur 8-3. Beregnede vann- og energilinjer (WS og EG) for Sørabekken-bru, for ny situasjon, ved en 200-års bekkeflom inkl. klima (200kl). Energilinjene viser potensiell/worst-case vannlinje om konstruksjon/innsnevring «bremser opp» bekken.

8.2.3 Beregnet flomutbredelse

Figur 8-4 viser beregnet flomutbredelse for 200-års flom, inkl. klima- og sikkerhetsfaktor.

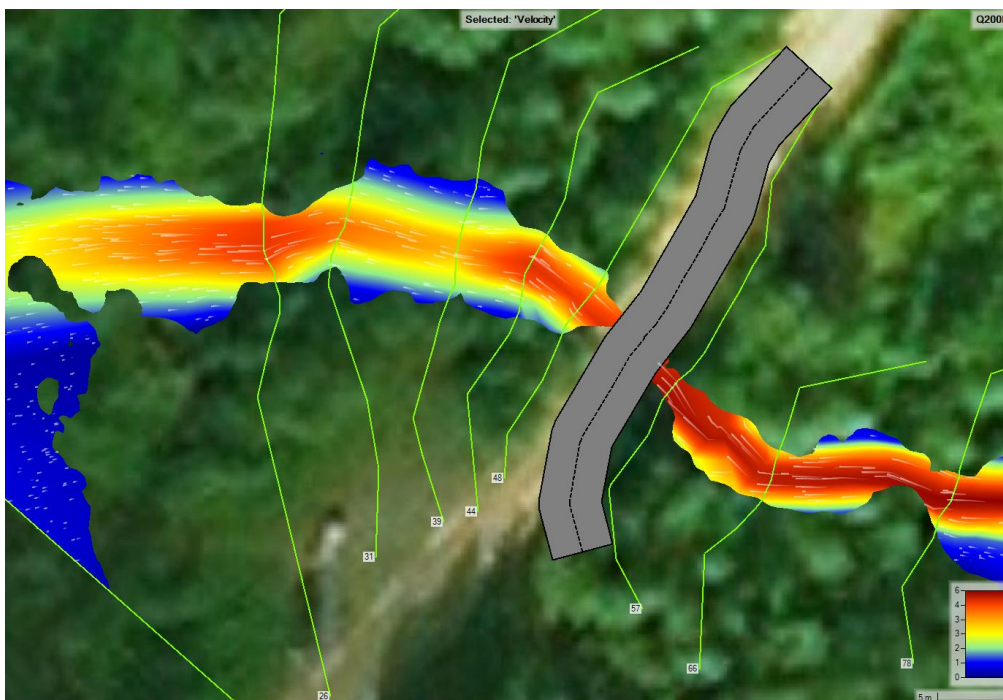


Figur 8-4. Beregnet flomutbredelsen for eksisterende situasjon (mørkeblå polygon) og ny situasjon (lyseblå polygon).

8.3 Erosjonssikring

Beregninger viser at det er store vannhastigheter i Sørabekken, spesielt oppstrøms brua. Vannhastighetene ved 200-årsflom (med klima- og sikkerhetspåslag) oppstrøms brua er beregnet til å være opp mot ca. 6,0 m/s, mens nedstrøms brua er hastigheten beregnet til å være opp mot 4,0 m/s, jf. Figur 8-5 og Tabell 8-1.

Langs bekkeløpet er det i dag registrert steinblokker av størrelse 0,5 til 1,0 m.



Figur 8-5. Beregnede vannhastigheter ved ny situasjon, ved bruløsningen.

Tabell 8-1. Resultater fra HEC-RAS 1D. Vannhastighetene er vist i kolonne Vel Chnl (m/s) (rød firkant).

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: SF_Nysit River: Sorabekken Reach: Sorabekken Profile: Q200kl												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Sorabekken	111	Q200kl	7.90	179.55	180.04	180.27	180.82	0.080008	3.94	2.12	7.26	2.15
Sorabekken	100	Q200kl	7.90	178.68	179.23	179.47	180.07	0.061985	4.14	2.07	5.41	1.95
Sorabekken	92	Q200kl	7.90	178.04	179.14	179.29	179.61	0.030244	3.70	3.85	11.15	1.24
Sorabekken	86	Q200kl	7.90	177.14	177.98	178.25	179.22	0.092507	5.23	2.17	11.72	2.32
Sorabekken	78	Q200kl	7.90	176.33	177.04	177.45	178.45	0.100282	5.30	1.59	4.19	2.46
Sorabekken	66	Q200kl	7.90	175.46	176.17	176.53	177.33	0.066403	4.79	1.73	3.70	2.04
Sorabekken	57	Q200kl	7.90	174.20	174.65	175.08	176.31	0.160015	5.72	1.38	3.32	2.83
Sorabekken	53		Bridge									
Sorabekken	48	Q200kl	7.90	173.81	174.57	174.79	175.26	0.058839	3.68	2.15	5.30	1.85
Sorabekken	44	Q200kl	7.90	173.56	174.22	174.45	174.98	0.068979	3.86	2.07	6.07	2.00
Sorabekken	39	Q200kl	7.90	173.46	174.34	174.41	174.69	0.019796	2.77	3.43	7.97	1.15
Sorabekken	31	Q200kl	7.90	173.27	173.98	174.13	174.49	0.031628	3.18	2.66	6.69	1.42
Sorabekken	26	Q200kl	7.90	172.88	173.33	173.58	174.19	0.089134	4.09	1.93	5.62	2.23
Sorabekken	0	Q200kl	7.90	172.63	173.20	173.04	173.25	0.005118	1.26	11.02	42.80	0.58

