

RAPPORT

Mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo

FASE 3: VURDERING AV DE MEST RELEVANTE
LØSNINGENE

DOK.NR. 20210082-03-R
REV.NR. 1 / 2022-09-12

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo
Dokumenttittel: Fase 3: Vurdering av de mest relevante løsningene
Dokumentnr.: 20210082-03-R
Dato: 2022-06-24
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2022-09-12

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE
Kontaktperson: Kristin Hasle Haslestad
Kontraktsreferanse:

for NGI

Prosjektleder: Anders Solheim
Utarbeidet av: Anders Solheim, Christian Almestad (DHI), Øyvind Høydal,
Ingar Haug Steinholt, Nils Roar Sælthun, Jon Museth,
Nina Kjølse Jernæs, Hans Olav Egge
Kontrollert av: Kjersti Gleditsch Gisnås

Sammendrag

NGI med underleverandører (DHI, NIKU, NINA, Hydrolog Nils Roar Sælthun AS, HydraTeam AS, Feste Kapp AS) har fått i oppdrag av NVE å utføre en mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo sentrum mot flomskred og flomhendelser i elvene Otta, Finna og Nugga. Endelig mottaker av mulighetsstudien er imidlertid Vågå kommune og allmennheten for øvrig. Oppdraget utføres i tre faser, der Fase 1 la kunnskapsgrunnlaget ved å beskrive nå-situasjonen. I Fase 2 ble et bredt spekter av mulige sikringsløsninger beskrevet og vurdert. Denne rapporten er leveransen i Fase 3 av prosjektet, der de mest hensiktsmessige og relevante tiltakene detaljeres ytterligere og anbefalinger av hva en bør gå videre med gis. For at rapporten skal kunne brukes frittstående, er en del fra rapporten i Fase 2 gjentatt. Det anbefales likevel å benytte begge rapportene, Fase 2 og Fase 3, sammen. Særlig når det gjelder vurderinger av natur- og kulturverdier for de enkelte tiltakene, vil dette være beskrevet mer utfyllende i Fase 2 rapporten.

Naturfarene som er vurdert er flom i Finna, Nugga og Otta, samt flomskred i Nugga. Studien viser at en full sikring av Vågåmo mot flom og flomskred er mulig ved å gjennomføre følgende tiltak:

Finna:

- Sedimentasjonsbassenger / terskler mellom utløpet av Finngjelet og Statnetts trafostasjon, i kombinasjon med enten
- En flomtunnel fra like oppstrøms Statnetts trafostasjon til rett vest av småbåthavna i Vågåvatnet, eller
- Hevede og forsterkede flomverk langs elva gjennom Vågåmo, samt heving av Finna bru.

Nugga:

- Etablering av tre fangnett for flomskred og drivgods oppstrøms Øygardvegen.
- Utbedring / heving av flomverk langs elva fra Øygardvegen til nedstrøms industrivegen, og økning av kapasitet under bruer.
- En lav voll i kanten av jordet øst for industrifeltet

Otta:

- Sikring av Vågåmo vannverk ved enten flomvoll langs Ottavatnet (nedenfor), eller separate tiltak for kritisk del av vannverksbygget i kombinasjon med nivåheving av sårbare installasjoner i tre brønnhus.
- Regulert masseuttak ved og nedstrøms utløpene av Finna og Nugga samt i utløpet til Finna.
- Etablering av en flomvoll og pumpeverk langs Vågåvatnet mellom Ottadalsvegen og Nedre Nordheradsveg.
- Etablering av flomvoll ved Kræmar-Sandbu og Krokom / Krokjordet. (Beskrivelse og vurdering av dette tiltaket er ikke med i rapportene til Fase 1 og Fase 2, men er kommet til først i denne rapporten).

Finna utgjør det største problemet i Vågåmo, og det er liten tvil om at flomtunnel kombinert med sedimentasjonsbassenger vil gi størst sikkerhet. I tillegg gir dette bedre mulighet for å utvikle elvemiljøet gjennom sentrum, ved at en unngår de største flommene. Effekten en flomtunnel vil ha for samtidig flom i Otta er modellert og funnet å være liten, maks 0,3 m økt vannstand ved Sundbrui ved en 1000 års flom med klimapåslag. Forhøyning av dagens flomverk vil også gi god sikkerhet, men gir liten mulighet for miljø-forbedrende tiltak langs kanalen. Forhøyede flomverk er også det tiltaket som gir mest negativ effekt for Vågåmos kulturmiljø, og det vil være viktig å tilpasse utformingen lokalt. Begge disse tiltakene må kombineres med etablering av terskler / sedimentasjonsbassenger nedstrøms Sælatunga. Begge tiltakene, hhv. tunnel og utbedrede flomverk, i kombinasjon med sedimentasjonsbassenger, gir gode og sammenlignbare nytte / kost forhold. Sedimentbassengene stopper ikke alle sedimenter, Finere fraksjoner i suspensjon og som lett medrives, vil transporteres mot Finnas utløp i Otta og avsettes her. Begge tiltakene medfører ulemper for Vågåmo og innbyggerne i anleggsfasen. De betydeligste ulempene er trolig knyttet til utbedring av flomverkene, de vi antar at store deler av disse må graves opp og skiftes ut.

For Nugga består tiltakene av utbedring og forhøyning av flomverk i kombinasjon av fordypning og breddeutvidelser av kanalen. I tillegg må bruene utbedres for å ha større kapasitet. Oppstrøms Øygardsvegen anbefales etablering av fangnett for flomskred og drivgods. Tre nett ansees å håndtere flomskredfarene tilstrekkelig. I tillegg anbefales sikring til F3 nivå i den øverste delen nedenfor Øygardsvegen, der flom fra Nugga kan erodere og utvikle seg til flomskred mot bebyggelsen nedenfor. Samlet sett kommer tiltakene i Nugga ut med et godt nytte / kost forhold.

Av tiltakene i Otta, er det gjort nytte / kost analyse av en flomvoll langs Vågåvatnet, som gir lavt nytte / kost forhold ut fra de forutsetningene prosjektet har for å vurdere dette. Tilsvarende gjelder for flomvoll ved Kræmar-Sandbu og Krokrom/Krokjordet. Grunnforhold og evt. behov for pumpestasjoner gir usikkerhet i begge tilfellene.

Det er betydelig usikkerhet i kostnadsanslagene. Mye av dette skyldes manglende detalj-informasjon om grunnforhold. Dette gjelder både løsmasseoverdekning og berg for flomtunnelen. Den største usikkerheten ligger likevel trolig i tilstanden til de eksisterende flomverkene, både langs Finna og Nugga, og eventuelt behov for å grave opp hele eller deler av dette for å kunne forsterke de i tilstrekkelig grad. Arbeidet med flomverkene vil medføre betydelig anleggsarbeid gjennom sentrum. Betydelig usikkerhet ligger også i håndtering av masser, særlig fra flomtunnelen. En stor andel av utsprengte tunnelmasser vil kunne benyttes til oppfylling av området 'Brustugujordet' som er regulert til boliger og næringsvirksomhet. Tunnelmasser kan også benyttes i flomvollene langs Vågåvatnet og ved Kræmar-Sandbu. Vi har ikke oversikt over mulig anvendelse for øvrige masser. Nærmeste etablerte deponi er i Lalm, ca. 20 km unna tunnelutløpet, men vi har ikke informasjon om kapasitet eller priser i deponiet. Den store prisstigningen vi ser i inneværende år når det gjelder byggekostnader, er en tilleggs-usikkerhet.

Til tross for høyere kostnad, er vår anbefaling for tiltak i Finna å gå videre med flom-tunnel (TF3) i kombinasjon med sedimentasjonsbassenger (TF4). Dette begrunnes med lavere usikkerhet, mindre ulemper for Vågåmo sentrum, mindre negativ påvirkning av kulturmiljøet, bedre for naturmiljøet og bedre mulighet for utvikling av sentrumsmiljøet langs elva. Det samlede nytt / kost forholdet for de to tiltakene (TF3+TF4) er godt og ikke vesentlig lavere enn det alternative tiltaket, (TF4+TF6, sedimentasjonsbassenger i kombinasjon med utbedrede flomverk). For Nugga bør alle de foreslåtte tiltakene gjennomføres. For Otta / Vågåvatnet bør høyeste prioritet være å sikre vannverksinstallasjonene. Masseuttak i elva bør vurderes nærmere i samråd med økologisk ekspertise og reguleres. Med mindre situasjonen endrer seg drastisk, f.eks. ved en storflom før annen sikring er gjennomført, er dette ikke et tiltak som haster.

Innhold

1	Innledning	13
2	Tiltak TF3: Flomtunnel Finna – Vågåvatn	15
2.1	Inntaksløsning	15
2.2	Mulige inntakslokaliteter	17
2.3	Utløpsløsning	31
2.4	Tunnel og tunnelmasser	39
2.5	Revidert kostnadsestimat	42
3	Tiltak TF4: Sedimentasjonsbasseng mellom Sælatunga og eksisterende terskler	44
3.1	Revidert kostnadsestimat	47
4	Tiltak TF6: Utbedring av eksisterende flomverk langs Finna gjennom Vågåmo sentrum	49
4.1	Heving av flomverk – anbefalt sikringshøyde	53
4.2	Finna bru	63
4.3	Revidert kostnadsestimat	63
5	Tiltak TN1: Fangnett for sedimenter og drivgods i Nugga	64
6	Tiltak TN2, 3 og 4: Utbedring av eksisterende flomverk langs Nugga	66
6.1	TN2: Utbedre flomverk på vestsiden av Nugga fra Øygardsvegen til Haugøy	66
6.2	TN3: Utbedre flomverk nedstrøms Haugøy til Nugga trafostasjon	71
6.3	TN4: Utbedre flomverk langs øst- og vestsiden av Nugga, Nugga trafostasjon til Industrivegen.	75
7	Tiltak TN5: Utbedre bruer over Nugga i Vågåvegen og Industrivegen	80
7.1	Oppsummering og revidert kostnadsestimat Nugga	84
8	Tiltak TO1: Masseuttak i Otta nedstrøms utløpet til Finna og Nugga	86
9	Tiltak TO2 og TO4: Sikring av Vågåmo Vannverk, flomverk langs Vågåvatn og bebyggelse ved Kræmar-Sandbu og Krokjorget	89
9.1	TO2a: Sikring av Vågåmo vannverk	89
9.2	TO2b: Flomverk langs Vågåvatn	91
9.3	TO4: Sikring av bebyggelse ved Kræmar-Sandbu og Krokjorget	93
9.4	Revidert kostnadsestimat	95
10	Nytte – Kost analyser	95
11	Oppsummering og anbefaling	98
12	Referanser	100

Tabell

Tabell 1-1 Tiltak vurdert som aktuelle og behandlet i denne rapporten. I nytte/kost analysene er tiltak TF4 kombinert med hhv. TF3 og TF6.	14
Tabell 2-1: Inntak Sælatunga uten og med nedstrøms sedimentbasseng. Vannføring i sideoverløp ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag med ulike terskelnivå og overløpskoeffisienter, C. Kun de mest relevante simuleringene er vist.	18
Tabell 2-2 Inntak trafostasjonen. Vannføring i sideoverløp ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag med ulike terskelnivå og overløpskoeffisienter. Kun de mest relevante simuleringene er vist.	26

Tabell 2-3: Dimensjoner for energidreperbasseng ved vannføring på 245 m ³ /s i utløpskanalen og ulike vannstander i Vågåvatn. Se Figur 2-22 for forklaring av parametre.	37
Tabell 2-4: Kostnadsestimat for flomtunnel med de to alternative lokaliseringene av innløpet. Alle kostnader er tatt fra NVE (2016a) og (2016b), indeksregulert til 1. januar 2022 ved hjelp av NVE (2022a)	42
Tabell 3-1: Kostnadsestimat for tre sedimentasjonsdammer. (Revidert fra NGI, 2022b)	48
Tabell 4-1: Høyder, lengder og antatte kostnader ved å forhøye flomverkene langs Finna gjennom Vågåmo.	63
Tabell 6-1: 1000-årsflom med klimapåslag (F2) langs Nugga. Vannstander (H) og energinivå (E.nivå) med og uten tiltak, samt anbefalt sikringsnivå (S.nivå) for flomverk. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-1	69
Tabell 6-2: 200-årsflom med klimapåslag (F2) langs Nugga. Vannstander (H) og energinivå (E.nivå) med og uten tiltak, samt anbefalt sikringsnivå (S.nivå) for flomverk. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-5.	72
Tabell 6-3: 200-årsflom med klimapåslag (F2) langs Nugga. Vannstander (H) og energinivå (E.nivå) med og uten tiltak, samt anbefalt sikringsnivå (S.nivå) for flomverk. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-12	77
Tabell 6-4: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander (H), energinivå (E.nivå) og sikringsnivå (S.nivå) for tre ulike utforminger av kanalen mellom Nugga trafostasjon og Vågåvegen. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-12	77
Tabell 7-1: Karakteristikk av bruer over Nugga	81
Tabell 7-2: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander (H) og energinivå (E) for bruer med ulik bredde og høyde ved Vågåvegen	82
Tabell 7-3: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander og energinivå for bruer med ulik bredde og høyde kjørebri ved Industrivegen	82
Tabell 7-4: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander og energinivå for bruer med ulik bredde og høyde gangbri ved Industrivegen	82
Tabell 7-5: Samlet kostnadsoverslag for tiltak i Nugga (avrundete summer)	85
Tabell 9-1: Kostnadsoverslag for flomvoll mot Vågåvatn, sikring av vannverket og flomvoll ved Kræmar-Sandbu	95
Tabell 10-1: Oppsummering av foreslåtte tiltak med reviderte nytte/kost forhold.	97

Figur

Figur 1-1: Kart over undersøkelsesområdet. Grønhølen i Otta er den østlige begrensningen til den hydrauliske modellen som ligger til grunn for flomberegningene.	13
Figur 1-2: Oversikt over sikringsnivå flomverk og bygningers sikkerhetsklasse langs vassdragene.	14

- Figur 2-1 Foto av Finna, tatt mot sør fra veien oppstrøms trafostasjonen. Dette er nedre del av foreslått inntaksområde. Skredkanten øverst til høyre i bildet viser betydelig løsmassemekthet. Vannføring 40 m³/s. (Foto Sander Sælthun, 24.05.2022) 15
- Figur 2-2 De to aktuelle lokalitetene for inntakskonstruksjon til en flomtunnel, ved Sælatunga (1) og i svingen oppstrøms trafostasjonen (2). 17
- Figur 2-3: Sideoverløpet nivå 406 moh. og nedstrøms sedimentbasseng nivå 405 moh. Vannstander ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp og sedimentbasseng vist med sort linje. 19
- Figur 2-4: Sideoverløpet nivå 406 moh. uten nedstrøms sedimentbasseng. Vannstander ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje. 20
- Figur 2-5: Sideoverløpet nivå 406 moh. og nedstrøms sedimentbasseng nivå 405 moh. Enhetsvannføring ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp og sedimentbasseng vist med sort linje. 20
- Figur 2-6: Sideoverløpet nivå 406 moh. uten nedstrøms sedimentbasseng. Enhetsvannføring ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje. 21
- Figur 2-7: Sideoverløpet nivå 406 moh. og nedstrøms sedimentbasseng nivå 405 moh. Vannhastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp og sedimentbasseng vist med sort linje. 21
- Figur 2-8: Sideoverløpet nivå 406 moh. uten nedstrøms sedimentbasseng. Vannhastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje. 22
- Figur 2-9 Inntaksløsning for flomtunnelen ved Sælatunga. 23
- Figur 2-10 Utløpet av Finngjelet ved Sælatunga. Et eventuelt inntak her ville komme i venstre del av bildet 23
- Figur 2-11 Prinsippskisse for tunnelinntak ved trafostasjonen. Den røde linja markerer sideoverløpet. Sorte linjer viser utgravd kanal og plassering av tunnelinnløpet. 25
- Figur 2-12 Illustrasjon av østre del av sideoverløpet sett fra elvebredd på nordsida. Det skraverte feltet i bakkant av dam og bru antyder det området som må renses og hvor fjell blottes og skjæres inn for kanal til tunnelinnløp. Ved godt fjell kan fjelloverdekning trekkes nærmere kanalen, og den berørte delen av fjellsida blir da mindre og lavere. Mengder masse uttatt er basert på at fjell må fjernes helt inn til tunnelinnløpet. 25
- Figur 2-13: Sideoverløp med nivå 396 moh og overløpskoeffisient 2,0. Vannstand ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje. 27
- Figur 2-14: Sideoverløp med nivå 396 moh og overløpskoeffisient 2,0. Enhetsvannføring ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje. 28
- Figur 2-15: Vannføring i Finna sammenliknet med kulminert middelflom og terskelverdi for vannføring i Finna som fører til at flomtunnelen er i drift 29
- Figur 2-16 Ca. lokalisering og omriss av utløpsløsning vest for småbåthavna i Vågåvatnet. 33
- Figur 2-17: Utløpsområdet sett fra moloen ved småbåthavna (Foto: Sander Sælthun) 33
- Figur 2-18 Skisse (basert på foto i Figur 2-17) av utløpsløsningen sett fra moloen ved småbåthavna. Selve tunnelåpningen vil ligge lavere enn veien. Skogen må fjernes ved anlegget og 3-4 m skjæringshøyde vil bli synlig. 34
- Figur 2-19 Utløpsområdet sett fra RV 15. Den hvite hytta midt på bildet er på småbåthavna. (Bilde hentet fra Streetview, Google maps). 34
- Figur 2-20: Lengdeprofil flomtunnel med inntak ved trafostasjonen, vannføring 245 m³/s og vannstand i Vågåvatnet på 363.3 moh. Blått volum viser vannstand (venstre y-

akse), rød kuver viser energinivå (venstre y-akse), grønn kurve vannhastighet (høyre y-akse) og oransje kurve Froude-tall (høyre y-akse)	36
Figur 2-21: Lengdeprofil flomtunnel med inntak ved trafostasjonen, vannføring 245 m ³ /s og vannstand i Vågåvatnet på 366.4 moh. Blått volum viser vannstand (venstre y-akse), rød kuver viser energinivå (venstre y-akse), grønn kurve vannhastighet (høyre y-akse) og oransje kurve Froude-tall (høyre y-akse)	36
Figur 2-22: Energidreperbasseng, lengdeprofil og plan (NVE, 2009)	38
Figur 2-23 Utsnitt fra berggrunnskart i 1:250 000. Rød strek markerer ca. tunnel traséen. Brun farge markerer grønnstein, fiolett er serpentinit/konglomerat og blå er fyllitt/leirskifer. Blå prikker viser plassering av grunnvannsbrønner (kart fra www.ngu.no).	40
Figur 3-1 : Plassering av fire terskler for å etablere sedimentasjonsbassenger. Profilet viser dagens tverrsnitt over elva (grønn strek) langs toppen av foreslått terskel 1 (blå strek). Strekningen med eksisterende terskler, som diskuteres i Fase 2 rapporten (NGI, 2022b) er også vist (rød skravur).	46
Figur 3-2 Prinsippskisse for sedimentterskel. Den oppstikkende steinen i plastringen nedstrøms indikerer energidreping.	47
Figur 3-3 Illustrasjon av et snitt gjennom en av tersklene sett fra avstand. Helning oppstrøms skal ikke være brattere enn 1:2, nedstrøms kan den være slakere eller brattere og denne helningen sees sammen med bunnplastringen nedstrøm.	47
Figur 4-1 Forblindet betongmur, fra Sikringshåndboka (NVE, 2020a). Figuren er egentlig en løsning tenkt mot en innsjø, men prinsippet kan brukes om en skifter ut stedlig masse på vannsiden med steinmateriale som tåler dimensjonerende hastigheter.	51
Figur 4-2 Flomvoll med mur på toppen, fra Sikringshåndboka (NVE, 2020a).	51
Figur 4-3 Flommur i voll, der hoveddelen er kamuflert og flomsikringen er mulig å krysse. Figuren viser dessuten overgang mellom flomvoll (med mur) og en ren flommur. Fra Sikringshåndboka (NVE, 2020)	52
Figur 4-4 Prinsippfigur for flomsikring ved heving av vei og etablering av mur / autovern behovet for ekstra høyde er begrenset.	53
Figur 4-5 Kart som viser anbefalt sikkerhetsklasse med tilhørende heving av flomverk/vei for strekningen like nedstrøms Hølmo til Blessomvollen.	53
Figur 4-6 Kart som viser anbefalt sikkerhetsklasse med tilhørende heving av flomverk/veg for strekningen fra Blessomvollen til Finna bru. Markering F0 betyr at det ikke er behov for heving av eksisterende flomverk.	54
Figur 4-7 Finnkanten, sett fra sør mot nord. Kastbuvegen kommer inn fra venstre nederst i bildet. Foto fra Google Streetview.	55
Figur 4-8 Lav mur på topp av gammelt flomverk ved Kiwi butikken, rett oppstrøms Finna bru.	56
Figur 4-9 Bygning på vestsiden, rett nedstrøms Finna bru, der grunnmuren kan vurderes å inngå i flomsikringen. Den noe mindre lagerbygningen videre nedstrøms sees også (foto fra Streetview, Google maps).	56
Figur 4-10 Eksempel på hvordan flomverk, bygget som mur langs kirkegården, kledd med skiferheller og trestolper, kan se ut fra østsiden av Finna (Foto er manipulert med nytt gjerde).	57
Figur 4-11 Eldre del av flomverket, Finnas østside, nedenfor Kirka	58

Figur 4-12 Kart som viser foreslått sikkerhetsklasse med tilhørende heving av flomverk langs Finna bru/ kirka og ned til Ottadalsvegen (Rv 15).	59
Figur 4-13 Prinsippskisse av tverrsnitt av flomverk langs kirkegården.	61
Figur 4-14 Deler av dagens gjerde rundt kirkegården	61
Figur 4-15 Illustrasjon som viser flomverket i sammenheng med elvebredden og kirkegården.	62
Figur 5-1 Mulige plasseringer av fangnett langs Nugga er vist i rødt.	64
Figur 5-2 Prinsippskisse for oppbygging av et GeoBrugg flomskrednett (Kilde: Geobrugg AG).	65
Figur 6-1: Plassering av flomverk og sikringsnivå langs Nugga mellom Øygardsvegen og Haugøy	67
Figur 6-2 Kritisk punkt ved beregningspunkt NP2 (Figur 6-1), der vann kan flomme ut.	68
Figur 6-3 Parti av Nugga fotografert rett nedstrøms Figur 6-2 (stolpen er den samme), der en garasje ligger tett på elva.	68
Figur 6-4: Bru rett oppstrøms Haugøy. Lysåpning BxH = 4,3 m x 1,7 m. Foto: Kai Fjelstad, HydraTeam AS.	70
Figur 6-5: Plassering av flomverk, kanalutvidelse og sikringsnivå langs Nugga mellom Haugøy og Vågåvegen	72
Figur 6-6 Nugga øst for svingen i Øygardsvegen, ca. ved punkt NP14 (Figur 6-5). Her er hovedsakelig berg i bunnen og tørrmurte sider	73
Figur 6-7: Forbygning langs Øygardsvegen. Foto fra Streetview, Google Maps	73
Figur 6-8: Forbygning ved tverrprofil NP14.	73
Figur 6-9: Foss forbi bebyggelse på vestsiden av Nugga ved profil NP16-NP17.	74
Figur 6-10: Forbygning og kanalisering ved tverrprofil NP19.	74
Figur 6-11: Gangbru nedstrøms Haugøy	74
Figur 6-12: Plassering av flomverk, kanalutvidelse og sikringsnivå langs Nugga mellom trafostasjonen og Industrivegen	76
Figur 6-13: Nugga nedstrøms retning ved Ysteriet.	78
Figur 6-14: Nugga oppstrøms retning fra Vågåvegen.	78
Figur 6-15: Nugga rett nedenfor Vågåvegen, sett nedstrøms.	78
Figur 6-16: Nugga nedenfor Vågåvegen, sett oppstrøms.	78
Figur 6-17: 200-årsflom med klimapåslag langs Nugga med utbedret flomverk frem til Industrivegen. Sorte streker antyder foreslåtte jordvoller (ikke lagt inn i flommodellen).	79
Figur 7-1: Bru ved Vågåvegen. Oppstrøms side	80
Figur 7-2: Bru ved Vågåvegen. Nedstrøms side	80
Figur 7-3: Bruer ved Industrivegen sett fra sør mot nord (Foto fra Street view, Google Maps)	80
Figur 7-4: Bruer ved Industrivegen sett nedstrøms retning (Foto fra Street view, Google Maps)	80
Figur 7-5: Gangbru over Nugga ved Vågå Ysteri	83
Figur 8-1 Utløpet av Nugga i Otta, 2020. (Fra www.norgebilder.no)	86
Figur 8-2 Utløpet av Finna i Otta på lav vannføring i april 2021 (Foto: Kjetil Rolseth)	88
Figur 9-1 Lokalisering av Vågåmo Vannverk (blå bygning og brønnhus på Kokkehaugen), og ledningsplan som viser de tre inntaksbrønnene og oppfylling, samt plastring mot Vågåvatnet (tegning fra Norconsult).	89

Figur 9-2 To av brønnhusene på Kokkehaugen (venstre) og installasjonene inne i brønnhusene (høyre) (Foto Vågå kommune, mai, 2022)	90
Figur 9-3 Foto fra flommen i oktober 2018. Vågåmo vannverk og brønnhusene sirklet inn med rødt. (Foto fra Vågå kommune).	90
Figur 9-4 Ca. plassering av flomvoll mot Vågåvatnet.	92
Figur 9-5 Tverrsnitt av flomvoll, prinsippskisse. (Fra Vassdragshåndboka, NVE, 2010)	93
Figur 9-6: Ca. plassering av flomvoll langs Vågåvegen og Ottadalsvegen for å sikre Kræmar-Sandbu og bebyggelsen i Krokom / Krokjordet.	94

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI med underleverandører (DHI, NIKU, NINA, Hydrolog Nils Roar Sælthun AS, Feste Kapp Landskapsarkitekter AS og HydraTeam AS) har fått i oppdrag å utføre en mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo sentrum mot flomhendelser og flomskred i elvene Otta, Finna og Nugga (Figur 1-1). Mulighetsstudien skal, i tillegg til flom- og skredfare, ta hensyn til de store verneverdiene som er knyttet til området og vassdraget. Dette gjelder forhold som elveløp, geomorfologi, botanikk, fauna, kulturminner, samt friluftsliv og jordbruk. Oppdraget er gitt av og kontrakten inngått med, men endelig mottaker av mulighetsstudien er Vågå kommune og allmennheten for øvrig.

Arbeidet er delt i tre faser. Fase 1 la kunnskapsgrunnlaget ved å beskrive nå-situasjonen mht. flom- og skredfare samt verneverdier (NGI, 2022a). Fase 2 utredet et bredt spekter av aktuelle sikringsløsninger og deres effekt, prinsippsskisser av oppbygning, grove mengde- og kostnadsestimer, samt nytte-kost vurdering av de enkelte tiltakene (NGI, 2022b). I Fase 3 (denne rapporten) vil de mest hensiktsmessige og kostnadseffektive tiltakene () detaljeres ytterligere, som grunnlag for en endelig anbefaling. Det henvises til rapporten fra Fase 1 (NGI, 2022a) når det gjelder detaljer rundt hva det må sikres mot og hvilke hensyn som må tas til natur- og kulturverdier, utover det som er kort beskrevet her. Fase 2 rapporten (NGI, 2022b) har også detaljer rundt natur-, kultur-, og landskaps-hensyn for de enkelte vurderte tiltakene, som kun i liten grad er gjentatt her.



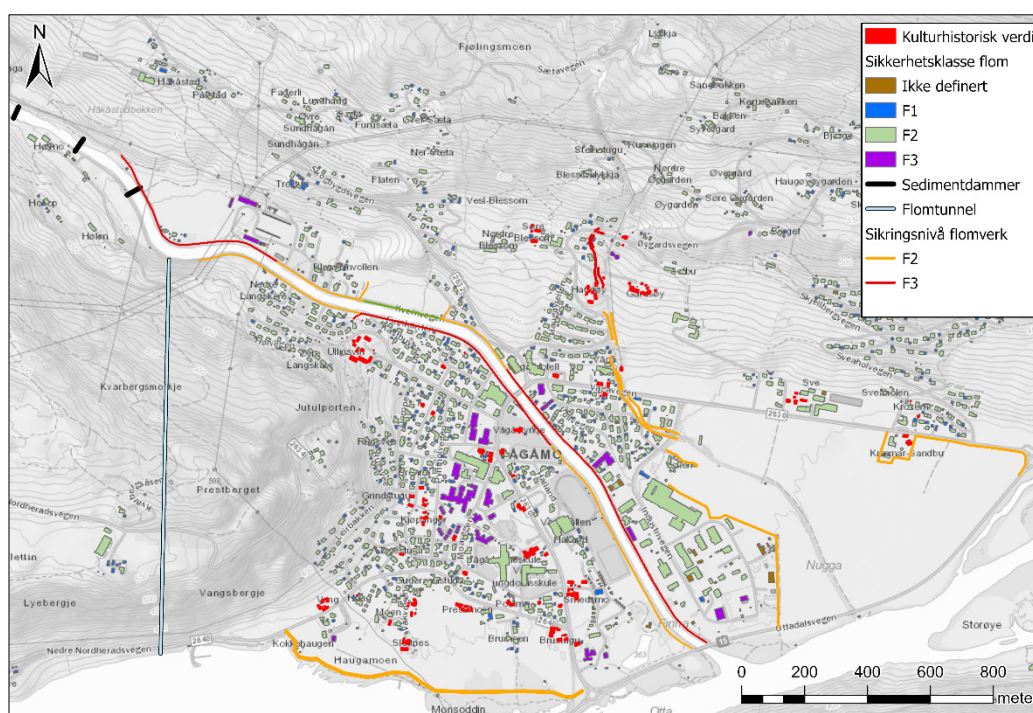
Figur 1-1 Kart over undersøkelsesområdet. Grønhølen i Otta er den østlige begrensningen til den hydrauliske modellen som ligger til grunn for flomberegningene.

Det presiseres at dette arbeidet ikke omfatter prosjektering av tiltakene. Det er usikkerheter knyttet til estimatene av omfang og kostnader presentert i denne rapporten, og det vil være nødvendig med ytterligere undersøkelser og modellering av de enkelte løsningene før endelige kostnader kan beregnes. Blant annet kan nevnes at tilstanden til eksisterende flomverk og mulighetene for å forhøye disse er et viktig usikkerhets-

element, som vil kreve nøyere undersøkelser. Tilsvarende finnes det andre faktorer som gir stor usikkerhet ved flere av tiltakene. Vi har derfor lagt inn en relativt stor, men og noe varierende, post for 'uforutsette kostnader' i alle kostnadsestimatene. Alle tiltakene er vurdert ut fra det sikkerhetsnivået undersøkelsene har vis er nødvendig i forhold til klassifiseringen av bygninger og infrastruktur i Vågåmo (Figur 1-2).

Tabell 1-1 Tiltak vurdert som aktuelle og behandlet i denne rapporten. I nytte/kost analysene er tiltak TF4 kombinert med hhv. TF3 og TF6.

Vassdrag	Tiltak	Beskrivelse tiltak
Finna	TF3	Flomtunnel Finna - Vågåvatn
Finna	TF4	Sedimentasjonsbasseng mellom Sælatunga og eksisterende terskler
Finna	TF6	Utbedre eksisterende flomverk gjennom Vågåmo sentrum
Nugga	TN1	Fangnett for sedimenter og drivgods
Nugga	TN2	Utbedre flomverk på vestsiden av Nugga fra Øygardsvegen forbi Haugøy
Nugga	TN3	Utbedre flomverk nedstrøms Haugøy til Nugga trafostasjon
Nugga	TN4	Utbedre flomverk langs øst- og vestsiden av Nugga, Nugga trafostasjon til Industrivegen, samt langs industrifeltet
Nugga	TN5	Utbedre bruer over Nugga
Otta	TO1	Masseuttak nedstrøms utløpet til Finna og Nugga
Otta	TO2	a) Sikring av Vågå vannverk, b) Flomverk langs Vågåvatn
Otta	TO3	Sikring av bensinstasjon øst for Vågåvegen
Otta	TO4	Sikring av bebyggelse ved Kræmar-Sandbu og Krokjordet



Figur 1-2 Oversikt over sikringsnivå flomverk og bygningers sikkerhetsklasse langs vassdragene.

2 Tiltak TF3: Flomtunnel Finna – Vågåvatn

Hydraulisk modellering viser at Finna går over sine bredder i Vågåmo sentrum ved en vannføring på ca. 325-350 m³/s (NGI, 2022a). Flomtunnelen må ha kapasitet til vannføringene over terskelverdien for begynnende oversvømmelser i Vågåmo, helst med en sikkerhetsmargin. 200- og 1000-årsflom med klimapåslag i Finna har kulminasjonsverdier på henholdsvis 433 m³/s og 545 m³/s. Flomtunnelen må derfor ha en kapasitet på over 200 m³/s, helst opptil 245 m³/s slik at vannføringen i Vågåmo sentrum ikke overstiger 300 m³/s.

2.1 Inntaksløsning

Valg av riktig utforming på inntaket er avhengig av flere faktorer:

- Inntakets formål
- Topografi og hydrauliske forhold ved inntaket
- Terrengmorfologi
- Maksimal og minimal vannføring
- Sedimenttransport

Med en grense på maksimal vannføring i Finna gjennom Vågåmo på 300 m³/s må inntaket avlede 133 m³/s og 245 m³/s ved 200- og 1000-årsflom (begge med klimapåslag). Finna er kjent for stor sedimenttransport, og en 1000-årsflom er forventet å transportere store sedimentmengder, både som bunntransport og i suspensjon (NGI, 2022a). Elvebunnen i området i dag er dominert av grus og stor stein (Figur 2-1).



Figur 2-1 Foto av Finna, tatt mot sør fra veien oppstrøms trafostasjonen. Dette er nedre del av foreslått inntaksområde. Skredkanten øverst til høyre i bildet viser betydelig løsmassemektighet. Vannføring 40 m³/s. (Foto Sander Sælthun, 24.05.2022)

Inntaket må prosjekteres slik at det aktiveres kun ved større flommer og at normalvannføring og mindre flommer går som normalt i hovedløpet til Finna. Ved prosjektering av inntaksløsningen må man blant annet ta hensyn til følgende:

- Tilpasning mot eksisterende topografi, bebyggelse og infrastruktur
- Stabilisere elveprofilen langs og umiddelbart nedstrøms inntaket
- Unngå avsetning av sedimenter foran tunnelinnløpet
- Unngå så høye vannhastigheter at en får slitasje og skader i betongen i inntakskonstruksjonen
- Unngå skjevstrømning og/eller strømningsseparasjon, dvs. vannlag som strømmer med ulik hastighet eller retning og bakevjer
- Oppnå gode strømningsforhold inn mot inntaket og tunnelinnløpet, dvs. unngå retningsendringer eller hindringer rett før og unngå områder som kan ende opp som bakevjer.
- Så langt det er mulig utforme inntaket slik at man får uniform hastighetsfordeling, spesielt inn mot tunnelinnløpet
- En må også vurdere effekten av is og drivgods i elva som potensielt kan redusere kapasitet eller blokkere inntaket
- Dykking av inntaket vil forhindre at luft eller rask suges ned i inntaket, og er en avgjørende parameter for å unngå sugende virvler.

