RAPPORT

Mulighetsstudie for sikring av Vågåmo – Vågå kommune

FASE 1: PRESENTASJON AV KUNNSKAPSGRUNNLAGET; NÅ-SITUASJONEN

DOK.NR. 20210082-01-R
REV.NR. 2 / 2022-03-07

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten 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 sikring av Vågåmo – Vågå kommune
Dokumenttittel:	Fase 1: presentasjon av kunnskapsgrunnlaget; nå-situasjonen
Dokumentnr.:	20210082-01-R
Dato:	2021-11-24
Rev.nr. / Rev.dato:	2 / 2022-03-07

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver:	Norges vassdrags- og energidirektorat
Kontaktperson:	Kristin Hasle Haslestad
Kontraktreferanse:	NS 8402 datert 07.05.21

for NGI

Prosjektleder:	Anders Solheim
Utarbeidet av:	Ingar Haug Steinholt, Øyvind A. Høydal, Anders Solheim, Unni Eidsvig (NGI), Christian Almestad (DHI), Nils Roar Sælthun (Hydrolog N.R. Sælthun), Jon Museth & Børre Dervo (NINA), Nina Kjølsen Jernæs & Siv Leden (NIKU)
Kontrollert av:	Carl B. Harbitz

Sammendrag

NGI med underleverandører (DHI, NIKU, NINA, Hydrolog Nils Roar Sælthun og HydraTeam AS) har fått i oppdrag å utføre en mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo sentrum mot flomskred og flomhendelser i elvene Otta, Finna og Nugga. 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, jordbruk og reindrift. Denne rapporten omhandler Fase 1 av arbeidet, der nå-situasjonen beskrives. De neste fasene tar for seg aktuelle sikringsløsninger og deres effekt (Fase 2) og foreslår den mest hensiktsmessige og kost-effektive løsningen (Fase 3).

Arbeidet i Fase 1 er basert på tilgjengelig eksisterende materiale samt feltbefaringer, og tar for seg hydrologi og flomfare, grunnforhold i området, erosjonsproblematikk og mobiliserbare sedimenter, mulighet for flom- og sørpeskred, samt viktige, verneverdige natur- og kulturverdier.

Flomberegninger er utført for Finna, Nugga og Otta mellom samløpet med Finna og Vågåvatn, med et klimapåslag på 20% for Finna og Otta og 40% for Nugga. For Finna og Otta er tidsserier på observert vannføring (døgnmidler) fra hhv. 1967 og 1977 analysert, med finere oppløsning (timesverdier) i Finnas data fra 2001. Resultatene viser en tydelig tendens til større årsflommer etter år 2000 for begge vassdragene, noe som også resulterer i kulminasjonsverdier som er 12-15% større enn NVEs tidligere beregninger fra år 2000. Basert på analyse av 74 flommer i perioden 1979-2020 anses samtidig kulminasjon av flommer i Finna og Otta ved Vågåmo som sannsynlig. For Nugga finnes ikke observerte tidsserier på vannføring, så flomberegningene er utført med frekvensanalyser i nærliggende vassdrag og nedbør-avløpsmodell.

Rapporten fokuserer på resultater fra vannlinjeberegninger for 200- og 1000-årsflom med klimapåslag, noe som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 og F3 i TEK17, men har også med 20-årsflom (F1) med klimapåslag der kun Nugga fører til noe oversvømmelse. En gjennomgang av ni broer i vassdragene viser at de færreste har tilstrekkelig kapasitet. Alle unntatt én har kapasitet til middelflom med klimapåslag, mens bare tre har kapasitet til 200-årsflom med klimapåslag og kun én har tilstrekkelig kapasitet for en 1000-årsflom med klimapåslag.

Finna har kapasitet til en 100-årsflom (uten klimapåslag) uten at vann strømmer ut i Vågåmo. Ved høyere vannføringer går Finna over sine bredder, med overløp både øst og vest for elva, henholdsvis rett nedstrøms Finna bru og ved Finnkanten. Store deler av sentrum og mange bygg på begge sider av elva vil bli oversvømt, men med generelt lavere vanndyp enn 0,5 m med unntak av noen lavpunkter. Vannhastigheten er høy (inntil 8 m/s) i Finna, men langt lavere i de oversvømte områdene (<1 m/s til 2 m/s).

For Nugga viser vannlinjeberegningene at ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag strømmer deler av vannet ut av løpet rett nedstrøms broene ved Øygarden og følger Haugøyjeilen. Nugga vil også få overløp vestover i svingen rett nedstrøms Haugøy,

hvilket fører til oversvømmelser langs Øygardsvegen. De begrensede kapasitetene til bruene ved Vågåvegen og Industrivegen vil føre til at vann strømmer opp på og langs Vågåvegen mot Sandbu, samt inn i boligfeltet vest for Nugga. Med unntak av enkelte lavpunkt, er vanndybdene i de oversvømte områdene stort sett < 0,5m. I den bratte delen av elva, oppstrøms Vågåvegen, kan vannhastighetene bli høye, opp mot 10 m/s. På de flatere områdene utenfor hovedløpet er hastigheten i hovedsak < 1m/s. Tilstopping av broene er et problem i Nugga, og vil føre til større oversvømmelser i de berørte områdene.

Flom i Otta har begrensede konsekvenser for Vågåmo sammenlignet med flom i Finna og Nugga. 200-årsflom med klimapåslag vil nå noen bygninger oppstrøms samløpet med Finna, samt kunne trenge gjennom veifyllingen til Ottadalsvegen nedstrøms samløpet og oversvømme lavpunkter på jordene inn mot Sandbu. Høy vannstand i Otta vil også forårsake oppstuving i nedre deler av Nugga og gi oversvømmelse på jordene på begge sider av Nuggas nedre del. Vannhastigheter i de oversvømte delene langs Otta er generelt lave, < 1 m/s. Ved 1000-årsflom med klimapåslag når vannstanden over veibanen til Ottadalsvegen og oversvømmelsene ved Sandbu blir betydelig større, men fortsatt med lave vannhastigheter (< 1 m/s).

Samtidig kulminasjon i alle tre elvene med klimapåslag gir det verste scenariet, der betdelige deler av Vågåmo vil oversvømmes, både på veststiden av Finna og, ikke minst på østsiden og videre mot Sandbu. I hovedsak vil de samme områdene berøres av 200- og 1000-årsflom med klimapåslag, men med større vanndyp ved 1000-årsflommen. Vannhastighetene i de oversvømte områdene er fortsatt i hovedsak < 1 m/s, men kan lokalt komme opp mot 2 m/s. Bunnheving i Finna øker den generelle faren og er grunnlag for endelige farekart.