Ved bruken av nomogrammet «Size of stone pitching vs. Velocity» og sidehelning på 2:1 (horisontal:vertikal), trengs det steinstørrelser D_{50} på henholdsvis 0,4 m (nedstrøms) og 0,9 m (oppstrøms), jf. delkapittel 10.5.

Det understrekes at dimensjoneringen av steinstørrelsene oppgitt herunder er veiledende. Prosjektering og detaljerte beregninger må gjennomføres i senere detaljplanfaser når bruløsning er valgt.

9. Referanser

- **Blom Geomatics AS, 2015.** LACH0001, Pilot Nasjonal detaljert høydemodell, NordNorge.
https://hoydedata.no/LaserInnsyn/ProsjektRapport?filePath=%5C%5Cstatkart.no%5Choydedata_orig%5Cvol2%5C316%5Cmetadata%5CNDH%20Harstad%202015_Projektrapport.pdf
- **NVE, 2009.** Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein 04/2009.
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2009/veileder2009_04.pdf
- **NVE, 2015.** Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Nr. 7/2015.
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf
- **NVE, 2022.** Veileder for flomberegninger nr. 1/2022.
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf
- **Statens vegvesen, 2018.** *Naturmangfoldnotat. Vurdering av byggetiltak for Sørabekken bru, fv. 10 i Harstad.* Ved Øyvind Haugland, ressursavdelinga, plan- og prosjektering. Dato for notat 16.05.2018.
- **Statens vegvesen, 2022a.** *Håndbok N200 Vegbygging.* Siste oppdatering november 2022. <https://viewers.vegnorm.vegvesen.no/product/859942?filePath=c1f0791d-b65e-4a2f-ad1d-dc31cbef3faa.pdf>
- **Statens vegvesen, 2022b.** *Håndbok N400 Bruprosjektering.* Siste oppdatering januar 2022. https://store.vegnorm.vegvesen.no/n400_2022

10. Vedlegg

10.1 Valg av klima- og sikkerhetsfaktor

Tabell 10-1. Klimafaktor for fylker. Små nedbørfelt (<50 km²). Kilde: SVV, 2022, Tabell 2.3.1-1.

Fylke	F_k	
	Små nedbørfelt	Store nedbørfelt
Oslo og Akershus	1,3	1,3
Buskerud	1,4	1,3
Vest-Agder	1,3	1,2
Aust-Agder	1,3	1,2
Finnmark	1,3	1,2
Hordaland	1,4	1,4
Møre og Romsdal	1,4	1,4
Nord-Trøndelag	1,3	1,3
Nordland	1,4	1,4
Oppland	1,2	1,2
Hedmark	1,4	1,2
Rogaland	1,3	1,3
Sogn og Fjordane	1,4	1,4
Sør-Trøndelag	1,2	1,2
Telemark	1,2	1,2
Troms	1,3	1,3
Østfold	1,4	1,2
Vestfold	1,2	1,2

Tabell 10-2. Sikkerhetsfaktor for håndtering av usikkerhet ved hydrologiske beregninger - F_u . Kilde: SVV, 2022 Tabell 2.3.1-2.