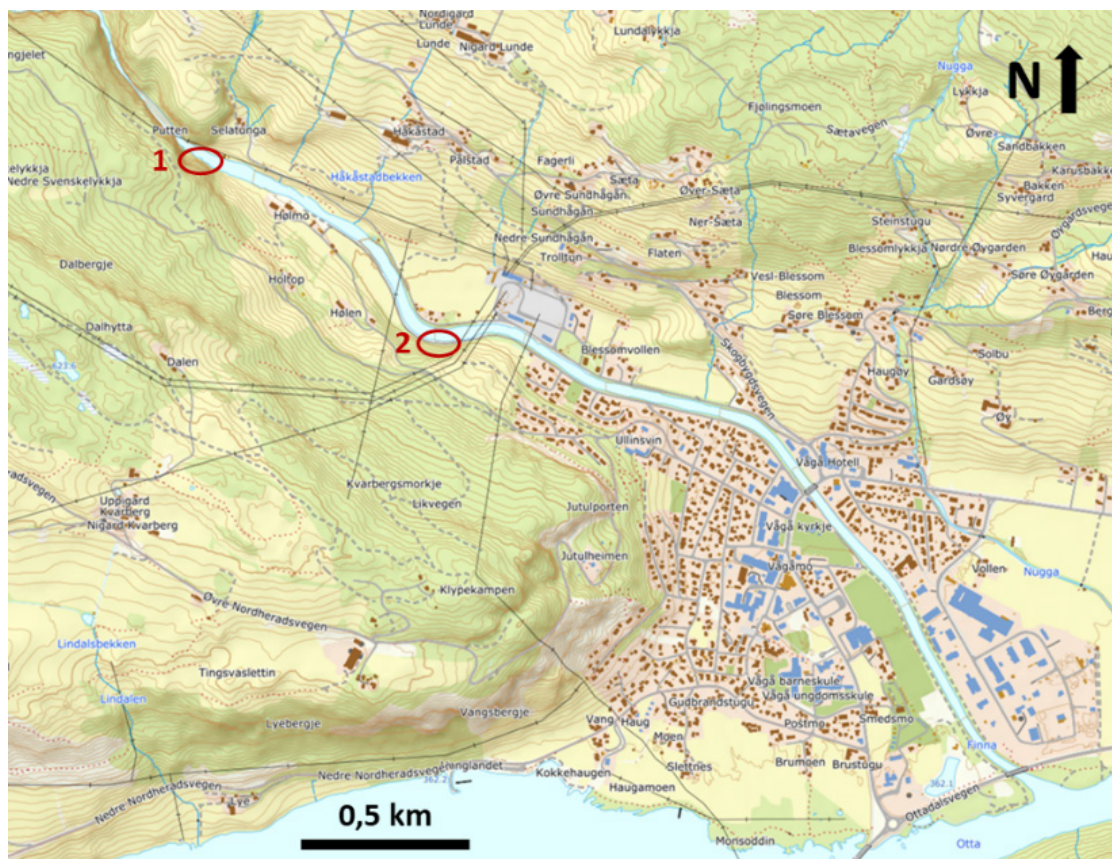
Den antatt beste inntaksløsningen vil bestå av et sideoverløp plassert langs med elva som går over i en kanal som leder til tunnelinnløpet. Kanalen bak sideoverløpet skal akselerere vannmassene inn mot tunnelinnløpet samtidig som det unngås å skape turbulens og luftmedrivning. Luftmedrivning reduserer kapasiteten til tunnelen og medfører fare for kavitasjon. Videre må kanalen nedstrøms sideoverløpet utformes slik at undervannet og bunnivået ikke påvirker kapasiteten og at sideoverløpet ikke druknes. Tunnelinnløpet kan utformes med både med frispeilstømning eller dykket. Her er det planlagt med frispeilstømning siden dykking av innløpet vil kreve luker, hvilket ikke er aktuelt.

Utfordringen med et inntak med sideoverløp langs med Finna er høye vannhastigheter og stor turbulens i elva ved store flommer. Høye vannhastigheter i elva er ikke gunstige forhold for å lede deler av vannføringen over i et sideoverløp plassert parallelt med elva (og strømningsretningen). En løsning for å forbedre de hydrauliske forholdene er å bygge en terskel på tvers av elva nedstrøms sideoverløpet som skaper et vannspeil og volum som reduserer hastighetene lokalt oppstrøms terskelen. Dette kan kombineres med tiltak for massefangst i Finna. Terskelen må være lavere enn 2 meter og oppstrøms basseng må ha et volum mindre enn 10 000 m³ for å ikke havne i en konsekvensklasse høyere enn 0 iht. damsikkerhetsforskriften. Antageligvis er ikke dette tilstrekkelig volum for å redusere vannhastighetene i elva lokalt langs sideoverløpet til ca. 1 m/s som er ønsket.

2.2 Mulige inntakslokaliteter

Det er to realistiske inntakslokaliteter mellom Finngelet og Finnkanten (Figur 2-2):

1. Ved Sælatunga, umiddelbart etter utløpet fra Finngelet på sørsiden av elva.
2. I yttersving på sørsiden av elva oppstrøms Statnetts transformatorstasjon.



Figur 2-2 De to aktuelle lokalitetene for inntakskonstruksjon til en flomtunnel, ved Sælatunga (1) og i svingen oppstrøms trafostasjonen (2).

2.2.1 Inntak ved Sælatunga

Inntaket kan tenkes å utformes som et rett sideoverløp langs sørsiden av Finna, med en lengde på ca. 100 meter (Figur 2-9). En utfordring ved Sælatunga er svært høye vannhastigheter, opptil ca. 9 m/s ved 1000-årsflom med klimapåslag. Derfor er det hensiktsmessig å plasseres terskel i hovedløpet rett nedstrøms sideoverløpet som skaper et vannspeil og volum som reduserer vannhastighetene. Terskelen kan være i kombinasjon med sedimentbasseng og må ha en slisse for fiskevandring.

For å vurdere om det er mulig å få 245 m³/s i et sideoverløp plassert langs Finna på den aktuelle lokasjonen er det utført simuleringer med en 2D hydraulisk modell. I modellen er det lagt inn et overløp med lengde på 100 meter langs elvekanten. På luftsiden av

sideoverløpet er terrenget i modellen utformet som en bratt kanal som sørger for at undervannet og bunnivået ikke påvirker kapasitet til overløpet. Rett nedstrøms sideoverløpet er det lagt inn en terskel med slisse med bredde på 2 meter og nivå ca. 0,5 meter over elvebunnen. Elvebunnen har et nivå på 404-406 moh. langs sideoverløpet og 403,5-404 moh. ved terskelen. Elveskråningen ligger på ca. 407 moh.

Det er utført simuleringer med ulike høyder og overløpskoeffisienter på sideoverløpet og terskelen nedstrøms for å vurdere nødvendige dimensjoner. Det er også utført simuleringer med og uten sedimentbasseng nedstrøms sideoverløpet. Nivået på sedimentbassenget nedstrøms er satt til 405 moh. som gir en høyde rett under 2 meter og overløpskoeffisienten 1,5. Hensikten med modelleringen er å vurdere om det er mulig å få nødvendig vannmengde på 245 m³/s over sideoverløpet, og ikke hydraulisk optimalisering av hele inntakskonstruksjonen inkludert kanal og tunnelinnløp. Det er sett på både 200- og 1000-årsflom med klimapåslag. Et utvalgt av modelleringsresultatene er presentert i Figur 2-3 til Figur 2-8. Resultatene er oppsummert i Tabell 2-1. Resultater er kun vist for et utvalg simuleringen som er relevante.

Tabell 2-1: Inntak Sælatunga uten og med nedstrøms sedimentbasseng. Vannføring i sideoverløp ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag med ulike terskelnivå og overløpskoeffisienter, C. Kun de mest relevante simuleringene er vist.

	C = 1,5		C = 1,8		C = 2,0	
Nivå sideoverløp (moh)	U/sed	M/sed	U/sed	M/sed	U/sed	M/sed
200-årsflom Finna, Q = 433 m ³ /s						
405	-	-	-	-	-	-
406	-	-	190 m ³ /s	250 m ³ /s	-	-
407	-	-	90 m ³ /s	150 m ³ /s	-	-
1000-årsflom Finna, Q = 545 m ³ /s						
405	-	-	360 m ³ /s	-	-	-
406	-	300 m ³ /s	250 m ³ /s	325 m ³ /s	-	330 m ³ /s
407	-	-	135 m ³ /s	220 m ³ /s	-	

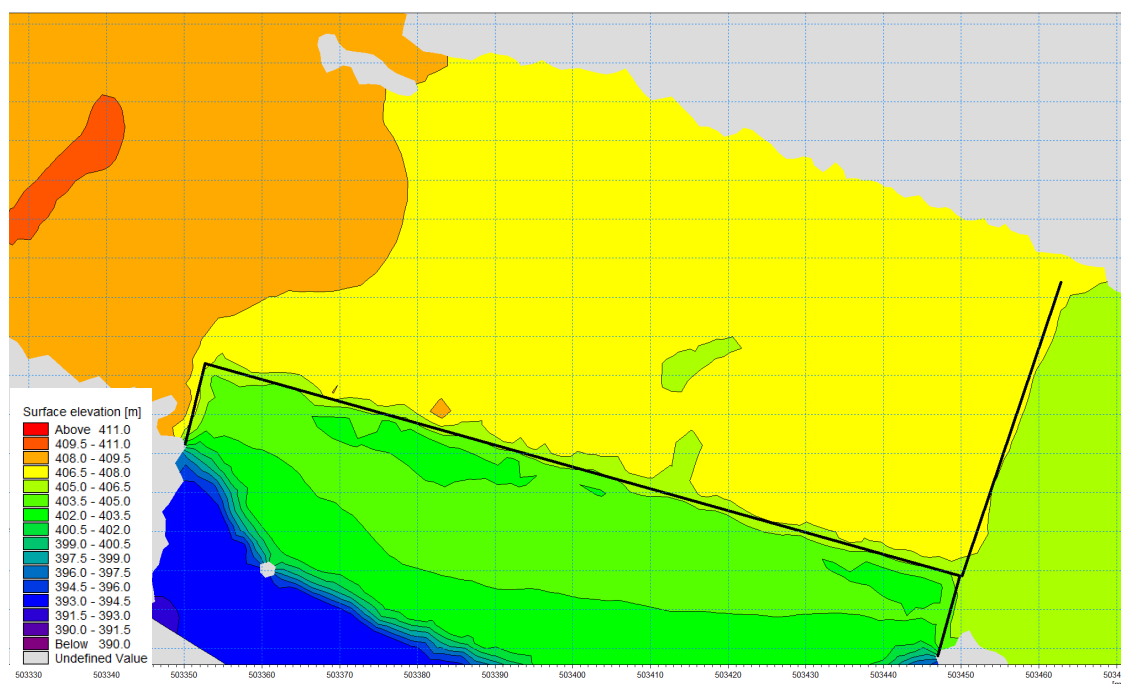
Resultatene viser at det vil være mulig med et inntak med sideoverløp på 100 meter parallelt med Finna både uten og med nedstrøms sedimentbasseng. Selv om simuleringene viser at det er mulig både uten og med nedstrøms sedimentbasseng er alternativet med sedimentbasseng foretrukket ut ifra et rent hydraulisk perspektiv. Sideoverløpet kan utformes som en terskel med standard overløpsprofil så resultater med overløpskoeffisient på 1,8-2,0 legges til grunn for estimering av nødvendig høyde. Dette gir en nødvendig høyde på ca. 406 moh. uten sedimentbasseng nedstrøms, og 406,5-407,0 moh. med sedimentbasseng med nivå på 405 moh.

Sedimentbassenget nedstrøms sideoverløpet bidrar til å heve vannstanden langs sideoverløpet med ca. 1 meter (Figur 2-3 og Figur 2-4). For 1000-årsflom med klimapåslag

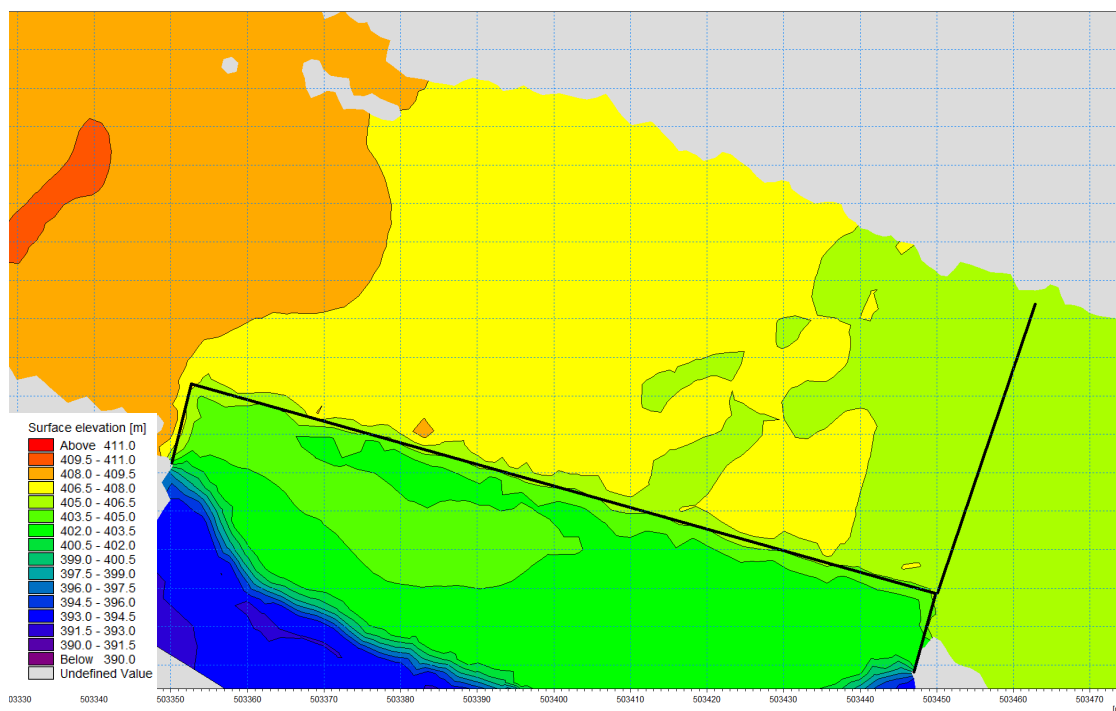
vil man med nivå på sideoverløpet på 406 moh. og sedimentbasseng med nivå 405 moh., ha jevn vannstand langs hele sideoverløpet på ca. 407 moh. dvs. en dybde på ca. 1 meter over terskelen (Figur 2-3). Uten sedimentbassenget varierer vannstanden langs sideoverløpet med ca. 0,5 meter fra oppstrøms til nedstrøms ende (Figur 2-4).

Den største andelen av vannføringen passerer over de første 50 meterne av sideoverløpet (Figur 2-5 og Figur 2-6). Sedimentasjonsbassenget øker enhetsvannføringen betydelig i nedstrøms del av sideoverløpet pga. økte vannstander. Med sideoverløp med nivå lik 406 moh. og sedimentbasseng med nivå på 405 moh. vil vann begynne å strømme over sideoverløpet ved vannføringer på ca. 130 m³/s.

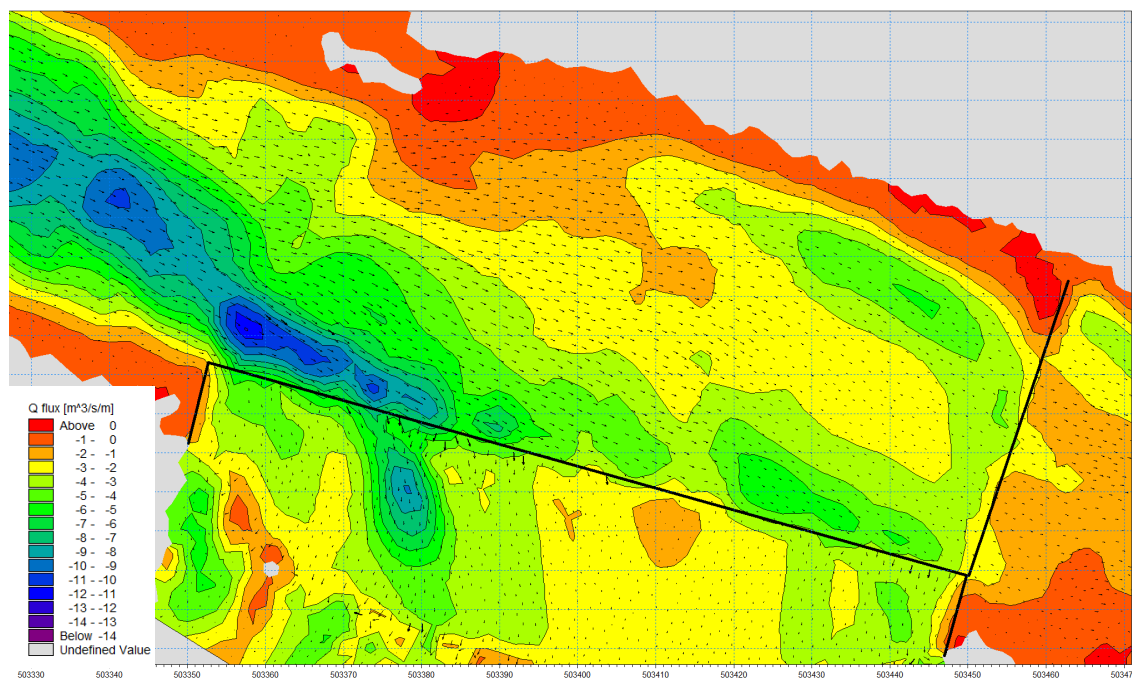
Påvirkningen av sedimentasjonsbasseng på vannhastighetene er begrenset til kun de 30 meterne lengst nedstrøms med sideoverløpet. Her halveres de høyeste vannhastighetene fra ca. 5 m/s til ca. 2,5 m/s (Figur 2-7 og Figur 2-8). I oppstrøms ende av sideoverløpet er vannhastighetene fortsatt svært høye, så høye at en forventer betydelig risiko for sedimenttransport i sideoverløpet og betongskader.



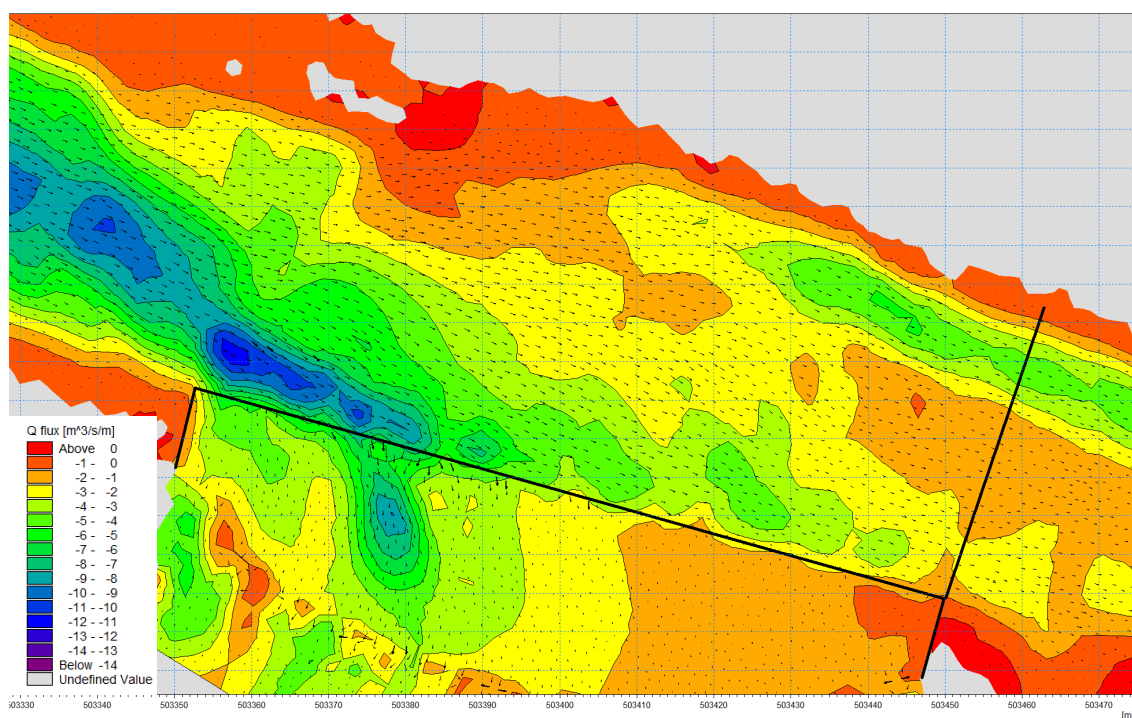
Figur 2-3: Sideoverløpet nivå 406 moh. og nedstrøms sedimentbasseng nivå 405 moh. Vannstander ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp og sedimentbasseng vist med sort linje.



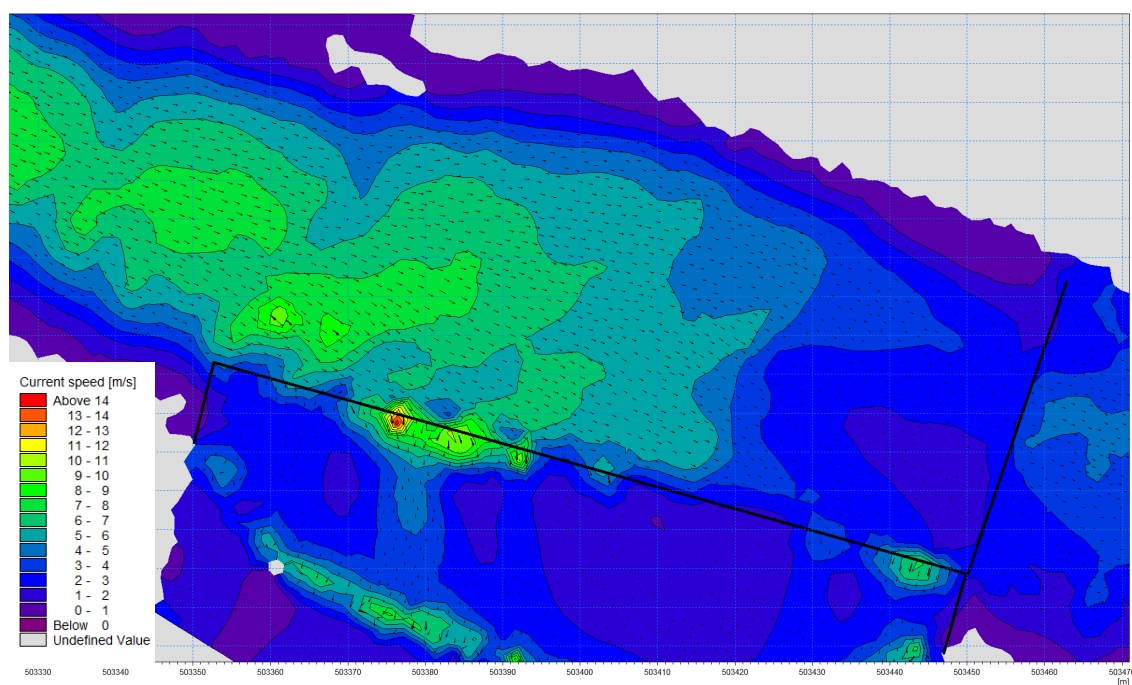
Figur 2-4: Sideoverløpet nivå 406 moh. uten nedstrøms sedimentbasseng. Vannstander ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje.



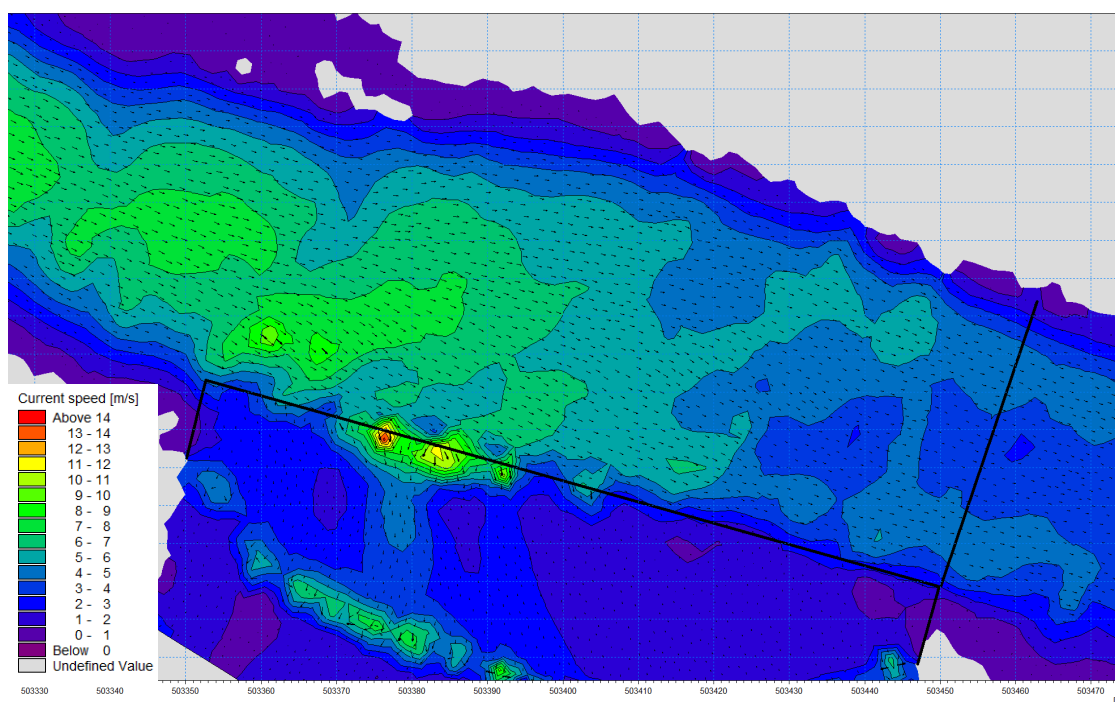
Figur 2-5: Sideoverløpet nivå 406 moh. og nedstrøms sedimentbasseng nivå 405 moh. Enhetsvannføring ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp og sedimentbasseng vist med sort linje.



Figur 2-6: Sideoverløpet nivå 406 moh. uten nedstrøms sedimentbasseng. Enhetsvannføring ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje.

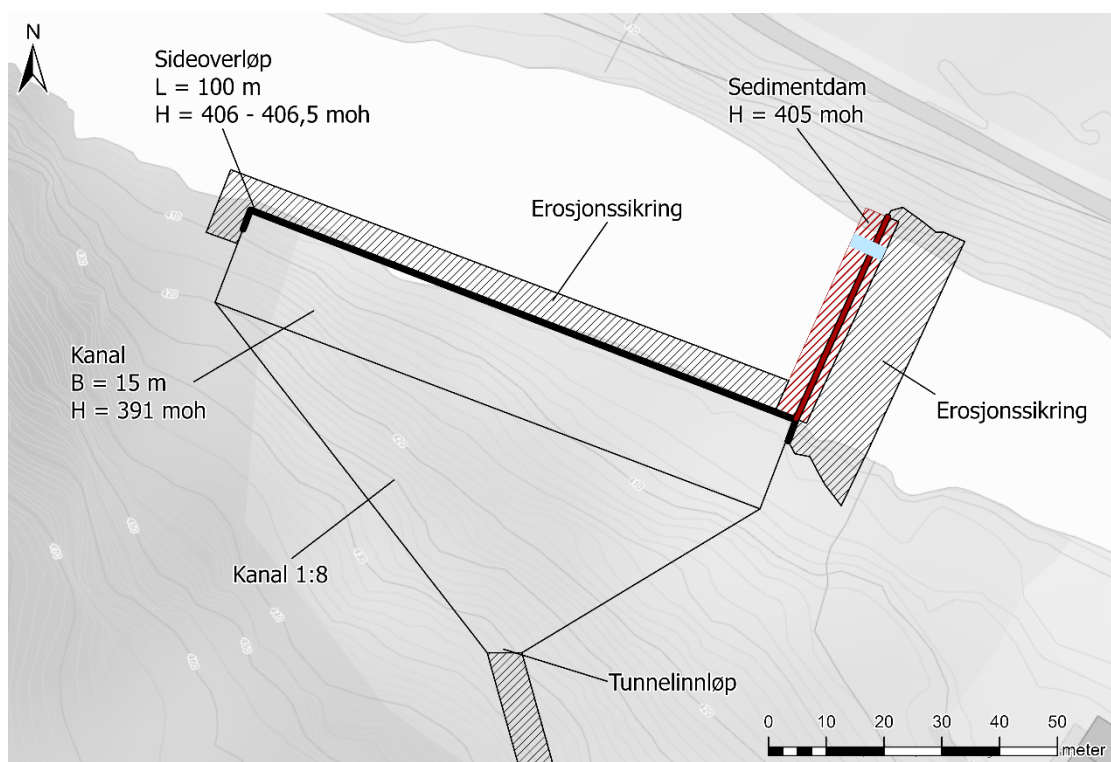


Figur 2-7: Sideoverløpet nivå 406 moh. og nedstrøms sedimentbasseng nivå 405 moh. Vannhastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp og sedimentbasseng vist med sort linje.



Figur 2-8: Sideoverløpet nivå 406 moh. uten nedstrøms sedimentbasseng. Vannhastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje.

Modelleringen både med og uten terskel nedstrøms sideoverløpet viser at vannet strømmer skjevt over terskelen (Figur 2-5), noe som er å forvente når sideoverløpet ligger parallelt med elva og vannhastighetene er høye. De svært høye hastighetene viser at området er mindre godt egnet som lokasjon for et inntak. For å oppnå mer fordelaktige strømningsforhold til inntaket må man ha en nedstrøms terskel/dam med høyde over 2 meter, hvilket trolig er uaktuelt fordi dammen vil få en konsekvensklasse høyere enn 0



Figur 2-9 Inntaksløsning for flomtunnelen ved Sælatunga.



Figur 2-10 Utløpet av Finngjelet ved Sælatunga. Et eventuelt inntak her ville komme i venstre del av bildet

Fordeler ved lokalisering ved Sælatunga

- Inntaket kan kombineres med nedstrøms sedimentbasseng
- Det er god høyde på begge sider av elva (Figur 2-10) og tiltaket vil ikke føre til oversvømmelse av bygninger
- Det er fjell i dagen på høyre bredd, og kort vei til tunnelinnløpet.
- Løsningen er ikke i konflikt med veier eller annen infrastruktur, bortsett fra NVEs hydrologiske stasjon Sælatunga.

Ulemper og problemer

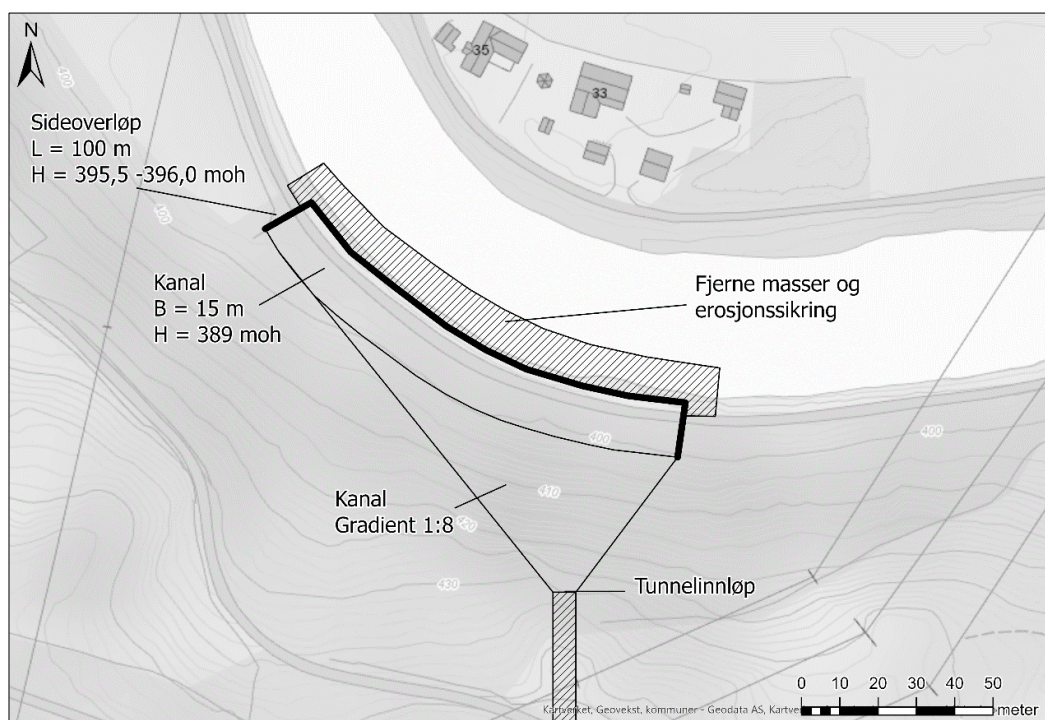
- Lokaliteten gir det lengste tunnelalternativet.
- Ved stor flom har vannet svært stor hastighet ut av Finngjelet, opptil ca. 8-9 m/s. Dette gir vanskelige hydrauliske forhold og kan true stabiliteten til overløpsdammen. For å oppnå bedre hydrauliske forhold må det bygges en terskel/dam nedstrøms inntaket med høyde over 2 meter.
- Det kan være stor bunnlast under flom siden det ikke vil være sediment-fangst oppstrøms. Grovere avsetninger kan derfor bygge seg opp til overløpet og noe bli skylt ut i kanalen og tunnelen. Massetransport kombinert med høye hastigheter kan skade betongkonstruksjonen.
- Det vil medføre betydelig inngrep i et lite påvirket naturområde.

Kostnadsestimat for dette inntaksalternativet vises sammen med tilsvarende for det andre alternativet, oppstrøms trafostasjonen (Tabell 2-4).

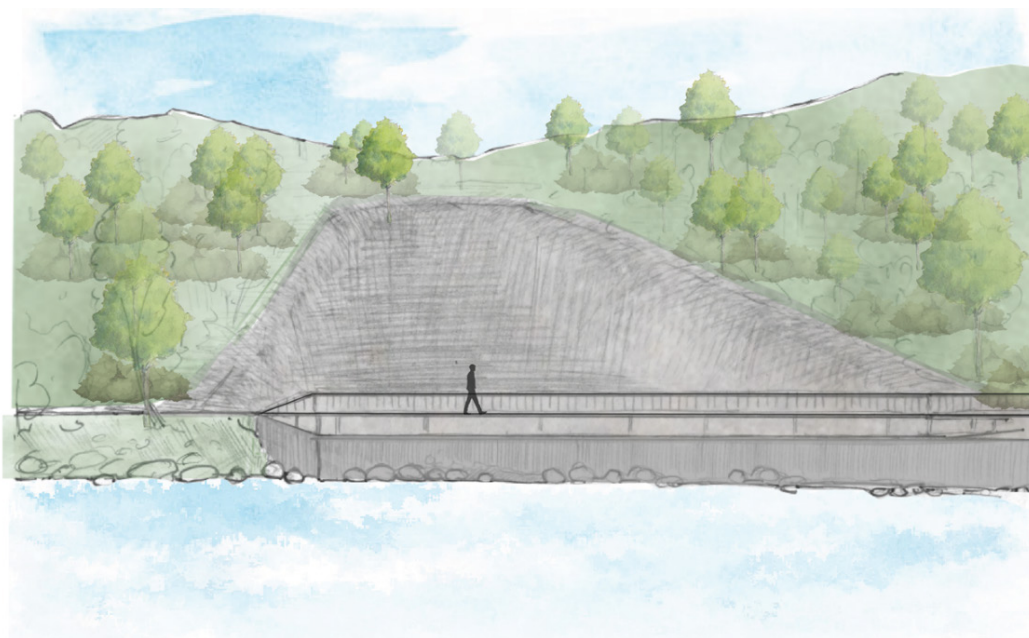
2.2.2 Inntak oppstrøms trafostasjonen

Teknisk sett blir løsningen for inntak oppstrøms trafostasjonen tilsvarende den som er beskrevet for Sælatunga. Sideoverløpet blir her liggende i yttersving på sørsiden av elva (Figur 2-11). De hydrauliske forholdene er gunstigere enn ved Sælatunga siden deler av vannstrømmen er rettet mot og ikke langs med sideoverløpet, men det vil fortsatt være utfordringer med høye vannhastigheter. Tilsvarende som ved Sælatunga må det være en kanal på luftsiden av sideoverløpet som må utformes slik at undervannet og bunnivået ikke påvirker kapasiteten, og som sørger for gode strømningsforhold ved tunnelinnløpet.