Vågåmo ligger på en elvevifte med hovedsakelig glasifluviale og fluviale sedimenter, bestående av sand og grus med høy permeabilitet. Eksisterende data viser at grunnvann-standen er sterkt styrt av vannstanden i Finna og i Vågåvatnet, og at det er en rask respons på flomvannføring i Finna. Når det gjelder eroderbare sedimenter, som vil kunne mobiliseres ved en ny flom, er dette kartlagt ved bruk av terrengmodell og ved befaring med bruk av drone. Mesteparten av massene som kan mobiliseres og som vil påvirke situasjonen i Vågåmo vil være erodert fra så vel sideskråninger som fra selve elveløpet nedstrøms fra Øyagarden. Tidligere undersøkelser har beregnet en årlig transport av suspendert og bunntransportert materiale i Finna på hhv. 3300 tonn og 700-1000 tonn. Sammenligning med andre vassdrag i regionen antyder at dette kan være realistiske verdier i et middel-flom-år, med maksimal døgnmiddelvannføring på ca. 115 m^3/s, men at massetransporten er betydelig høyere i kraftige flommer, som i 1995, 2011 og 2015. En ny LIDAR skanning, utført i november 2021 gir indikasjoner på massebevegelser, men nøyaktigheten er utilstrekkelig for å gjøre grundige volumestimater. En mulig dypere fjellskredbevegelse er registrert syd-vest for Finna ved Bakken.

Basert på tidligere beregninger av massetransport i Finna, antas bunntransport av sedimenter ved flommer med gjentaksintervall fra 5-10 år og høyere. Bunntransport er også dokumentert gjennom historiske dokumenter. Imidlertid er det først fra retur-

perioder over 100 år at bunntransporten blir betydelig. Hydrauliske analyser viser midlere bunnheving på hhv. 0,6 m og 0,9 m for 200- og 1000-årsflom. En hendelsestre-analyse for å kvantifisere sannsynlighetene tilsier størst sannsynlighet for en bunnheving på 0,5 m til 1,0 m for 200-årsflom. For en 1000-årsflom anslås bunnheving på 1,0 m til 1,5 m. Grunnet usikkerhet i beregning av massetransport, benyttes de høyeste verdiene, 1,0 m og 1,5 m for hhv. 200- og 1000-årsflommene, i de endelige flomsonekartene.

Nugga, med kun 12 km^2 nedbørfelt, har ikke tilsvarende flomproblemer som Finna. En hendelse i 1938 antas å skyldes skred som demte opp elva med påfølgende dambrudd, med stor tilførsel av vann og sedimenter mot Vågåmo. Modellering av denne hendelsen som et sørpeskred viser at massene kan nå forbi Vågåvegen, samt at Nugga ved en slik ekstrem hendelse kan ta et nytt løp vest for dagens opprinnelige løp.

Faresonene for Vågåmo er revidert, og et eget faresonekart for skred i bratt terreng (steinsprang og løsmasseskred) er presentert. Faresonene for flom med returperioder på 20, 200 og 1000 år er beregnet for samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta, med klimapåslag og med bunnheving i Finna for 200- og 1000-årsflommene. Betydelige deler av Vågåmo, på begge sider av Finna, berøres av disse flommene.

Når det gjelder naturverdier, er vassdraget og nedbørfeltet fra Honnsjøen til utløpet av Finngjelet ved Sælatunga intakt og har dermed de største verneverdiene. Nedstrøms Sælatunga er Finna i dag sterkt påvirket av flomsikringsarbeider og prioriteringen ved videre sikringsarbeid vil være å forbedre de biologiske forholdene og biomangfoldet i vassdraget. Nedre del av Finna, fra starten av dagens forbygning til utløpet i Otta er karakterisert som en sterkt modifisert vannforekomst. De øvrige delene av vassdraget er klassifisert med god økologisk tilstand. Klåved (*Myricaria germanica*) med status som nær truet i den norske rødlista er observert, sammen med enkelte andre rødlistede arter, både langs Finna og Nugga. Ingen svartlistede arter er observert.

Vågåmo sentrum har 45 registrerte bygninger og bygningsmiljøer med kulturhistorisk verdi, der kirka er den viktigste. 33 av disse bygningene eller bygningsmiljøene er utsatt for en 200-årsflom (med klimapåslag og bunnheving i Finna), mens ytterligere seks bygningsmiljøer vil berøres av en 1000-årsflom. Dette utgjør størstedelen av Vågåmo sentrums bebyggelse med kulturhistorisk verdi, inklusive Vågå kirke. I og med at alle strukturer eller bygninger leder vann, bør en ved ethvert tiltak i sentrum vurdere om dette kan øke flomfaren for bygninger med høy kulturhistorisk verdi. Rapporten inneholder en oversikt over alle verneverdige bygg i Vågåmo sentrum. Disse vil inngå i den videre analysen av mulige sikringstiltak mot flom i Vågåmo sentrum.

Innhold

1 Innledning 13
2 Flomberegninger 15
3 Vannlinjeberegninger 16
3.1 Modelloppbygning 16
3.2 Konstruksjoner i vassdraget 18
3.3 Resultater simuleringer 22
4 Grunnforhold 33
4.1 Tidligere grunnundersøkelser 33
4.2 Grunnvannsforhold 36
5 Mobiliserbare sedimenter 38
5.1 Befaring 38
5.2 Sedimentkilder- og mobilitet i Finna 39
5.3 Massetransport i Finna 49
5.4 Sedimentkilder og mobilitet i Nugga 64
6 Faresoner 67
6.1 Faresone skred 67
6.2 Faresone flom 69
6.3 Intensitet (DV) 74
6.4 Usikkerhet 76
7 Naturverdier og biologisk mangfold 77
7.1 Bakgrunn, avgrensning og metode 77
7.2 Dokumenterte verneverdier i Finna-vassdraget 78
7.3 Vurdering av dagens situasjon – fokus på Vågåmo 81
7.4 Oppsummering 85
8 Kulturverdier 86
8.1 Grunnlagsdokumenter 86
8.2 Avgrensninger ved kartleggingen, høsten 2021 87
8.3 Kunnskapsgrunnlaget for kulturminneverdier og kulturminnehensyn 88
8.4 Kartlegging av nåsituasjonen 92
8.5 Kort oppsummering 100
9 Referanser 101