Sikkerhetsklasse	F_u
V1 eller F1	1,0
V2 eller F2	1,1
V3 eller F3	1,2

10.2 Flomberegning

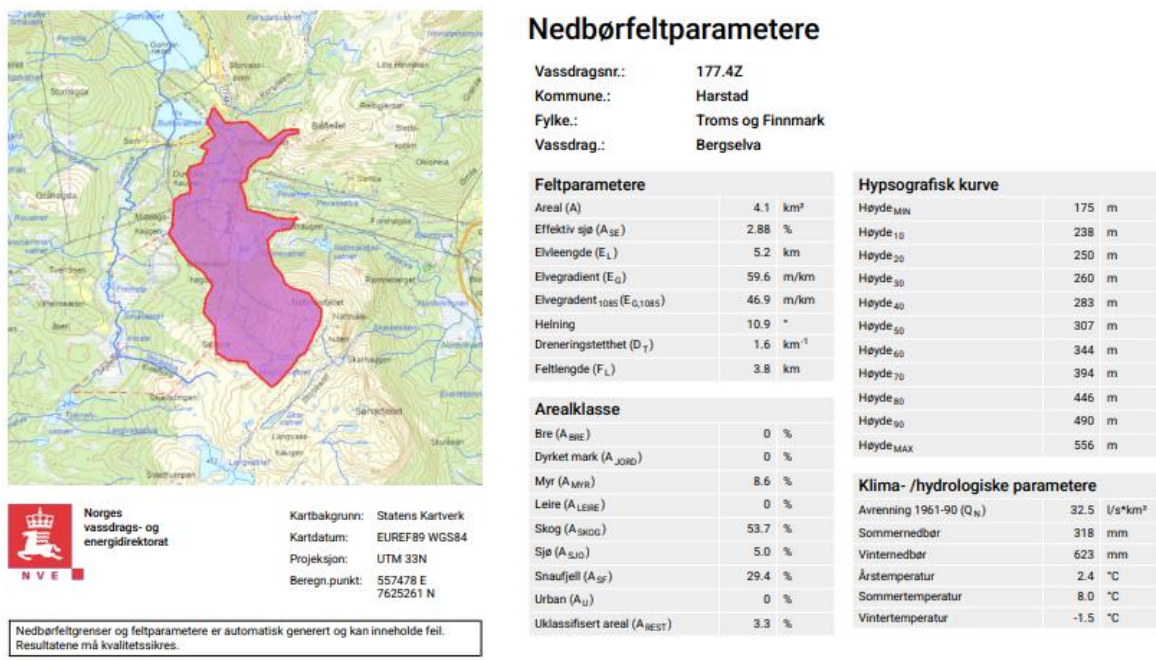
10.2.1 Generelt

Dimensjonerende flom er beregnet både med bruken av formler for små felt, regionale erfaringsdata/målte data og beregninger i PQRUT (nedbør-avløpsmodell). Følgende kapitler går kort gjennom de beregnede flomverdiene ved bruken av de tre metodene. Basert på myndighetskrav settes følgende dimensjonerende flom:

QDIM bru=200-årsflom (Q200) pluss 30 % for klimapåslag og sikkerhetsfaktor.

10.2.2 Nedbørfeltet til Sørabekken bru

Figur 10-1 viser nedbørfeltet til Sørabekken bru, med feltkarakteristikker.



Figur 10-1. Nedbørfeltet til Sørabekken bru med feltkarakteristikker.

10.2.3 Flomberegninger basert på formler for små nedbørfelt

Det er utført beregninger av flomverdier basert på nasjonale formler for små nedbørfelt. Tabell 10-3 viser beregnet flomverdi for utvalgte gjentaksintervall for Sørabekken. I tillegg er øvre og nedre konfidensintervall for flomverdiene beregnet. Resultatene for medianverdier viser en beregnet middelflom på ca. 530 l/s*km² for en 200-årsflom (tilsvarende ca. 6,1 m³/s).

Tabell 10-3. Beregnet kulminasjonsverdier for Sørabekken ved bruk av formler for små felt, uten klima- og sikkerhetsfaktor.

Gjentaksintervall	Flomverdi, spesifikk avrenning (l/s*km ²)		
	År	Lav (2,5 %)	Median
QM (middelflom)	257	530	938
Q5	318	655	1160
Q10	377	776	1374
Q20	441	908	1606
Q50	538	1107	1960
Q100	624	1284	2273
Q200	723	1489	2635

10.2.4 Observerte data – nabofelt, regionale erfaringsdata

Det måles ikke vannføring i Sørabekken. Det er få målestasjoner i området med lite nedbørfelt og god kvalitet på måledataene. Tabell 10-4 er noen utvalgte målestasjoner som er nogen lunde sammenlignbare.

Tabell 10-4. Oversikt over sammenlignbare nabofelt med Sørabekken.

Målestasjon	Måleperiode RFFA/NIFS	Avstand	Areal	Eff.sjø	Qn	QM RFFA/NIFS	Bre	Myr	Skog	sjø	Snaufjell	Urban	Jordbruk	Elvegradient 1085
	Antall år	km	km ²	%	l/s*km ²	l/s*km ²	%	%	%	%	%	%	%	m/km
Sørabekken	-	-	4,1	2,9	32,5	350/ 529		8,6	53,7	5	9,4			46,9
180.1.0 Grønlivatn	24/ 20	125	7,5	1,8	45,5	448/ 447		5,9	25	3,8	58,6			64,3
211.1.0 Langfjordhamn	-/19	265	14,8	3,4	50,8	0/517	22,3	0,3	0	5,3	72			84
150.1.0 Sørørra	54/ 44	349	6,6	0	43,3	404/ 471		16,4	37,4			1	32	11,4
174.11.0 Taraldsvikelva	19/ 17	56	2,8	0	47,2	410/ 392		0,4	15,1	0,4	82,8			239
176.1.0 Myklebostad	13/ 13	35	17,8	4,4	39,7	564/ 592		4,3	24,5	10,7	47,5		1,3	69

Confidential

Basert på en samlet vurdering av de hydrologiske forhold og de tilgjengelige vannføringsdata som fra sammenlignbare stasjoner er det data fra Grønlivatn og Myklebostad som er funnet å være mestrepresentative i forhold til å beskrive flomforholdene i Sørabekken.