Det er i dag ganske mye grov masse i elva utenfor inntaket som må fjernes (Figur 2-1). Avhengig av hvilken fundamenteringsløsning som er mulig for sideoverløpet må muligens elvebunnen i yttersvingen stabiliseres og sikres langs med inntaket. Det er usikkert hvor dypt det er til fjell her. Det er fallende fjell på sørsiden av veien, fjellbrønn i skråningen under Hølmo viser 2 meter løsmassemekthet og NGUs løsmassekart antyder der samme. Elva går i elveavsetninger med ukjent dybde. Fjellbrønn 82767 på Hølmo, som ligger ca. 3 meter over normalvannstand i elva, rapporterer fjell på 18 meters dyp, altså en mektighet på rundt 15 meter. En løsmassebrønn (brønn 67461) på Blessomvollen, like øst for trafostasjonen og omtrent 2 meter over normalvannstanden, er 15 meter dyp uten å rapportere fjell. Så man kan være heldig og finne fjellfundament for overløpet eller måtte fundamenter på løsmasser. Elvesubstratet er grovt.



Figur 2-11 Prinsippskisse for tunnelinntak ved trafostasjonen. Den røde linja markerer sideoverløpet. Sorte linjer viser utgravid kanal og plassering av tunnelinnløpet.



Figur 2-12 Illustrasjon av østre del av sideoverløpet sett fra elvebredd på nordsida. Det skraverte feltet i bakkant av dam og bru antyder det området som må renses og hvor fjell blottes og skjæres inn for kanal til tunnelinnløp. Ved godt fjell kan fjelloverdekning trekkes nærmere kanalen, og den berørte delen av fjellsida blir da mindre og lavere. Mengder masse uttatt er basert på at fjell må fjernes helt inn til tunnelinnløpet.

Tilsvarende som for Sælatunga er det utført simuleringer med en 2D hydraulisk modell for å vurdere om det er mulig å oppnå en vannføring på 245 m³/s i et sideoverløp plassert langs Finna. Forskjellen fra Sælatunga er at sideoverløpet ikke er rett, men følger kurven til yttersvingen av elva. Elvebunn ligger på ca. 394-395,5 moh. i svingen og veien på toppen av elveskråningen ligger på 396,5-398 moh. Oppstrøms ende av sideoverløpet er plassert i enden av jordbruksarealet.

I modellen er det lagt inn et sideoverløp med lengde på 120 meter. I motsetning til Sælatunga er det ikke lagt inn terskel nedstrøms sideoverløpet. Det er mulig å bygge sideoverløp både med og uten inntaksmagasin i elva. Som minimum sikring må elvebunnen være sikret slik at en ikke får en senkning på et eller annet tidspunkt, noe som vil ødelegge avløpskurven til tunellen. Et inntaksmagasin gir forhøyet vannstand noe som gir økt flomfare for bygningene plassert rett nord for elva og trafostasjonen hvis en ikke samtidig hever flomverket. Hvis det er mulig å anlegge et inntak uten nedstrøms terskel er dette å foretrekke for å unngå ytterligere heving av flomverkene for å sikre bygningene ved inntaket og trafostasjonen. Hvis det bygges tunnel, er inntaket her styrende for plassering av nærliggende terskler. Tilsvarende som for Sælatunga er hensikten med modelleringen å vurdere om det er mulig å få ønsket vannføring i sideoverløpet. Det er utført simuleringer med ulike høyder og overløpskoeffisienter på sideoverløpet for å vurdere nødvendig lengde og nivå. Det er sett på både 200- og 1000-årsflom med klimapåslag. Resultatene er oppsummert i Tabell 2-2. Resultater er kun vist for et utvalg simuleringen som er relevante.

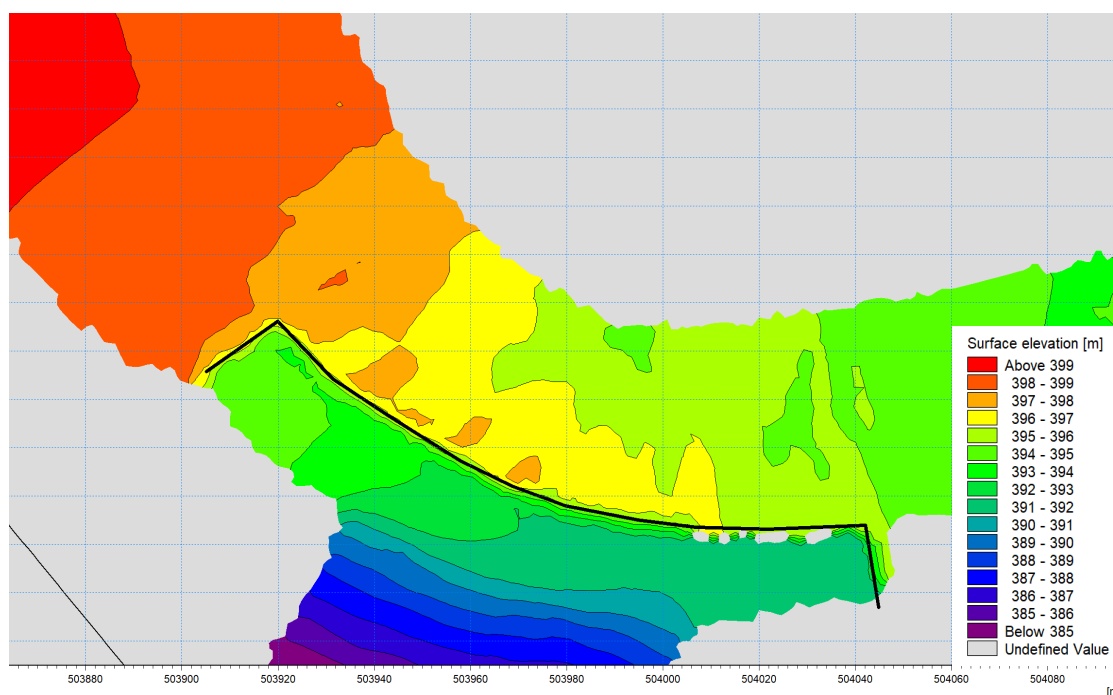
Tabell 2-2 Inntak trafostasjonen. Vannføring i sideoverløp ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag med ulike terskelnivå og overløpskoeffisienter. Kun de mest relevante simuleringene er vist.

Terskelnivå (moh)	Overløpskoeffisient		
	C = 1,5	C = 1,8	C = 2,0
200-årsflom Finna, Q = 433 m ³ /s			
395,0	-	-	253 m ³ /s
395,5	-	-	200 m ³ /s
396,0	-	-	155 m ³ /s
1000-årsflom Finna, Q = 545 m ³ /s			
395,0	-	-	-
395,5	246 m ³ /s	266 m ³ /s	285 m ³ /s
396,0	-	-	230 m ³ /s

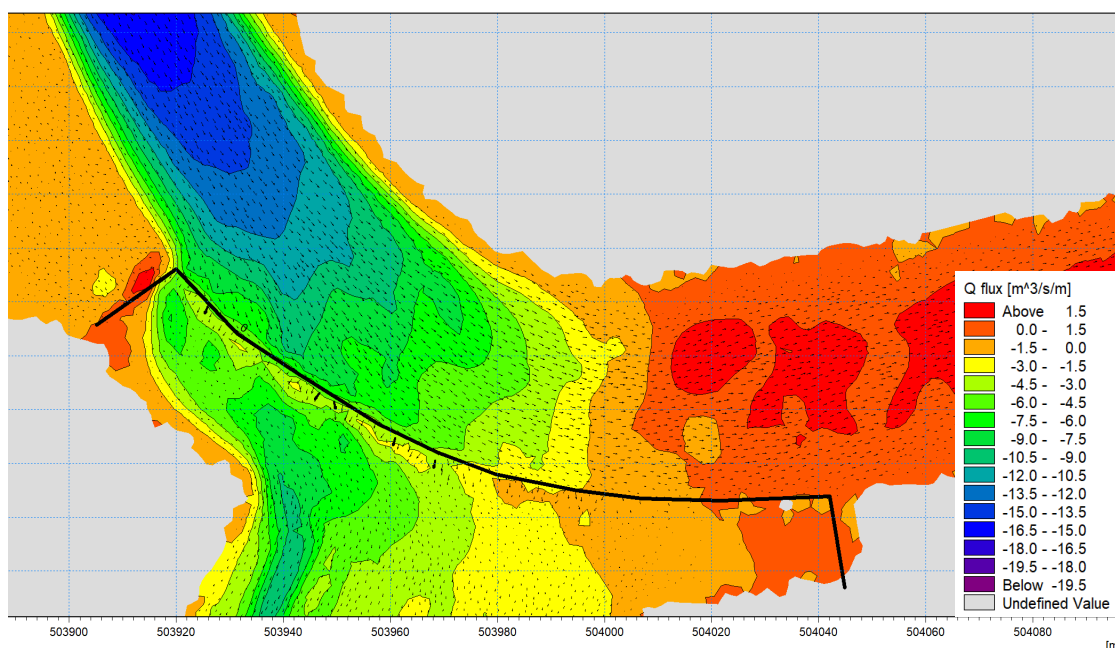
Sideoverløpet anbefales å utformes som en terskel med standard overløpsprofil. Derfor legges resultater med overløpskoeffisient på 1,8-2,0 til grunn for estimering av nødvendig høyde. Resultatene viser at sideoverløpet må ligge på en høyde mellom 395,5 og 396,0 moh. dvs. 1,5-2,0 meter over elvebunn.

Med et sideoverløp med nivå på 396 moh. og overløpskoeffisient på 2,0 vil man ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag oppnå en vannføring i sideoverløpet på henholdsvis ca. 155 m³/s og 230 m³/s. Reduksjonen i nedstrøms vannføring er prosentvis langt større for 200-årsflom med klimapåslag. Vannstandene rett oppstrøms og enhetsvannføringen varierer langs sideoverløpet. Den største andelen av vannføringen passerer de 60 første meterne av terskelen, deretter avtar vannføringen.

For 1000-årsflom med klimapåslag vil man med nivå på sideoverløpet på 396 moh. ha vannstand i oppstrøms ende på ca. 397 moh. dvs. en dybde på ca. 1,5 meter over terskelen. De siste 20 meterne er vannstanden lavere enn 395,5 moh. dvs. lavere enn terskelen (Figur 2-13). Tilsvarende resultat vises også for 200-årsflom med klimapåslag, hvilket antyder at en lengde på ca. 100 meter er tilstrekkelig for å få nødvendig vannføring over sideoverløpet.

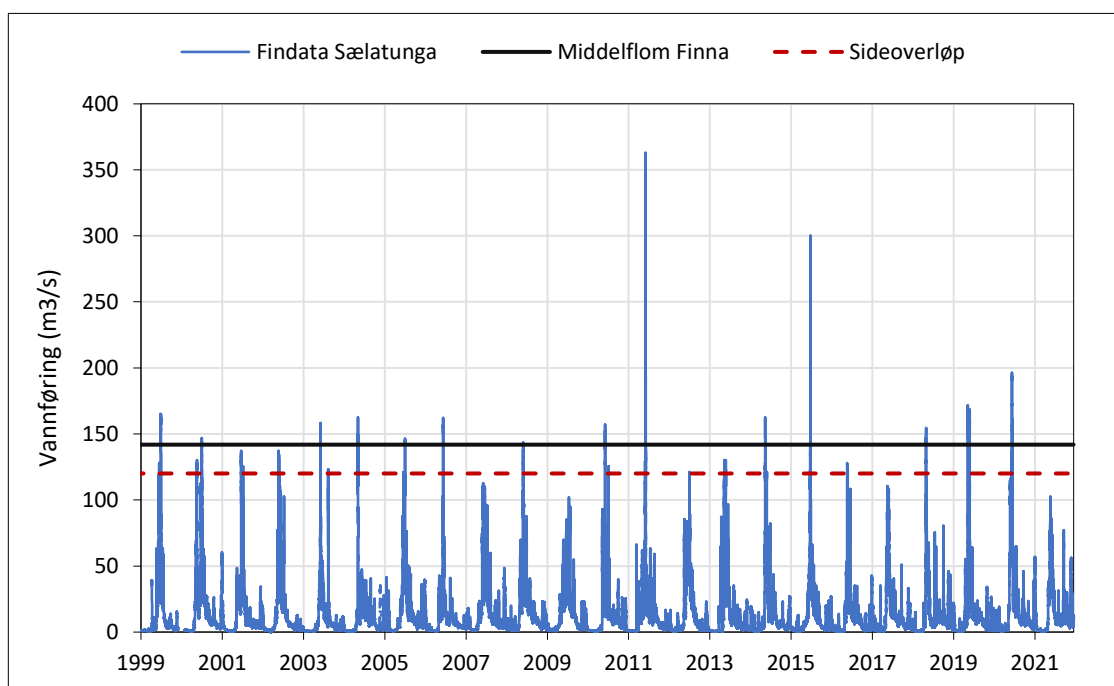


Figur 2-13: Sideoverløp med nivå 396 moh og overløpskoeffisient 2,0. Vannstand ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje.



Figur 2-14: Sideoverløp med nivå 396 moh og overløpskoeffisient 2,0. Enhetsvannføring ved 1000-årsflom med klimapåslag. Plassering av sideoverløp vist med sort linje.

Det er ikke vurdert sideoverløp bestående av seksjoner med ulik høyde eller med jevnt fall fra oppstrøms mot nedstrøms ende. Med terskelnivå på 396 moh. og overløpskoeffisient på 2,0 vil vann begynne å strømme over sideoverløpet ved vannføringer på ca. 120 m³/s i Finna, som er mindre enn kulminert middelflom i Finna (142 m³/s). Figur 2-15 viser observert vannføring ved Sælatunga de siste 22 år sammenliknet med kulminert middelflom og terskelnivå for vannføring i Finna som fører til at vann begynner å strømme over sideoverløpet. Vær obs på at vannføringen i inntaket (og tunnelen) ikke tilsvarer restvannføringen over 120 m³/s, men at det er de hydrauliske forholdene i elva som bestemmer fordelingen av vannføringen etter som vannstanden stiger i Finna. Hvis vann begynner å strømme inn i inntaket ved vannføringer over ca. 120 m³/s i Finna vil tunnelen være i drift omtrent annethvert år. Klimaendringer forventer å øke størrelsen på fremtidige flommer i Finna med 20%, noe som vil føre til at flomtunnelen vil være i drift hyppigere utover i århundret.



Figur 2-15: Vannføring i Finna sammenliknet med kulminert middelflom og terskelverdi for vannføring i Finna som fører til at flomtunnelen er i drift

Andre utforminger og nivåer på sideoverløpet vil endre hvilken vannføring som må til i Finna før det går vann i flomtunnelen og hvor hyppig den vil være i drift. Alternativet som er presentert her kan sies å representere en utforming som gjør at flomtunnelen er i drift hyppig. Det er mulig at man ved videre detaljering av inntaket i prosjekteringsfasen ender opp med en løsning som fører til at flomtunnelen er i drift sjeldnere.

Sedimenttransport og heving av elvebunn langs inntaket kan heve vannstandene som vil føre til at vann går i flomtunnelen ved lavere vannføringer i Finna. Dette vil føre til at tunnelen må håndtere større vannføringer enn den er i utgangspunktet dimensjonert for. Tunnelen skal dog håndtere en del større vannføringer enn 250 m³/s siden det er forutsatt tunneltversnittet er 70% fullt ved beregning av nødvendige dimensjoner. (iht. NVEs retningslinjer for flomløp). Tersklene for sedimentfangst oppstrøms inntaket vil hindre stor bunntransport av grovere sedimenter inn mot inntaket. For finere sedimenter i suspensjon, antas såpass store vannhastigheter at sedimenter vil spyles gjennom tunnelen ved stor flommer.

Vannhastighetene i elva langs og over terskelen er høye med lokale verdier opptil ca. 6 m/s. I kanalen bak terskelen vil det være høy turbulens og kanalen må utformes slik at den dreper energi, sørger for gode strømningsforhold, og helst uniform hastighetsfordeling ved tunnelinnløpet. Detaljering av hele inntaket inkludert sideoverløp, kanal og tunnelinnløp er en kompleks oppgave som må utføres i detalj i en senere fase. Antageligvis vil det være nødvendig med en CFD-modell eller skalert fysisk modell.

Fordeler

- Tunnelen blir ca. 600 m kortere enn alternativet ved Sælatunga.
- De hydrauliske forholdene er bedre enn ved Sælatunga, lavere hastigheter og strømningsretningen inn mot sideoverløpet er mer fordelaktig. Det er dog fortsatt utfordringer med høye hastigheter og energimengder som må håndteres i inntakskonstruksjonen.
- Det er ikke nødvendig med sedimentdam/terskel nedstrøms inntaket for å få inn nødvendig vannføring.
- Det er også lavere hastigheter og fare for sedimenttransport inn i inntaket og betongskader.
- Det er mulig å etablere oppstrøms sedimentasjonsbassenger, for å fange grove, bunntransporterte sedimenter.
- Tiltaket medfører et mindre alvorlig naturinngrep enn ved Sælatunga.

Ulemper og problemer

- Eksisterende vei på søndre bredd (Finnkanten) må stenges i byggeperioden. Dette berører kun adkomst til Hølmo, og omkjøring finnes (Hølvegen). Ny vei kan anlegges som bro over sideoverløpet, gjerne integrert med dette.
- Plasseringen gir ikke økt flomsikring for Kvernvegen 33 og 35, samt Hølmo. Eventuell nødvendig sikring her må gjøres med lokale tiltak.

Mengdeoverslag

I det følgende har vi regnet med en ledevegg/sideoverløp på 100 m.

- Rensking av elvebunnen: Arealet er ca. 35 800 m², og rensket til 1 meters dyp, gir dette 3500 m³ løsmasse.
- Rensking for fundament for sideoverløp og kanal: Totalt må et felt med 15 m bredde renskes til ca. nivå 389 moh. I snitt betyr dette ca. 8 m dypt, noe som gir ca. 12 000 m³, anslagsvis halvparten er løsmasser.

For kanalen mellom sideoverløp til tunnel er det flere mulige løsninger. Dimensjonene på kanalen er kun grovt anslått og ikke dimensjonert ut ifra hydraulisk modellering. Som utgangspunkt for mengdeoverslag er det antatt en traktformet kanal med ca. 40 m lengde og fall 1:8 inn mot tunnelinnløpet som da legges på med bunn på 384 moh. Hvis en skal fjerne alt berg frem til tunnelinnløpet gir det behov for å ta ut betydelige mengder masse, størrelsesorden 20 000 m³ der 10 til 15 % av dette er løsmasser. Volumene kan reduseres ved å trekke overdekningen fram mot overløpet og/eller redusere lengden på kanalen, det vil også redusere høyden på blotningen. Hvor langt en kan dra det fram avhenger av fjellkvaliteten og hvor bred fjellhall som kan aksepteres. Andre løsninger som vil redusere masseuttaket og synligheten av tiltaket er kortere og brattere sjakt inn til tunnelåpningen. Til sammen gir disse estimatene ca. 10 000 m³ løsmasser og 23 000 m³ utsprenget fjell.

Sikring

De største faremomentene vil være knyttet til fall inn i konstruksjonen eller mot elva. Brua må sikres med høyt rekkverk og gjerde på begge sider, og gjerdet på landsiden må forlenges opp og rundt hele sjakta mot tunnelen. Gjerdet må være høyt nok til å hindre

klatring og at hjortedyr hopper over. Flettverksgjerde på minst 2.5 m høyde trengs, Innkjøring til kanalen med kjøreport fra Finnkanten i nedstrøms ende.

Materialer og kostnader

Der det er mulig, er NVEs kostnadsgrunnlag for vannkraft og småkraftbenyttet (NVE, 2016a, 2016b). Denne gir kostnadsanslag pr 1.1.2015. NVE mottar årlig indeksreguleringer for relevante kostnadsgrupper fra Norconsult (NVE, 2022a). Dette er indekstall med basisår 1997. Ved sammenligning av indeks 1.1.2015 og 1.1.2022 får vi en prisstigning for tunneler på 34 %. Priser oppgitt videre er korrigert til 2022-nivå.

Sideoverløpet blir altså ca. 100 meter langt, pluss avslutning i begge ender, 2 meter høyde over bunn i rensel elv (394 moh.), 6,5 meter høyde på overløpsiden. Vi bruker kostnadsbildet for en 6.5 meter høy platedam fra NVEs "Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg" (NVE 2016b), 111 220 kr pr løpemeter. Det er da regnet med fundamentering på fjell, og at støtteplatene er utformet slik at det kan legges bruplater på toppen med 1 m lysåpning til overløpet. Enhetskostnadene er økt til 120 600 kr/lm av den grunn.

- 1) Elvebunn:
 - a) Bortkjøring av 3500 m³ løsmasser. 94 kr/m³: 0,3 Mkr
 - b) Stabilisering og plastring i nedre del av inntaksområdet: 1000 m² á 4500 kr (jfr TF4): 4,5 Mkr.
- 2) Overløp og kanal:
 - a) Sprenging og bortkjøring: 9600 m³, 470+94 kr/m³: 5,4 Mkr
 - b) Overløpsdam; 120 600 kr/lm: 12,1 Mkr
 - c) Endeavslutning av dam: 40 m, anslagsvis 20 100 kr pr lm: 0,8 Mkr
- 3) Utsprenging av åpen, traktformet kanal til tunnel:
 - a) 20 000 m³, 470+94 kr/m³: 11,2 Mkr
- 4) Gardsveg over overløp: 20 stk segmenter på 2.5 x 5m. Anslagsvis 500 000 kr pr element: 10 Mkr.

Samlet blir dette 44,3 millioner kr.

Det er ikke regnet med kostnad for eventuell injisering, ettersom det er svært vanskelig å anslå uten nærmere grunnundersøkelser. Dette kan være fra ingenting til størrelseorden 10 mill. kr. Dette gjelder begge inntakspunkt. Kostnad for sikring er heller ikke tatt med.

Kostnader for bortkjøring er basert på lokal bruk/deponering av massene, I praksis vil dette si i Vågåmo.

2.3 Utløpsløsning

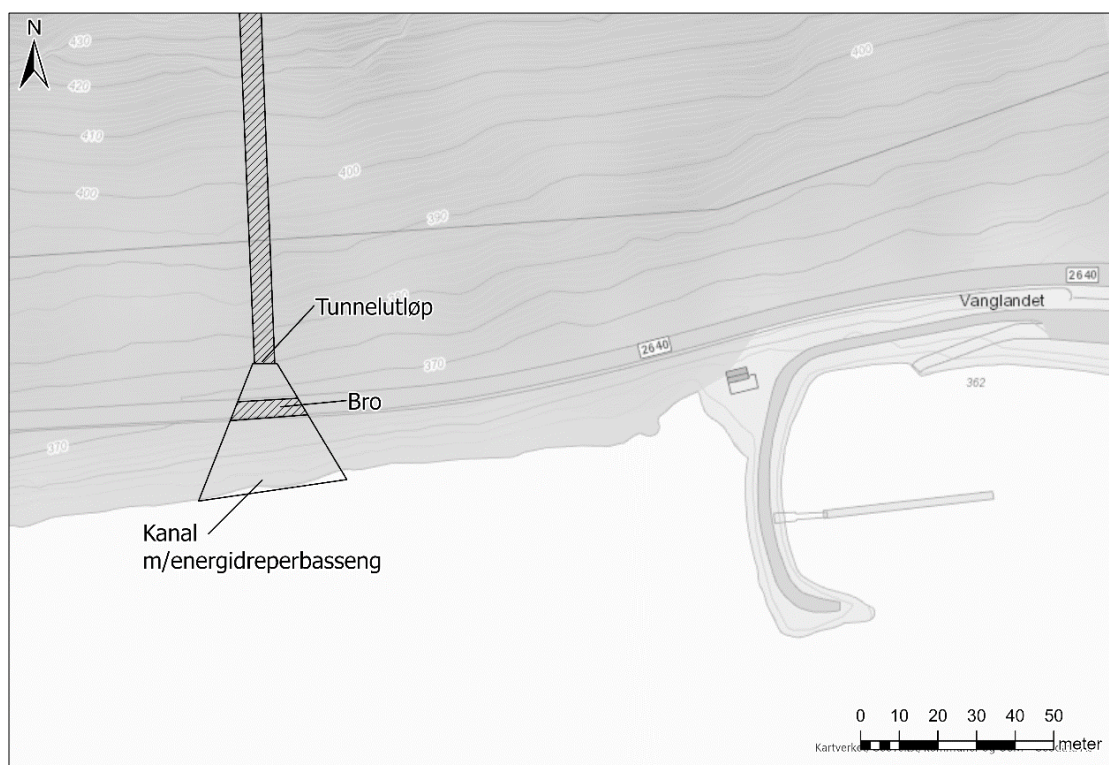
Utløpet må nødvendigvis ligge langs stranda av Vågåvatnet vest for elvevifta fra Finna, det vil si fra innmarka til Vang og vestover. Her er det to hovedutfordringer, konflikt med Nedre Nordheradvegen (FV 2640) og Nordherad som utvalgt kulturlandskap. Det naturlige utløpsområdet er strandsonen fra småbåthavna til innmarka på Lye gard. Her vil konflikten med kulturlandskapet være begrenset, men FV 2640 går så nær

Vågåvatnet og med så liten overhøyde (5 til 12 m) at det er vanskelig å få til en utløpsløsning uten å føre veien i bru. Lenger vestover stiger veien, men her ville inngrepene i kulturlandskapet blitt svært markante.

Et dykket utløp ville vært å foretrekke, men Vågåvatnet er svært grunt i det aktuelle området, bunnen ligger på ca. 359 moh. og middelvannstand er på ca. 362 moh. Etter alt å dømme er det også stor sedimentmektighet. Dette bekreftes til en viss grad av borer for Vågå vannverk ca. 450-500 meter øst for mulig tunnelutløp, der inntil 27,5 meter ble sonderboret uten at en traff fjell (NGU, 1998). Nærmere undersøkelser med seismikk eller tilsvarende må foretas dersom man skal vurdere en slik løsning.

Som et utgangspunkt er det tenkt at tunnelutløpet ligger på 361 moh. med en utløpskanal som utvider seg fra tunnelbredden til ca. 30-40 meter ved enden i Vågåvatnet. Siden midlere vannstand i Vågåvatnet er rundt 362 moh. vil det da stå vann i kanalen det meste av tiden, med en typisk dybde 0,5 til 1,5 meter. Utløpet av tunnelen blir ca. 40 meter fra strandkanten, og FV 2640 føres over i bru, ca. 40 meter lang, på samme nivå (ca. 368 moh.) og samme trasé som i dag (Figur 2-16, Figur 2-17, Figur 2-18).

Flomtunnelen vil øke vannføringen og vannstandene i Otta på en kort strekning mellom tunnelutløpet og samløpet med Finna. Dette har ingen potensielle konsekvenser før summen av vannføringen i Otta og fra tunnelen overstiger vannføringen for 1000-årsflom med klimapåslag i Otta. Flommer med returperiode og samtidig kulminasjon i Finna og Otta er sannsynlig, dog er sannsynligheten lav. Har tunnelen en kapasitet på 245 m³/s vil kulminasjonsvannføringen ved 1000-årsflom med klimapåslag i Otta øke fra 1661 til 1906 m³/s mellom tunnelutløpet og samløpet med Finna. Hydraulisk modellering viser at økt vannføring fra 1661 til 1906 m³/s fører til beskjedne økninger i vannstand langs med strandkanten, men ved Sundbrui øker vannstanden med ca. 0,3 meter (NGI, 2022b). I prosjekteringsfasen bør konsekvenser for Sundbrui vurderes nærmere. Tar vannspeilet oppunder brua kan oppstuvningen lenger oppstrøms i Vågåvatnet bli større. I utløpskanalen til tunnelen vil det være bølger og lokal oppstuvning i overgangen mellom utløpskanalen og Vågåvatnet, men dette vil dissipere lokalt.



Figur 2-16 Ca. lokalisering og omriss av utløpsløsning vest for småbåthavna i Vågåvatnet.



Figur 2-17: Utløpsområdet sett fra moloen ved småbåthavna (Foto: Sander Sæltun)



Figur 2-18 Skisse (basert på foto i Figur 2-17) av utløpsløsningen sett fra moloen ved småbåthavna. Selve tunnelåpningen vil ligge lavere enn veien. Skogen må fjernes ved anlegget og 3-4 m skjæringshøyde vil bli synlig.



Figur 2-19 Utløpsområdet sett fra RV 15. Den hvite hytta midt på bildet er på småbåthavna. (Bilde hentet fra Streetview, Google maps).

Dybde til fjell er usikkert i dette området. Fra flyfoto er det vanskelig å se fjell, og det er i dag en blanding av lauv og barskog i terrenget. Flyfoto fra 1958, da det var langt mindre skog enn i dag, viser spredt skog og beiteland, men ingen åpenbare fjellblotninger. Det er også lite fjellblotninger i skjæringene langs veien. NGUs løsmassekart

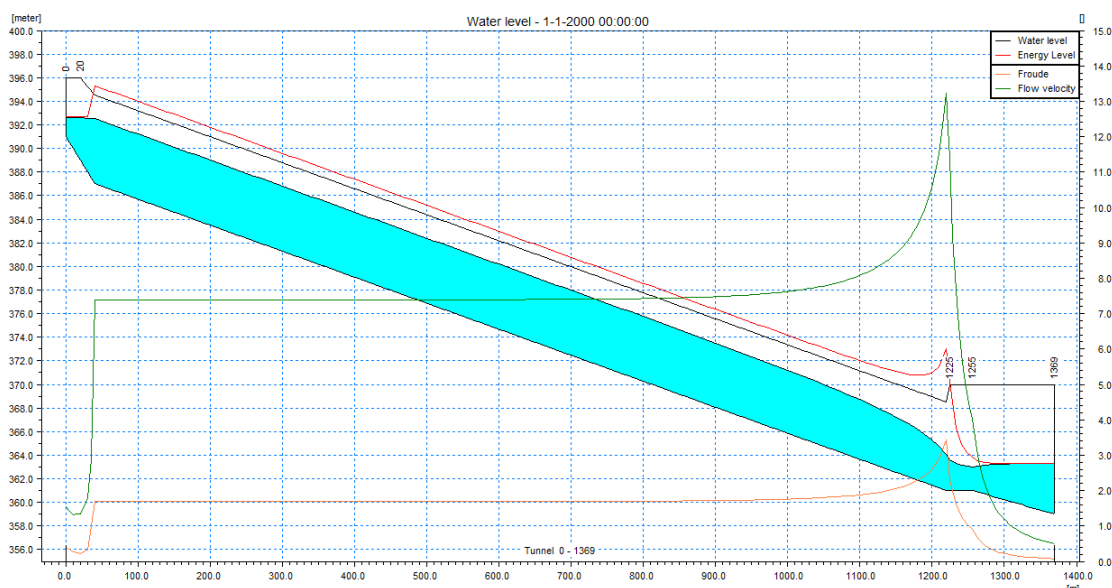
angir “Bart fjell” og “Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen”. Terrenget ved utløpsområdet stiger ca. 1:2. Med et tunneltverrsnitt på 40 m², bredde 6 meter og høyde 7,5 meter, og nødvendig fjelloverdekning på 4 meter, må det forskjæres inn til terrenghøyde 373.5 moh. dersom vi regner med bunn av tunnelutløpet på 361 moh. Det er en terrenghøyde vi finner godt 30 meter inn fra stranda.

Ved utløpet ligger veibanen på Nedre Nordheradsvegen på 369-370 moh. Selve tunnelutløpet og forskjæringen vil derfor være lite synlig på avstand, bortsett fra at noe av vegetasjonen vil være borte.

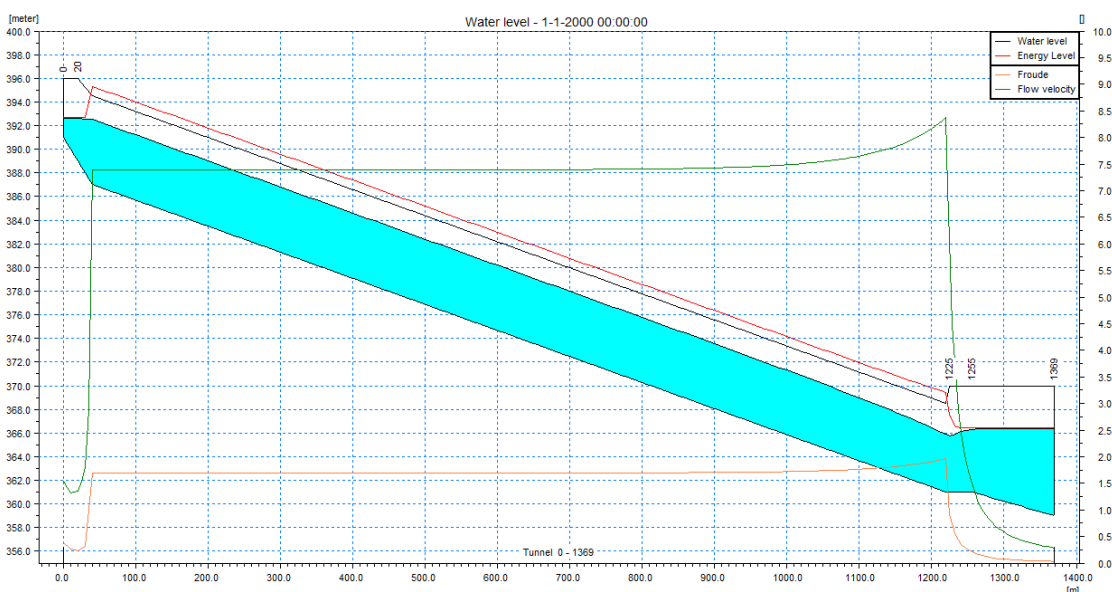
Vannhastighetene i utløpet av tunnelen er svært høye ved store flommer og i utløpskanalen er det derfor behov for energidreperiltak. I tillegg til vannføringen vil hastighetene og energien i utløpskanalen avhenge av flere faktorer: tunnelens geometri og bunnivå ved utløpet, kanalens geometri og bunnivå, og vannstanden i Vågåvatnet. Ved bestemmelse av nivået på utløpet av tunnelen er det viktig å sikre at vannstanden i Vågåvatnet ikke reduserer kapasiteten til tunnelen.

For å vurdere om utløpsnivå på tunnelen ikke påvirker kapasiteten ble det satt opp en 1D hydraulisk modell av tunnelen fra inntaket ved trafostasjonen og til utløpet i Vågåvatnet. Flomtunnelen ble modellert med bredde på 6 meter og høyde 7,5 meter, og Manningstall satt til 32. Nivået på innløpet ble satt til 388 moh. og utløpet til 361 moh., med horisontal kanal mellom utløpet og Vågåvatnet. Utløpskanalen er lagt inn med lengde på ca. 40 meter, og øker i bredde gradvis til 30 meter ved utløpet i Vågåvatnet.

Flommer i Finna og Otta kan kulminere hver for seg eller samtidig. Derfor er det sett på scenarier med vannstand lik middelflom (363,3 moh., Figur 2-20) og 1000-årsflom med klimapåslag (366,4 moh., Figur 2-21) i Vågåvatn. Med tanke på hastigheter, energinivå og erosjonssikring av kanalen nedstrøms utløpet til tunnelen, er scenarier med høy vannføring i flomtunnelen og lav vannstand i Vågåvatn det minst gunstige. Simuleringene viser at kapasiteten til flomtunnelen ikke påvirkes selv når det er 1000-årsflom med klimapåslag i Vågåvatn. Det er fortsatt friskeilstrømning i utløpet av flomtunnelen. Den høye vannstanden i Vågåvatn er et naturlig energidreperiltak som bidrar til å redusere hastighetene i utløpet av tunnelen, men hastighetene er fortsatt betydelige med maksimalverdi på ca. 8,5 m/s. Vannstand lik middelflom i Vågåvatn gir langt høyere hastigheter ved utløpet, med maksimalverdi på ca. 13 m/s. Modellen viser tydelige vannstandssprang i overgangen mellom overkritisk til underkritisk strømning.