Tabell

Tabell 2-1: Resultater flomberegninger for Finna, Otta ved Vågåmo og Nugga, med og uten 20% klimapåslag (kulminasjonsverdier) 16
Tabell 3-1 Manningtall benyttet i modellen 17
Tabell 3-2: Oversikt over broer som krysser Finna og Nugga innenfor modellområdet. 'h dekke' angir tykkelsen på brudekket fra underkant (UK) til veibanen. V og H angir hhv. venstre og høyre side. Brua ved Nugga trafo er en enkel trebru (Figur 3-2) og er ikke medtatt i tabellen. 18
Tabell 3-3: Kapasitet broer sammenlignet med ulike flomstørrelser 21

Tabell 4-1 Beregnede verdier for transmissivitet, hydraulisk konduktivitet og magasinkoeffisient bestemt fra pumpeforsøk i 1988 og 2007 (NGU, 1988; Norconsult, 2007). 37
Tabell 5-1 Estimert transportkapasitet for et typisk tverrprofil nedstrøms Finna bru. Resultatene er basert på forsøk beskrevet i Vassdrags og havnelaboratoriet (1961). 52
Tabell 5-2 Potensiell bunnheving basert på forsøkene utført av (Vassdrags og havnelaboratoriet, 1961). 52
Tabell 5-3 Sannsynlighetsberegninger for gitte hendelser ved en 200-årsflom 63
Tabell 5-4 Inputparametere for RAMMS brukt til å modellere skred fra Nugga. 66
Tabell 8-1 Kartlegging av kulturhistorisk verdifulle bygninger i Vågåmo sentrum som påvirkes av flom i Finna, Nugga og Otta samtidig. Grå markering på nummerering henviser til kommunens arealplan fra 1998 som «spesialområde bevaring», grønn nummerering er kulturhistorisk verdifulle bygninger som ikke er merket på kommunens arealplan som «spesialområde bevaring», mens lyseblå nummerering er fredede bygninger/bygningsmiljøer. 93

Figur

Figur 1-1 Oversiktskart over Vågåmo med vassdragene Otta, Finna og Nugga. Grønhølen, som er østlige begrensning for den hydrauliske modellen i Otta, ligger 2.2 km øst for figuren. 13
Figur 3-1: Oversikt over bruer som krysser elvene innenfor modellområdet 19
Figur 3-2: Bilder av utvalgte broer i Finna og Nugga 21
Figur 3-3: Maksimale dybder ved 100-årsflom i Finna uten klimapåslag, middelflom i Otta. Beregningen viser maksimal kapasitet av dagens flomverk langs Finna. Bygninger med kulturhistorisk verdi er markert med rødt og er tilsvarende for alle figurene i dette kapittelet. Dette er nærmere beskrevet i Kapittel 8.4. 23
Figur 3-4: Maksimale dybder ved 200-årsflom i Finna uten bunnheving, middelflom i Otta, ingen klimapåslag. Ingen flom i Nugga. 24
Figur 3-5: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag i Finna, uten bunnheving, middelflom med klimapåslag i Otta. Ingen flom i Nugga. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-1. 24
Figur 3-6: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag i Finna uten bunnheving, middelflom med klimapåslag i Otta. Ingen flom i Nugga. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-2. 25
Figur 3-7 Maksimale dybder ved 20-årsflom med klimapåslag i Nugga, Finna og Otta, uten bunnheving i Finna. 26
Figur 3-8: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag i Nugga, middelflom med klimapåslag i Otta og Finna. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-3. 26
Figur 3-9: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag i Nugga, middelflom med klimapåslag i Otta og Finna. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-4. 27
Figur 3-10: Maksimale dybder og differanse med og uten tilstopping ved 200-årsflom med klimapåslag i Nugga. Positive verdier viser økte vanndybder ved tilstopping. 28

Figur 3-11: Maksimale dybder og differanse med og uten tilstopping ved 1000-årsflom med klimapåslag i Nugga. Positive verdier viser økte vanndybder ved tilstopping. 29
Figur 3-12: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag i Otta, middelflom med klimapåslag, men uten bunnheving, i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-5. 30
Figur 3-13: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag i Otta, middelflom med klimapåslag, men uten bunnheving, i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-6. 31
Figur 3-14: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag, samtidig kulminasjon alle vassdrag. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i vedlegg C, Figur C-7. 32
Figur 3-15: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag, samtidig kulminasjon alle vassdrag. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-8. 32
Figur 4-1 NGUs løsmassekart for det aktuelle området. Kartet er basert på en grov kartlegging (1:250 000) utført av Sollid & Trollvik (1991). 33
Figur 4-2 Offentliggjorte grunnundersøkelser i den nasjonale grunnundersøkelsesdatabasen (NADAG). 34
Figur 4-3 Tolket dybde til berg ved hjelp av georadar. Dybde er oppgitt relativt til terrengoverflaten (NGU, 2015). 35
Figur 4-4 Oversikt over registrerte grunnvannskilder på og ved Vågåmo. Kommunens drikkevannskilder er markert med lilla punkter (sondérboringer). 36
Figur 4-5 Grunnvannstand i flere brønner ved Vågåmo vannverk under innledende pumpeforsøk. Grafen viser også vann-nivået i Vågåvatnet. Vannstanden i Vågåvatnet hadde et stabilt nivå under høy-rate prøvepumping, mens den steg og var forholdsvis ustabil under den resterende perioden for pumpeforsøket (Norconsult, 2007). 37
Figur 5-1 Befart område (sort polygon). 38
Figur 5-2 Kart som viser observasjonspunkter under befaringen 23-24.08. Observasjonspunktene er nærmere beskrevet i vedlegg A. 39
Figur 5-3 Terrengmodell generert i 2013 presentert ved hjelp av fjellskygge som fremhever terrengformer (Kartverket, 2021). Eksempler på erosjon og massetransport ned mot Finna er fremhevet med hvite piler. 40
Figur 5-4 Løsmasser i skråning nord-øst for Finna ved punkt 12, vist i Figur 5-2. 41
Figur 5-5 Løsmasser i skråning sør-vest for Finna ved punkt 12, vist i Figur 5-2. 41
Figur 5-6 Løsmasser i skråning vest for Finna om lag 250 m sør for punkt 12, vist i Figur 5-2. 42
Figur 5-7 Antatt isbevegelse under siste istid delt inn i fire faser. Det er fase 3 og 4 som er mest relevant for dette prosjektet da disse viser isens strømning mot nord ved slutten av siste istid, noe som kan forklare de store moreneavsetningene i skråningene sør-vest for Finna (Bergersen & Hole, 1981). 42
Figur 5-8 Terrengmodell generert i 2013 presentert ved hjelp av fjellskygge som fremhever terrengformer (Kartverket, 2021). Her er det mindre tegn på erosjon i sideskråningene sammenlignet med Figur 5-3. 43
Figur 5-9 Sannsynlig utglidning som har skjedd en gang mellom 2013 og 2021, markert med rød pil. Det er en del støy i datasettet som gjør at man ikke kan tolke alle beregnede forskjeller som faktiske terrengendringer. Endringer under 0,3 m er utelatt da nøyaktigheten til datasettet estimeres til å være ±30 cm. 44