10.2.5 Flomberegning basert på PQRUT

PQRUT-modellen krever feltkarakteristikker for å «kalibrere» modellparameterne K1, K2 og T1. I tillegg må det estimeres og legges inn konsentrasjonstid og et nedbørsforløp.

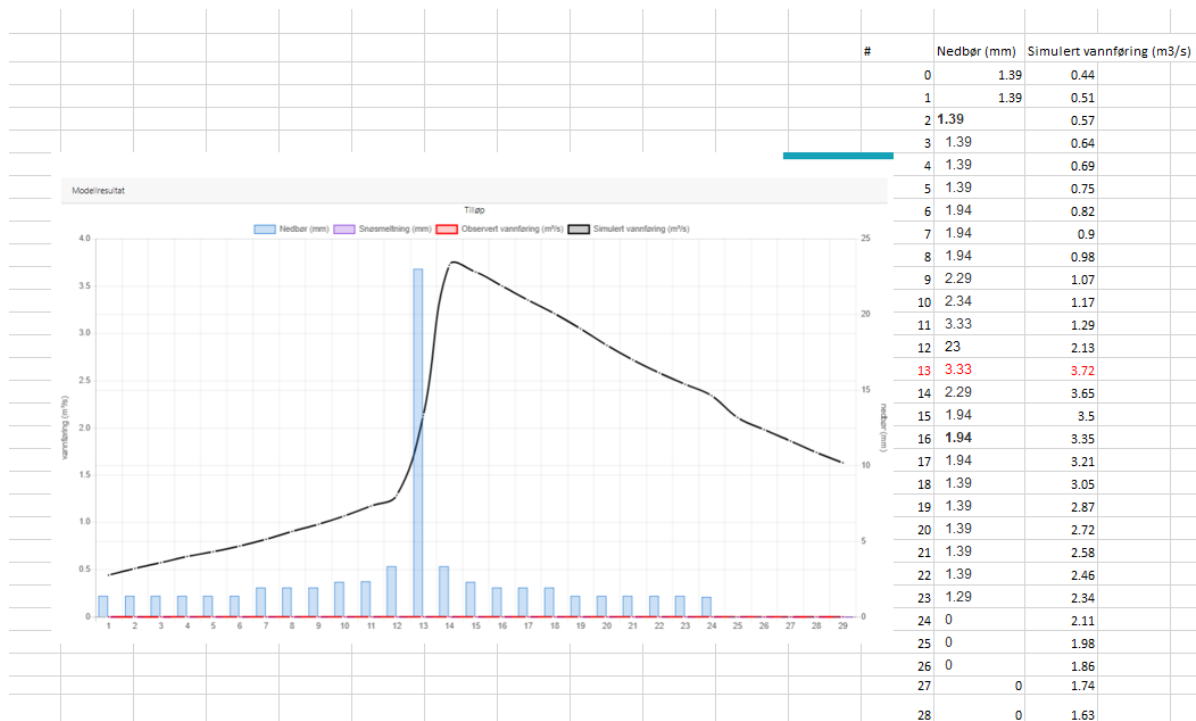
Konsentrasjonstiden ble estimert ved sammenligning av resultat ved bruk av ulike formler for konsentrasjonstid presentert i SVVs Håndbok V240. Konsentrasjonstiden er beregnet til ca. 1,6 timer. PQRUT ble derfor beregnet med både 1 og 2 timers konsentrasjonstid.

Nedbørforløpet ble konstruert basert på medianverdi for nedbørmengde (mm) med 200- årsflom for Troms (region 7) med en varighet på 1 timer (23 mm) og 2 timers varighet (26,15 mm), jf. Tabell 10-5. Verdi for total døgnnedbør med 200 års gjentaksintervall er 64,8 mm, jf. Tabell 10-5.

Tabell 10-5. Medianverdi for nedbørmengde (mm) med 200-års returperiode for de syv regionene. Varigheter 1 minutt - 1 døgn (NVE, 2015).