Figur 2-20: Lengdeprofil flomtunnel med inntak ved trafostasjonen, vannføring 245 m³/s og vannstand i Vågåvatnet på 363.3 moh. Blått volum viser vannstand (venstre y-akse), rød kuver viser energinivå (venstre y-akse), grønn kurve vannhastighet (høyre y-akse) og oransje kurve Froude-tall (høyre y-akse)



Figur 2-21: Lengdeprofil flomtunnel med inntak ved trafostasjonen, vannføring 245 m³/s og vannstand i Vågåvatnet på 366.4 moh. Blått volum viser vannstand (venstre y-akse), rød kuver viser energinivå (venstre y-akse), grønn kurve vannhastighet (høyre y-akse) og oransje kurve Froude-tall (høyre y-akse)

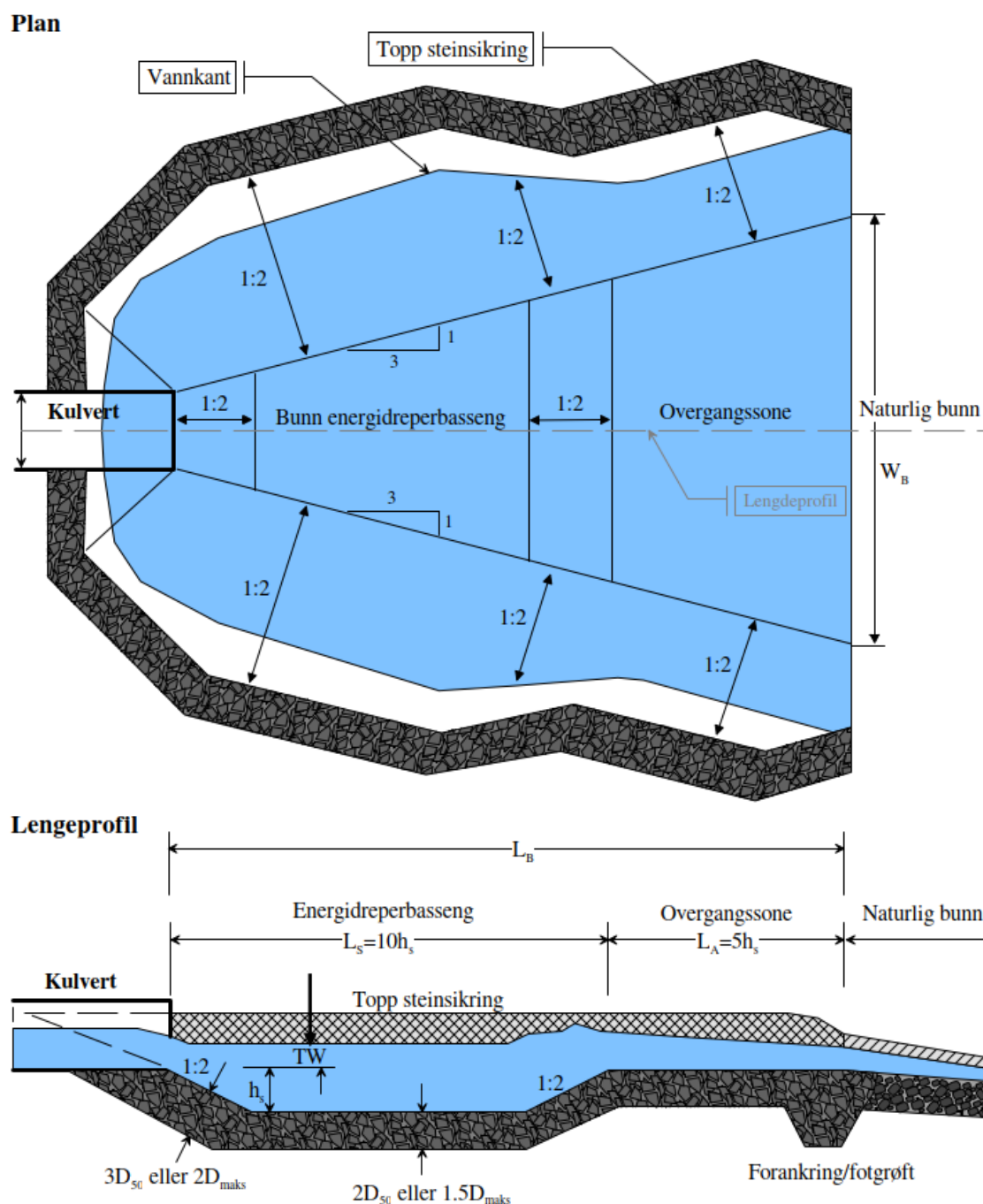
Et tenkt tiltak for å redusere hastigheter i utløpskanalen er et energidreperbasseng (Figur 2-22). For å gi et grovt estimat på nødvendige dimensjoner er det benyttet Thompsons formel for energidreperbasseng ved kulvertutløp beskrevet i kapittel 4.8.1 i NVE rapport

4/2009 'Veileder for dimensjonering av erosjonssikring med stein'. Det er beregnet dimensjoner for et energidreperbasseng for både scenario med middelflom og 1000-årsflom med klimapåslag i Vågåvatn. Vannstander og hastigheter ved tunnelutløpet er hentet ut ifra 1D-modellen. Med middelflom i Vågåvatn blir dybden ca. 3 meter og hastigheten ca. 13 m/s, og ved 1000-årsflom.

Tabell 2-3: Dimensjoner for energidreperbasseng ved vannføring på 245 m³/s i utløpskanalen og ulike vannstander i Vågåvatn. Se Figur 2-22 for forklaring av parametre.

H Vågåvatn	h _{utløp}	V _{utløp}	T _w	H _s	L _s	L _A	L _B	W _B	D ₅₀	t
(moh)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
366.4	5.0	8.5	3.8	1.7	18.8	9.4	28.1	26.3	0.8	2.4
363.3	3.0	13.0	3.8	3.2	31.5	15.8	47.3	39.0	1.2	3.6

Beregningene viser at scenario med lav vannstand i Vågåvatn gir størst dimensjoner på energidreperbassenget (Tabell 2-3). Resultatene påvirkes sterkt av hvilken verdi for steinstørrelse (D₅₀) i bassenget man velger, jo større steinstørrelse man velger jo mindre blir dimensjonene på bassenget. Total lengde på bassenget ender på ca. 30-50 meter med bredde i Vågåvatnet på ca. 40 meter. Bunnivået til bassenget ligger ca. 3 meter under bunn av tunnelutløpet. Beregningene viser at det er plass til et energidreperbasseng mellom tenkt plassering av tunnelutløpet og Vågåvatnet. Dette er kun grove overslag og detaljene må vurderes nærmere i en senere fase sammen med eventuelle andre energidreper tiltak.



Figur 2-22: Energidreperbasseng, lengdeprofil og plan (NVE, 2009)

Dimensjonering av utløpskanalen og et energidreperbasseng må sees i sammenheng med bru over kanalen. Bruer skal iht. Statens vegvesens håndbok N400 for bruprojektering ha en fri høyde over vassdrag på 0,5 meter ved 200-årsflom med klimapåslag. Siden veien ligger på rundt 368 moh. stikker skjæringen 5-6 meter over veiplanet. Konstruksjonen blir altså ikke svært dominerende. Det mest synlige blir ledemurene ut mot vannet. Masse som må fjernes for utløpskanal og påhogg utgjør ca. 3500 m³, av dette er

anslagsvis halvparten løsmasser, resten utsprengt fjell. Dette er ned til kote 361. I tillegg kommer utsprengning for energidrepermagasinet til kote 358, ca. 2000 m³, trolig mest fjell. En mer detaljert undersøkelse for å bestemme endelig plassering av utløpet vil være nødvendig i forbindelse med prosjektering av tiltaket.

Sikring

Konstruksjonen må sikres mot fall langs kanalen og rundt tunnelpåhogget. Dette kan gjøres med normal høyde flettverk langs det meste av kanalen, og et høyt gjerde rundt tunnelpåhogget. Kjøreporten blir fra avkjørsel fra Nedre Nordheradvegen. Hvorvidt det trengs egen avsperring av selve tunnelen fra en eller begge ender er et åpent spørsmål. Det vil ikke være elektriske installasjoner i tunnelen, og den vil være tørr det meste av tiden. Flom inn i tunnelen vil stige rolig og forutsigbart. Det vil være best å unngå fjernopererte porter. Det kan tenkes at vippeporter som åpnes av vanntrykk ville fungere.

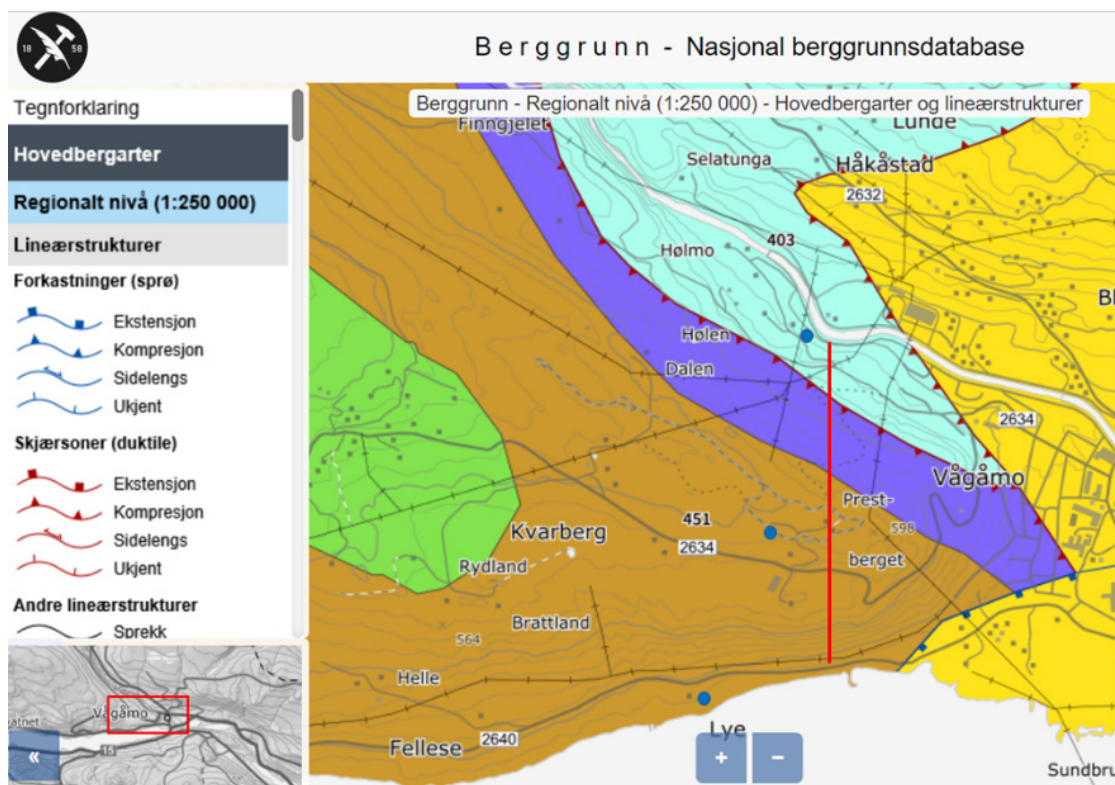
Kostnader

- 1) Kanal inn til tunnelpåhogg.
 - a) Masseflytting: 1700 m³ løsmasse. 94 kr/m³: 0,2 Mkr
 - b) Sprenging og masseflytting: 1800 m³, 470+94 kr/m³: 1,0 Mkr
- 2) Energidreperbasseng:
 - a) Utsprenging og masseflytting: 2000 m³, 470+94 kr/m: 1,1 Mkr
 - b) Plastring: 1600 m², 4500 kr/m²: 7,2 Mkr
- 3) Bru Nedre Nordheradvegen: 40 m, 200 000 kr/lm: 8,0 Mkr

Samlet blir dette 17,5 millioner kr. Dersom dykket utløp lar seg realisere er kostnadene tidligere anslått til 12 millioner kr (NGI, 2022b).

2.4 Tunnel og tunnelmasser

Inntak i elvesvingen oppstrøms trafostasjonen gir den korte tunnelvarianten, som blir ca. 1150 meter fra påhogg til innløp. Det anslås et tverrsnitt på 40 m², utformet med 6 meter bredde og ca. 7,5 meter høyde med buet tak. Samlet utsprengt masse utgjør da ca. 46000 m³. Bunnivået ved inntaket vil være ca. 385 moh. Utløpet avhenger av vannstanden i Vågavatn, som er maksimalt 366,4 moh. ved 1000-årsflom med klimapåslag, som gir et fall på 22 meter, tilsvarende 1.8 %. I henhold til NGUs berggrunnskart består berggrunnen mest av grønnstein fra utløpet og oppover, så en kortere sone med serpentinit/-konglomerat. Tilnærmet 150 meter før inntaket passerer en duktil skjærsone (resultat av kompresjon) idet man går inn i fyllitt/leirskifer (Figur 2-23).



Figur 2-23 Utsnitt fra berggrunnskart i 1:250 000. Rød strek markerer ca. tunnel traséen. Brun farge markerer grønnstein, fiolett er serpentinit/konglomerat og blå er fyllitt/leirskifer. Blå prikker viser plassering av grunnvannsbrønner (kart fra www.ngu.no).

Enhetene faller mot sørvest, og serpentinit enheten er trolig tegnet for stor (J. Jakob, NGU, pers. komm., 2022). Rundt tunneltraséen er det flere fjellbrønner som er beskrevet i NGUs datasett for grunnvannsborehull (GRANADA), hvor tre av de mest relevante er merket med blått i Figur 2-23. Disse er fra sør til nord:

- Fjellbrønn 13080, ved Lye (1967). Dyp til fjell 9 meter, totalt dyp 80 meter. Vannføring 600 l/t. Bergart grønnstein.
- Fjellbrønn 122650, Kvarbergåsen (2021). Dyp til fjell 1,5 meter, totalt dyp 150 meter. Vannføring 4000 l/t. Bergart ikke angitt.
- Fjellbrønn 13084, i skråningen under Hølen (1966). Dyp til fjell 2 meter, totalt dyp 81.5 meter. Vannføring 150 l/t. Bergart fyllitt.

Tunnelen bør drives oppover fra utløpet, både av praktiske grunner og for å unngå stor uttransport gjennom Vågåmo. Utfordringen er da riggområde og adkomst. To muligheter er:

- Legge FV2460 midlertidig over parkeringsplassen til småbåthavna og videre på fylling på sørsiden av nåværende trasé forbi påhogget, og dermed bruke dagens vei som rigg og adkomst.
- Lage tverrslog inn fra jordet under Vangsbergje, og bruke deler av jordet til rigg.

Vi antar her at det første alternativet lar seg realisere.

Kostnader

Alle kostnader er korrigert fra 2015 til 2022 basert på en prisstigning på 34 %. Basert på (NVE, 2016b), fig 2.4.1 anslås totalpris for entreprenørarbeider til 25 700 kr pr løpemet. Dette inkluderer opplastning og transport til 300 meter utenfor påhogg, sikring og 10 % diverse. Påhogg er dekket av utløpskostnadene. Totalkostnaden blir 31.6 Mkr.

Tunnelmasser

I tillegg til de ca. 46 000 m³ utsprengt tunnelmasse, vil det komme ca. 27 000 m³ utsprengt masse fra inntaket og utløpet. Totalt må derfor minst 73 000 m³ fraktes bort og deponeres eller eventuelt benyttes så lokalt som mulig. I tillegg kommer ca. 11 000 m³ løsmasser (morenemasse og elvebunnssubstrat). Volum av utsprengt fjell øker betraktelig når det er blitt sprengstein og skal fraktes og benyttes. Man bør regne en faktor på 1,5, noe som gir et volum på ca. 110 000 m³ sprengstein til bortkjøring og bruk eller deponering. Slike masser kan medføre et mulig forurensningsproblem.

I utgangspunktet skal bergartene i området være uproblematisk med hensyn til mulig forurensning. Leirskifer kan i noen tilfeller inneholde sulfider, men dette avhenger av avsetningsmiljøet og vi kjenner ikke geologien i detalj her. Serpentinitt kan i noen tilfeller ha innslag av asbestholdige mineraler, men dette er sjelden og mer et mulig HMS problem under tunneldrivingen.

Et generelt problem med all utsprengt stein er partikkelforurensning og nitrogenforbindelser fra sprengstoffet (NVE, 1998). Utsprengt stein bør ikke deponeres eller brukes direkte i vann eller i direkte kontakt med en resipient, og dette må tas hensyn til ved deponering eller bruk av tunnelmassene. Ved bruk av utsprengt stein til fyllingsmasse i bygge- eller infrastrukturprosjekter kan det være en fordel å vaske/spyle sprengsteinen som legges i den ytterste delen, særlig dersom massene kan komme i kontakt med vann.

Mulig utnyttelse er ikke en del av dette prosjektet, men to mulige anvendelser i nærhet av tunnel utløpet; oppfylling av Brustugujordet og flomvoll langs Vågåvatnet. Brustugujordet ligger rett vest for Vågåvegen og er et område Vågå kommune har regulert til boliger og næringsbygg, blant annet hotell og turistsenter, som alle er bygninger i sikkerhetsklasse F2. I dag varierer høyden på det regulerte området fra 361,8 moh. til 366,8 moh. Området er på 38 000 m², og bør ha en høyde på minst 365,5 moh. for å være flomsikkert for en 200-årsflom med klimapåslag i Otta. Det er bare de nordligste delene av arealet som har tilfredsstillende høyde. Totalt er det behov for et volum på ca. 45 400 m³. I tillegg bør det påregnes fjerning av minst 0,5 m matjord, samt en viss innsynkning når massene legges på. Totalt kan oppfylling av Brustugujordet ta unna ca. 65 000 m³ tunnelmasse. I tillegg kan ca. 10 000 m³ tunnelmasse også benyttes til en eventuell flomvoll langs denne delen av Vågåvatnet, tiltak TO2 (NGI, 2022b), dersom man, tross et lavt nytte-kost forhold (Kapittel 0), velger å gå videre med dette tiltaket. Dette betyr at en vil måtte finne annen anvendelse for eller deponere ca. 35-45 000 m³ masse (avh. om en bygger flomvoll eller ikke). Vi kjenner ikke kommunens planer godt nok til å kunne angi eventuelle andre områder for oppfylling, men dette vil være masser som kan utnyttes til slike formål. Det nærmeste deponiet vi kjenner til ligger

i Lalm, nedenfor Eidefoss, og det innebærer en transportvei på ca. 20 km fra tunnel-påhugget ved småbåthavna. Kostnader for transport og deponering av masser vil komme i tillegg til de anslåtte tunnelkostnadene (Tabell 2-4), og det vil selvsagt være gunstig om en kan utnytte massene lokalt. Som et eksempel vil ytterligere oppfylling av Brustugujordet med én meter ta unna det meste av de gjenværende massene. En annen mulig kandidat, er dersom man skulle velge å heve grunnen for bensinstasjonen på østsiden av Vågåvegen. Denne er kort diskutert i fase 2 av mulighetsstudien (NGI, 2022b), men er valgt å ikke gå videre med.

Da vi ikke kjenner detaljer i de geologiske forholdene i tunneltraseen, anbefales geokjemiske undersøkelser av utsprengte masser før de benyttes til oppfylling. Spesielt for eventuelt bruk i flomvoll, som vil komme i kontakt med vann i flomsituasjoner, vil dette være viktig.

2.5 Revidert kostnadsestimat

Tabell 2-4 Kostnadsestimat for flomtunnel med de to alternative lokaliseringene av innløpet. Alle kostnader er tatt fra NVE (2016a) og (2016b), indeksregulert til 1. januar 2022 ved hjelp av NVE (2022a)

Beskrivelse	Enhetspris (kr/enhet)	Trafostasjonen (Mkr)	Sælatunga (Mkr)
Tunnel, tverrsnitt 40 m ²	27 460 m ²	31,6	46,7
Inntak; terskel, kanal/sjakt, adkomst		44,3	34,8
Utløp og påhogg		17,5	17,5
<i>Uforutsette kostnader</i>	<i>15,0 %</i>	<i>14,0</i>	<i>14,9</i>
<i>Riggkostnader</i>	<i>20,0 %</i>	<i>18,7</i>	<i>19,8</i>
<i>Planlegging, prosjektering og byggeledelse</i>	<i>11,5 %</i>	<i>10,7</i>	<i>11,4</i>
Totalsum		136,8	145,1

For sammenligning har vi tatt med estimat for tunnel fra Sælatunga. Inntaket vil være minst like kostbart som inntaket ved trafostasjonen, men man sparer bruonstruksjonen. Tunnelen blir ca. 600 meter lengre og dermed dyrere, utløpet vil koste det samme. Alt i alt ser Sælatunga-alternativet ut til å bli ca.8 millioner kr dyrere.

Effekt for naturverdier, kulturverdier og tredjepart

Selv om en flomtunnel (TF3) vil medføre omfattende inngrep i forbindelse med etablering av inntakskonstruksjonen i Finna og utløp i Vågåvatnet vurderes dette tiltaket å være positivt for elvemiljøet i Finna mellom inntakskonstruksjonen og utløpet i Otta, dvs. gjennom sentrum av Vågåmo. Tiltaksalternativet med forsterkning/forhøyning av eksisterende forbygninger langs Finna (TF6) ville trolig også ha inkludert inngrep i selve elveleiet fordi det ville vært behov for bedre fundamentering av forbygningene på flere steder (dvs. inkludere mer enn bare å forhøye eksisterende forbygninger). Vi vurderer derfor den samlede negative effekten av etablering av TF3 på elvemiljøet å være mindre enn TF6.

Generelt vurderer vi at det ville vært positivt for fisk, bunndyr/insekter og folks opplevelse av elva hvis man gjennomfører tiltak som skaper mer variasjon i vannhastighet og dybdeforhold i elva, m.a.o. skape et mer heterogent elvemiljø og redusere kanalpreget av Finna gjennom sentrum. En flomtunnel vil muliggjøre dette, men det er allikevel viktig å påpeke at Finna gjennom sentrum fortsatt vil kunne ha vannføringer på opp mot 300 m³/s i en flomsituasjon. Beregninger viser at vi ved slike vannføringer vil ha vannhastigheter på 3-5 m/s og opp mot 6 m/s på enkelte steder. Dette betyr at det ikke er bare å legge ut steiner, f.eks. som små «buner» for å bryte vannstrømmen langs land. Hvis steinene skal bli liggende i en storflom bør de ha diameter på > 1 m, vekt på minst 2-3 tonn og grunnes godt ned i bunnen. Dette vil absolutt være mulig å gjennomføre, men vi anbefaler at det gjøres hydraulisk modellering og detaljplanlegging av tiltaket hvis det skal realiseres. Det er også viktig at man har et bevisst forhold til hva slags elvetype man skal/ønsker å skape gjennom Vågå sentrum, og detaljplanlegging bør gjennomføres i samråd med kommunen og eventuelt den regionale miljøforvaltningen. Vi vil uansett foreslå at det lages en plan for skjøtsel av kantvegetasjonen langs Finna. Etablering av noe mer kantvegetasjon, der dette er mulig, vurderes som positivt for elvemiljøet og folks opplevelse av elva.

Når det gjelder effekt på kulturverdier, vil både inntak og uttak påvirke omkringliggende kulturlandskap og siktlinjer. Inntakskonstruksjonene kan utformes slik at kulturverdiene påvirkes i mindre grad. Vurdert opp mot andre nødvendige tiltak i sentrum som ikke trengs gjennomføres dersom tunnelen lages, så er dette et godt alternativ. Det er viktig å presisere at det skisserte utløpet ligger innenfor området “utvalgt kulturlandskap i landbruket”. Til tross for at området i dag muligens ikke oppleves som et viktig kulturlandskap, så er det likevel ønskelig at området forvaltes med det mål å opprettholde status som utvalgt kulturlandskap. Dette innebærer en tilnærming til tunneltiltaket som kan bidra til at endringene er skånsomt utført og minimerer synligheten av tiltaket. Selv om det i dag er mye skog og lite fjell i dagen, bør man ta høyde for at området forvaltes annerledes i fremtiden, med mindre skog og mer beiteland og fjell i dagen. Dette scenariet bør tas hensyn til når endelig utforming av tiltaket prosjekteres.

Anleggsdriften vil Nødvendigvis føre til ulemper i en periode. Arbeidet med inntaket oppstrøms trafostasjonen vil ha tilkomst langs Finnkanten og være svært synlig fra eiendommene på motsatt side av veien. Det vil være en del trafikk med tyngre maskiner, og veien vil være stengt ved anleggsområdet. En del masse fra påhogget og etablering av basseng vil transporteres ut langs Finnkanten og gjennom sentrum, litt avhengig av hvor de skal benyttes eller deponeres. Velger man inntak ved Sælatunga, må det etableres adkomst videre fra Hølmo, som vil bli kraftig berørt i anleggsperioden.

Det anbefales at selve tunneldrivingen gjøres fra utløpet og oppover. Da vil man unngå at all massen må transporteres gjennom sentrum, og derfor vil anleggsperioden berøre færre av innbyggerne. I anleggsperioden må det også avsettes areal for adkomst og rigg. Vi har antatt at en benytter dagens vei til dette og legger Nedre Nordheradsvegen midlertidig gjennom parkeringsplassen til småbåthavna og videre på fylling ut i vannet. forbi påhogget. Videre detaljering av anleggsfasen vil være en del av prosjekteringen om man går videre med dette tiltaket.

3 Tiltak TF4: Sedimentasjonsbasseng mellom Sælatunga og eksisterende terskler

Bakgrunn for tiltaket

Sedimenttransport og bunnheving i Finna er et stort problem og øker flomfaren i Vågåmo betydelig (NGI, 2022a). Ved å la sedimenter i Finna bygge seg opp over 50-100 år vil skadepotensialet ved en storflom øke betydelig. I store deler av Vågåmo kreves nå sikkerhet for 1000-årsflom med klimapåslag. Under en så stor flom som 1000-årsflom vil en kunne forvente stor flomvannsføring over flere dager (som f.eks. under Storofsen), noe som øker sannsynligheten for bunnheving. Værsituasjoner som fører til flom av denne størrelsen vil også gi stor sannsynlighet for skred ned i Finna fra de bratte kantene i Finngelet, noe som igjen vil medføre økt massetransport og mulig bunnheving. For å forhindre skadelig bunnheving i elva bør det derfor etableres et system for fangst og håndtering av bunntransporterte sedimenter i Finna.

Beskrivelse av tiltaket

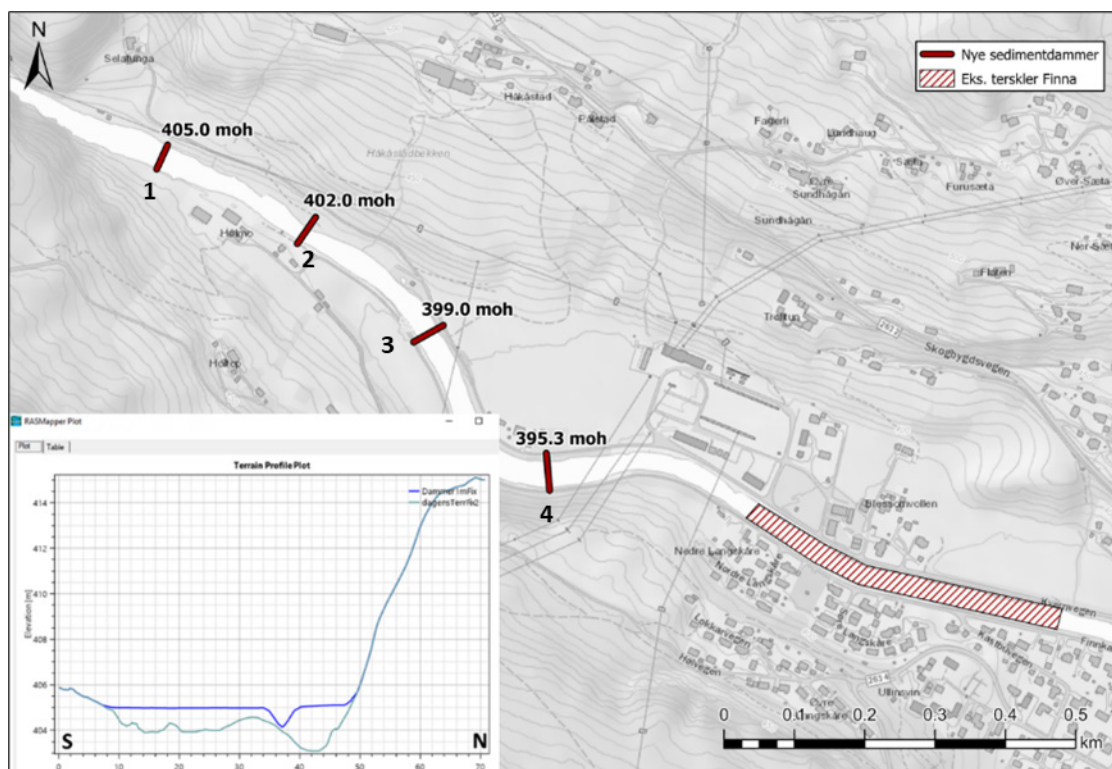
I fase 2 av prosjektet (NGI, 2022b) var 4 sedimentasjonsbassenger med terskler foreslått (Figur 3-1). Det nederste av disse ville øke flomvannstand for 200- og 1000-årsflom lokalt ved trafostasjonen og husene i Kvernvegen 33 og 35. I det reviderte forslaget presentert her, er denne nederste av tersklene fjernet, og det foreslås inntil 3 terskler. Det kan fortsatt være et alternativ å bygge 4 terskler, men da må flomverket på venstre bredd heves. Endelig plassering av tersklene (Figur 3-1) må sees i sammenheng med andre tiltak, som innløpsløsningen for en flomtunnel oppstrøms trafostasjonen, eller forhøyede flomverk langs elva. Alle tersklene er tenkt konstruert med en slisse tilpasset lavere vannføring, og det vil legges vekt på utforming som muliggjør toveis fiskevandring på normal sommervannføring. Endelig utforming vil være en del av detaljprosjekteringen. Dette gjelder både byggeteknikk og størrelse på tersklene.

For å øke avlagringskapasiteten og etablere hydrauliske forhold som favoriserer avsetning av sedimenter, bør bunnen senkes oppstrøms tersklene. Det foreslås her 20 m³/m over 100 m strekning, og det bør senkes i en trapes-form over ca. 30 m bredde med midtdyp 1 m. Avstanden mellom tersklene er ca. 200 m. Det kan også være aktuelt med breddeutvidelse av selve bassengene, men da bør også elveløpet utformes på en måte som ikke gjør at man skaper hinder for isgang og kan forårsake ispropp. Isgang og oppstuvning er potensielt et alvorlig problem for terskeldammene. Tersklene er her angitt med samme konstruksjon og høyde for alle. De bør være utformet slik at både fisk og kajaker kan passere, med en dyp slisse til bunnen. Spesielt den øverste terskelen kan eventuelt økes i høyde for å øke lagringsvolumet av sedimenter under en flom. En eventuell økning av dammenes høyde og volum må imidlertid vurderes i forhold til utforming, med åpen slisse, og kravene i damsikkerhetsforskriften. Det er ingen fasit for hvor stort lagringsvolum det er behov for. Med tre terskler slik de er skissert, uten økt bredde eller høyde på dam, vil totalt volum være ca. 60 000 m³. En videre optimalisering av dammene, både med hensyn til utforming, plassering og antall kan gjøres i prosjekteringsfasen.

Sedimentdammer har et kontinuerlig behov for tilsyn og vedlikehold, og det må legges til rette for tilkomst til dammene og areal for uttak, samt mellomlagring av masser fra dammene. Frekvensen på uttak vil variere avhengig av hyppighet og størrelse på flommer, og mellomlagring av uttatte masser kan være midlertidig, før frakt videre til eventuell gjenbruk eller permanent deponering.

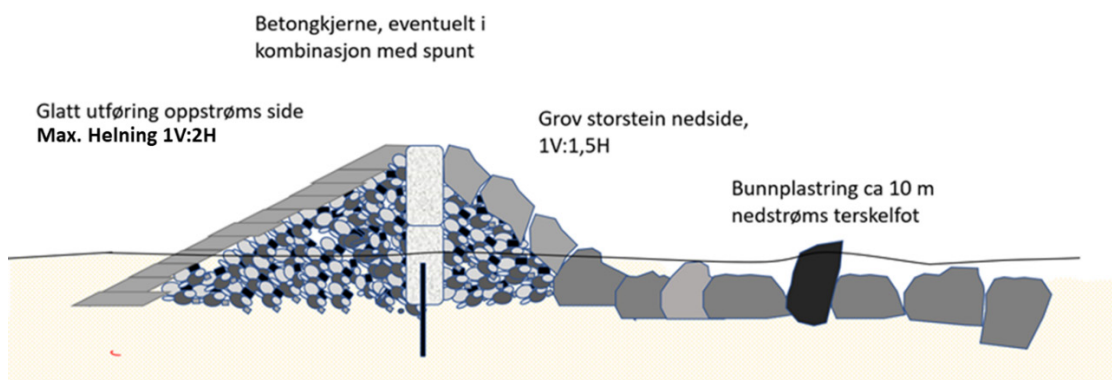
Materiale i bunntransport flytter seg ved rotasjon og sprang på bunnen, avhengig av vannhastighet. Ved store flommer øker vannhastigheten og størrelsen på sedimenter som settes i bevegelse. Ut av Finngjelet avtar hastigheten betraktelig og det er naturlige forhold for sedimentasjon. Øverste terskel vil bedre sedimentasjonsbetingelsene ytterligere. Tersklene har imidlertid begrenset høyde og volum, og sedimentene vil ved oppfylling av bassenget gå videre til neste basseng. Modellen indikerer at transport av steinstørrelser 128-256 mm (per definisjon liten til stor stein) faller markant i overgangen ut av gjelet og nedover. Vi regner med at dette vil være en dominerende steinstørrelse i tersklene, men både større og mindre sedimenter vil avsettes fordi mindre sedimenter blir fanget blant større fraksjoner. Tersklene har en relativ vid åpning for lavvannføring. Her vil en del masse unnslippe og transporteres videre nedstrøms.

Sedimentdammene har som formål å fange grovere sedimenter, som ellers ville fordele seg og avsettes i Finna gjennom sentrum og skape bunnheving der. Mye av de finere sedimentene stoppes ikke av sedimentdammene, men vil fraktes mot utløpet av Finna i Otta. En må derfor regne med å ta ut masser i utløpsområdet før dette bygger seg opp og kan føre til hevet vannstand i nederste del av Finna og i utløpet mot Otta. Hyppigheten og omfanget av slikt uttak vil avhenge av flomfrekvensen. Det bør legges til rette for uttak av masser, noe som bør sees i sammenheng med uttak av masser i Otta, tiltak TO1. Hvorvidt dette skal gjenbrukes eller deponeres har ikke vært et tema i mulighetsstudien, men noen betraktninger er gjort i forbindelse med bruk eller deponering av tunnelmasser fra tiltak TF3 (Kapittel 2).



Figur 3-1 : Plassering av fire terskler for å etablere sedimentasjonsbassenger. Profilet viser dagens tverrsnitt over elva (grønn strek) langs toppen av foreslått terskel 1 (blå strek). Strekingen med eksisterende terskler, som diskuteres i Fase 2 rapporten (NGI, 2022b) er også vist (rød skravr).