Figur 5-10 Mulig ustabilt fjellparti vest for Finna. Feltet markert med rødt viser stor endring og kan være bakkant for en dypere bevegelse. Det er en del støy i datasettet som gjør at man ikke kan tolke alle beregnede forskjeller som faktiske terrengendringer. Endringer under 0,3 m er utelatt da nøyaktigheten til datasettet estimeres til å være ±30 cm. 45
Figur 5-11 InSAR-måling av punkt markert med rød sirkel som viser at landskapet har hevet seg med om lag 60 mm siden 2015. Målingene er hentet fra insar.ngu.no. 45
Figur 5-12 Dronebilde som viser løsmassesammensetningen 200 m nedstrøms utløpet av Finngjelet. Bildet viser et 100 m langt utsnitt. 46
Figur 5-13 Antatte mobiliserbare sedimenter i og rundt elveløpet til Finna. 47
Figur 5-14 Antatte mobiliserbare sedimenter i og rundt elveløpet til Finna. 47
Figur 5-15 Antatte mobiliserbare sedimenter i og rundt elveløpet til Finna. 48
Figur 5-16 Dronefoto tatt høsten 2021 om lag 200 m nord for punkt 8, vist i Figur 5-2. Her kan man se akkumulerte masser i elveløpet som kan mobiliseres ved større flommer. Foto: NVE. 48
Figur 5-17 Dronefoto tatt høsten 2021 om lag 200 m sør for punkt 8, vist i Figur 5-2. Her kan man se akkumulerte masser i elveløpet som kan mobiliseres ved større flommer. Foto: NVE 49
Figur 5-18 Bunntransport-måler utviklet av Helley & Smith (1971) og brukt av Huseby i 1981. 50
Figur 5-19 Beregnet massetransport (bunntransportert) i gram som funksjon av vannføring. I dette forsøket, som er skalert 1:30, viser massetransport av sedimenter med kornstørrelse D>9,5 mm. Tegnforklaringen viser referansen til forsøksnummer (Dx), og har ingen sammenheng med kornstørrelser (Vassdrags og Havnelaboratoriet, 1961). 51
Figur 5-20 Døgnmiddelvannføring for den hydrometriske stasjonen Sælatunga fra 1966 til 2021. Årstallene er plassert i midten av ti-året. Verdiene for 1981 er markert i oransje (NVE, 2021). 53
Figur 5-21 En-dimensjonalt modelloppsett i HEC-RAS med tilhørende tverrprofilnummering som viser avstand fra nederste profil i Otta. 54
Figur 5-22 Lengdeprofil av modelloppsettet. X-aksen indikerer avstand fra utløpet i Otta. 'Left' og 'right levee' er toppen av flomverkene i nedre del av elva. 55
Figur 5-23 Oppskalert flom basert på 2015-flommen. 55
Figur 5-24 Modellert kumulativ massetransport for Finna inn i hvert tverrprofil i modellen. Økende trend indikerer erosjon, mens synkende trend indikerer avsetning. Sælatunga ligger ved omtrent 4000 m, Finna bru ved 2000 m og utløpet i Otta er ved 1000 m. 57
Figur 5-25 Vannhastighet ved en 200-årsflom med klimapåslag uten bunnheving i Finna. 58
Figur 5-26 Vannhastighet ved en 200-årsflom med klimapåslag og 1,0 m bunnheving i Finna. 58
Figur 5-27 Vannhastighet ved en 1000-årsflom med klimapåslag uten bunnheving. 59
Figur 5-28 Hendelsestreanalyse for å fastslå sannsynligheten for en gitt bunnheving ved en 200-årsflom i Finna. 62
Figur 5-29 Oversiktskart som viser Køyring markert med rødt. Her gikk det et skred i 1938 som demte opp Nugga. 64
Figur 5-30 Kartutsnitt som viser nedre del av Nugga. 65

Figur 5-31 Spor etter skred som gikk i 1938 kan ses fra flyfoto tilgjengelig fra norgeibilder.no (Statens kartverk, 2021). 65
Figur 5-32 Modellering av massetransport i Nugga, fra et skred tilsvarende 1938-hendelsen. 66
Figur 6-1 Modellering av flomskred med opphav i Finngjelet. Resultatet viser at skredet vil stoppe rett etter utløpet av Finngjelet (NGI, 2020). 67
Figur 6-2 Faresoner for flom/skred i bratt terreng, hentet fra atlas.nve.no. Faresonene er basert på resultatene fra NGI (2018) og NGI (2020). 68
Figur 6-3 Reviderte faresoner for skred i bratt terreng. 69
Figur 6-4 Vanndyp ved en 20-årsflom med klimapåslag. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta. Ingen bunnheving i Finna eller tilstopping i Nugga. 70
Figur 6-5 Faresone for 20-årsflom (F1) med klimapåslag. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta. Ingen bunnheving i Finna eller tilstopping i Nugga. 71
Figur 6-6 Vanndyp ved en 200-årsflom med klimapåslag der det er lagt inn 1.0 m bunnheving fra utløpet i Otta til transformatorstasjonen ved Kvernvegen. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta. 72
Figur 6-7 Vanndyp ved en 1000-årsflom med klimapåslag hvor det er lagt inn 1.5 m bunnheving fra utløpet i Otta til transformatorstasjonen ved Kvernvegen. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta. 72
Figur 6-8 Faresone for 200-årsflom med klimapåslag og med 1 m bunnheving i Finna. Samtidig kulminasjon i alle vassdragene. 73
Figur 6-9 Faresone for 1000-årsflom med klimapåslag og med 1,5 m bunnheving i Finna. Samtidig kulminasjon i alle vassdragene. 73
Figur 6-10 Sårbarhetskurver for flomfare hentet fra Australian Institute for Disaster Resilience (2012). 74
Figur 6-11 Kombinerte fareklasser for flom som viser terskler for sårbarhet ved gitte verdier av vanndyp, vannhastighet og DV-tall. Hentet fra Australian Institute for Disaster Resilience (2012). 75
Figur 6-12 Maksimalt DV-tall ved en 200-årsflom. Klimapåslag og samtidig kulminasjon i alle vassdrag og 1.0 m bunnheving i Finna. 75
Figur 6-13 Maksimalt DV-tall ved 1000-årsflom. Klimapåslag og samtidig kulminasjon i alle vassdrag og 1.5 m bunnheving i Finna. 76
Figur 7-1 Utløpet av Finna i Otta den 26. april 2021. Her har det bygd seg opp elveører på grunn av massetransport i vassdraget og dette gir et variert og dynamisk elvehabitat. Her ble det under befaring den 23. august påvist bl.a. klåved Myricaria germanica som har status som nær truet (NT) i den norske rødlista (Henriksen & Hilmo 2015). Det primære voksestedet til klåved er nettopp på slike ustabile elveører (foto: Kjetil Rolseth). 78
Figur 7-2 Kart over undersøkelsesområdet, med stedsnavn markert. 79
Figur 7-3 Bilde til venstre: I Råkååi er det en spektakulær elvevifte med både aktive og tidligere løp. Bilde til høyre: I nedre deler av Brettingi er det også en dynamisk elvevifte og her har elva relativt nylig tatt et nytt løp, noe den enslige furua «midt i elva» vitner om (foto: Jon Museth). 79
Figur 7-4 NiN kart 1: 20 000 (NiN 2.3) for nedre deler av Finna og utløpet i Otta. Orange: O1-E2 Noe kalkfattig fastbunn i klar elv (3,2 mg Ca/l, stein og blokk 30-50 cm), Rød: O2-E1 Kalkfattig sedimentbunn i klar elv (3,2 mg Ca/l, Stein 200 – 256 mm). Grønn:

O2-E6 Turbid sedimentbunn i elv (TU 8 STS/l, grus til stein 1 mm -256 mm). Alle farger: Vannmasser: F8-E2 Elvevannmasser med fisk 83
Figur 7-5 Utdrag fra artskart.artsdatabanken.no. Tabell og kart viser observasjoner etter 1980. 84
Figur 8-1 Utdrag av kommunens reguleringsplan fra 1998 med merkede områder for spesialområde bevaring. 87
Figur 8-2 Figuren viser en grov markering av området som NIKU befarte høsten 2021 for å kartlegge kulturhistorisk verdifulle bygg. 88
Figur 8-3 Vågåmo sentrum og omgivelser. Postkort (udatert). Foto: Normann. Nr. 918. 89
Figur 8-4 Vågå kirke med støpul og kirkegård. Foto: NIKU august 2021. 90
Figur 8-5 Foto fra 1937 av murte, avskrånede elveforbygninger langs Finna, ved den daværende Finnbrua. Foto: Norsk vegmuseum, tilgjengelig på www.digitaltmuseum.no 91
Figur 8-6 Foto av vertikale murer ved Nugga nedenfor Trafostasjonen. Elveforbygningene er ikke statlig listeført, men verneverdige. Foto: NIKU, august 2021. 91
Figur 8-7: Kartlegging av kulturhistorisk verdifulle bygninger i Vågåmo sentrum på oppdatert flomsonekart for 200-års flom med klimapåslag, samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta, med 1,0 meter bunnheving i Finna. Nummer på bygninger refererer til nummerering i Tabell 8-1. Andre mulige flomsituasjoner er vist i Kapittel 3. For oppdatert oversikt over kartlegging av bygninger med kulturhistorisk verdi, er dette kartet komplett. 92
Figur 8-8 Kartlegging av kulturhistorisk verdifulle bygninger i Vågåmo sentrum på oppdatert flomsonekart for 1000-års flom med klimapåslag, samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta, med 1,5 meter bunnheving i Finna. Nummer på bygninger refererer til nummerering i Tabell 8-1. Andre mulige flomsituasjoner er vist i Kapittel 3. For oppdatert oversikt over kartlegging av bygninger med kulturhistorisk verdi, er dette kartet komplett. 93

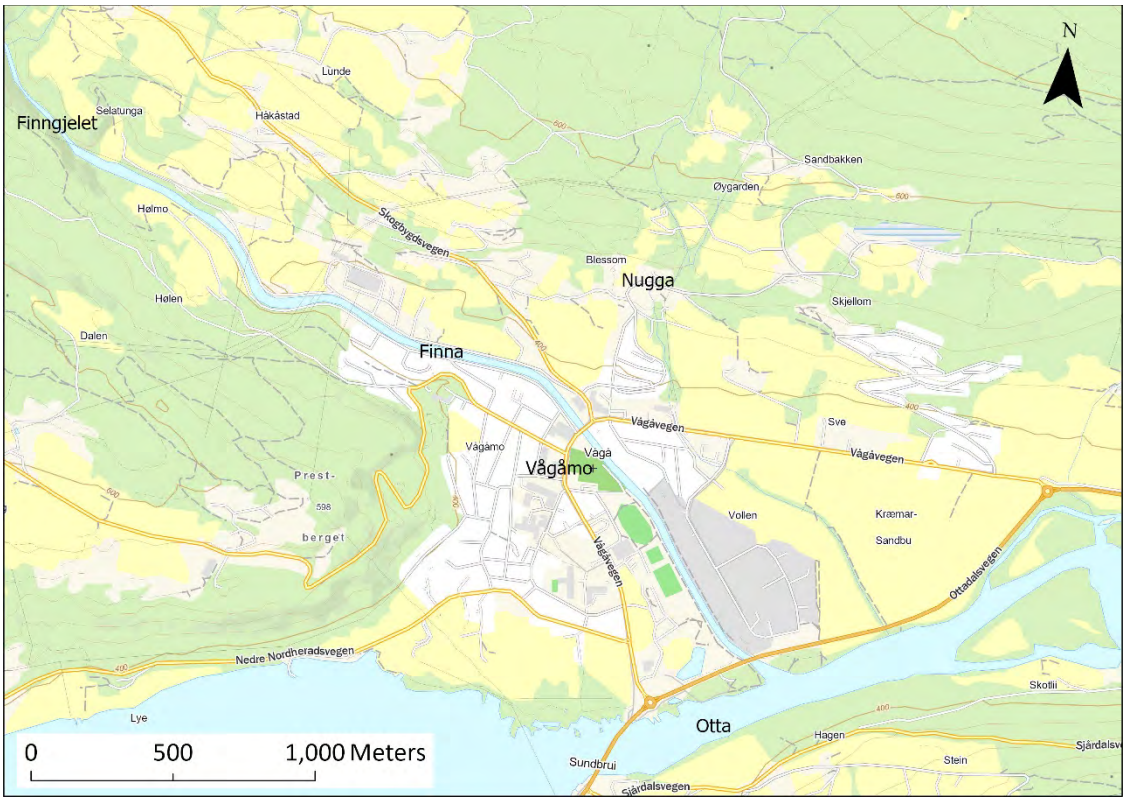
Vedlegg

Vedlegg A Mobiliserbare sedimenter – befaringsnotater
Vedlegg B Flomberegninger; frittstående rapport fra DHI
Vedlegg C Modellerte vannhastigheter
Vedlegg D Oppsett av HEC-RAS

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI med underleverandører (DHI, NIKU, NINA, Hydrolog Nils Roar Sælthun og HydraTeam AS) har fått i oppdrag å utføre en mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo mot flomskred og flomhendelser i elvene Otta, Finna og Nugga (Figur 1-1). Mulighetsstudien skal, i tillegg til sikring mot 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, jordbruk og reindrift.