Varighet Minutter	Region						
	1	2	3	4	5	6	7
1	3,6	3,3	2,7	3,8	3	2,8	2,7
2	6,4	5,7	4,25	6,5	5,2	3,8	4,8
3	8,8	8,15	5,65	8,4	6,9	5,5	5,9
5	12,8	11,75	7,3	12,7	9,2	7,7	8,5
10	19	17,15	9,15	19,4	12	10,9	12,9
15	22,8	19,7	10,5	23,7	14,4	12,7	15,05
20	26,7	22	11,95	27,2	16,8	13,6	16,45
30	30,8	24,1	14,8	30,9	20,8	14,8	18,6
45	36,6	25,8	19,2	34,9	24,1	17,1	19,5
60	40,8	28,15	19,55	38,1	29,4	19,7	23
90	44,2	29,55	21,55	40,6	38,8	22,8	25,15
120	46,5	32,85	25,8	44,8	43,3	23,5	26,15
180	54,6	35,1	28,55	50,4	51	25,8	29,5
360	60	41,45	40	63,1	69,8	38,9	38,35
720	71,7	59,4	52,95	83,8	97,6	58,8	52,45
1440	82,1	78,2	54,45	109,7	127,9	91,6	64,8

Det konstruerte nedbørforløpet ble lagt inn sammen med resten av inputverdiene i den nettbaserte versjonen av PQRUT. Nedbørforløpet er vist sammen med beregnede kulminerende 200-årsflom ved utløpet av Sørabekken bru. Maksimalverdi for kulminerende 200-årsflom ble beregnet til hhv. ca. 3,7 og 3,6 m³/s eller hhv. 907 og 868 l/s*km² for 1 time og 2 timers nedbørvarighet. Figur 10-2 viser beregnet 200-årsflom med en nedbørvarighet i 1 time. 1 timers nedbørvarighet er brukt videre i vurderingen av vannføringen, da det velges mest konservative verdi.



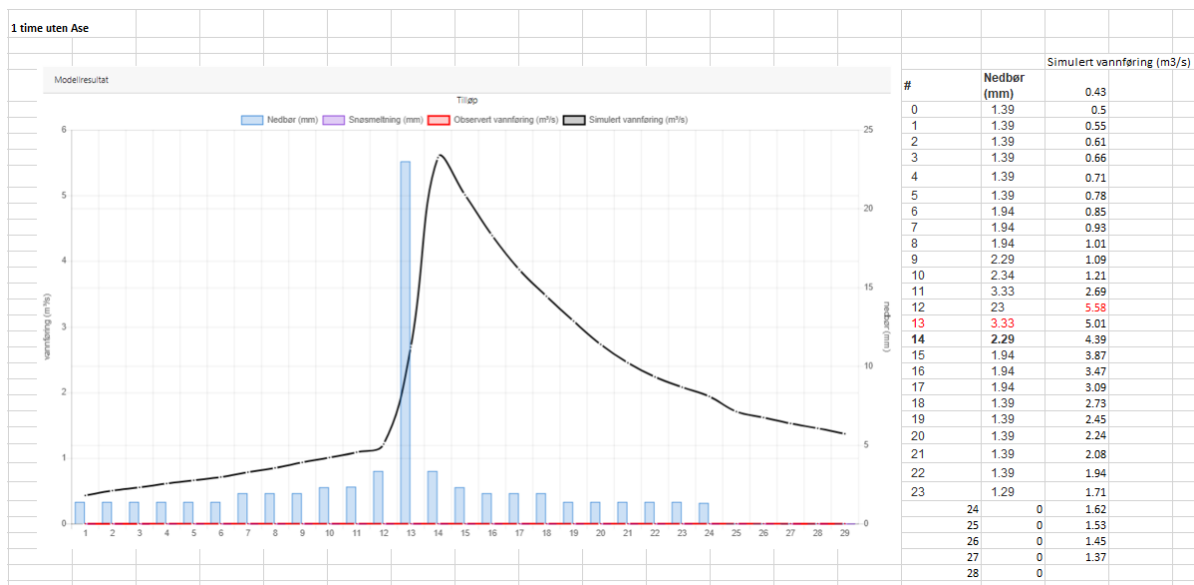
Figur 10-2. PQRUT, nedbør-avløp beregning: Konstruert nedbørforløp og beregnet 200-årsflom, uten klima og sikkerhetsfaktor, for en timers nedbørvarighet.

Verdien K1 er justert opp, da feltet består av opp mot 40 % snaufjell, myr og ferskvann, økes K1 med 0,05. I tillegg er K2 justert da K1 er lavere enn 0,15. $K2=0,5 * K1$. Parametere brukt i PQRUT er vist i Figur 10-3.