Tersklene kan bygges opp på forskjellig måte, men vi anbefaler at de bygges av en kjerne av betong, kledd med stein både oppstrøms og nedstrøms (Figur 3-1). En løsning der steinene går i trappeform mot nødvendig plastring nedstrøms vil være hensiktsmessig. En vil da benytte stein slik at tersklene i størst mulig grad får et uttrykk som eldre tørrmurdammer. Figur 3-2 og Figur 3-3 viser hhv. skisse av løsningen og hvordan den kan fremstå i elva. Det er nødvendig med solid plastring av elvbunnen minst 10 m nedstrøms foten av terskelen for å unngå erosjon og undergraving. Nedstrøms helning må sees i sammenheng med bunnplastringen. Slakere helning blir en del av bunnplastringen. Oppstrøms side av tersklene bør ikke ha brattere side enn 1V:2H, og utformingen må være glatt, tilsvarende som for deler av det eldre flomverket, vist i Figur 4-11. Grunnen til dette er faren for isgang, der isblokker skal kunne gli over tersklene. Hvis en får blokkering, kan vannstanden oppstrøms øke og føre til flommer som er større enn det som er beregnet i dette arbeidet. Tiltaket i seg selv øker ikke faren for isgang i Finna. Isgang i Finna er ikke uvanlig, og senest i januar 2021, da isgang fylte hele kanalen, ble isflak presset opp på parkeringsplassen utenfor Kiwi-butikken. En antar dette skyldtes tilstopping med påfølgende brudd høyere oppe i Finna (S. Løkken, Vågå kommune, pers. komm. 2022).



Figur 3-2 Prinsippskisse for sedimentterskel. Den oppstikkende steinen i plastringen nedstrøms indikerer energidreping.



Figur 3-3 Illustrasjon av et snitt gjennom en av tersklene sett fra avstand. Helning oppstrøms skal ikke være brattere enn 1:2, nedstrøms kan den være slakere eller brattere og denne helningen sees sammen med bunnplastringen nedstrøm.

3.1 Revidert kostnadsestimat

Der det er mulig, er NVEs kostnadsgrunnlag for vannkraft benyttet (NVE, 2016a). Denne gir kostnadsanslag pr 1.1.2015. NVE mottar årlig indeksreguleringer fra SSB og regner med en prisstigning for tunneler på 34 % fra 01.01.2015 til 01.01.2022 (NVE, 2022a).

Kostnadsoverslaget er beregnet som en steinplastret dam med plastring av stor stein. Totalt utgjør plastret areal ca. 24 m (lengde tverrsnitt overflate) x 40 m (bredde). Med i dette anslaget er 10 m bunnsikring nedstrøms. Plastring for dammen er regnet som om den ligger 1 m under bunnen av elva, slik at den er 3 m høy. Betong og plate føres tilsvarende ned eller dypere.

Det settes store krav til oppstrøms plastring på både jevnhet og steinstørrelse. Den må ha en glatt utførelse på grunn av isgang. Kostnaden er usikker på grunn av ukjent tilgang på egnet stein. Det er ikke medregnet eventuell spunt for håndtering av byggegrop. Det

må utføres grunnundersøkelser for å se på alternative fundamenteringsløsninger. Kostnader til dette er heller ikke medregnet. Vi setter derfor posten "uforutsette kostnader" så høy som 20%.

Tabell 3-1: Kostnadsestimat for tre sedimentasjonsdammer. (Revidert fra NGI, 2022b)

Beskrivelse- og priser for terskeldammer	Mengde	Enhetspris (kr/enhet)	Delsum (Mkr)
Terskler: Betong, ferdig støpt, med plate	120,0 m ³	7 500,0	0,9
Annet stein materiale, fylling	620,0 m ³	1 000,0	0,6
Plastring: Stein, inkl. transport og legging (gjennomsnittspris)	960, m ²	4 500,0	4,3
		Sum per terskel	5,8
Sum 3 terskler			17,4
Etablering av tilkomst for bygging og senere tømning og vedlikehold, antar på begge sider av elva. Totalt for alle terskler.			2,0
<i>Uforutsette kostnader</i>		20,0 %	3,9
<i>Riggkostnader</i>		20,0 %	3,9
<i>Planlegging, prosjektering og byggeledelse</i>		11,5 %	2,2
Avrundet totalsum			29,4

Kostnad på plastringstein er satt betydelig større enn hva NVE rapport 2016-40 og 2016-46 tilsier som skråningsvern, men enhetsprisen er sammenlignbar med pris for tørrmur for veianlegg.

Som en sammenligning er tilsvarende steinstørrelse lagt på nedsiden av øvre bunnsperre i Veikledalen, ovenfor Kvam i Gudbrandsdalen etter skadeflommene i 2011 og 2013. Oppstrøms må tersklene imidlertid ha betydelig jevnere flate enn tilsvarende i Veikledalen, her på grunn av isgang i Finna. Et alternativ med kun betongkonstruksjon på oppstrøms side, og med grov stein for energidreping på nedsiden er ikke regnet på, da vi her har lagt vekt på en utforming som er best mulig tilpasset landskapet.

Kombinasjon av TF3 og TF4

En flomtunnel med inntak vil fordre at sedimenter fanges før de kommer til inntaksområdet. Sedimenter i inntak og tunnel kan i verste fall føre til blokkering av flomveien. Den beste plasseringen av inntaket i forhold til hydraulikk og sedimenthåndtering er i elvesvingen oppstrøms trafostasjonen (Kapittel 2.1), der det også finnes et gammelt vanninntak for jordbruksvanning som ikke lenger er i bruk. I prosjektets fase 2 (NGI, 2022b) var dette i et område hvor det var lagt et mulig sedimentbasseng, som lokalt ville økt flomvannstanden og ført til økt flomfare for husene i Kvernvegen 33 og 35, samt, ikke minst for trafostasjonen. Ved bygging av tunnelinntak vil dette nedre sedimentasjonsbassenget ikke bli etablert.

Fire lave terskler var tenkt som det maksimale antallet en kunne plassere uten hensyn til konsekvens mellom Sælatunga og eksisterende terskler. Med flomtunnel vil det foreslås å bygge minst 2, eventuelt 3, terskler. Kostnadsestimatet (Tabell 3-1) er basert på tre terskler, men dette kan vurderes igjen i detaljprosjekteringen. Et alternativ er å bygge færre (to) og høyere terskler, men dette vil ha større negativ betydning for landskapsverdiene og vil dessuten trolig ligge i en høyere damklasse. Både antall og høyde på tersklene bør vurderes nærmere i prosjekteringsfasen.

Bygging av tersklene vil medføre midlertidige ulemper i form av trafikk med tunge kjøretøy langs Kvernvegen og Finnkanten, i tillegg til at det vil være anleggsaktivitet i elva over en periode. Anleggsdriften bør foregå i perioder med lav vannføring. Graving for å fordype bassengene bak tersklene kan føre til økt suspendert transport nedstrøms. Dette kan ha betydning for fisk og annet liv i elva, og planlegging av anleggsdriften bør derfor gjøres i dialog med biologisk kompetanse. For vedlikehold og tømning av dammene, må det etableres tilkomst, sannsynligvis fra Kvernvegen (nordsiden) men detaljer rundt dette vil avhenge av endelig plassering og utforming av tersklene

4 Tiltak TF6: Utbedring av eksisterende flomverk langs Finna gjennom Vågåmo sentrum

Bakgrunn og begrunnelse for tiltaket

Modellering i Fase 1 av prosjektet (NGI, 2022a) viser at en 200-årsflom, selv uten klimapåslag og bunnheving, kan overtoppe dagens flomverk. Selv om en ved tiltak TF4 eliminerer bunnhevingen i Finna, er det nødvendig å heve dagens flomverk for å kunne takle både 200- og 1000-årsflom med klimapåslag. Mange bygninger i Vågåmo er klassifisert i sikkerhetsklasse F3, og dette nødvendiggjør betydelig forbedring av flomverkene på begge sider av elva. Tiltakene beskrevet i dette kapittelet gjelder dersom en ikke etablerer flomtunnel (tiltak TF3). Flomtunnelen vil være designet for å ta flomtoppene slik at dagens flomverk er tilstrekkelig. Det vil imidlertid fortsatt gå flommer gjennom sentrum, med vannføring på opptil 300 m³/s, og det tas derfor forbehold om at dagens flomverk er solid nok og har tilstrekkelig fundament for å tåle gjentatte flommer opp mot denne størrelsen. Som eksempel kulminerte 2011 flommen med en vannføring på ca. 366 m³/s. Dette tilsvarer en 200-årsflom uten klimapåslag (NGI, 2022b)

Beskrivelse av tiltaket

Tiltakene anbefalt i dette kapittelet er alle basert på at forhøyningen gjøres med mur, som forankres ned i de gamle flomverkene. Usikkerhet rundt tilstanden til de eksisterende flomverkene og grunnforholdene, er betydelig, men de skisserte løsningene basert på mur, ansees å være de enkleste og rimeligste å gjennomføre. Av hensyn til landskap- og kulturverdier i Vågåmo, bør all mur forblendes, enten med lokal stein, eller med jord som beplantes som vist i Figur 4-1.

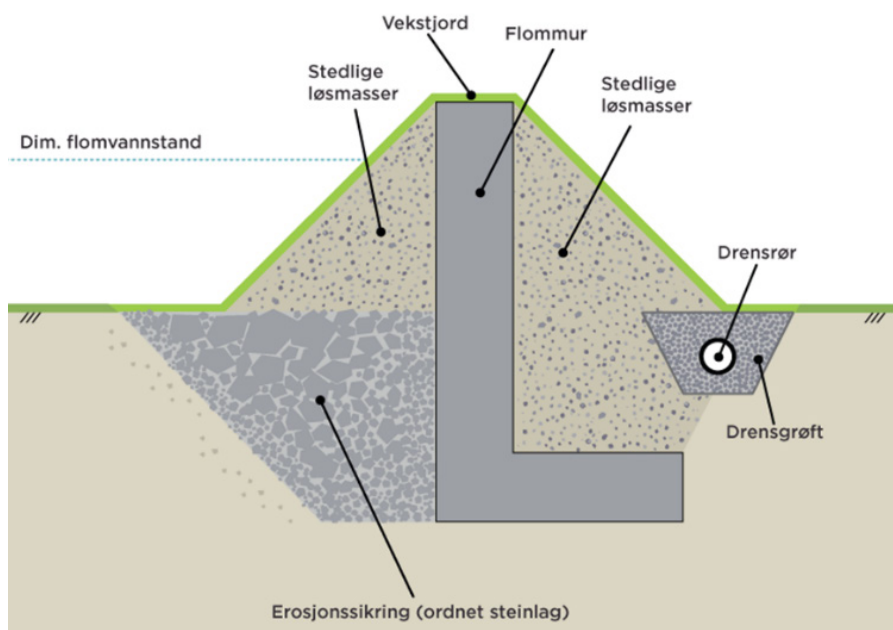
Usikkerheter knyttet til tilstanden av de gamle flomverkene og i hvilken grad disse kan påbygges gjelder både verkenes stabilitet, men også deres bunnforankring og i hvilken

grad de kan undergraves ved store flommer. I verste fall må det aller meste av de gamle flomverkene graves helt opp for etablering av nye og forhøyede flomverk. Usikkerhetene rundt dette er forsøkt gjenspeilet i kostnadsoverslaget (Tabell 4-1). Usikkerheten rundt de gamle flomverkene vil også påvirke anleggsgjennomføringen, som i alle tilfeller vil medføre en betydelig ulempe for Vågåmo mens den pågår.

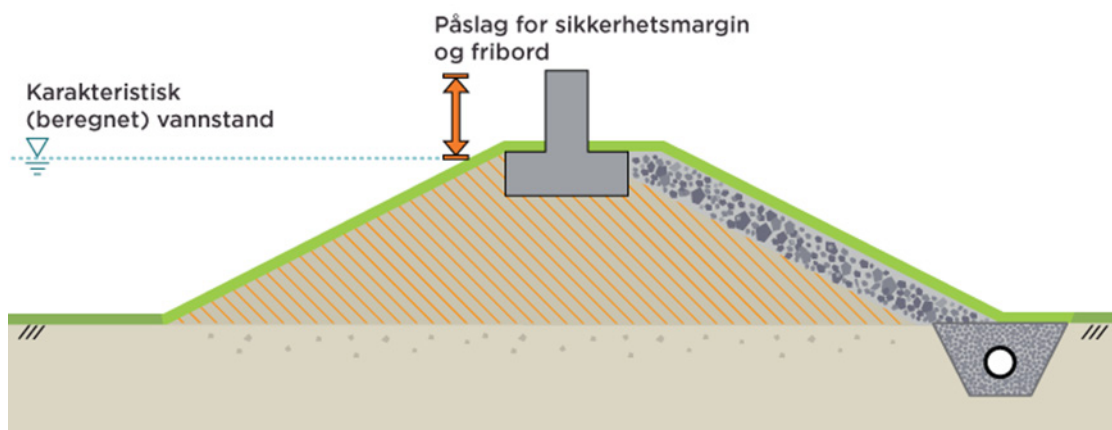
Finna har stor vannhastighet ved de flomstørrelsene det skal dimensjoneres for, og det vil derfor være nødvendig å ha underliggende stor stein eller betong i bunn og sider av flomverket for at dette skal være stabilt (Figur 4-1). Vi antar at eksisterende flomverk vil måtte sikres med en betongmur, eller betongkjerne. En flommur må støpes minst like dypt ned i terrenget som høyden på den oppstikkende delen for å forlenge strømningsveien. Der en har tilstrekkelig bredde, kan det graves og støpes fra luftsiden. Dersom erosjonssikringen er god nok, kan den da ligge som den er. En slik løsning utelukker ikke at flomverket beplantes og dekkes av vegetasjon.

Figur 4-2 viser en prinsippfigur av en annen forhøyningsløsning, der en etablerer en mur ned i eksisterende flomverk eller elvebredd. Løsningen vil kunne gjøres gjeldende enten den av estetiske og landskapsmessige årsaker skal bygges inn i terrenget som en slak forhøyning (Figur 4-3), eller skal tilpasses med kledning av stedlig stein eller trevirke. Muren kan også stå selvstendig som en betongmur med ulike uttrykk i farge og struktur. Den skal ikke kunne undergraves.

Permeabilitet i grunnen bør testes med infiltrasjonsforsøk. I utgangspunktet ville vi forvente at grunnen her har såpass høy permeabilitet at teknisk sett vil separat drenering på luftsiden av flomverket ikke fungere (Figur 4-1 og Figur 4-2) med mindre en skal lede vann bort fra lavpunkter, men da i ikke-slissede drensledninger. Vi minner om at det er estimert permeabilitet på $2,5 \times 10^{-3}$ m/s ved vannverket. Dammer/flomverk (Figur 4-1) skal i prinsippet dimensjoneres slik at de er stabile selv uten kontrollert drenering på luftsiden. Forventet økt gjennomstrømning er årsaken til at muren skal føres ned som tetningselement, og ikke legges på toppen av et eksisterende flomverk. Betong L'en skal dimensjoneres for maksimalt ensidig vanntrykk og være stabil i forhold til rotasjon, glidning eller brudd. Infiltrasjonsforsøk vil avdekke hvor dypt tettingselementer bør føres, og om det er mulig å holde grunnvann nede ved hjelp av drensledninger eller eventuell pumping.



Figur 4-1 Forblendet betongmur, fra Sikringshåndboka (NVE, 2020a). Figuren er egentlig en løsning tenkt mot en innsjø, men prinsippet kan brukes om en skifter ut stedlig masse på vannsiden med steinmateriale som tåler dimensjonerende hastigheter.



Figur 4-2 Flomvoll med mur på toppen, fra Sikringshåndboka (NVE, 2020a).

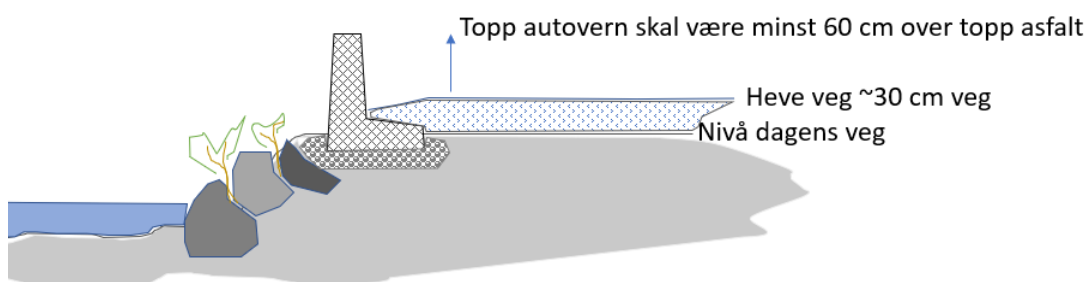


Figur 4-3 Flommur i voll, der hoveddelen er kamouflert og flomsikringen er mulig å krysse. Figuren viser dessuten overgang mellom flomvoll (med mur) og en ren flommur. Fra Sikringshåndboka (NVE, 2020)

Ved heving av eksisterende flomverk, må stabiliteten til den eksisterende konstruksjonen utredes i forkant. Ved heving av flomverket øker kreftene mot bunnen ved vannføring som ellers ville gått over verket, og det kan gjøre foten ustabil. Dette ble påvist ved en større flomepisode i 1958. De seks tersklene mellom Finna bru og trafostasjonen ble etablert etter denne hendelsen for å stabilisere bunnen ved å ta fallet konsentrert i et bedre sikret parti. Dersom det viser seg at eksisterende flomverk ikke er stabilt nok for videre oppbygging av høyere flomverk, må de forsterkes og legges opp på nytt, da helst med gjenbruk av steinblokkene. Ved heving/modifisering bør en bruke tilsvarende materialer som i de eldre flomverkene.

I dette arbeidet har vi ikke detaljert nok kunnskap om eksisterende flomverk til å angi hvor de eventuelt må skiftes ut. Jo høyere flomverk en bygger, jo viktigere er stabiliteten i elvebunnen og i selve verkene. Prioriterte områder der en vurderer total ombygging bør være der behovet for heving av verket er størst og det er stor vannhastighet. Hvis en antar at dette gjelder strekninger med heving av verket fra 1 m og mer, gjelder dette ca. 50 % av flomverkene. I kostnadsestimatene er tetningskjerne ført like mye ned som opp ved heving. Videre har vi anslått full oppgraving og utskifting av ca. 50% av de eksisterende flomverkene.

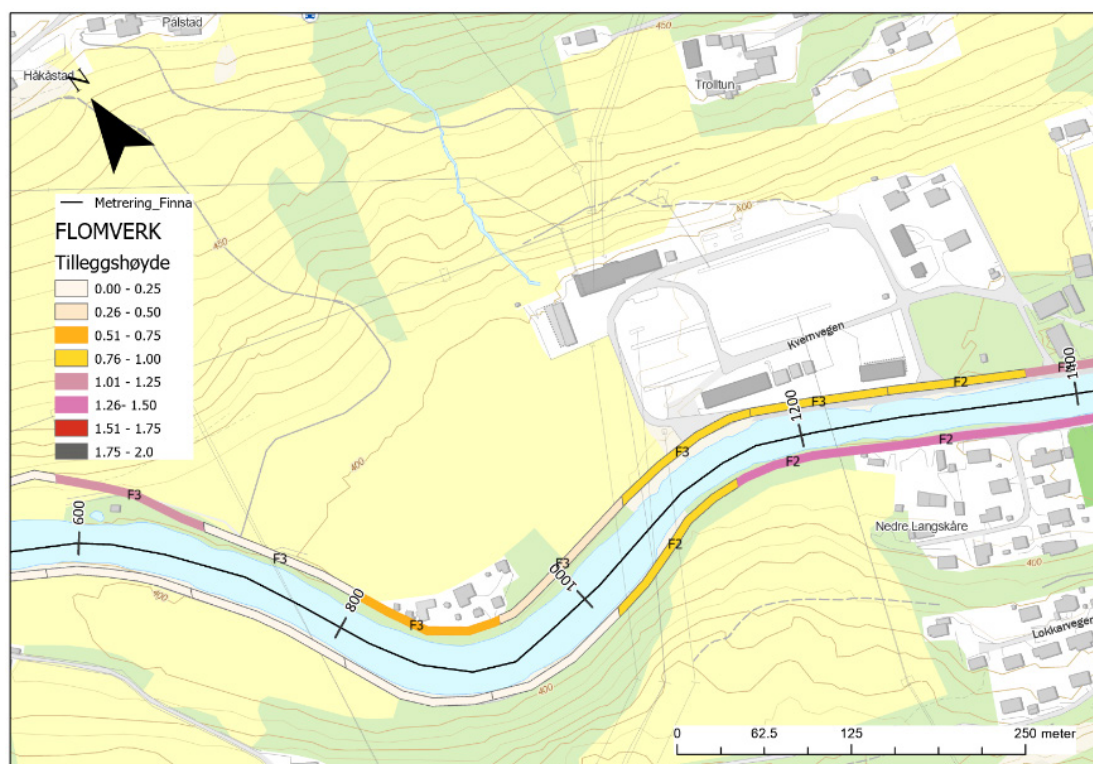
Der det ligger vei på flomverket, og behovet for forhøyning er lite, kan sikringen gjøres ved å bygge en lav flomvegg som også har funksjon som autovern (Figur 4-4).



Figur 4-4 Prinsippfigur for flomsikring ved heving av vei og etablering av mur / autovern behovet for ekstra høyde er begrenset.

4.1 Heving av flomverk – anbefalt sikringshøyde

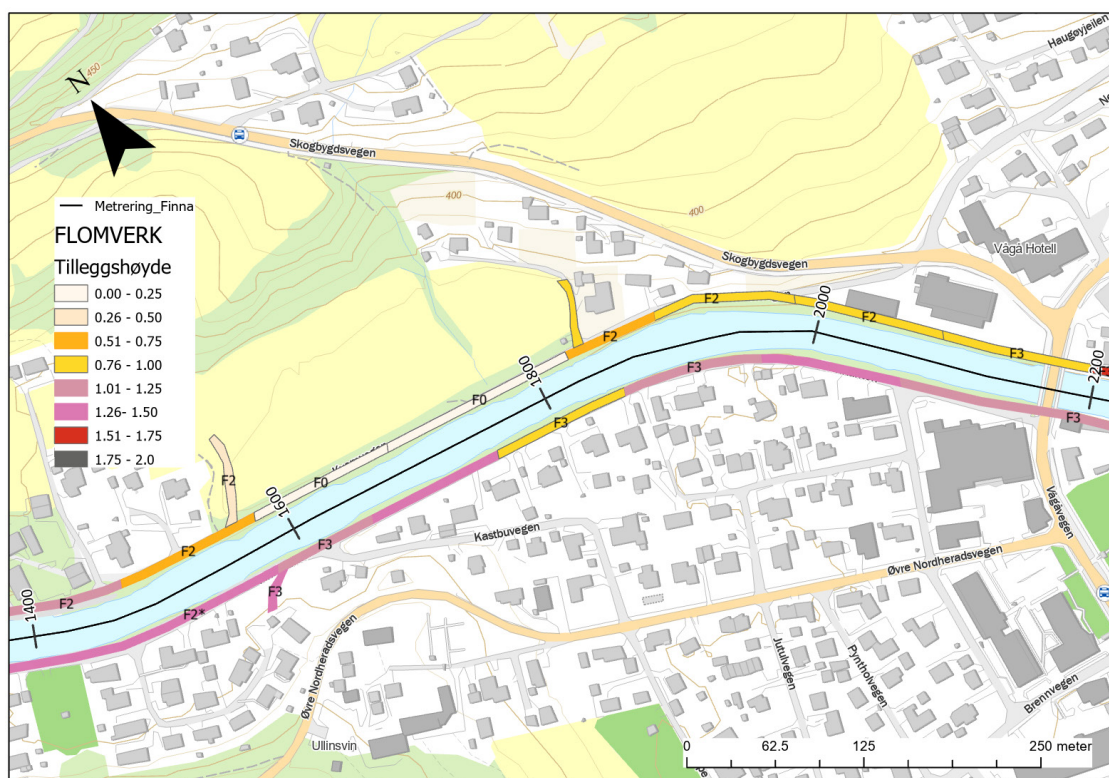
Flomverkene langs Finna må heves i varierende grad langs begge elvebreddene, og i det følgende er dette forsøkt optimalisert (Figur 4-5). Oppstrøms trafostasjonen er det tatt hensyn til at det vil bli etablert sedimentterskler som vil heve vannstanden lokalt og kan derfor øke flomfaren for trafostasjonen ved at vann renner over jorden vest for stasjonen. Tilsvarende vil lokalt høyere vannstand kunne øke flomfaren for veien på sørsiden av elva. Flomtunnelen vil ikke bidra til å heve vannstandene, men heller redusere vannstandene ved store flommer pga. redusert vannføring nedstrøms inntaket. I hele området vist i Figur 4-5 er det i hovedsak aktuelt med heving av vei, eventuelt utvendig flommur i kombinasjon med autovern.



Figur 4-5 Kart som viser anbefalt sikkerhetsklasse med tilhørende heving av flomverk/vei for strekningen like nedstrøms Hølmo til Blessomvollen.

Videre nedstrøms på sørsiden av Finna foreslås det å bygge flomverk for sikkerhetsklasse F2 ned til Kastbuvegen (Figur 4-6). Vann som kommer inn i dette området vil følge Kastbuvegen og kan fortsette nedover mot sentrum, i tillegg til å føre til problemer for hus på sørsiden av veien, dersom en ikke utfører tiltak. For å forhindre dette, foreslås å heve terrenget nord for Kastbuvegen med et F3 flomverk som går inn i terrenget. Dette er illustrert i Figur 4-6 med et kort F3 flomverk som stikker sørover. Ved å dele opp områdene spares ca. 0,5 m høyde på flomverket nord for Kastbuvegen. I tillegg bør flomverket videre ned til Finna bru heves. Det samme gjelder flomverket langs kirka som må tilfredsstille sikkerhetsklasse F3.

På nordsiden av elva, forbi Blesomvollen foreslås det at F3-flomverket forbi trafoen reduseres til sikringsnivå F2 (Figur 4-6). Videre nedover er det et ubebygd jorde. Her er det 2 alternative sikringsløsninger; enten å heve veien til F2 nivå, eller å la veien ligge som i dag og bygge avgrensede lokal sikring (terrengheving eller voller) på begge sider av jordet inn til flomsikret terreng (Figur 4-6). Dersom det siste alternativet velges, og en vil unngå vann inn på jordet, bør det etableres en lav, langsgående sikring slik at vann ikke renner gjennom til innsiden av veien. Dette kan løses med sikring som vist i Figur 4-4.



Figur 4-6 Kart som viser anbefalt sikkerhetsklasse med tilhørende heving av flomverk/veg for strekningen fra Blesomvollen til Finna bru. Markering F0 betyr at det ikke er behov for heving av eksisterende flomverk.



Figur 4-7 Finnkanten, sett fra sør mot nord. Kastbuvegen kommer inn fra venstre nederst i bildet. Foto fra Google Streetview.

I Finnkanten, vest for avkjøringen til Kastbuvegen, er veien og flomverket forhøyet, i tillegg til at det er en flommur på utsiden av rekkverket (Figur 4-7). Dette er et nytt tiltak og i terrengmodellen brukt i flommodelleringene er denne muren derfor ikke med.

Det samme gjelder de lave murene på begge sider oppstrøms Finna bru (Figur 4-8). Disse er heller ikke med i terrengmodellen brukt i flomarealberegningene.

Sentrumsområdet er trangt og mest sannsynlig må forbedringen av flomverkene utføres som heving av voller/vei og/eller heving av terreng i kombinasjon med mur. Selve brua over Finna anbefales hevet. Det er mulig at dette kan løses ved at den jekkes opp (Kapittel 4.2).

Rett nedstrøms bruas vestside ligger et bygg der en bør se på om eksisterende grunnmur kan bygges om og inngå i flomsikringen (Figur 4-9). Det kan være plass til en mur på utsiden av bygget, men det er svært trangt her og alternativet vil være å fjerne bygget for å få plass til nytt flomverk. Like nedstrøms det nevnte bygget ligger enda en bygning like inntil elva, i dag benyttet som lagerbygg, , også synlig i Figur 4-9. De samme muligheten for utbedring vil gjelde her; enten flommur tett inntil bygget, eller at det rives. Begge disse lokalitetene må vurderes nærmere før eventuell prosjektering av tiltak. Riving av bygg er ikke tatt med i kostnadsestimatene, men vil være en del av posten 'uforutsette kostnader'.



Figur 4-8 Lav mur på topp av gammelt flomverk ved Kiwi butikken, rett oppstrøms Finna bru.



Figur 4-9 Bygning på vestsiden, rett nedstrøms Finna bru, der grunnmuren kan vurderes å inngå i flomsikringen. Den noe mindre lagerbygningen videre nedstrøms sees også (foto fra Streetview, Google maps).

Forbi kirka vil det være naturlig å heve den eksisterende flomvollen noe, men her er det også en mulighet å bygge en mur kamouflert med skiferheller og trestolper, slik Figur 4-10 illustrerer.

Beregningene viser at flomverket generelt sett bør heves mer på østsiden enn på vestsiden nedstrøms Vågå kirke. Dette skyldes at området vest for elva nedstrøms kirken er foreslått sikret opp til sikkerhetsklasse F2, mens østsiden er foreslått sikret opp til sikkerhetsklasse F3, grunnet bygninger klassifisert som F3 bygg (f.eks. bensinstasjon i Vågåvegen, og brannstasjonen i Industrivegen) i umiddelbar nærhet til Finna.



Figur 4-10 Eksempel på hvordan flomverk, bygget som mur langs kirkegården, kledd med skiferheller og trestolper, kan se ut fra østsiden av Finna (Foto er manipulert med nytt gjerde).

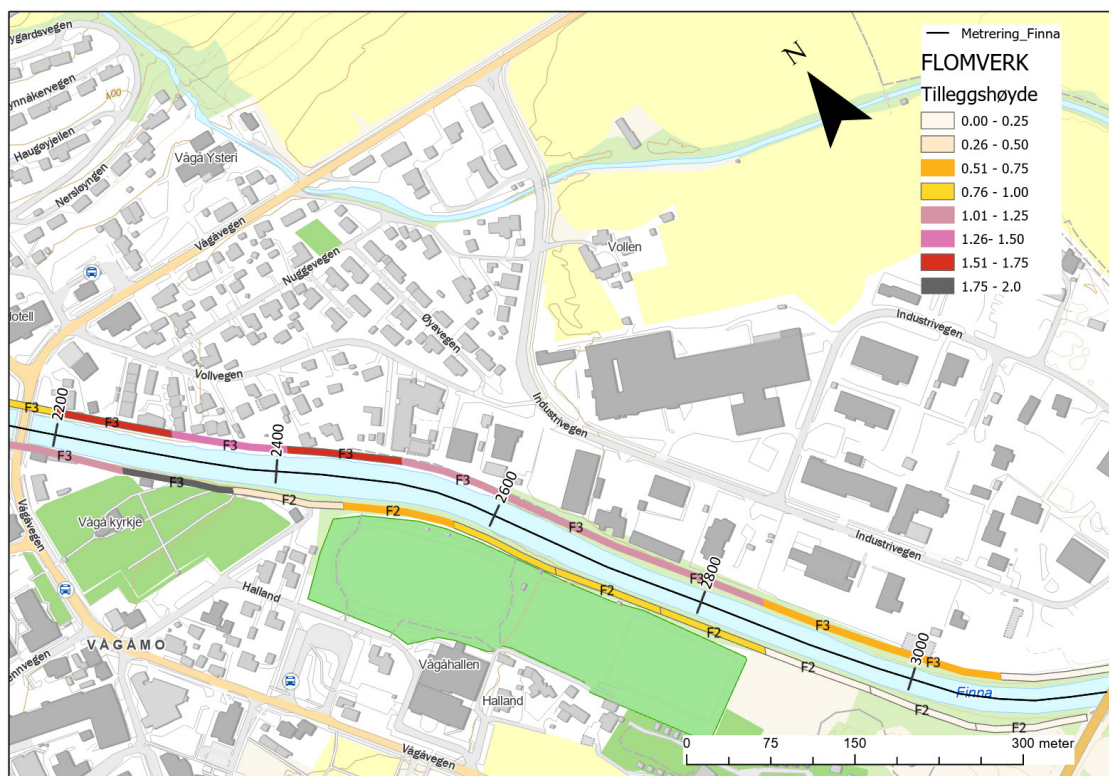
Videre nedover vestsiden av Finna, langs idrettsanlegget, er det større plass til sikrings tiltak (Figur 4-12). I dette området anbefaler vi derfor heving av eksisterende flomvoll, bygget som vist i Figur 4-1. Kombinasjon med mur kan vurderes. Det er her noe mer plass til å utvide flomverket i bredden, og på den måten forlenge eventuell gjennomstrømningsvei.

På østsiden av elva anbefales sikkerhetsklasse F3 på flomverket for hele strekningen fra Finna bru, og ned til Rv 15 (Figur 2-16). Stedvis blir flomverket her høyt og nært inntil eksisterende boliger. I dag henger hager mange steder sammen med flomverket og friområdet. Det vil være vanskelig å få til en tilpasning av nytt flomverk som bevarer dette samspillet.



Figur 4-11 Eldre del av flomverket, Finnas østside, nedenfor Kirka

Figur 4-11 viser et parti der gammelt flomverk er synlig. Det er ikke sett på effekten av å renske løpet eller om det gamle verket har god nok sikringsfot til at det kan renskes. Eventuell rensk av de gamle flomverkene er ikke medregnet i kostnadsestimatet, og vil inngå som en del av posten for 'uforutsette kostnader'. Også i andre områder langs det eksisterende flomverket ligger masser foran verket (Figur 4-8), og det er ikke kjent om disse er lagt opp av elva eller om de er plassert der med hensikt.



Figur 4-12 Kart som viser foreslått sikkerhetsklasse med tilhørende heving av flomverk langs Finna bru/ kirka og ned til Ottadalsvegen (Rv 15).

I Tabell 4-1 er strekninger med behov for forskjellige høyder av hevet flomverk oppsummert, samt at kostnadene er estimert basert på gjennomsnittlige enhetspriser. Prisene er estimert for flommur, der dybde under terreng, samt graving er medregnet. Fordeles sikringsklassene på lengde, er det ca. 1700 m F2 sikring og 2200 m F3 sikring.

Klassene F2 og F3 er vurdert ut fra bygg med tilhørende sikkerhetsklasse og oversvømmelse, gitt at flomverkene er stabile. En vurdering av risiko tilknyttet fare for brudd på selve flomverket kunne være nyttig i denne sammenhengen. Sannsynlighet for alvorlig skade bak et flomverk ved brudd, er større enn ved en flom det ikke er sikret for. Forsterkning av verkene bør derfor vurderes i forhold til egenstabilitet ved kritiske flomhendelser.

Det må utføres grunnundersøkelser og prøvegravinger både for nye tiltak og vurdering av eldre tiltak. Foten av eksisterende anlegg må påvises og registreres ved prøvegraving og en må vurdere hvorvidt en skal inn med ytterligere bunn eller fotsikring. Dette medfører en betydelig usikkerhet og mulig merkostnad.

Bunnsikring

Finna har store vannhastigheter, der kreftene på bunnen under store flommer vil øke ytterligere hvis flomverket heves. Det anbefales at sikringsfot til eksisterende flomverk avdekkes, slik at man kan se hvordan fotsteinen ligger i forhold til dagens elvebunn.

Hvis fotsteinen ligger for høyt, eller kan undergraves, må ny bunnsikring etableres. Dette kan gjøres ved å legge ut betongsperrer i et nivå som ligger under planlagt nivå for bunn-sedimentet (altså skjulte sperrer). Et annet alternativ er å legge ut bånd med stor stein, sammenhengende langs foten av sikringen. Slik stein må være på størrelse med den som anvendes i plastringen nedstrøms sedimentasjonsklene (Kapittel 3).