Figur 1-1 Oversiktskart over Vågåmo med vassdragene Otta, Finna og Nugga. Grønhølen, som er østlige begrensning for den hydrauliske modellen i Otta, ligger 2.2 km øst for figuren.

Oppdraget er planlagt løst i tre faser, der denne rapporten er leveranse for Fase 1, og er også grunnlaget for et milepælsmøte med oppdragsgiver NVE og Vågå kommune. Fase 1 omfatter datainnsamling og modellering for å fastsette nå-situasjonen og dermed kunnskapsgrunnlaget for de neste fasene, 2 og 3, der forskjellige sikringsløsninger diskuteres og den mest hensiktsmessige løsningen til sist foreslås.

I fase 1 av prosjektet er flere feltbefaringer og møter gjennomført:

- 01-03.05.2021: HydraTeam AS gjennomførte hydrologiske oppmålinger og droneopptak, med påfølgende fotogrammetriske analyser i Finna og Otta, som

grunnlag for de nye flomberegningene. Dette ble gjort før formell oppstart av prosjektet på grunn av ønske om lav vannføring.

- 28.05.2021: Formelt oppstartsmøte i Vågåmo, med representanter for NVE, Vågå kommune, Reinheimen Nasjonalparkstyre, samt representanter for hele leverandørpartnerskapet. Møtet ble etterfulgt av en første befaring, der kommunens representanter viste lokaliteter som er tenkt å være sentrale for problemstillingene i prosjektet.
- 23-25.08.2021: Feltarbeid utført av NGI, NINA og NIKU, med hovedvekt på å kartlegge sedimentkilder, samt natur- og kulturverdier.

For den hydrologiske modelleringen var oppmålingene utført i begynnelsen av mai og oversiktsbefaringen 28.05 tilstrekkelig. HydraTeam har i tillegg utført enkelte kontroll-målinger av referansepunkter for justering av terrengmodellen i etterkant.

Etter oppstart ble prosjektet utvidet til å også utrede flomfare og aktuelle sikrings-løsninger i Finndalen, for Råkååi og Finna fra Vangen til Sterringen. Dette gjøres imidlertid som et separat prosjekt for Statsforvalteren i Innlandet, og denne rapporten omhandler derfor i hovedsak nedre del av Finna-vassdraget, fra Finngjelet til samløp med Otta, med unntak av Kapittel 6, Naturverdier, som også har med noe om natur-verdier innover i Finndalen.

2 Flomberegninger

Fullstendig rapport som beskriver flomberegningene følger som vedlegg. Nedenfor gis et kort sammendrag. Det er utført flomberegninger for Finna, Nugga og Vågåvatn (Otta rett oppstrøms samløpet med Finna). Siden store flommer forårsaket av høstnedbør opptrer i vassdragene er det benyttet et klimapåslag på 20 % for Finna og Otta, samt 40 % for Nugga iht. anbefalinger fra NVE (2016).

Otta, Finna og Nugga er alle høytliggende vassdrag med store høydeforskjeller. Otta og Finna drenerer fra vest mot øst og tilnærmet 80 % av vassdragene ligger høyere enn 1000 moh. Nugga drenerer fra nord mot sør og over 70 % av nedbørfeltet til Nugga ligger høyere enn 1000 moh., men høydeforskjellene i vassdraget er mindre enn i Otta og Finna. Alle tre vassdrag har en høy andel snaufjell og lav effektiv sjøprosent, hvilket gir liten mulighet til selvregulering av flommer. Store deler av nedbørfeltene ligger over tregrensen og har stabile snøforhold, hvilket fører til at vassdragene i hovedsak er preget av vårflommer. Selv om vårflommer dominerer, har vassdragene også hatt flere store høstflommer. Deler av nedbørfeltet til Otta er regulert, men reguleringsprosenten er lav (12.2% ved Eidefossen kraftverk (Drageset, 2000)), og kraftverkene har derfor liten innvirkning på store flommer.

Otta ved samløpet med Finna har et nedbørfelt på 3415 km^2. Nedbørfeltet til Finna er 466 km^2. Det er noe usikkerhet knyttet til nedbørfeltgrensene til Nugga og hvorvidt innsjøen Jettjørni er en del av vassdraget eller ikke. Nedbørfeltet til Nugga, ekskludert og inkludert Jettjørni, er henholdsvis 13,7 og 18,0 km^2 fram til samløpet med Otta. Jettjørni har en liten oppdemming og regulering som trolig er en del av et gammelt vanningssystem. På kartet fremstår Jettjørni med dobbelt utløp, både mot Nugga i sørvest og Jettdalen (Ilka) i nordøst. GIS-analyser basert på nasjonal detaljert høydemodell antyder at Jettjørni drenerer nordøst til Jettdalen. NVEs web-applikasjon NEVINA viser også samme resultat. Det er dog ikke sikkert at Jettjørni drenerer kun til en retning ved flom. På befaring 24-25 august 2021 ble det funnet et rør med begrenset diameter i det sørvestre utløpet av Jettjørni (mot Jettdalen) (Vedlegg A, Figur A-39 og A-40). Hvis Jettjørni drenerer til Nugga ved flom vil røret begrense vannføringen til Nugga. Det er tydelig at mesteparten av flomvannet fra Jettjørni går i overløpet nordøst og at kapasiteten til kulverten i sørvest er begrensende for andelen som går til Nugga.

Flomvannføringer for Finna og Otta er beregnet med frekvensanalyser på observerte tidsserier i vassdragene og nabofelt. Dataunderlaget for Finna og Otta er relativt godt med observasjoner i begge vassdragene. Samtlige vannmerker viser en tydelig økning i middelflom fra 1980-tallet og frem til i dag. Resultatene for Finna gir kulminasjonsverdier som er ca. 12-15% høyere enn beregnet av NVE i 2004. Dette skyldes inkludering av flere senere år med data ved Sælatunga som gir høyere verdier enn observert før år 2000.