Feltparametre					
Areal (km ²)	A	Effektiv sjøprosent (%)	A _{SE}		
4.11		2.89			
Hypsografisk kurve (m)	H ₇₅	Hypsografisk kurve (m)	H ₂₅	Høydeforskjell	
420.5		255		H ₇₅ - H ₂₅ = 165.50 m	
Middelfarening (l/s/km ²)	Q ₅₀	Feltaksens lengde (km)	F _L	Relief forhold	
32		3.81		H ₅₀ / L _F = 43.44 m/km	
Dreneringstetthet (km ⁻¹)	D ₁	Årlig nedbør (mm/år)	P	Skogprosent (%)	A _{SKOG}
1.57		941		54	
Beregne modellparametre					
Øvre tømmekonstant (1/time)	K1	Nedre tømmekonstant (1/time)	K2	Terselevendi (mm)	T
0.1122		0.0234		16.3038	1983
0.1272		0.0636		30.3079	2016
Tilleggsparametre					
Konsentrasjonstid (bidskritt)	T _c	Perkolasjon (mm/time)	Perc	Tømming nedre (mm/time)	k1z
1		0.0025		0.00042	
Feltkapasitet (mm)	F _c	Innsjøprosent (%)	A _s	Fordampning (mm/dagn)	E _p
150		5		2	
Starttilstander					
Markfuktighet (%)	S _m	Q _{base} (m ³ /s)			
100		0.40			

Figur 10-3. Inputparametre brukt i PQRUT.

Variasjonsområdet til feltparameteren effektiv sjøprosent, A_{se}, ligger mellom 0-7,7 %. Sørabekken har en effektiv sjøprosent (2,88 %) som er høy. PQRUT ble derfor kjørt uten A_{se}, for å sjekke hvor stor påvirkning effektiv sjøprosent har på beregningene. Q200 uten A_{se} er beregnet til ca. 5,6 m³/s eller 1360 l/s*km², jf. Figur 10-4.



Figur 10-4. PQRUT, nedbør-avløp beregning: Konstruert nedbørforløp og beregnet 200-årsflom uten effektiv sjøprosent for Sørabekken, uten klima og sikkerhetsfaktor.

10.2.6 Vurdering og valg av dimensjonerende 100-årshendelse

Flomberegningene som er gjort for Sørabekken er basert på flere metoder der alle er omtalt i «Veileder for flomberegninger» (NVE 1/2022). Nedbørfeltet består av ca. 53,7 % skog, ca. 29,4 % snaufjell og 8,6 % myr. Den høye andelen av snaufjell medfører rask avrenning, samtidig vil høy effektiv sjøprosent gi noe selvreguleringsevne/dempning og dermed lavere flomtopp. Formelverket viser en spesifikk middelflom som ligger i konfidensintervallet 257-938 l/s*km², med en medianverdi på ca. 530 l/s*km². For nabofeltene ligger den observerte spesifikke middelflom mellom 400-590 l/s*km². Verdien ligger innenfor intervallet beregnet med formler for små nedbørfelt. PQRUT med effektiv sjøprosent gir en spesifikk 200-årsverdi som er lavere enn medianverdien (907 mot 1490 l/s*km²) for formler for små nedbørfelt, men fortsatt innenfor intervallet til formelverk (med effektiv sjø ligger PQRUT noe under medianverdien). Tabell 9-8 oppsummerer beregnede kulminasjonsverdier for middelflom (QM) og 200-årsflom (Q200) med de ulike beregningsmetodene. Tabellen viser at flommene, beregnet med observerte data fra regionale målestasjoner og resultat fra PQRUT, indikerer at flommene i Sørabekken bør ligge nær median i forhold til formelverk.

Tabell 10-6. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom (QM) og 200-årsflom (Q200) for Sørabekken.

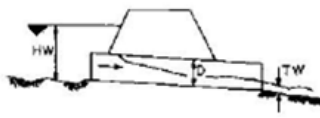
	Formelverk	Basert på nabofelt	PQRUT m/effektiv sjø	PQRUT uten effektiv sjø
	l/s*km ²	l/s*km ²	l/s*km ²	l/s*km ²
QM (middelflom)	257-938, 530 (median)	400-590	-	-
Q200	723-2635, 1489 (median)	1090-1260	907	1360

Basert på ovenstående, samt på en samlet vurdering av hydrologiske forhold og tilgjengelige vannføringsdata, er det data fra nabostasjoner og PQRUT som er mest representative i forhold til å beskrive flomforholdene i Sørabekken. Valgt dimensjonerende vannmengde etter tiltak for 200-årsflom med klimapåslag (1,3) er satt til 7,9 m³/s vannføring. Tabell 9-9 sammenstiller beregnede flomverdier for ulike gjentaksintervall for Sørabekken.