Effekt på kulturverdier, landskap og tredjepart

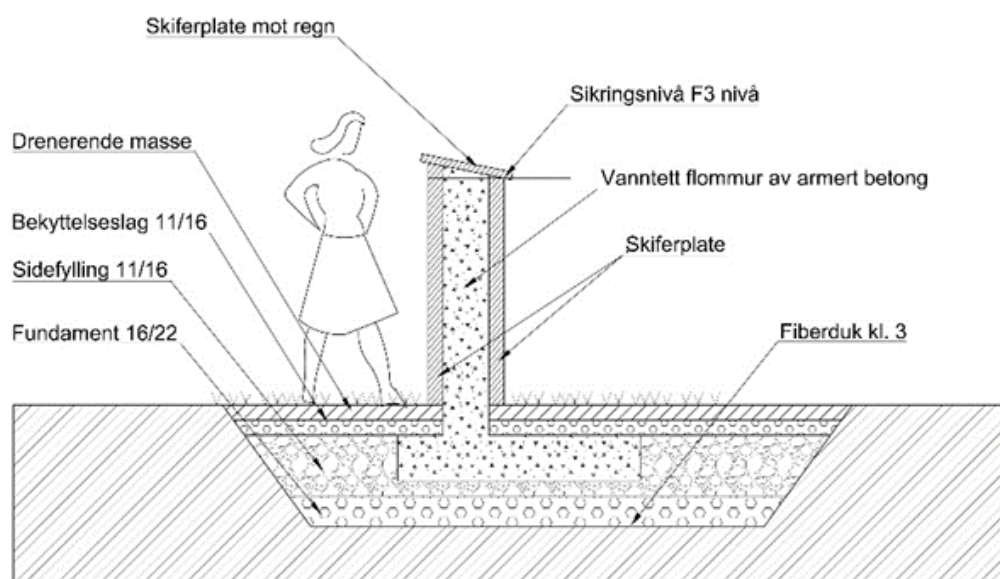
Utbedring av eksisterende flomverk innbefatter endring av dagens flomverk, som er kulturminner. Som beskrevet i rapport for Fase 2 (NGI, 2022b), har flomverkene estetisk og kulturhistorisk verdi og er statlig listeført som verneverdige. Den tekniske tilstanden er ikke undersøkt, men det er sannsynlig at betydelige deler av det eksisterende flomverket ikke er dimensjonert for å tåle påbygning, og at en derfor må rive og bygge opp på ny flere steder. Størst utfordring er det ved kirken, dersom det er behov for å rive eksisterende for å kunne forsterke og bygge et høyere flomverk.

Ut fra et prioritert behov for sikring av kulturverdier, er det viktigere å sikre kirken og støpul med kirkegård og omkringliggende landskap, enn det er å bevare eksisterende flomverk. Likevel anbefales det å dokumentere kulturminnefaglig flomverk for og under utbedring, gjenbruke stein der det er mulig, og etterstrebe de eldre flomverkens uttrykk.

Ved en heving av høyde på flomverkene grunnet sikkerhetsklasse F3, vil tiltaket ytterligere påvirke opplevelsen av kulturmiljøer og kulturlandskap. Derfor er det lagt vekt på materialbruk og utforming som minimerer negativ påvirkning, og i størst grad etterligner dagens løsning.

Figur 4-13 viser et prinsippsnitt som illustrer oppbygging av et hevet flomverk i form av en betongmur, forblendet med stående skiferplater. Uttrykket er det samme som det eksisterende kirkegårdsgjerdet på vestsiden av kirkegården (Figur 4-14). Flomverket blir naturlig nok breiere enn gjerdet pga. betongkjernen, men det vil være en anbefalt steds-tilpasset løsning med historisk forankring. Skiferhellene har naturlige begrensninger i lengde, bredde og tykkelse, og overgangen mellom hellene kan løses med stående treverk tilsvarende dagens løsning (Figur 4-10 og Figur 4-14).

Utbedring av flomverkene vil medføre betydelig anleggsarbeid over en lengre periode. Dette må gjennomføres i perioder med lav vannføring og ingen flomfare. Omfanget av arbeidet vil avhenge av tilstanden til de eksisterende flomverkene. For bygg som ligger tett inn mot dagens flomverk vil ulempen trolig være stor over korte perioder. Finna bru vil måtte stenges mens arbeidet med å heve brua og utbedre flomverkene rett opp- og nedstrøms gjøres. Graving for å utbedre fundamenter vil føre til økt suspendert transport i elva og må planlegges i samråd med biologisk ekspertise.



Figur 4-13 Prinsippskisse av tverrsnitt av flomverk langs kirkegården.



Figur 4-14 Deler av dagens gjerde rundt kirkegården

Det finnes flere varianter med basis i løsningen for dagens gjerde rundt kirkegården (Figur 4-14). Ved en løsning som vist i Figur 4-13 anbefales en langsgående skrått skiferhelle for å forhindre vann å trenge inn i konstruksjonen. Dette vil også være en visuell markering som anbefales.

Om det nye flomverket i form av denne løsningen skal plasseres øst eller vest for dagens sti langs kirkegården/elva overlates til prosjekteringsfasen. Figur 4-10 viser denne løsningen illustrert i et bilde tatt fra østsiden av elva, og Figur 4-15 illustrerer uttrykket sett på avstand sørfra.



Figur 4-15 Illustrasjon som viser flomverket i sammenheng med elvebredden og kirkegården.

Flomverk langs Finna – oppsummert

Dersom det ikke bygges flomtunnel, må flomverkene langs Finna forsterkes og forhøyes. Den foreslåtte løsningen på dette er å forhøye med mur langs hele verket, både på øst- og vestsiden av elva. Der det er vei oppå flomverket, må en vurdere hvorvidt forhøyningen skal ligge på utsiden eller innsiden av veien. Dersom den påkrevde forhøyningen ikke er for stor, kan muren fungere som autovern, og bygges som skissert i Figur 4-4. I mange områder er det lite plass på grunn av bygninger som ligger nært elva, og her vil mur uansett være den eneste løsningen om en ikke skal fjerne bygningene. Der det er bedre plass, som f.eks. langs idrettsanleggene, på vestsiden av Finna, kan muren forblendes med løsmasser og beplantes (f.eks. Figur 4-1 og Figur 4-3). Av hensyn til uttrykket av forhøyede flommurer i Vågåmo, anbefales å kle dem med lokal stein, f.eks. Ottaskifer.

Det er stor usikkerhet om tilstanden til eksisterende flomverk, og særlig til hvorvidt de kan undergraves eller ikke, samt om de er dimensjonert for å tåle etablering av en forankret mur på toppen. Trolig må en betydelig del av de gamle flomverkene fjernes og bygges opp på nytt. Det vil være behov for graving og undesøkelser av eksisterende bunnsikring, og trolig må betydelige deler av denne også forbedres og/eller byttes ut. I anslaget over kostnader (Tabell 4-1) er det lagt inn 20 % i posten for 'uforutsette kostnader'. I tillegg er det lagt inn en egen post for oppgraving og gjenoppbygging av inntil 50 % av de eksisterende flomverkene. I tillegg til reelle kostnader, må man også ta hensyn til at eksisterende flomvern har en ikke-målbar, historisk verdi. Arbeidet vil medføre betydelige ulemper for Vågåmos innbyggere i anleggsperioden.

4.2 Finna bru

Dersom flomverkene skal heves tilstrekkelig, må Finna bru heves med om lag 1 meter (noe mindre på østsiden og noe mer på vestsiden) (Figur 4-6). I fase 2 av mulighetsstudien antok vi kun 0,5 m heving, og at dette kan gjennomføres ved å jekke opp brua. Dette er en usikkerhet, men vi antar fortsatt at oppjekking er mulig. For å unngå for bratt stigning på begge sider av brua, og sikre at stigningen er i tråd med kravene for både vei (maks. 8 %) og gangvei (maks. 5 %) (Statens Vegvesen, 2021), må stigningen starte ca. 20 m på hver side av brua. Dette innebærer ca. 40 m ny-oppbygget vei. Bygging av ny 2-felts vei med 7,5 m bredde er anslått til en kostnad (justert til 2022) på kr 85-121.000 pr. løpemeter (Solberg, 2014; Norconsult, 2016). Her skal det ikke bygges ny vei, men oppbyggingen blir betydelig nært den hevede brua. Vi anslår derfor en pris på ca. kr. 60.000 pr. løpemeter, totalt 2.4 mill. kroner for justering av veien. Heving av brua er usikker og er blant annet avhengig av at brufundamentet tåler oppbygging for den hevede brua. Som et anslag angir vi 1 mill. kroner for å heve brua. Totalt blir dette ca. 3.4 mill. kroner for arbeidet med Finna bru.

4.3 Revidert kostnadsestimat

Tabell 4-1 Høyder, lengder og antatte kostnader ved å forhøye flomverkene langs Finna gjennom Vågåmo.

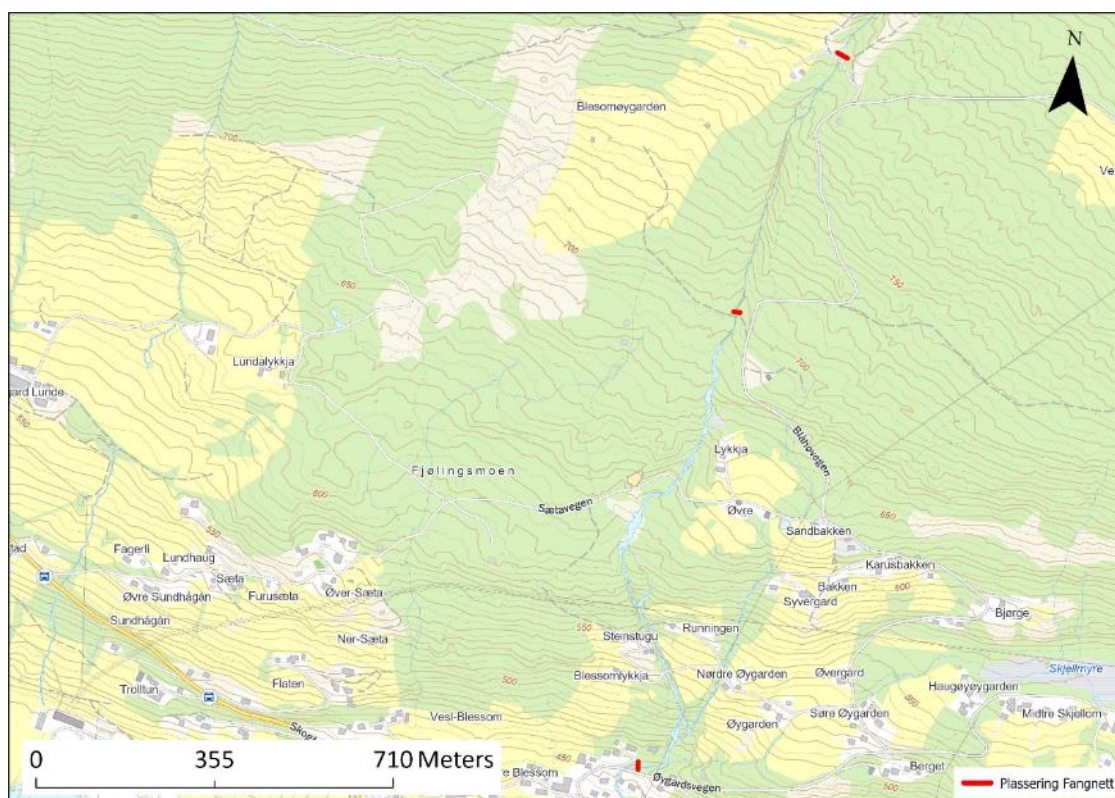
Høyde-økning av flomverk	Samlet lengde (m)	Enhets-kostnad (kr/m)	Delsum (Mkr)
0.00 - 0.25 m	100	2 700,0	0,3
0.25 - 0.50 m	300	3 500,0	1,1
0.50 - 0.75 m	600	5 200,0	3,2
0.75 - 1.00 m	1200	7 100,0	8,5
1.00 - 1.25 m	935	8300,0	7,8
1.25 - 1.50 m	764	10 500,0	8,0
1.50 - 1.75 m	200	12 000,0	2,4
1.75 - 2.00 m	100	15 000,0	1,5
Kledning av mur (Otta-skifer, 1m ² /løpemeter, ca. 3000m)	3000	800	2,4
Bunnsikring (grovt anslag, 50 % av strekningen)	200	4000	8,0 *
Finna bru		RS	3.4
Full oppgraving og gjenoppbygging av 50 % av eksisterende flomverk (Grov anslag)	2100	10 500	22,1 *
Uforutsette kostnader		20,0 %	14 **
Riggkostnader		20,0%	14,0
Planlegging, prosjektering og byggeledelse		11,5%	8
Avrundet totalsum			105

* Svært usikre anslag. Kan bli høyere eller lavere.

** Økt anslag for uforutsette kostnader grunnet stor usikkerhet for anleggsdrift gjennom sentrum.

5 Tiltak TN1: Fangnett for sedimenter og drivgods i Nugga

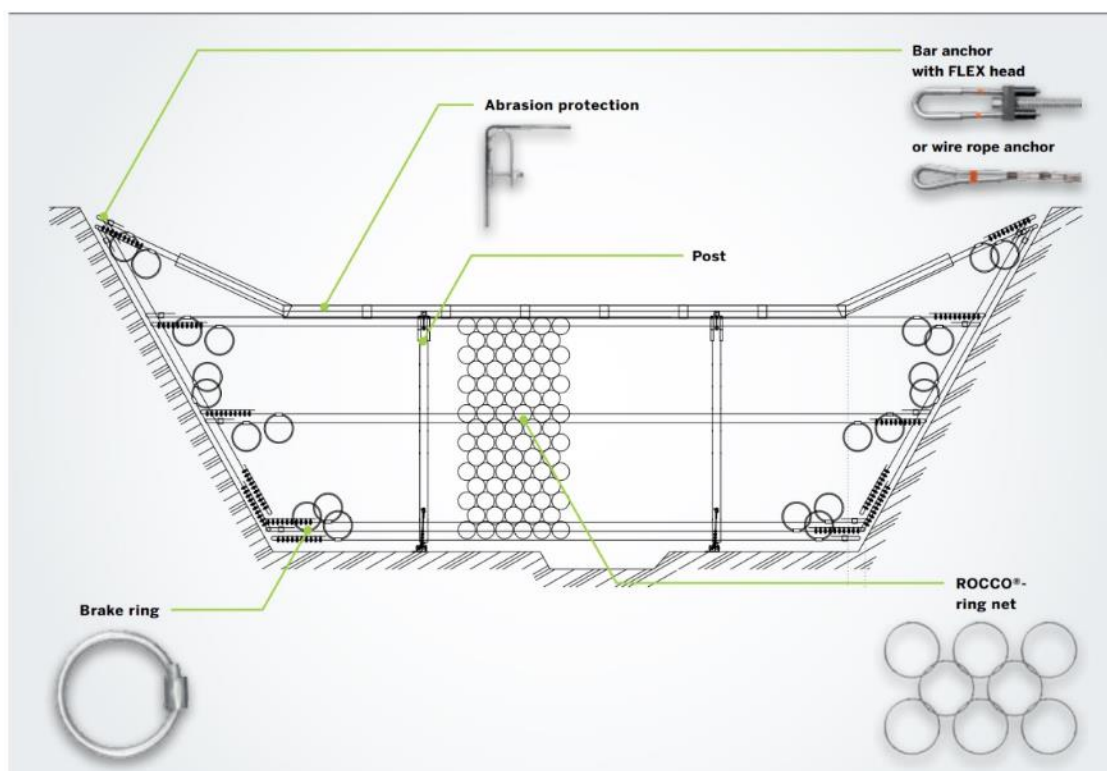
Nugga er ikke like utsatt for massetransport som Finna, men det har vært hendelser hvor skred har demmet opp elva og forårsaket dambrudd. For å kunne stoppe flomskred og drivgods, med tilhørende tilstopping av bruer, anbefales det å anlegge to til tre fangnett langs Nugga. Effekt av tilstopping ved bru Øygardsvegen er gitt i fase 2 rapport (?). Det er viktig at nettene blir plassert slik at vann ikke kan gå ut på sidene når nettet blir fullt, da dette kan skade omkringliggende områder. En annen viktig faktor er tilkomst for tømming etter hendelser. Dette har ligget til grunn for de mulige plasseringene som er vist i Figur 5-1. Disse plasseringene medfører kortest mulig anleggsvei, og vil tillate tømming av fangnettene ved hjelp av tyngre maskiner og kjøretøy.



Figur 5-1 Mulige plasseringer av fangnett langs Nugga er vist i rødt.

En type fangnett for flomskred produseres av Geobrudd AG i Sveits, og leveres/-monteres i Norge av firmaet Fjerby AS. Det kan også finnes flere produsenter og leverandører, men nettene til Geobrudd AS er her brukt som eksempel. I hovedsak tilbys to nett, med noe forskjellig kapasitet, og dimensjonert til hhv. 15 og 20 m lengder. Det kraftigste, type UX, er skissert i Figur 5-2. Leverandøren opplyser en ca. pris på kr. 60.000/m, men avhengig av tilkomst og lokale forhold, deriblant grunnforhold. Et ca. prisestimat på 1 mill. kr. per nett anses derfor å være realistisk. Da det er mye potensielt drivgods tilgjengelig i vassdraget i form av trær og løsmasser, anbefales det å installere

nett ved alle de tre lokasjonene vist i Figur 5-1. Plasseringen av disse er gjort på bakgrunn av omkringliggende topografi som hindrer at vann kommer på avveie, samt at det er enkelt å etablere tilkomst for regelmessig tømning. I tillegg vil en slik plassering, hvor nettene er geografisk jevnt fordelt nedover vassdraget, gjøre at man reduserer sannsynligheten for at hvert enkelt nett ikke klarer å fange alt drivgods og/eller løsmasser ved ekstreme hendelser. Disse nettene har en forholdsvis stor maskebredde, noe som vil føre til at mindre kornstørrelser vil kunne passere. Dette anses ikke som problematisk, da disse i all hovedsak vil bli transportert i vannmassene ned og ut på Vågåmovifta. På befaringstidspunktet ble det ikke observert mye transport av finstoff i elva, og det antas at dette ikke er tilfelle ved lav vannføring. Ved store hendelser kan det derimot være at eksisterende dekklag brytes opp og blottlegger underliggende finere masser. Erosjon i elvekant og sideskråninger vil også kunne bidra. Det antas likevel, som beskrevet innledningsvis, at det er skred fra sideterreng med tilhørende oppdemning og flomskred som er hovedutfordringen i Nugga. Fangnett vil være med å redusere skadepotensialet av slike hendelser. Det er derimot viktig at det utføres jevnlig tilsyn og tømning av nettene, samt at de befares ved ekstremhendelser.



Figur 5-2 Prinsippskisse for oppbygging av et GeoBrugg flomskrednett (Kilde: Geobrugg AG).

Ved etablering av fangnett som skissert, vil flomskredfaren være håndtert og resterende problemer i Nugga vil være knyttet til flom. Imidlertid er det viktig å hindre at vann går ut av elva i partiet mellom Øygardsvegen og Haugøy, da elva der kan rive med seg sedimenter og drivgods og utvikle seg til flomskred (Kapittel 6.1).

6 Tiltak TN2, 3 og 4: Utbedring av eksisterende flomverk langs Nugga

6.1 TN2: Utbedre flomverk på vestsiden av Nugga fra Øygardsvegen til Haugøy

Bakgrunn og begrunnelse for tiltaket

Hydrauliske simuleringer viser at vann går ut av løpet til Nugga ved flere punkter på vestsiden av elva (Figur 6-1). Vannføringen som går ut av Nugga fortsetter vestover og sørover langs Haugøyjeilen og Øygardsvegen og berører mange bygninger. Det er allerede bygget flere murer på denne strekningen. Punktvis utbedring av flomverk langs vestsiden av Nugga mellom bruene ved Øygardsvegen og Haugøy vil være et viktig tiltak for å unngå at vann strømmer ut av Nugga og berører bebyggelsen, som er klassifisert i sikkerhetsklasse F2. Imidlertid kan konsekvensene av at vannet finner ny vei kunne være betydelige i et såpass bratt område. Når Nugga går ned i grøfter og ut på jorder kan den dra med seg store mengder sediment og drivgods som kan utvikle seg til et flomskred som berører flere bygninger med sikkerhetsklasse S3. Det foreslås derfor at sikringen heves som for sikkerhetsklasse F3 for den øvre strekningen.

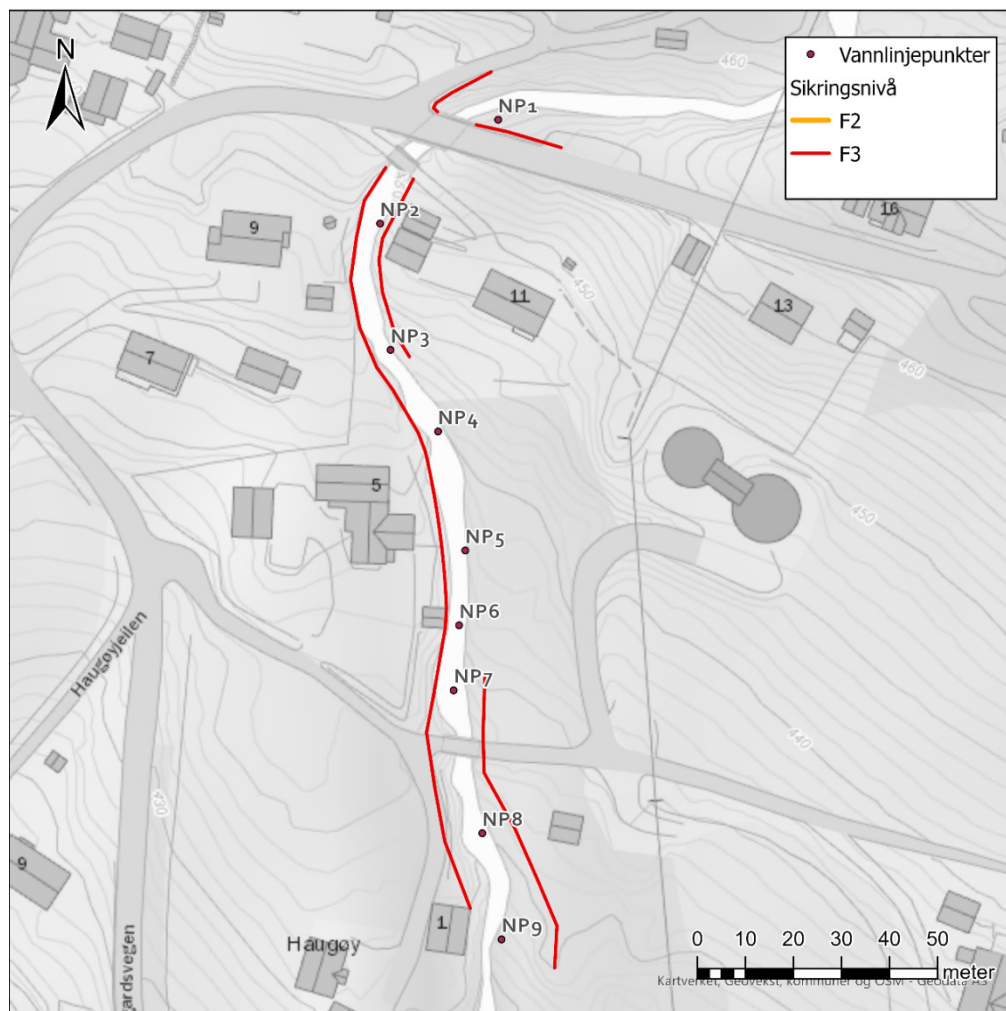
Beskrivelse av tiltaket

Forutsetning for de videre tiltak er at det settes opp nett som motvikrer blokkering av bruene ved Øygardsvegen og Haugøy. Figur 6-1 viser plassering av flomverk for å sikre mot oversvømmelser ved 1000-årsflom med klimapåslag for dagens situasjon (uten blokkering av bruer) på vestsiden av Nugga der flomverk eller kanalen må utbedres. Nugga er bratt og det er høye hastigheter og høyt energinivå ved stor flom i elva. Anbefalt sikringsnivå er derfor satt til beregnet vannstand pluss 1 meter. På enkelte lokasjoner er energihøyden høyere enn 1 meter, men det synes for konservativt å legge flomverket på samme nivå som energilinja. Blokkering av brua under Øygardsvegen vil forandre situasjonen (NGI, 2022a) men forutsettes forhindret av fangnett oppstrøms brua (Kapittel 5).

På det meste ligger sikringsnivået langs Nugga fra brua ved Øygardsvei og ned til Haugøy 1,0 meter over terrenget (Tabell 6-1). Det er kun ett tverrprofil på den østre siden av Nugga, NP2, der anbefalt sikringsnivå er høyere enn dagens terreng. Her ligger en garasje svært tett på elva (Figur 6-3). Det er kun ett tverrprofil på den østre siden av Nugga, NP2, der anbefalt sikringsnivå er høyere enn dagens terreng. Her ligger en garasje svært tett på elva (Figur 6-3).

Fra overkant av lokaliteten vist i Figur 6-2 (rett nedstrøms brua i Øygardsvegen) og ned til brua nedstrøms NP7 (Figur 6-1) er det ønskelig å senke bunnen for å øke kapasiteten. Her renner Nugga på berg og har et bredt løp (Figur 6-3). Første parti er ca. 30 m, og det anbefales her å senke elva ca. 1 m. Dette vil gi uttak av sprengt eller pigget berg på ca. 3 m³/m. Dette gir totalt ca. 100 m³ utsprengt stein som kan benyttes til flommurer langs

elva. I dette området er det allerede 2-3 lave flommurer som på den måten kan gis et mer helhetlig uttrykk, samtidig som sikkerheten bedres.



Figur 6-1: Plassering av flomverk og sikringsnivå langs Nugga mellom Øygardsvegen og Haugøy



Figur 6-2 Kritisk punkt ved beregningspunkt NP2 (Figur 6-1), der vann kan flomme ut.



Figur 6-3 Parti av Nugga fotografert rett nedstrøms Figur 6-2 (stolpen er den samme), der en garasje ligger tett på elva.

Fra NP5 til NP8 (Figur 6-1) anbefales et tilsvarende tiltak over en lengde på ca. 50 m, og totalt uttak blir da ca. 150 m³. Her er det dels berg, men også en del blokker som ligger i elveleiet. Videre anbefales bygging av en 1 m høy tørrmur langs den samme lengden (NP5 – NP8), på vestsiden, for å benytte så mye som mulig av steinmaterialet som er utsprengt eller utpigget lokalt, og redusere behovet for bortkjøring til deponi. Enhetspris for bygging av steinmur anslås til 4000 kr pr m². Pris for sprengning av berg inkludert flytting vurderes til 1000 kr/m³. Det er trangt langs elva på denne strekningen, og bruk av større maskiner kan være en utfordring. En kommer fram med borerigg og må tilpasse arbeidet og størrelse på utsprengt stein i forhold til tilgjengelighet for maskin. Pigging av berg kan være å foretrekke hvis berget er egnet for dette, og dette faller normalt innenfor tilsvarende kostnader som sprengning.

Kjøving er et problem i Nugga. For å redusere faren for dette bør en unngå å lage en bred, flat bunn. Fordypningen av kanalen bør derfor sørge for at det blir et lavpunkt langs bunnen, med et tverrsnitt som en V eller en butt spiss.

Tabell 6-1 1000-årsflom med klimapåslag (F2) langs Nugga. Vannstander (H) og energinivå (E.nivå) med og uten tiltak, samt anbefalt sikringsnivå (S.nivå) for flomverk. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-1

	Dagens terreng			F3 nåsituasjon		F3 med tiltak		
	Bunn (moh)	Vestre bredd (moh)	Østre bredd (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	S.nivå (moh)
NP1	453.2	455.5	456.6	455.5	455.9	455.5	455.9	456.5
NP2	447.5	449.0	449.6	449.1	451.6	449.3	451.2	450.3
NP3	442.3	444.6	446.0	444.1	444.7	444.1	445.4	445.1
NP4	440.2	442.1	444.7	442.3	442.9	442.3	442.9	443.3
NP5	437.3	439.0	442.7	439.1	439.9	439.2	439.7	440.2
NP6	435.9	438.0	439.5	437.6	438.4	437.6	438.3	438.6
NP7	433.4	436.9	437.7	435.0	435.7	435.1	435.8	436.1
NP8	430.1	433.4	437.7	432.0	432.9	432.0	432.6	433.0
NP9	427.2	431.4	434.7	429.0	429.7	429.0	429.7	430.0

Siden det er svært liten plass langs Nugga og høy energi i vannet vil den mest egnede løsningen antageligvis være betongmur eller tørrsteinmur. Dette gjelder spesielt svingen rett nedstrøms bruene der Nugga går i overløp til Haugøyjeilen i en flomsituasjon. Her vil vannstrømmen stå rett på muren og den må tåle store hydrodynamiske laster.



Figur 6-4: Bru rett oppstrøms Haugøy. Lysåpning BxH = 4,3 m x 1,7 m. Foto: Kai Fjelstad, HydraTeam AS.

Rett oppstrøms Haugøy er det en privat kjørebru som krysser Nugga (Figur 6-4). Denne brua er en flaskehals som fører til oppstuvning og ved store flommer, og det er fare for at den overtoppes og blokkerer løpet. Blokkering av løpet kan i verste fall føre til flomskred og det anbefales derfor at dimensjoneres for sikkerhetsklasse F3. I forbindelse med utbedring av flomverket oppstrøms brua vil det være nødvendig å utbedre brua. Brua bør ha en lysåpning med minimum mål på BxH = 7,0 m x 2,5 m for å ha 1 meter fri høyde over 1000-årsflom med klimapåslag. Det kan diskuteres om brua skal håndtere 200-årsflom med klimapåslag eller om et kortere gjentakintervall er akseptabelt. Det foreslåtte fangnettet oppstrøms Øygardsvegen (tiltak TN1) vil stoppe drivgods og redusere sannsynligheten for tilstopping.

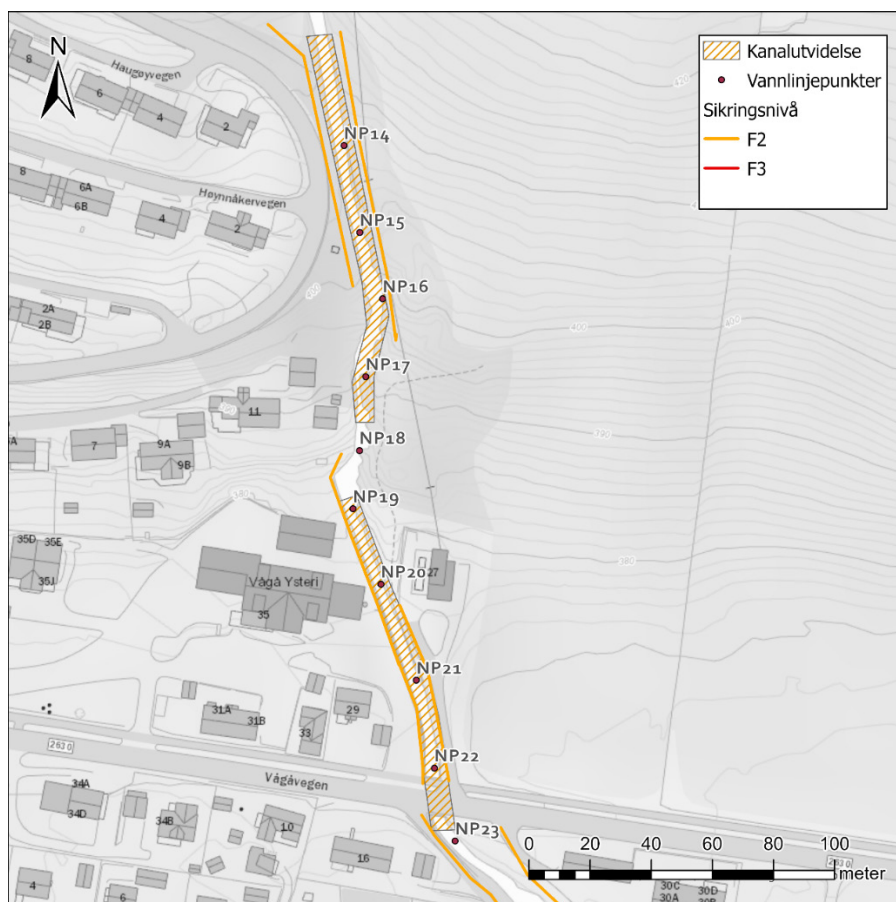
6.2 TN3: Utbedre flomverk nedstrøms Haugøy til Nugga trafostasjon

Bakgrunn og begrunnelse for tiltaket

Modellresultatene viser at for en 200-årsflom med klimapåslag vil Nugga gå i overløp i flere punkter mellom Haugøy og Nugga trafostasjon (Figur 6-5). Først kan dette skje rett nedstrøms Haugøy i svingen ved Øygardsvegen vest for Nugga. Vannet som går i overløp her vil følge Øygardsvegen videre vestover og påvirke mange bygninger. Videre nedstrøms går Nugga inn i et svært bratt parti frem til trafostasjonen. På deler av strekningen er Nugga praktisk talt en foss. Når helningen igjen blir slakere, går Nugga på nytt i overløp vestover ved Vågå Ysteri. Det eksisterer allerede i dag flomverk og bunnsikring på store deler av strekningen. Utbedring av flomverket vil være et viktig tiltak for å sikre bebyggelsen mot oversvømmelser.

Beskrivelse av tiltaket

Det er ingen tverrprofiler på østsiden av Nugga der anbefalt sikringsnivå er høyere enn dagens terreng (Tabell 6-2). På det meste, ved profil NP15 langs Øygardsvegen, ligger sikringsnivået 1,5 meter over terrenget på vestsiden av Nugga. Her er Nugga allerede forbygd og kanalisert med bunnsikring av steinheller. Resultatene i Tabell 6-2 forutsetter at dagens terreng/kanalisering er uendret. Ved en breddeutvidelse av kanalen vil sikringshøyden kunne reduseres betydelig. I dag har kanalen en bredde på ca. 3 meter. Ved en utvidelse med 2-3 meter vil man kunne redusere sikringshøyden med ca. 0,5 meter. Vi anbefaler breddeutvidelse på 2 m ved å fjerne østre mur, grave og pigge ut for utvidelse og noe senkning, for deretter å gjenoppbygge muren på den nye østbredden. Bunnen skal heller ikke her være flat, for å redusere problemet med kjøving. Den aktuelle strekningen er ca. 100 m. Dette vil totalt kreve utgraving/pigging av ca. 3 m³/m, og også her vil det være fornuftig å bruke lokal utsprengt /utpigget stein til videre sidemurer.



Figur 6-5: Plassering av flomverk, kanalutvidelse og sikringsnivå langs Nugga mellom Haugøy og Vågavegen

Tabell 6-2: 200-årsflom med klimapåslag (F2) langs Nugga. Vannstander (H) og energinivå (E.nivå) med og uten tiltak, samt anbefalt sikringsnivå (S.nivå) for flomverk. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-5.

				F2 nåsituasjon		F2 med tiltak		
	Bunn (moh)	Vestre bredd (moh)	Østre bredd (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	S.nivå (moh)
NP 13	411.3	413.8	418.2	413.4	414.0	413.4	414.0	414.4
NP 14	405.9	407.9	412.5	407.9	408.6	408.0	408.6	409.0
NP 15	403.4	404.6	408.7	405.1	405.5	405.1	405.6	406.1
NP 16	397.1	399.5	405.3	398.9	399.3	398.9	399.4	399.9
NP 17	388.8	391.2	396.0	390.7	391.1	390.8	391.3	391.8
NP 18	384.7	387.7	393.7	385.9	387.0	386.0	387.3	387.0
NP 19	379.0	381.7	388.0	380.4	381.7	380.5	382.0	381.5
NP 20	377.0	378.7	381.6	378.9	379.6	379.1	379.8	380.1



Figur 6-6 Nugga øst for svingen i Øygardsvegen, ca. ved punkt NP14 (Figur 6-5). Her er hovedsakelig berg i bunnen og tørrmurte sider



Figur 6-7: Forbygning langs Øygardsvegen. Foto fra Streetview, Google Maps



Figur 6-8: Forbygning ved tverrprofil NP14.