I Nugga finnes det ikke observerte data så flomberegninger er utført med frekvensanalyser i nærliggende vassdrag, regional flomfrekvensanalyse RFFA-NIFS og nedbøravløpsmodell PQRUT. PQRUT gir klart høyest flomvannføringer og verdiene ligger rett

over 97.5%-usikkerhetsbåndet til RFFA-NIFS. PQRUT er bedre egnet for Nugga fordi formelverket ivaretar de spesifikke forholdene i nedbørfeltet i større grad enn de øvrige metodene. Det er valgt å benytte en kombinasjon av resultater fra PQRUT og frekvensfaktorer beregnet med RFFA-NIFS for bestemmelse av flommer med ulike returperioder i Nugga. Det er usikkerhet knyttet til bidraget fra Jettjørni til Nugga under flom. Flomvannføringene fra Jettjørni til Nugga er begrenset av betongrøret sørvest i innsjøen, men antas å være beskjedne, i størrelsesorden 1 m^3/s.

Resultatene for ulike returperioder med og uten klimapåslag for samtlige vassdrag er oppsummert i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Resultater flomberegninger for Finna, Otta ved Vågåmo og Nugga, med og uten 20% klimapåslag (kulminasjonsverdier)

	Finna			Otta v/Vågåmo			Nugga		
	Q_T (m^3/s)	Q_T (l/skm^2)	$Q_{T,klima}$ (m^3/s)	Q_T (m^3/s)	Q_T (l/skm^2)	$Q_{T,klima}$ (m^3/s)	Q_T (m^3/s)	Q_T (l/skm^2)	$Q_{T,klima}$ (m^3/s)
Q_M	142	305	170	570	167	684	8.6	723	12.0
Q_5	178	382	214	650	190	780	10.7	899	15.0
Q_{10}	212	455	254	726	213	871	12.6	1059	17.6
Q_{20}	244	524	293	800	234	960	14.6	1227	20.4
Q_{50}	290	622	348	910	266	1092	17.6	1479	24.6
Q_{100}	325	697	390	1003	294	1203	20.3	1706	28.4
Q_{200}	361	775	433	1101	322	1321	23.3	1958	32.6
Q_{500}	412	884	494	1251	366	1502	27.9	2345	39.1
Q_{1000}	454	974	545	1384	405	1661	31.9	2681	44.7

3 Vannlinjeberegninger

Det er utført vannlinjeberegninger for å kartlegge flomsoner i Vågåmo og strømningsforhold ved flommer med ulike returperioder i Finna, Otta og Nugga. Fullstendig rapport som beskriver vannlinjeberegningene og flomsonekart vil følge som vedlegg i siste fase av prosjektet, som en del av sluttproduktet (i hht. oppdragsbeskrivelse av 21.10.2020). Nedenfor gjengis kun deler av rapporten med spesielt fokus på resultatene for 20,- 200- og 1000-årsflom med klimapåslag (tilsvarende sikkerhetsklasse F1, F2 og F3 iht. §7-2 i Byggteknisk forskrift (TEK17), Direktoratet for Byggkvalitet, 2017).

3.1 Modelloppbygning

Det er satt opp en samlet hydraulisk modell for Finna, Otta og Nugga i programvaren MIKE 21 Flexible Mesh (FM). MIKE 21FM er en todimensjonal (dybdemidlet) modell, hvilket innebærer at modellen beregner strømning i horisontalplanet, mens et gjennomsnitt tas over dybden. Dette betyr at vertikale strømningskomponenter ikke modelleres.

Modellområdet inkluderer Finna fra Finngjelet til samløpet med Otta, Otta fra utløpet av Vågåvatn til Grønhølen og Nugga fra Øygarden til samløpet med Otta (Figur 1-1). Modellen er opprettet med MIKE Mesh Generator med triangulært mesh, delt inn i to soner med ulik oppløsning. Triangulært mesh er godt egnet for tilfeller der strømnings-retningen ikke er entydig slik som når en elv går over sine bredder og flomvann strømmer inn i et tett bebygd område. I Vågåmo sentrum og langs Nugga fra Øygarden, der fin oppløsning er nødvendig for å få et detaljert bilde av strømningsforholdene, er det benyttet en maksimal signifikant cellestørrelse på 4 m^2. I øvrige områder er maksimal cellestørrelse satt til 25 m^2.

Modellen er etablert ut ifra en terrengmodell som består av data fra Nasjonal detaljert høydemodell (NDH, www.kartverket.no), og oppmålt batymetri og konstruksjoner i elvene. For å tillate strømning rundt bygninger i modellen er terrengmodellen modifisert ved å heve terrenget med to meter under fotavtrykket til bygningene. HydraTeam utførte innmålinger av batymetri og broer/kulverter i vassdragene i mai 2021. I Finna ble inn-målingen av batymetrien utført med både GPS og scanning med drone, og det er generelt godt samsvar mellom innmålte høyder med de to ulike målemetodene. For å oppnå en god beskrivelse av tersklene i Finna i modellen ble det målt inn ett tverrprofil rett oppstrøms, ett på selve terskelen og ett rett nedstrøms ved samtlige terskler. Batymetrien i Otta ble målt inn ved hjelp av drone.

Sammenlikning med NVEs innmålinger i forbindelse med flomsonekartleggingen av Finna og Otta i år 2000, viser godt samsvar for enkelte tverrprofiler og betydelig avvik for andre. Avvikene kan forklares med at det er utført større endringer i elveløpet i forbindelse med flomsikringsarbeid i Finna i 2015, blant annet med etablering av terskler og uttak av sedimenter. I tillegg har det sannsynligvis vært betydelig massetransport under flere store flommer i Finna siden år 2000.

Tabell 3-1 Manningtall benyttet i modellen

Overflatetype	**Ruhet, M ($m^{1/3}/s$)**
Bygning (tak)	30
Veger	50
Bebygde tette flater	20
Bebygde permeable flater	15
Dyrket mark, beiter og åpen fastmark	10
Tett skog	5
Små elver/bekker generelt (inkl. Nugga)	14
Finna	22
Otta	39

I modellen er arealbruk basert på FKB-kartdata for temaflatene bygninger, veg, vann-flate og arealressursflate (AR5) benyttet for å estimere ruheten. Modellen er delt inn i områder med ulik ruhet basert på overflatens beskaffenhet. Manningstall er bestemt ut ifra vitenskapelig litteratur og erfaringsverdier (Tabell 3-1). For Finna og Otta er det benyttet samme kalibrerte ruhetsverdier som i NVEs flomsonekartlegging fra år 2000.