Tabell 10-7. . Beregnede flomverdier for Sørabekken ved ulike gjentaksintervall, verdier med og uten klima- og sikkerhetsfaktor

Sted	Areal	Qn	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q100kl	Q200kl
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Sørabekken	4,1	0.1	2.2	2.7	3.2	3.7	4.5	5.3	6.1	6.9	7.9

10.3 Dimensjonering av bru



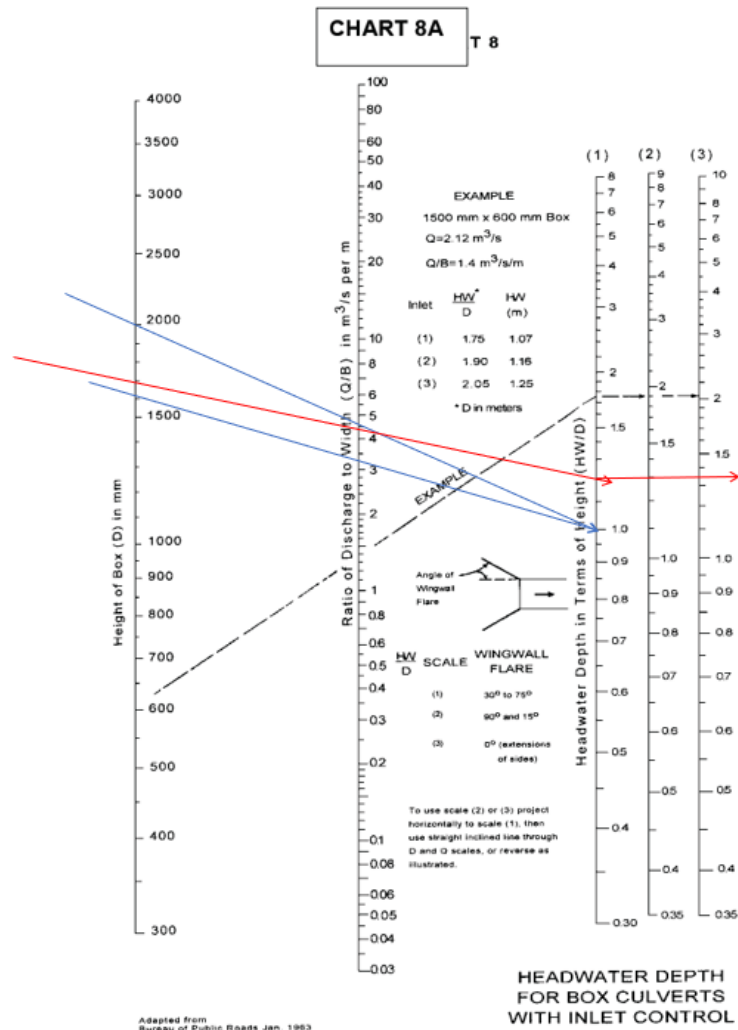
Bokskulvert: 3x1.6		
Høyde	1.6	m
Q kap	7.94	m ³ /s
Q/B	3.20	fra fig
B	2.48	m
A	4.0	m ²

NB Dette er uten "fribord"

Bokskulvert: 2.5 x 3		
Høyde	2	m
Q kap	7.94	m ³ /s
Q/B	4.80	fra fig
B	1.76	m
A	3.5	m ²

NB Dette er uten "fribord"

Eksisterende kapasitet
 H= 1.7
 Q/B= 4.3
 B= 2.5
 Q= 10.8



Figur 10-5. Beregning av dagens kapasitet (rødt) og nødvendig brustørrelse for kryssing av Sørabekken ved en 200-årsflom inkl. klimapåslag (30 %).

10.4 Ruhet, grensebetingelser og kalibreringsdata benyttet i HEC-RAS

10.4.1 Ruhet

Både i og utenfor bekkeløpet er ruheten fastsatt basert på observasjoner fra befaring og erfaringsbaserte verdier. På befaring ble det observert mye vegetasjon og skog langs Sørabekken. Med bakgrunn i dette er det valgt å bruke ulike Mannings-koeffisienter langs bekkeløpet og langs breddene på bekken.

Tabell 10-8. Anvendte ruheter for Sørabekken basert på befaring og erfaringsverdier, både for eksisterende og ny situasjon.

Edit Manning's n or k Values

River: Anneelv Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: Anneelv All Regions

Selected Area Edit Options: Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	441	n	0.06	0.035	0.06
2	361	n	0.05	0.035	0.06
3	292	n	0.05	0.035	0.06
4	258	n	0.05	0.035	0.06
5	220	n	0.05	0.035	0.06
6	202	n	0.05	0.035	0.05
7	179	n	0.055	0.035	0.06
8	160	n	0.055	0.035	0.06
9	151	n	0.06	0.035	0.06
10	139	n	0.06	0.035	0.06
11	133	n	0.055	0.035	0.06
12	121	n	0.055	0.035	0.06
13	114	n	0.055	0.035	0.06
14	106	n	0.055	0.06	0.06
15	96	n	0.05	0.035	0.05
16	91	n	0.05	0.035	0.05
17	81	Bridge			
18	72	n	0.05	0.035	0.05
19	68	n	0.05	0.035	0.05
20	65	n	0.05	0.035	0.05
21	58	n	0.05	0.035	0.05
22	50	n	0.05	0.035	0.05
23	35	n	0.055	0.035	0.05
24	25	n	0.05	0.035	0.06
25	6	n	0.06	0.035	0.06
26	0	n	0.05	0.035	0.06