I det bratteste partiet til Nugga mellom punktene NP16 og NP19 ligger bygninger tett inntil vestsiden av elva. Her er vestbredden forbygd med betong- og steinmurer og deler av strekningen er kanalisert. Det mest kompliserte punktet på strekningen er rett

oppstrøms ysteriet (NP19) der Nugga brått endrer både helning og retning. Her vil forbygningen måtte tåle store hydrodynamiske laster da vannstrømmen vil stå nærmest vinkelrett på. Antageligvis vil best egnet type forbygning være betong- eller steinmur. Ved fossenakken vil også fordypning av kanalen ved sprengning og/eller pigging være det beste tiltaket. En bør ned ca. 1 m langs en lengde på om lag 20 m i en bredde på ca. 2 m, totalt om lag 40 m³ utsprengt masse. Avvasket berg og tynt mosedekke indikerer at fossen i dag går minst ut til gjerdet (Figur 6-9) ved store flommer. Detaljer i hvordan tiltaket kombineres med breddeutvidelsen ovenfor må vurderes i prosjekteringsfasen



Figur 6-9: Foss forbi bebyggelse på vestsiden av Nugga ved profil NP16-NP17.



Figur 6-10: Forbygning og kanalisering ved tverrprofil NP19.



Figur 6-11: Gangbru nedstrøms Haugøy

Rett nedstrøms Haugøy er det en privat gangbru som krysser Nugga (Figur 6-11). Brua ser ut til å være fundamentert på toppen av eksisterende flomverk. Skulle brua overtoppes vil det være en fare for at den blokkerer løpet. I forbindelse med utbedring av eksisterende flomverk må brua heves. Benytter man samme løsning som eksisterende bru ved at man plasserer den på toppen av flomverket, vil brua i utgangspunktet ha tilstrekkelig med fri høyde over vassdraget ved 200-årsflom med klimapåslag. Gangveg mot brua må tilpasses etter at flomverket er utbedret og brua hevet.

6.3 TN4: Utbedre flomverk langs øst- og vestsiden av Nugga, Nugga trafostasjon til Industrivegen.

Bakgrunn og begrunnelse for tiltaket

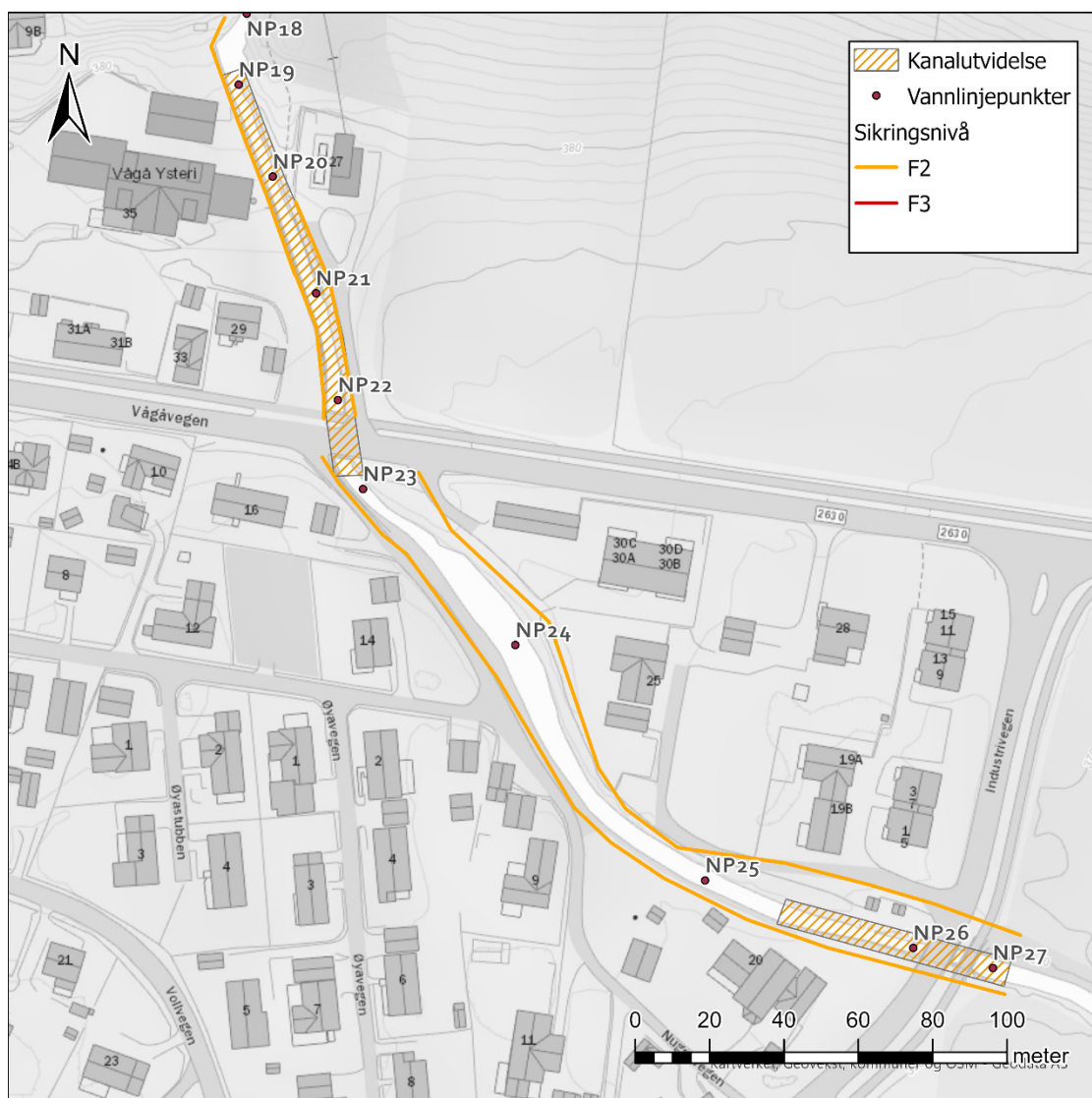
Mellom Nugga trafostasjon og Industrivegen går vannet ut av elva langs flere punkter ved stor flom i Nugga (NGI, 2022a). Kanalen mellom Nugga trafostasjon og Vågåvegen er for smal og i tillegg har brua der Vågåvegen krysser Nugga for liten kapasitet. Nugga er kanalisert med betong- og steinmurer på denne strekningen, og elvebunnen er plastret. Nedstrøms Vågåvegen endrer Nugga karakter og går inn et flatere og bredere terreng. Forbygningen nedstrøm Vågåvegen består av voller som på deler av strekningen, spesielt på vestsiden, er for lave.

Økning av kapasiteten til kanalen oppstrøms Vågåvegen og utbedring av flomvollene nedstrøms vegen er et viktig tiltak for å sikre bebyggelsen langs Nugga. Tiltaket må sees i sammenheng med kapasitetsøkning til bruene ved Vågåvegen og Industrivegen. Flomverkene og bruene på strekningen skal utbedres til sikkerhetsklasse F2 (Figur 6-12).

Beskrivelse av tiltaket

Økning av kapasiteten til kanalen mellom trafostasjonen og Vågåvegen er begrenset av bebyggelsen og infrastrukturen langs elva. For en breddeutvidelse er beste alternativ en utvidelse østover. Kanalen har i dag en bredde på 4,5-5,0 meter og en dybde på 1,5-2,0 meter.

Det er få punkter langs dagens tverrprofiler der anbefalt sikringsnivå er lavere enn dagens terreng (Tabell 6-3). På det meste, ved profil NP25, ligger sikringsnivået 1,1 meter over dagens terreng.



Figur 6-12: Plassering av flomverk, kanalutvidelse og sikringsnivå langs Nugga mellom trafo-stasjonen og Industrivegen

Tabell 6-3: 200-årsflom med klimapåslag (F2) langs Nugga. Vannstander (H) og energinivå (E.nivå) med og uten tiltak, samt anbefalt sikringsnivå (S.nivå) for flomverk. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-12

	Dagens terreng			F2 nåsituasjon		F2 med tiltak		
	Bunn (moh)	Vestre bredd (moh)	Østre bredd (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	S.nivå (moh)
NP 19	379.0	381.7	383.6	380.2	384.0	380.2	384.0	381.2
NP 20	377.0	378.7	379.3	377.9	380.3	377.7	379.6	378.7
NP 21	375.3	376.7	377.2	376.3	378.1	376.2	377.5	377.2
NP 22	374.2	375.7	376.0	375.3	376.9	375.2	376.3	376.2
NP 23	373.5	375.1	375.4	374.6	376.2	374.6	376.2	375.6
NP 24	371.7	373.6	373.5	372.8	373.3	372.8	373.3	373.8
NP 25	370.4	371.6	371.6	371.7	372.7	371.7	372.7	372.7
NP 26	369.1	370.9	370.7	370.6	371.4	370.6	371.4	371.6
NP 27	368.5	370.9	370.8	370.3	370.8	370.3	370.8	371.3

For kanalen oppstrøms Vågaveien (NP19-NP22) er det regnet med en breddeutvidelse på 2 meter, fra 5 meter til 7 meter, og samme bunnivå som i dag (alt. 1). Breddeutvidelsen på 2 meter reduserer vannstanden med 0,2 meter i kanalen og energinivået med 0,6 meter. Fortsatt ligger anbefalt sikringsnivå mellom 0,2 og 0,5 meter over dagens terreng. For å redusere vannstanden ytterligere må kanalen utvides enda mer og/eller elvebunnen senkes. Derfor er det i tillegg sett på et alternativ med bredde på 7 meter og senkning på 0,5 meter (alt. 2), samt bredde på 8 meter og senkning på 0,5 meter (alt. 3.) (Tabell 6-4).

Tabell 6-4: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander (H), energinivå (E.nivå) og sikringsnivå (S.nivå) for tre ulike utforminger av kanalen mellom Nugga trafostasjon og Vågavegen. Verdier med uthevet skrift viser tverrprofiler der det anbefalte sikringsnivået er høyere enn dagens terreng. Plassering av vannlinjepunkter (NP) er vist i Figur 6-12

	Alt. 1			Alt. 2			Alt. 3		
	H (moh)	E.nivå (moh)	S.nivå (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	S.nivå (moh)	H (moh)	E.nivå (moh)	S.nivå (moh)
NP 20	377.7	379.6	378.7	377.3	379.2	378.3	377.2	379.0	378.2
NP 21	376.2	377.5	377.2	375.7	376.9	376.7	375.6	376.7	376.6
NP 22	375.2	376.3	376.2	374.9	375.7	375.9	374.9	375.5	375.9
NP 23	374.6	376.2	375.6	374.6	376.2	375.6	374.6	376.2	375.6

Senker man kanalen med 0,5 meter i tillegg til en breddeutvidelse på 2 meter (alt. 2) reduserer man vannstanden i kanalen med ytterligere 0,3-0,5 meter sammenliknet med kun breddeutvidelse på 2 meter (alt. 1). Øker man bredden til 8 meter (alt. 3) reduseres

vannstanden ytterligere med 0,1-0,2 meter. Resultatene viser at senkning av kanalen er mer effektivt enn breddeutvidelse.

Selv med breddeutvidelse fra 5 meter til 8 meter og bunnsenking på 0,5 meter vil en fortsatt få et sikringsnivå som ligger over dagens terreng på sidene av kanalen (Tabell 6-4). Det er spesielt ned mot brua ved Vågåveien at det er utfordrende å redusere vannstandene. Her anbefales en mur over dagens terreng utformet på samme måte som eksisterende mur, i kombinasjon med en breddeutvidelse på 3 m (alt. 3)



Figur 6-13: Nugga nedstrøms retning ved Ysteriet.



Figur 6-14: Nugga oppstrøms retning fra Vågåvegen.



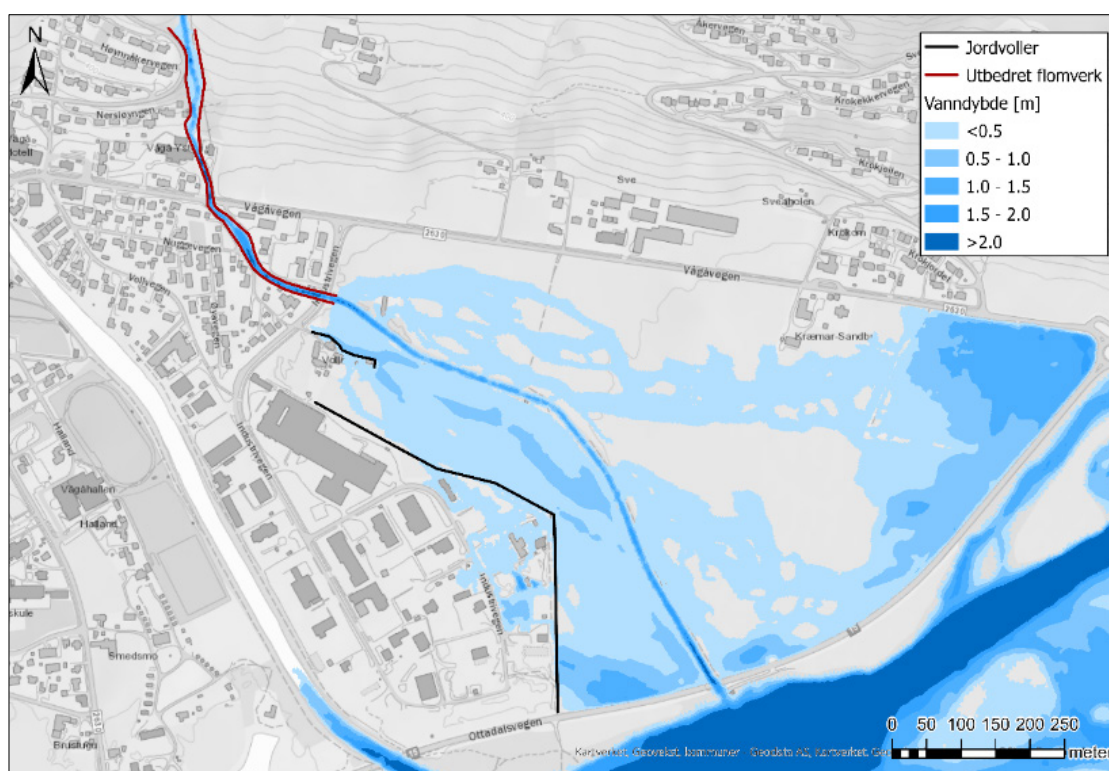
Figur 6-15: Nugga rett nedenfor Vågåvegen, sett nedstrøms.



Figur 6-16: Nugga nedenfor Vågåvegen, sett oppstrøms.

Mellom Vågåveien og Industrivegen endrer Nugga karakter og elva har slakere helning og større bredde. Bygninger ligger fortsatt tett på og det er bygget flomvoller langs elva. Resultatene av modelleringen viser at anbefalt sikringsnivå ligger på det meste ca. 1,2 meter over dagens terreng.

Figur 6-17 viser vanndybder ved 200-årsflom med klimapåslag i Nugga med utbedret flomverk frem til Industrivegen. Nedstrøms Industrivegen går Nugga over sine bredder og oversvømmer åkrene på vest- og østsiden av elva. Utbedrede flomverk vil føre til at hele vannføringen holder seg i Nugga og områdene oppstrøms Industrivegen ikke oversvømmes. Man kan si at dette fører til en økt vannføring og oversvømmelser på jordbruksarealene nedstrøms Industrivegen, men området er allerede betydelig rammet uten oppstrøms sikring. Det er ikke lagt inn tiltak i modellen i form av utvidelse eller senkning av bunnen langs Nugga nedstrøms Industrivegen. Bygninger ved Vollen og flere bygninger langs vestenden av jordene påvirkes av flom (Figur 6-17), men vanndybdene og hastighetene er beskjedne, så i praksis er det snakk om stillestående vann. Et forholdsvis enkelt tiltak for å unngå oversvømmelser ved Vollen og på vestsiden av åkeren er å anlegge en jordvoll med høyde på 0,5 meter. Jordvollen vil sikre flere bygninger med sikkerhetsklasse F1 og F2, samt lagerhallen i tilknytning renseanlegget som er plassert i sikkerhetsklasse F3. Alternativt kan kapasiteten til Nugga økes ved å utvide og senke elva, men dette er et langt mer omfattende og kostbart tiltak enn en enkel jordvoll. Vollen vil bestå av to deler (Figur 6-17) og totalt være ca. 775 m lang. Den bør ha en bredde på toppen på ca. 1 m og et fotavtrykk på 3 m.



Figur 6-17: 200-årsflom med klimapåslag langs Nugga med utbedret flomverk frem til Industrivegen. Sorte streker antyder foreslåtte jordvoller (ikke lagt inn i flom-modellen).

7 Tiltak TN5: Utbedre bruer over Nugga i Vågåvegen og Industrivegen

Bakgrunn og begrunnelse for tiltaket

Bruene ved Vågåvegen og Industrivegen (Figur 7-1 til Figur 7-4) har for lav kapasitet til å håndtere en 200-årsflom med klimapåslag som er beregnet til å ha en kulminasjonsverdi på 32,6 m³/s (Tabell 7-1). Kjørebrua ved Vågåvegen har minst kapasitet og er beregnet til å gå full allerede ved ca. 20 m³/s. Når innløpene mot bruene går fulle, vil vann strømme ut på veibanen og videre ukontrollert ut i nærliggende bebyggelse. Ved Vågåvegen vil en stor del av vannføringen følge veien østover og føre til oversvømmelser ved Sve og Sandbu. Økning av kapasiteten til bruene er et viktig tiltak i samband med utbedring av flomverkene langs Nugga.



Figur 7-1: Bru ved Vågåvegen. Oppstrøms side



Figur 7-2: Bru ved Vågåvegen. Nedstrøms side



Figur 7-3: Bruer ved Industrivegen sett fra sør mot nord (Foto fra Street view, Google Maps)



Figur 7-4: Bruer ved Industrivegen sett nedstrøms retning (Foto fra Street view, Google Maps)

Tabell 7-1: Karakteristikk av bruer over Nugga

Lokasjon	Kapasitet (m ³ /s)	Tykkelse dekke (m)	Lysåpning		Veidekke (moh)	UK brubjelke (moh)	Elvebunn (moh)
			B (m)	H (m)			
Vågåvegen	~20.0	0.33	5.00	1.20	375.7	375.4	374.2
Industrivegen kjørebro	~24.0	0.29	4.30	1.28	371.1	370.4	369.1
Industrivegen gangbro	~30.0	0.32	4.40	1.79	371.1	370.7	368.5

Beskrivelse av tiltaket

Hvilken returperiode bruene i Vågåmo skal sikres for er en prinsipiell diskusjon. I Statens Vegvesens håndbok N400 stilles det krav til at bruer skal ha 0,5 meter fri høyde over vassdraget ved 200-årsflom (inkludert klimapåslag). For kritiske veier skal det vurderes om det er nødvendig med lengre returperiode. God praksis er å utforme kulverter og bruer slik at energilinja ved dimensjonerende flom ligger på nivå eller lavere enn underkant av brubjelken. Dette gir plass til at drivgods som eventuelt skulle følge med elva ved flom kan passere og man reduserer sannsynlighet for tilstopping. I vassdrag med høye hastigheter, slik som øvre del av Nugga frem til krysningen av Vågåvegen, kan energinivået være flere meter over vannstanden.

Terrenget rundt bruene ved Vågåvegen og Industrivegen er nærmest flatt. For å unngå store kostnader med tilpasninger av eksisterende veier er det ønskelig at nye bruer bygges så lave som mulig. Eksisterende bebyggelse og infrastruktur legger også begrensninger på bredden til bruene. Kapasitetsøkning til bruene utføres ved å øke strømningsarealet under bruene og/eller helningen til elva. Videre er det viktig å sørge for gode strømningsforhold blant annet ved å unngå retningsenderinger og strømning skjevt på innløpet, og eventuelt tilrettelegge for en akselerasjonssone ved innløpet til bruene.

Grunnet utfordringer med begrenset plass og topografiske forhold vil det være vanskelig å utforme bruene slik at energilinja ligger på nivå med underkant av brubjelkene. Derfor anbefales at de nye bruene utformes slik at de har en fri høyde på 0,5 meter over vannstanden for 200-årsflom med klimapåslag. Dette er også i tråd med anbefaling av sikringsnivå på flomverk langs Nugga.

For å kunne beregne nødvendige dimensjoner av nye bruer er det utført vannlinjeberegninger med en 1D hydraulisk modell som dekker en delstrekning av Nugga fra trafostasjonen til utløpet i Otta. I modelleringen er det antatt at brubjelke og veidekke til sammen bygger 0,5 meter. Ved Vågåveien ligger veidekket i dag på ca. 375,7 moh. så for å tilfredsstille krav til 0,5 meter fri høyde over vannlinje ved 200-årsflom med klimapåslag må vannstand under bruene være maksimalt 374,7 moh. Tilsvarende ligger topp veidekke ved Industrivegen på ca. 371,1 moh. og maksimal vannstand under bruene må være 370,1 moh. Tabell 7-2, Tabell 7-3 og

Tabell 7-4 viser beregnet vannstand og energilinje ved bruene ved Vågaveien og Industrivegen for dagens situasjon og med nye bruer. Det er utført simuleringer med ulike lengder på bruene og nivå på elvebunn. Kanalen mellom Nugga trafostasjon og Vågavegen er utvidet med 2 meter i bredden. Det er benyttet et Manningstall på $32 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Resultatene viser at man for Vågavegen må man ha en brulengde på 7 meter og senke elvebunnen med 0,8 meter for å ha en fri høyde på 0,5 meter over vannlinjen ved 200-årsflom med klimapåslag hvis man ikke senker elvebunnen.

Tabell 7-2: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander (H) og energinivå (E) for bruer med ulik bredde og høyde ved Vågavegen

Scenario	Elvebunn (moh)	Brulengde (m)	Vannstand (moh)	Hastighet (m/s)	E-nivå (moh)	Froude-tall
Eks. situasjon	374.2	5.0	375.5	6.0	377.3	1.93
Alt. 1	373.7	7.0	374.9	4.0	375.7	1.20
Alt. 2	373.4	7.0	374.7	3.4	375.3	0.92
Alt. 3	373.7	8.0	374.8	3.6	375.5	1.12

Ved Industrivegen er elvegradienten slakere enn Vågaveien. På denne strekningen endrer strømmingen seg fra overkritisk oppstrøms kjørebrua til underkritisk rett nedstrøms gangbrua. For kjørebrua er det oppstrøms strømningsareal som er bestemmende for kapasiteten, mens for gangbrua er kapasiteten også påvirket av vannstanden nedstrøms brua. Resultatene viser for kjørebrua at ved dagens situasjon når vannspeilet 0,2 meter over underkant av brubjelken. For gangbrua når ikke vannspeilet opp til brubjelken, men brua tilfredsstiller ikke kravet 0,5 meter fri høyde over vannlinja.

Tabell 7-3: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander og energinivå for bruer med ulik bredde og høyde kjørebru ved Industrivegen

Scenario	Elvebunn (moh)	Brulengde (m)	Vannstand (moh)	Hastighet (m/s)	E-nivå (moh)	Froude-tall
Eks. situasjon	369,1	4,3	370,6	4,0	371,4	1,40
Alt. 1	369,1	8,0	370,3	3,3	370,9	0,95
Alt. 2	369,1	10,0	370,2	2,9	370,6	0,95
Alt. 3	368,6	8,0	370,2	2,8	370,6	0,73

Tabell 7-4: 200-årsflom med klimapåslag (F2). Vannstander og energinivå for bruer med ulik bredde og høyde gangbru ved Industrivegen

Scenario	Elvebunn (moh)	Brulengde (m)	Vannstand (moh)	Hastighet (m/s)	E-nivå (moh)	Froude-tall
Eks. situasjon	368,5	4,4	370,3	3,3	371,2	0,90
Alt. 1	368,5	8,0	370,1	2,5	370,4	0,60
Alt. 2	368,5	10,0	370,1	2,0	370,3	0,55
Alt. 3	368,1	8,0	370,1	2,0	370,3	0,46

Øker man lengden på kjørebrua vil gangbrua være det bestemmende hydrauliske profilet og en flaskehals som påvirker vannstandene ved kjørebrua. Simuleringer der kun lengden på kjørebroen er økt til 8 meter og gangbrua holdt uforandret viser at vannstanden ved kjørebrua blir 370,5 moh. Dette viser at lengden på gangbrua må økes samtidig som kjørebrua. Resultatene viser at en lengde på 8 meter på begge bruene er tilstrekkelig hvis elvebunn ved kjørebrua senkes med ca. 0,5 meter. Dette fører til at strømmingen går fra overkritisk til underkritisk ved kjørebrua.



Figur 7-5: Gangbru over Nugga ved Vågå Ysteri

I tillegg til kjørebruene på de kommunale veiene er det en gangbru ved ysteriet (Figur 7-5). Brua er en trebjelkebru som er fundamentert på toppen av eksisterende flomverk. I forbindelse med utbedring av eksisterende flomverk må brua byttes siden kanalen breddeutvides. Benytter man samme løsning som eksisterende bru ved at man plasserer den på toppen av flomverket, vil brua i utgangspunktet ha tilstrekkelig med fri høyde over vassdraget ved 200-årsflom med klimapåslag.

Effekt på naturverdier, kulturverdier, landskap og tredjepart langs Nugga

Med hensyn til kulturverdier og landskap berører muligens de foreslåtte tiltak langs Nugga generelt omkringliggende kulturlandskap, men ikke i stor negativ grad. Det er et lokalt tiltak som vil kunne utformes for å beholde "naturlig" utseende langs elva. Her spiller også vegetasjon en viktig rolle for visuell påvirkning av omkringliggende områder.

Partier langs Nugga oppstrøms Vågåvegen har eldre forbygninger i naturstein på begge sider. Disse har estetisk og kulturhistorisk verdi. Dersom kanalløpet må utvides, bør man gjenbruke steinblokkene og videreføre samme utforming ved etablering av tilsvarende murverk.

Kjørebrua oppstrøms Haugøy er et verneverdig element i kulturlandskapet. Den har murte brukar av naturstein og ligger rett ved innkjørselen til gardstunet på Haugøy som består av åtte fredede bygninger. En utbedring av brua må ta hensyn til det verneverdige kulturmiljøet, og brua bør utformes i tråd med tradisjonell stedlig byggeskikk med natursteinsmur og trekonstruksjoner.

Nedstrøms brua ved Vågåvegen endrer elveløpet karakter. Det er ingen direkte eller indirekte påvirkning på kulturverdier ved å bygge flomverk på begge sider av Nugga mellom Vågåvegen og Industrivegen, men det anses som positivt for omkringliggende områder å ivareta Nuggas åpne løp med vegetasjon på begge sider. Flomverk kan utformes på samme vis som oppstrøms brua vedrørende materialbruk og utforming.

Uttvidelse av bruer kommer ikke i konflikt med viktige kultur- eller naturverdier. På oversiden av brua under Vågåvegen er det eldre flomverk som det bør tas hensyn til. Materialer og metode for eldre flomverk bør videreføres, og en bør benytte samme type og størrelse av lokal stein, dersom dette er forsvarlig i forhold til sikringen. Så langt som mulig bør terrenginngrepet begrenses.

Det er ikke registrert rødlistede arter i området, men det bør vurderes å utføre en grundig kartlegging av området som del av detaljplanleggingen av tiltakene.

Gjennomføringen av tiltakene i Nugga vil by på noen utfordringer, nevnt ovenfor, og medføre ulemper for innbyggerne, spesielt langs elva, i anleggsperioden. De viktigste elementene i dette er at det må dels pigges og dels sprenges, avhengig av tilgang på maskiner og egnetheten til berget. Det må etableres tilkomst for maskiner, og særlig i de bratte, øvre delene, mellom Øygardsvegen og Nugga trafostasjon, vil dette være utfordrende og til ulempe for de nærmeste beboerne. I tillegg vil det bli noe bortkjøring av masser. Utskifting / utbedring av bruer vil i tillegg medføre ulemper i form av omkjøring via mindre veier, som eksempelvis Vollvegen i den perioden brua i Industrivegen vil være stengt.

7.1 Oppsummering og revidert kostnadsestimat Nugga

Flomsikringen langs stor deler av Nugga, nedstrøms Øygardsvegen til krysning med Industrivegen må forbedres. Dette gjelder også bruene i Vågåvegen og Industrivegen, samt den private brua ved Haugøy. Utbedringen av flomverkene anbefales gjort som en kombinasjon av fordypning av kanalen og breddeutvidelse østover der det er best plass. Dette kombineres med oppbygging og dels forhøyning av flommur, der en bør legge vekt på å benytte utsprenget / utpigget stein og la ny mur få samme uttrykk som eksisterende tørrmurer der disse finnes. Nedstrøms Industrivegen er det mest jordbruksarealer som blir oversvømt, men det anbefales en relativt lav jordvoll langs bolig- og industri-

feltet mellom Industrivegen og Ottadalsvegen, som vil gi beskyttelse mot flom som i dette området vil ha små vanddyp og lave vannhastigheter.

Bruene i Vågåvegen anbefales utvidet til 8 m bredde dersom en senker bunnen med 0,5 m. Industrivegen må utvides til 10 m bredde. For begge disse utvidelsene antar vi at det anlegges ny bru m/ gangbru, og det er dette som er kostnadsberegnet (Tabell 7-5).

Tabell 7-5 Samlet kostnadsoverslag for tiltak i Nugga (avrundete summer)

Tiltak - Lokasjon	Type	Mengde	Enhetspris (kr/enhet)	Delsum (Mkr)
TN1: Fangnett Oppstrøms Øygardsvegen til Blesomlykkja	Flomskred fangnett	3,0 stk	1 000 000,0	3,0
Tilkomstmulighet	Tilkomst for tømning og vedlikehold	samlet		0,5
TN2: Utbedre flomverk Nugga vest: Øygardsvegen - Haugøy	Betongmur/steinmur høyde 1m, 2 parseller	80,0 m	5 000,0	0,4
TN3: Utbedre flomverk Nedstrøms Haugøy - Nugga trafo				
Utvidelse/senking av kanal og flytting av mur	Pigging, massehåndtering og tørrmur	120 m	7000	0.8
Fjerne eks. flomverk, kanalisering, fjerning av masser		600,0 m ³	500,0	0,3
Nytt flomverk langs kanal	Steinmur, høyde 2m	300,0 m	10 000,0	3,0
Erosjonssikring av kanal, bredde kanal 7 m	Plastringsstein	1050,0 m	1 000,0	1,1
Betongmur vestsiden av Nugga ved Ysteriet	Betongmur, høyde 1 m	10,0 m	10 000,0	0,1
TN4: utbedre flomverk Nugga trafo – Industrivegen, Jordvoll langs industrifelt				
Kanalisering, breddeutvidelse 3 meter, fjerne masser		400,0 m ³	500,0	0,2
Nye tørrmurer begge sider av elva	Steinmur høyde 2 m	180,0 m	10 000,0	1,8
Erosjonssikring elvebunn	Plastringsstein	100,0 m ²	1 000,0	0,1
Forhøyet flomverk vest- østside av elva	Flomvoll, høyde 1 m	600,0 m	10 000,0	6,0
Erosjonssikring elvebunn	Plastringsstein	100,0 m ²	1 000,0	0,1
0,5 m voll langs industrifeltet og Vollen	Jordvoll	775 m	2000,0	1,55
TN5: Bruer over Nugga i Vågåvegen og Industrivegen (og privat bru, Haugøy)				
Vågåvegen	Fritt opplagt, ett spenn 7 m	7,0 m	400 000,0	2,8
Industrivegen kjørebru	Fritt opplagt, ett spenn 10 m	8,0 m	400 000,0	3,2
Industrivegen gangbru	Fritt opplagt, ett spenn 10 m	8,0 m	400 000,0	3,2
Senkning og erosjonssikring av elvebunn bruer Industrivegen	Senke 0,5 meter og erosjonssikring med stein	160 m ²	1000,0	0,2
Kjørebru privatvei Haugøy	Fritt opplagt, ett spenn 7 m	7,0 m	400 000,0	2,8
Uforutsette kostnader			15,0 %	4,4
Riggkostnader			20,0 %	5,9
Planlegging, prosjektering og byggeledelse			11,5 %	3,4
Rundet totalsum				45,0

8 Tiltak TO1: Masseuttak i Otta nedstrøms utløpet til Finna og Nugga

Finna er kjent for å være masseførende. Ved etablering av tiltak TF4 – sedimentasjonsbasseng / terskler nedstrøms Selatunga, vil transporten reduseres kraftig, slik at en unngår bunnheving i Finna gjennom sentrum. Likevel vil masser i form av noe grus, sand og finere fraksjoner fortsatt transporteres og avsettes der vannhastigheten avtar. Derfor vil en fortsatt ha avsetning og masseoppbygging ved Finnas utløp i Otta og i området nedstrøms. Noe sediment vil også transporteres i Nugga, men dette bidraget er lite, og det antas at det meste avsettes i kanalen gjennom det flate området før utløpet i Otta. Dette vil kunne remobiliseres i en større flom, men dronebilde av Nuggas utløp viser lite sediment-oppbygging i dag (Figur 8-1). Avhengig av vannføringen i Otta blir sedimenter transportert videre nedstrøms, mens de grovere fraksjonene blir liggende i selve utløpene av sideelvene. Disse fraksjonene vil ikke transporteres videre uten ved en stor flom, trolig 200-årsflom eller større. Modellering gjort i Fase 2 av prosjektet (NGI, 2022b) viser at sedimenter kan bygge seg opp i de nedre delene av Finna, mot utløpet. Historiske flyfoto fra dette området i Otta viser også store endringer de siste ca. 50 år (NGI, 2022b).



Figur 8-1 Utløpet av Nugga i Otta, 2020. (Fra www.norgebilder.no)

Området er i dag regulert for masseuttak gjennom 'Reguleringsplan for Otta mellom Klones og Grøna'. Spesialområde 'Masseuttak' er definert i området fra Storøye til Grønhølen. Bestemmelsen sier *'masseuttak på tørrlagte og ubevokste elveøyrrar kan skje etter søknad til Vågå kommune. Søknaden skal vise på kart avgrensning av uttaksområde. Søknaden skal opplyse i "m³" kor stort uttak som er omsøkt. Uttak skal takast ut jamt over heile flata for det omsøkte område. Uttak under vassnivå er ikkje tillate. Andre uttak krev konsesjon etter vassressurslov og løyve etter lakse- og innlandsfiskeleva'*.

Det regulerte området for masseuttak er således nedstrøms utløpene til Finna og Nugga. Vi foreslår her ikke konkrete tiltak utover å overvåke eventuell masseoppbygging i Finnas og Nuggas utløp i Otta, med tanke på masseuttak også noe vest for det regulerte området ved behov. En slik overvåking vil innebære at man med jevne mellomrom kartlegger bunnen langs noen faste profiler over elvene i og nært utløpene. Visuell inspeksjon, for eksempel etter flomperioder, kan angi eventuelt behov for opplodding. Det vil være opp til kommunen å gi tillatelse til masseuttak dersom dette vurderes nødvendig. En bør også vurdere gjeldende reguleringsplan i forhold til mulig behov for revisjon.

I denne mulighetsstudien angir vi ikke eksakte mål for uttak av masser eller eventuelle terskelverdier for når dette er nødvendig. Det er viktig å følge med på om oppbygging av bunnen fører til vesentlige endringer i strømningsmønsteret i elvene, eller økte flomproblemer. Ethvert uttak av masser bør gjøres i nært samarbeid med økologisk ekspertise, da området har betydelige naturverdier (nedenfor). Derfor anbefales ikke etablering av et permanent masseuttak i området.

Både Finna og Otta mangler gode estimer for massetransport. Jevnlig overvåking (f.eks. hvert 2-4 år) med laserskanning tidlig om våren mens vannføringen er lav, kan gi gode estimer for hvordan sedimentene bygger seg opp, og en kan da relatere oppbyggingen til vannføring over tid. Det er godt plasserte vannføringsstasjoner både i Finna og Otta.

Effekt på naturverdier

I dette prosjektets Fase 1-rapport (NGI, 2022a) ble det konkludert med at i forhold til bevaring av biologisk mangfold og fisk var det viktig å unngå omfattende inngrep i utløpsområdet av Finna i Otta. Bakgrunnen for denne konklusjonen var nettopp at dynamiske og ustabile elveører som gir variasjon i vannhastighet og sammensetning av bunnssubstratet har bygd seg opp her (Figur 8-2). Selv om det ikke er gjennomført fiskebiologiske undersøkelser i prosjektet, ble det konkludert med at dette området mest sannsynlig er viktige områder (også gyteområder) for både harr og ørret. I tillegg ble det observert klåved *Myricaria germanica* som har status som nær truet (NT) i den norske rødlista (Henriksen & Hilmo 2015) på den vestre elvebanken under befarung den 23. august 2021.