10.4.2 Øvre og nedre grensebetingelser

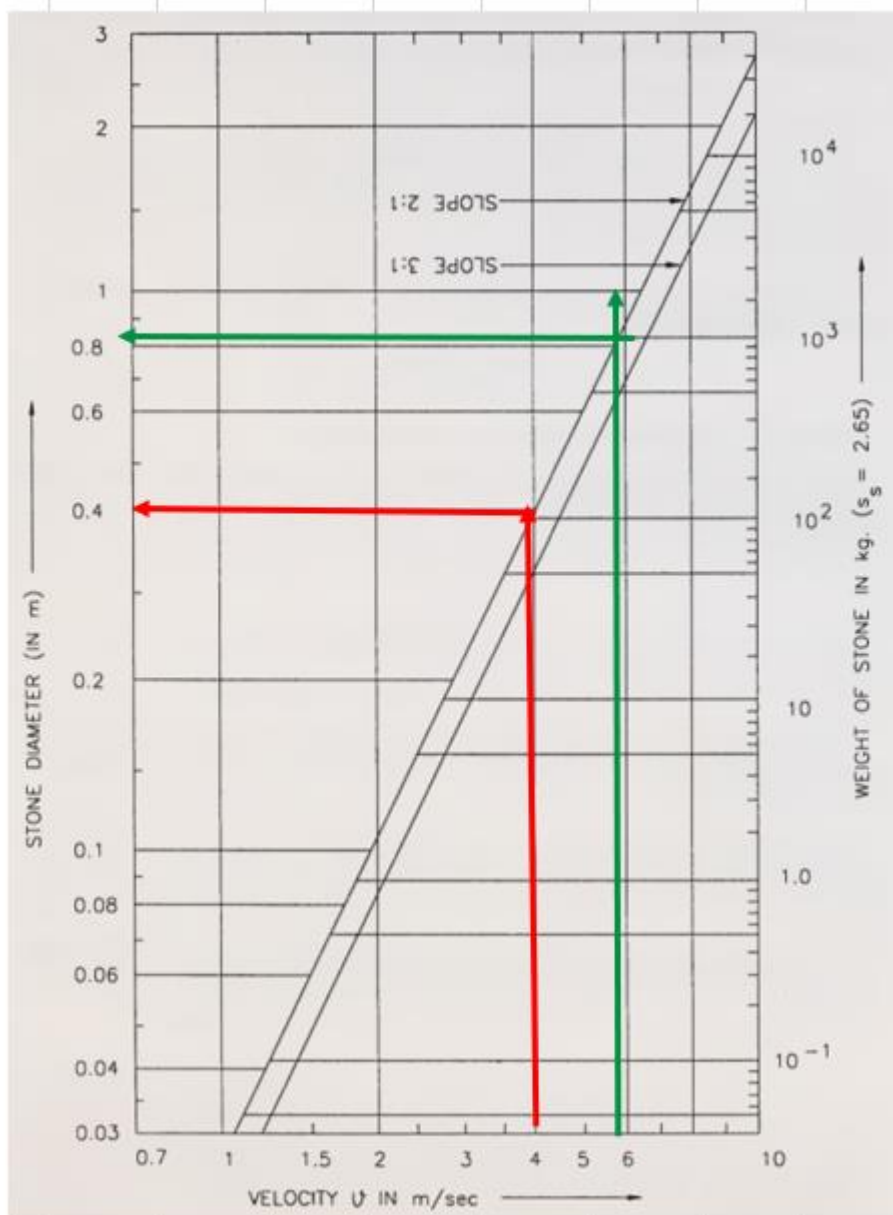
- Øvre grensebetingelse er satt til 0,08 helning, basert på gjennomsnittlig fall oppstrøms bekkemodellen.

- Nedstrøms betingelse er satt lik vannstanden i Buttelvatnet, dvs. kote +173,2 m, basert på Norgeskart/FKB.

10.4.3 Kalibreringsdata

Det foreligger ingen kalibreringsdata, og kalibrering av modellen har dermed ikke blitt utført. Dette må hensyntas under vurdering av usikkerheter i beregningene.

10.5 Grov dimensjonering av steinstørrelse D_{50} - erosjonssikring



Figur 10-6. Dimensjonerende steinstørrelser D_{50} langs bekkeløpet nedstrøms brua (rød linje) og oppstrøms brua, basert på vannhastighet hhv. 4,0 og 6,0 m/s og sidehelning på 2:1 (horizontal:vertikal).