Figur 8-2 Utløpet av Finna i Otta på lav vannføring i april 2021 (Foto: Kjetil Rolseth)

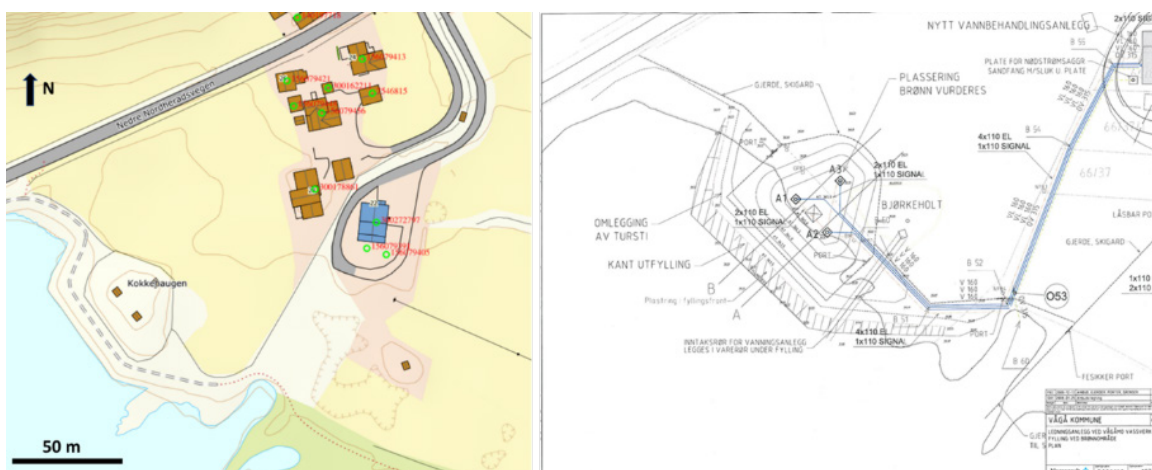
Før eventuelt masseuttak gjennomføres, bør følgende utredes nærmere:

- Hva er effekten av masseuttak i dette området på flomvannstand i bebygde områder langs Finna. Dette bør modelleres hydraulisk og vil avgjøre om uttak er nødvendig, samt hvor uttak bør finne sted. Økologisk sett vil det være en fordel om uttaket kan gjennomføres lengre nedstrøms, f.eks. nedstrøms utløpet av Nugga.
- Områdets funksjon for harr og ørret må undersøkes, f.eks. gytefisk/gytegrøp-telling for ørret og forsøksfiske etter harr i gytetiden. Tetthet av ungfisk av begge arter bør undersøkes.
- Ved eventuelt masseuttak må adkomst til elva sikres slik at sårbare plantearter ikke blir skadet (f.eks. klåved) og kantvegetasjonen bevares. Perioden for uttak av masser må reguleres. Masseuttak i strandsonen bør unngås. I og med at det må tas hensyn til både vårgytende harr og egg/yngel til disse, samt høstgytende ørret og egg/yngel til disse, bør eventuelt masseuttak gjennomføres i perioden 15. juli – 1. september, dvs. innenfor et relativt begrenset tidsrom. En plan for masseuttak må uansett på høring/godkjenning til statsforvalteren og fylkeskommunen.

9 Tiltak TO2 og TO4: Sikring av Vågåmo Vannverk, flomverk langs Vågåvatn og bebyggelse ved Kræmar-Sandbu og Krokjorget

9.1 TO2a: Sikring av Vågåmo vannverk

Vågå vannverk ligger på Haugamoen, i den sydvestlige delen av Vågåvifta (Figur 9-1). Grunnen under både bygningen og brønnene er fylt opp til 365,10 moh. Selve vannverket har senket gulv, på 364 moh., men hoveddelen av bygget har vanntette vegger og gulv. Imidlertid er den nordlige delen av Plan 1 kun bygget med reisverk og er derfor ikke vanntett. Denne delen inneholder lagertank for lut, laboratorium, garderobe og kontrollrom. Denne delen av bygget må derfor sikres særskilt for å tåle 1000 års flom med klimapåslag på nivå 366,3 moh. De tre brønnene ble anlagt i 2009, og er beskyttet av brønnhus (Figur 9-2). Dørstokken til husene ligger på ca. 365,40 m, men de har gulv kun bestående av løsmasser. Brønntoppene er prosjektert til 365,75 moh. og er bygget med syrefaste rør som tåler oversvømmelse. Imidlertid har byggene styreskap og kabelføringer som må sikres. *Grunnen 'skal være fylt opp med tette masser rundt selve brønnene, og fylt med tette masser til ca. 15 m fra brønnene mot Vågåvatnet'* (fra Mattilsynets godkjenningssbrev for vannverket). Skråningen mot Vågåvatnet er plastret for erosjonssikring. Selve brønnhusene er enkle og kan heves til nødvendig nivå (Figur 9-2).



Figur 9-1 Lokalisering av Vågåmo Vannverk (blå bygning og brønnhus på Kokkehaugen), og ledningsplan som viser de tre inntaksbrønnene og oppfylling, samt plastring mot Vågåvatnet (tegning fra Norconsult).

Området rundt vannverket er utsatt for flom i Otta/Vågåvatnet. Normalvannstanden i Vågåvatnet er 362 moh. I det verste scenariet, en 1000-årsflom med 20% klimapåslag, vil vannstanden i Vågåvatnet kunne nå 366,3 moh. Under flommen som kulminerte i Vågåvatnet 15 oktober 2018, sto vannet nesten opp til installasjonene (Figur 9-3). Ifølge NVE var denne flommen over 50-årsflom og utløste rødt farevarsel. Vannstanden i

Vågåvatnet var på 364,78 moh. (stasjon 2.416), og ved å sammenligne med flomfrekvensanalysen for vannstand i Vågåvatn, framstår flommen som ca. en 150-årsflom.



Figur 9-2 To av brønnhusene på Kokkehaugen (venstre) og installasjonene inne i brønnhusene (høyre) (Foto Vågå kommune, mai, 2022)



Figur 9-3 Foto fra flommen i oktober 2018. Vågåmo vannverk og brønnhusene sirklet inn med rødt. (Foto fra Vågå kommune).

Pumpedelen av vannverket er bygget med vanntette vegger og såle, men nordenden av bygget, der blant annet kontrollrommet ligger, er bygget i reisverk og har ikke vanntette vegger og heller ikke vanntett gulv. Storflom i Otta og Vågåvatnet kan ha lang varighet og det er sannsynlig at grunnvann vil trenge opp gjennom de permeable massene i området. Dette kan eventuelt forhindres om man bygger flomvollen langs Vågåvatnet

høyere (tiltak TO2), til F3 nivå (366,5 moh.), eller om man bygger en lokal voll rundt vannverket, forutsatt at begge tiltakene forsterkes med å etablere pumpeverk der pumpekapasitet dimensjoneres etter grunnens permeabilitet. Detaljering av dette må eventuelt gjøres i prosjekteringsfasen.

Andre tiltak som bør vurderes nærmere i prosjekteringsfasen, er

- a. Å etablere vanntette vegger og gulv også i denne delen av bygget, og spesielt i kontrollrommet. I tillegg bør en ha vanntette dører.
- b. Å bygge om kontroll-anlegget, som i dag er montert i skap som går fra gulv til tak (H. Wangen, Vågå kommune, telefon 21.06.2022), slik at kritisk infrastruktur ikke nås av en 1000 årsflom med klimapåslag, dvs. høyere enn 366,3 moh. Gulvnivå i dag er 365,2 moh. I tillegg bør det da monteres lensepumpe i denne delen av bygget.

I denne mulighetsstudien har vi ikke nok kunnskap om anlegget til å anslå noen pris på tiltakene eller detaljer i eventuell gjennomføring. Dette må gjøres i en prosjekteringsfase.

For selve brønnene vil det mest kritiske være el-installasjonene i brønnhusene. All infrastruktur som ikke tåler vann i brønnhusene bør flyttes opp til minst 366,5 moh. Dette vil trolig også gjøre det nødvendig å heve brønnhusene, noe som uansett vil være et enkelt tiltak. Det antas at brønntoppene tåler oversvømmelse og ikke trenger å modifiseres.

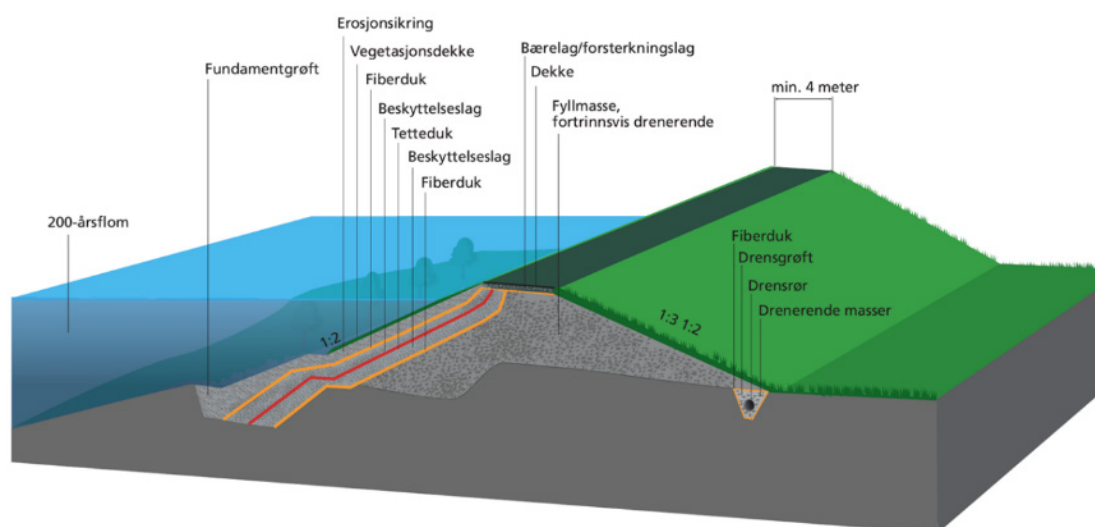
9.2 TO2b: Flomverk langs Vågåvatn

Med sikring av vannverket (Kapittel 9.1), vil det kun være bygninger i sikkerhetsklasse F2 som skal sikres mot flom i Vågåvatnet. Dette kan gjøres med en voll langs nordsiden av vannet, fra gangveien (366 moh.) ved rundkjøringen der Vågåvegen møter Rv 15, til Nedre Nordheradsvegen (365 moh) (Figur 9-4). Det vil være ønskelig å bevare strandsonen med eksisterende flomslette-vegetasjon, så en voll bør trekkes noe inn fra vannet (Figur 9-4). Den vil møte det oppbygde området rundt de tre inntaksbrønnene til vannverket, og så fortsette herfra til Nedre Nordheradsvegen, som nesten ligger høyt nok i forhold til F2 sikring. 200-årsflom med klimapåslag i Vågåvatnet vil nå en høyde på 365,4 moh. Endelig plassering og utforming av vollen må eventuelt bli en del av prosjekteringen, men total lengde vil bli ca. 950 m. Et prinsipp-snitt er vist i Figur 9-5. Dagens terreng varierer mellom 362,5 og 364,5 moh. langs den antatte plasseringen av en voll, men de lengste delene varierer lite rundt 363,5m. Vollhøyden vil derfor variere fra 1 m til 3 m, men med en gjennomsnittshøyde på ca. 2 m. for å sikre til F2 sikkerhetsnivå. Dersom en velger å sikre til F3 nivå, må høyden på vollen økes til 366,5 moh.



Figur 9-4 Ca. plassering av flomvoll mot Vågåvatnet.

Imidlertid er dette meget permeable masser og en vil raskt få grunnvannsstigning ved en langvarig flom i Otta og Vågåvatnet. NGU (1987) har beregnet permeabiliteten til $2,5 \times 10^{-3}$ m/s ved pumpeforesøk over 36 timer. Det vil trolig være nødvendig med minst to pumpestasjoner. Endelig antall, plassering og dimensjonering av disse vil være et tema i en eventuell prosjektering av tiltaket. Dersom en går videre med en flomvoll her, kan trolig utsprengte masser fra en eventuell flomtunnel (kapittel 2) benyttes som fyllmasse i vollen. Før bygging må matjordslaget fjernes og en må utføre geotekniske undersøkelser av grunnforholdene.



Figur 9-5 Tverrsnitt av flomvoll, prinsippskisse. (Fra Vassdragshåndboka, NVE, 2010)

Effekt for kulturmiljø og landskap

Tiltaket vil endre landskap og siktlinjer som er viktig for opplevelsen av området som består av flere verneverdige og fredede kulturmiljøer. Fra flere gardstun og boliger, samt fra deler av Nedre Nordheradsvegen, vil vollen hindre sikt til Vågåvatnet. Samtidig vil vollen total endre karakter til tettstedet sett fra Rv. 15 på andre siden av Vågåvatnet. Fra et kulturminnefaglig perspektiv er dette derfor et uheldig tiltak.

9.3 TO4: Sikring av bebyggelse ved Kræmar-Sandbu og Krokjordanet

Ved sikring av bebyggelsen ved Sandbu og Krokom/Krokjordanet vil det kun være bygninger i sikkerhetsklasse F2 som skal sikres mot flom fra Otta og Nugga. Dette kan utføres som en flomvoll som går rundt bygningene ved Kræmar-Sandbu og følger sørsiden av Vågåvegen østover mot rundkjøringen der Vågåvegen møter Ottadalsvegen. Alternativt kan det utføres som en kombinasjon av flomvoll rundt bygningene ved Kræmar-Sandbu og betongmur resten av strekning fra Kræmar-Sandbu østover langs Vågåvegen. 200-årsflom med klimapåslag med samtidig kulminasjon i alle vassdrag vil føre til en vannstand på ca. 364,5 moh. på jordene nordøst for Nugga. Vannhastighetene er beskjedne og i praksis er det snakk om stillestående vann. Toppen av flomvollen kan derfor ligge kote 365,0. Endelig plassering og utforming av vollen må eventuelt bli en del av prosjekteringen, men total lengde vil bli ca. 800 m. Mulig plassering er vist i Figur 9-6, mens utformingen kan være som prinsippsnittene vist i Figur 4-4 (langs veien) og Figur 9-5 (rundt Kræmar-Sandbu). Dagens terreng varierer mellom 363,0 og 364,5 moh. langs den antatte plasseringen av en voll, men de lengste delene varierer lite rundt 363,5m. Vollhøyden vil derfor variere fra 0,5 m til 2 m, men med en gjennomsnittshøyde på ca. 1,5 m for å sikre til F2 sikkerhetsnivå.

Terrenget heller nordøstover mot rundkjøringen der Vågåvegen og Ottadalsvegen møtes, så flomvann vil samles opp i lavpunktet her. Det er ikke et problem for bebyggelsen i området da det sikres av flomvollen. Deler av vannet vil også renne sørover mot Nugga og ut i Otta igjen når vannstanden i Otta synker. Resten av vannet som ikke dreneres vekk fra lavpunktet vest for rundkjøringen er strengt tatt ikke et problem for bebyggelsen, men vil kunne skade jordbruket. Løsmassene langs Ottadalsvegen består av permeable masser og en vil raskt få grunnvannsstigning og strømming gjennom veifyllingen ved en langvarig flom i Otta. Om en skal installere pumpestasjoner for å sikre jordbruket må bli en prioriteringssak, og eventuelt endelig antall, plassering og dimensjonering av disse vil være et tema i en prosjektering av tiltaket. Vi har ikke tatt med pumpestasjoner i det samlede kostnadsoverslaget for tiltaket ved Kræmar-Sandbu og Krokjordanet (Tabell 9-1). Dersom en går videre med dette tiltaket, kan trolig utsprengte masser fra en eventuell flomtunnel (kapittel 2) benyttes som fyllmasse i vollen. Før bygging må matjordslaget fjernes og en må utføre geotekniske undersøkelser av grunnforholdene.



Figur 9-6: Ca. plassering av flomvoll langs Vågåvegen og Ottadalsvegen for å sikre Kræmar-Sandbu og bebyggelsen i Krok / Krokjordanet.

Effekt for kulturmiljø og landskap

Tiltaket vil endre landskap og siktlinjer som er viktig for opplevelsen av området som består av flere verneverdige og fredede kulturmiljøer. Fra flere gardstun og boliger, samt deler av Vågåvegen, vil vollen kunne føre til noe redusert sikt til Otta og Nugga.

Samtidig vil vollen endre karakter til kulturmiljøene på Sandbu og Krokom. Fra et rent kulturminnefaglig perspektiv er dette derfor et uheldig tiltak.

9.4 Revidert kostnadsestimat

Tabell 9-1 Kostnadsoverslag for flomvoll mot Vågåvatn, sikring av vannverket og flomvoll ved Kræmar-Sandbu

Lokasjon	Type	Mengde	Enhetspris (kr/enhet)	Delsum (Mkr)
TO2: Flomverk langs Vågåvatn	Flomvoll, høyde 2 m	950,0 m	17 000,0	16,2
TO4: Flomverk ved Kræmar-Sandbu og Krokjeldet	Flomvoll, høyde 1,5 m	800,0	15 000,0	12,0
Pumpestasjoner (for TO2)	Kapasitet (?)	2,0 stk	1 000 000	2,0
Uforutsette kostnader			20,0 %	6,0
Riggkostnader			20,0 %	6,0
Planlegging, prosjektering og byggeledelse			11,5 %	3,5
Avrundet totalsum				45,7

10 Nytte – Kost analyser

Nytte-kostanalysen er utført på samme måte som i prosjektets fase 2-rapport (NGI, 2022b), med NVEs nytte-kost verktøy NKA-2016 versjon 1.33. Nytteverdiene er også langt på vei de samme, med unntak av flomverkløsningen for Finna (TF4 + TF6). Grunnen er at flomverkalternativet i motsetning til tunnelalternativet ikke gir F3-sikring for hele det potensielle oversvømmelsesområdet. Vestsiden har F2-dimensjonerte flomverk i nedre del. Tabell 10-1 oppsummerer resultatene. De prissatte konsekvensene er gitt numerisk i de to kolonnene, mens de viktigste ikke-prissatte er oppsummert i kommentarkolonnen. Poengmatrisen for ikke-prissatte konsekvenser finnes i kapittel 6 i (NGI, 2022b). Disse er ikke vesentlig påvirket av detaljeringen av tiltakene, med unntak av tunnelalternativet TF3. Hovedalternativ for tiltak er, i forhold til Fase 2 rapporten (NGI, 2022b), flyttet fra Sælatunga til elvesvingen like oppstrøms Statnetts transformatorstasjon, og tørr kanal fra tunnelutløp til Vågåvatnet er erstattet av en senket kanal der Vågåvatnet går inn til tunnelutløpet. Dette fjerner de betydelige inngrepene i et relativt uberørt landskap ved Sælatunga, og senkningen av utløpskanalen gjør inngrepet mindre dominerende i kulturlandskapet.

Sedimentasjonsbassenger nedstrøms Sælatunga ansees som nødvendig uavhengig av hvilken samlet løsning som velges. Vi har derfor ikke vurdert hvert av de tre tiltakene TF3, TF4 og TF6 separat, men kun i kombinasjonene TF3+TF4 og TF4+TF6

En fordel ved tunnelalternativet (TF3) i forhold til utbedring av dagens flomverk langs Finna (TF6) som ikke kommer tydelig fram i nytte-kost analysen er at det sparer sentrumsområdet for langvarige anleggsarbeider, bevarer og gir økte muligheter til utvikling av elvemiljøet.

Det er verdt å merke seg at nytteberegningene tar utgangspunkt i dagens arealbruk, ikke potensial for framtidig utnyttelse. Dette gjelder særlig tiltak TO2a som med dagens bruk har svært dårlig nytte/kost-forhold.

Kombinerte nytte-kost analyser

- Tunnel og sedimentasjonsbassenger, TF3+TF4: Sedimentasjonsbassengene bidrar til at man unngår bunnheving og kan gjøre etter-tiltak-flomanalysen uten bunnheving – restskaden blir mindre og nytten større.
- Sedimentasjonsbassenger og flomverk, TF4+TF6: Her gjelder det samme – man kan gjøre etter-tiltak-analysen uten bunnheving, og kan klare seg med lavere flomverk. Nyten blir større og kostnadene lavere. Når nytten er noe lavere for dette alternativet enn TF3+TF4 skyldes det at flomverkene ikke er dimensjonert for F3 over hele området, mens TF3+TF4 sikrer det. Restskaden blir dermed litt større for TF4+TF6.
- Nyte-kost-analysen for Nugga er gjort for alle relevante tiltak, TN1 til TN6 og gjelder bare dersom alle er utført. Den er gjort for flomsonen til Nugga alene, og det er liten eller ingen overlapp med Finnas flomsone.
- Nyte-kost-analysen for hele Vågåmo blir dermed summen av nytten for TF3+TF4 alternativt TF4+TF6 og TN1 til TN6, dividert med de tilsvarende kostnadene. For tunnelalternativet $535/209=2,56$. I tillegg kommer sikringen av vannverket, TO2b, eventuell flomvoll mot Vågåvatnet, TO2a, og lokal sikring av bensinstasjonen, TO3. Disse tiltakene unndrar seg i stor grad økonomisk NKA-analyse, de styres av ikke-prissatte effekter.

Tabell 10-1 Oppsummering av foreslåtte tiltak med reviderte nytte/kost forhold.

Elv	Tiltak	Beskrivelse tiltak	Kommentar / Natur / kultur / landskap / tredjepart	Estimert kostnad (Mkr)	Nytte / kost forhold
Finna	TF3 + TF4	Flomtunnel Finna – Vågåvatn Sedimentasjonsbasseng mellom Sælatunga og eksisterende terskler	Utløp i område med verdifulle kultur- og naturverdier. Utforming for å unngå for stor visuell effekt og negative konsekvenser på naturmiljøet er viktig. Vil påvirke elva visuelt. Viktig å tilpasse med materialbruk og beplantning. Må utformes for ikke å hindre fiskevandring. Må lages en plan for tømning av bassengene for å reduseres negative konsekvenser var akvatisk biomangfold.	166	387/166 2.33
Finna	TF4 + TF6	Sedimentasjonsbasseng mellom Sælatunga og eksisterende terskler + Utbedre eksisterende flomverk gjennom Vågåmo sentrum	Vil påvirke elva visuelt. Viktig å tilpasse med materialbruk og beplantning. Må utformes for ikke å hindre fiskevandring. Må lages en plan for tømning av bassengene for å reduseres negative konsekvenser var akvatisk biomangfold. Liten påvirkning av naturverdier. Deler av dagens flomverk er vernet og bevaring av disse må vurderes. Heving påvirker siktelinjer og opplevelsen av landskapet. Utforming må vurderes nøye. Totalt ca. 5250 m flomverk.	134	362/134 2.70
Nugga	TN1	Fangnett for sedimenter og drivgods	Påvirker naturlig smalt løp og vegetasjon langs Nugga. Tilkomst for vedlikehold må utformes skånsomt.	45*	138/45 3.07
Nugga	TN2	Utbedre flomverk på vestsiden av Nugga fra Øygardsvegen forbi Haugøy	Bør integreres i kulturmiljøet ved bruk av tilsvarende naturstein som i de gamle verkene.		
Nugga	TN3	Utbedre flomverk nedstrøms Haugøy til Nugga trafostasjon	Skjermes fra det fredete kultur-miljøet ved Haugøy av vegetasjon, som må bevares.		
Nugga	TN4	Utbedre flomverk, Nugga trafostasjon til Industri-vegen og Jordvoll langs industrifeltet	Som for tiltak TN3. Ingen negativ påvirkning, men bør ivareta dagens åpne løp med vegetasjon.		
Nugga	TN5	Utbedre bruer i Vågåvegen, Industrivegen og ved Haugøy	Ikke konflikt med kultur- eller naturverdier. Bør ta hensyn til eldre flomverk oppstrøms brua. Utvidelse bør skje østover og evt. nytt flomverk utformes med lokal stein.		
Otta	TO1	Masseuttak nedstrøms utløpet til Finna og Nugga	Ved evt. masseuttak må området kartlegges nøyer. Viktig for fisk, og har truede arter. Tiltak må planlegges og utformes nøye.		
Otta	TO2a	Separat sikring av vannverket	Siden nytten særlig ligger på samfunnssikkerhet de det vanskelig å foreta en økonomisk NKA		
Otta	TO2b	Flomvoll langs Vågåvatn	Flomvoll i strandsonen negativt for naturverdier, rødliste planter og fuglearter. Verneverdige gardstun påvirkes, samt opplevelsen av tettstedet sett utenfra. Alternativ b) å foretrekke.	28,0**	2.56/28 0.09
Otta/ Finna	TO3	Sikring av bensinstasjonen til F3	Da nytten er her først og fremst knyttet til forurensningsfare unndrar tiltaket seg NKA. Forurensningsfare bør utredes nærmere.	8 til 18	
Otta/ Nugga	TO4	Sikring av bebyggelse til F2	Flomvoll tett på kulturmiljøer ved Kræmar-Sandbu og Krokum. Verneverdige gardstun påvirkes, samt opplevelsen av tettstedet sett utenfra.	18,2	2.3/18.2 0.13
Alle		Enkelttiltak, enkeltbygg	Gjelder særlig kirka og Vågå vannverk		

* Summen gjelder alle enkelt tiltakene, TN1-TN6, samlet.

** Summen og N/K beregningen gjelder kun flomvoll langs Vågåvatnet. Det er ikke regnet på N/K forholdet for separat sikring av vannverket.

11 Oppsummering og anbefaling

I vurderingene av helhetlig sikring av Vågåmo i forhold til naturfare har vi vurdert flom i Finna, Nugga og Otta, samt flomskred i Nugga. Studien viser at en full sikring av Vågåmo mot flom og flomskred er mulig med følgende tiltak:

Finna:

- Sedimentasjonsbassenger / terskler mellom utløpet av Finngjelet og Statnetts trafostasjon, i kombinasjon med enten:
- En flomtunnel fra like oppstrøms Statnetts trafostasjon til rett vest av småbåthavna i Vågåvatnet, eller
- Hevede og forsterkede flomverk langs elva gjennom Vågåmo, samt heving av Finna bru.

Nugga:

- Etablering av tre fangnett for flomskred og drivgods oppstrøms Øygardvegen.
- Utbedring / heving av flomverk langs elva fra Øygardvegen til nedstrøms industrivegen, og økning av kapasitet under bruer.
- En lav voll i kanten av jordet øst for industrifeltet

Otta:

- Sikring av Vågåmo vannverk ved enten flomvoll langs Ottavatnet (nedenfor), eller separate tiltak for kritisk del av vannverksbygget i kombinasjon med nivåheving av sårbare installasjoner i tre brønnhus.
- Regulert masseuttak ved og nedstrøms utløpene av Finna og Nugga, samt i utløpet til Finna.
- Etablering av en flomvoll og pumpeverk langs Vågåvatnet mellom Ottadalsvegen og Nedre Nordheradsveg.
- Etablering av en flomvoll ved Kræmar-Sandbu og Krokjordet.

Vurderingene av tiltakene presentert i denne rapporten er mer detaljert enn hva som ble presentert i fase 2 av prosjektet (NGI, 2022b). Likevel er det store usikkerheter i de kostnadene som er anslått. Mye av dette er tatt med i relativt store anslag i postene for uforutsette utgifter, men endelige kostnader kan ikke fastslås før anleggene prosjekters og mer detaljerte undersøkelser gjøres i forbindelse med dette. De største usikkerhetene ligger i tilstanden av de eksisterende flomverkene, uforutsette utfordringer ved inn- og utløp av en flomtunnel, grunnforhold ved alle anleggene, samt transport og deponering, eventuelt bruk, av betydelige volumer utsprengte og utgravde masser. Avhengig av hvor mye som kan brukes lokalt i forhold til bortkjøring og deponering, kan dette påføre prosjektet betydelige merkostnader.

Med detaljeringen som er gjort i denne fasen av arbeidet, er kostnadsbildet endret noe i forhold til hva som ble presentert i Fase 2 rapporten (NGI, 2022b). Likevel har tiltakene gode nytte / kost forhold, med unntak av flomvollene langs Vågåvatnet (TO2) og ved Kræmar-Sandbu / Krokjordet (TO4) (Tabell 10-1). Forskjellen mellom alternativene

TF3+TF4 og TF4+TF6 ansees som liten gitt de store usikkerhetene som er diskutert i rapporten.

Kartleveranser

Med rapporten følger det med farekart som viser situasjon med tiltak for 200-årsflom og 1000-årsflom med klimapåslag. I tillegg vil revidert farekart for flomskred leveres. Flomsonekartene leveres for to alternative pakker med sikringstiltak i Finna:

1. **Tiltak TF3 og TF4.** Her er det forutsatt at flomtunnelen tar alle vannføringer over 300 m³/s i Finna.
 - a. 200-årsflom med klimapåslag. Kulminasjonsverdi redusert fra 433 til 300 m³/s i Finna. Otta mellom tunnelutløp og samløp med Finna øker fra 1321 til 1454 m³/s
 - b. 1000-årsflom med klimapåslag. Kulminasjonsverdi redusert fra 545 til 300 m³/s i Finna. Otta mellom tunnelutløp og samløp med Finna øker fra 1661 til 1906 m³/s.
2. **Tiltak TF4 og TF6:** Ingen endringer i vannføring.

For Nugga er det antatt alle tiltak (TN1-TN5) bygges og at fangnett forhindrer tilstopping.

Anbefaling

Til tross for antatt høyere kostnad, er vår anbefaling for tiltak i Finna å gå videre med flomtunnel (TF3) i kombinasjon med sedimentasjonsbassenger (TF4). Dette begrunnes med lavere usikkerhet, mindre ulemper for Vågåmo sentrum, mindre negativ påvirkning av kulturmiljøet, bedre for naturmiljøet og bedre mulighet for utvikling av sentrumsmiljøet langs elva. Effekten en flomtunnel vil ha for samtidig flom i Otta er modellert og funnet å være liten, maks 0,3 m heving ved Sundbrui under samtidig 1000-års flom med klimapåslag. Det samlede nytte / kost forholdet for de to tiltakene (TF3+TF4) er godt og ikke vesentlig lavere enn det alternative tiltaket, (TF4+TF6, sedimentasjonsbassenger i kombinasjon med utbedrede flomverk). For Nugga bør alle de foreslåtte tiltakene gjennomføres. For Otta / Vågåvatnet bør høyeste prioritet være å sikre vannverksinstallasjonene. Andre vurderte tiltak har lave nytte-kost forhold. Eventuelt masseuttak i elva bør vurderes nærmere i samråd med økologisk ekspertise og reguleres. Med mindre situasjonen endrer seg drastisk, f.eks. ved en storflom før annen sikring er gjennomført, er dette ikke et tiltak som haster.

12 Referanser

- Henriksen, S. og Hilmo, O. (2015) Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken. Nedlastet 30.11.2020 fra <https://www.artsdatabanken.no/Rodliste>.
- Lia, L. & Jenssen, L. (2003) Grunne Inntak. NVE Rpport nr. 6/03.
- NGI (2022a) Mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo – Vågå kommune. Fase 1: Presentasjon av kunnskapsgrunnlaget; Nå-situasjonen. NGI Rapport 20210082-01-R
- NGI (2022b) Mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo. Fase 2: Studie av alternative sikringsløsninger. NGI Rapport 20210082-02-R.
- NGU (1987) Vågåmo vannverk. Beskyttelse av grunnvannsforekomsten. NGU Rapport nr. 87.161
- NGU (1998) Vågåmo vannverk, grunnvannsundersøkelser. NGU Rapport nr. 98.034.
- Norconsult (2016) Årsaker til kostnadsøkninger i norske vegprosjekt. Norconsult oppdrag 5156633, for Næringslivets Hovedorganisasjon. 36pp.
https://www.nho.no/contentassets/db2308eef44f4ecea3d61fe5dc0c5fc/norconsult_arsaker-til-kostnadsokninger-i-norske-vegprosjekt.pdf
- NVE (1998) Massedeposering av sprengstein i vann – forurensningsvirkninger. NVE Rapport nr. 29. 1998.
- NVE (2009) Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein. Rapport 4/2009
- NVE. (2016a). *Rapport 46-2016 Kostnadsgrunnlag for vannkraft*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2016b). *Rapport nr 40-2016. Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg (<10 MW)*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2020). *Sikringshåndboka. Modul F2.302: Flommur – Prosjektering*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2022a). *Kostnadsutvikling for vannkraftprosjekter, indeksregulering fra 1.1.1997 til 1.1.2022*. Hentet fra NVE.no: <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/1a865eb7-e5d3-4c92-98d5-8d03e096aeb9/200701379/3426800>
- NVE (2022b). *Sikringshåndboka. Modul F2.301: Flomvoll - Prosjektering*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Sturt, B. A., Ramsay, D. M., & Lutro, O. (1999). Geological Bedrock Map SEL og VÅGÅ kommunar. In scale 1:250000. Geological Survey of Norway.
- Solberg (2014) Så mye koster det egentlig å bygge vei i Norge. Teknisk Ukeblad, Samferdsel. 07.07.2014. <https://www.tu.no/artikler/sa-mye-koster-det-egentlig-a-bygge-vei-i-norge/231083#:~:text=%C2%ABNormale%C2%BB%20kostnader%20til%20vegutbygging&text=En%20oversikt%20etaten%20har%20gitt,omr%C3%A5det%2C%20og%20hvor%20veien%20bygges>
- Statens Vegvesen (2021) Vei- og gateutforming. Vegnormal N100.

Dokumentinformasjon/ <i>Document information</i>		
Dokumenttittel/<i>Document title</i> Fase 3: Vurdering av de mest relevante løsningene		Dokumentnr./<i>Document no.</i> 20210082-03-R
Dokumenttype/<i>Type of document</i> Rapport / Report	Oppdragsgiver/<i>Client</i> NVE	Dato/<i>Date</i> 2022-06-24
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/<i>Proprietary rights to the document according to contract</i> Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/<i>Rev.no.&date</i> 1 / 2022-09-12
Distribusjon/<i>Distribution</i> ÅPEN: Skal tilgjengeliggjøres i åpent arkiv (BRAGE) / OPEN: To be published in open archives (BRAGE)		
Emneord/<i>Keywords</i> Vågå kommune, Vågåmo, Flom, skred, sikring		

Stedfesting/ <i>Geographical information</i>	
Land, fylke/<i>Country</i> Norge, Innlandet	Havområde/<i>Offshore area</i>
Kommune/<i>Municipality</i> Vågå	Feltnavn/<i>Field name</i>
Sted/<i>Location</i> Vågåmo	Sted/<i>Location</i>
Kartblad/<i>Map</i>	Felt, blokknr./<i>Field, Block No.</i>
UTM-koordinater/<i>UTM-coordinates</i> Sone: Øst: Nord:	Koordinater/<i>Coordinates</i> Prosjeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/ <i>Document control</i>					
Kvalitetssikring i henhold til/ <i>Quality assurance according to NS-EN ISO9001</i>					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/ <i>Reason for revision</i>	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2022-06-03 Anders Solheim	2022-06-03 Kjersti G. Gisnås		
1	Revisjonen skyldes at et nytt tiltak er vurdert. Dette gjelder en flomvoll i den østlige delen av området, ved Kræmar-Sandbu og Krokjordet. Dette er lagt inn som et eget kapittel, samt at tiltaket er tatt inn i aktuelle tabeller og i sammendraget.	2022-09-09 Anders Solheim	2022-09-09 Kjersti G. Gisnås		

Dokument godkjent for utsendelse/ <i>Document approved for release</i>	Dato/<i>Date</i> 12. september 2022	Prosjektleder/<i>Project Manager</i> Anders Solheim
---	---	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: GeoMiljø – Offshore energi – Naturfare – GeoData og teknologi

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Geotechnics and Environment – Offshore energy – Natural Hazards – GeoData and Technology.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