De eneste dataene tilgjengelige for kalibrering av ruhetsverdiene modellen er vannlinjer i Otta målt av HydraTeam 28. juni 2012 kl. 12-19. Vannføringen ved Sælatunga og Vågåvatn på dette tidspunktet var på henholdsvis 41-42 m^3/s og 300-315 m^3/s. Det ble først utført en simulering med Manningstall på 32 $m^{1/3}/s$ i Otta som er samme verdi som kalibrert NVE i 2000. Dette resulterte i avvik mellom observerte og simulerte vannstander langs den målte vannlinjen i størrelsesorden 15-50 cm med de største avvikene fra Tonge og lengre nedstrøms, altså etter samløpene. Deretter ble ruheten i Otta justert til 39 $m^{1/3}/s$, noe som resulterte i 10 cm avvik ved utløpet av Vågåvatn og opptil 30 cm mellom Tonge og Grønhølen. Avvikene kan skyldes flere faktorer, blant annet usikkerheter i målte vannføringer og endringer i elvebunnen mellom tidspunkt for HydraTeams vannlinjemålinger i 2012 og bunnkartlegging av Otta i 2021. Det er valgt å ikke arbeide videre med kalibrering av ruhet i Otta da vannstandene langs Vågåmo har avvik på 15-30 cm og det er betydelige usikkerheter knyttet til endringer i batymetrien til Otta mellom 2011 og 2021.

Oppstrøms grensebetingelse i modellen er vannføring fra elvene. Alle elvene er modellert som punktkilder. Det er utført simuleringer både med konstant vannføring og hydrogram. Nedstrøms grensebetingelse i Otta ved Grønhølen er satt til en konstant vannstand. Vannstanden er manuelt estimert med Mannings formel for ulike vannføringer og satt slik at den ikke påvirker simulerte vannstander i Otta ved Vågåmo.

3.2 Konstruksjoner i vassdraget

Figur 3-1 viser en oversikt over broene som krysser Finna, Otta og Nugga innenfor modellområdet. Tabell 3-2 oppsummerer geometrien til broene. I Vågåmo krysser to kjørebroer Finna, en i sentrum rett oppstrøms kirken (Rv. 2630 Vågåvegen) og en ved utløpet av Finna i Otta (Rv. 15 Ottadalsvegen). I Nugga er det flere broer som krysser elva. I den bratte strekningen mellom Øygardsvegen og Vågåvegen er det fire broer og Vågåvegen er det fire broer frem til utløpet i Otta.

Tabell 3-2: Oversikt over broer som krysser Finna og Nugga innenfor modellområdet. 'h dekke' angir tykkelsen på brudekket fra underkant (UK) til veibanen. V og H angir hhv. venstre og høyre side. Brua ved Nugga trafo er en enkel trebru (Figur 3-2) og er ikke medtatt i tabellen.

	h dekke (m)	Lysåpning (m)		Veidekke (moh)		UK brubjelke (moh)		Elvebunn (moh)	
Navn/lokasjon		***Bredde***	***Høyde***	***V***	***H***	***V***	***H***	***V***	***H***
Finna bru	0.35	32.2	3.9-4.9	378.2	378.2	377.81	377.89	374/373	374/373
Finna, Ottadalsvegen	1.00	45.0	3.7-4.3	366.0	366.0	365.0	365.0	360.70/ 361.30	360.70/ 361.30
Øygarden øvre	0.33	5.80	2.4-2.7	455.30	454.85	454.97	454.52	452.15	452.12
Øygarden nedre	0.57	5.00	2.05	452.86	453.26	452.29	452.69	450.24	450.59

Trebru Haugøy	0.25	4.30	1.76	434.01	434.24	433.76	433.99	432.00	432.23
Vågåvegen	0.33	5.00	1.20	375.73	375.73	375.40	375.40	374.20	374.20
Industrivegen kjørebro	0.29	4.30	1.28	370.67	370.67	370.39	370.39	369.10	369.10
Industrivegen gangbro	0.32	4.40	1.79	371.04	371.00	370.72	370.69	368.90	368.90
Nugga, Ottadalsvegen	1.00	18.0	3.2-3.9	364.5	364.5	363.5	363.5	360.60/361.0	360.60/361.0

Figur 3-1: Oversikt over bruer som krysser elvene innenfor modellområdet

For å estimere broenes kapasitet har programvaren HY-8 og MIKE 21 blitt benyttet. Broenes kapasitet er definert som den vannføringen som fører til at vannstanden når opp til veidekket på oppstrøms side av broene. Alle er korte og innløpskontrollerte. Ved stor flom i Otta kan kapasiteten til kjørebroene ved utløpet av Finna og Nugga påvirkes av vannstandene i Otta. Kapasiteten er beregnet kun for broene i Nugga (ekskludert gang-broen ved Nugga trafo) da disse er mest kritiske.

Finna bro

Kjørebro Ottadalsvegen utløp Finna

Nugga, Øygardsvegen øvre kjørebro

Nugga, Øygardsvegen nedre kjørebro

Nugga, trebro ved Haugøy

Nugga, gangbro ved Nugga trafo

Nugga, kjørebro Vågåveien oppstrøms

Nugga, kjørebro Vågåveien nedstrøms

Figur 3-2: Bilder av utvalgte broer i Finna og Nugga

Tabell 3-3 viser en sammenlikning av broenes beregnede kapasitet og ulike flomstørrelser. Som er ser av tabellen har de færreste broene kapasitet til 200-årsflom med klimapåslag. Siden vassdragene er bratte og energien i vannet høy vil det i praksis kunne sprute vann opp på veibanen til broene ved vannføringer som er lavere enn beregnet kapasitet. Hvorvidt kjørebroene ved utløpet av Finna og Nugga har kapasitet til 200- og 1000-årsflom med klimapåslag avhenger av om det er samtidig kulminasjon i Otta.

Tabell 3-3: Kapasitet broer sammenlignet med ulike flomstørrelser

Navn/lokasjon	**Kapasitet (m^3/s)**	**Kapasitet til?**			
		Q_M	$Q_{M, klima}$	$Q_{200, klima}$	$Q_{1000, klima}$
Finna bru	~400	Ja	Ja	Nei	Nei
Finna, Ottadalsvegen	~450	Ja	Ja	Ja	Nei
Nugga, Øygardsvegen øvre	~47.7	Ja	Ja	Ja	Ja
Nugga, Øygardsvegen nedre	~36.2	Ja	Ja	Ja	Nei
Nugga, Trebro Haugøy	~16.6	Ja	Ja	Nei	Nei
Nugga, Vågåvegen	~13.0	Ja	Ja	Nei	Nei
Nugga, Industrivegen kjørebro	~11.7	Ja	Nei	Nei	Nei
Nugga, Industrivegen gangbro	~19.5	Ja	Ja	Nei	Nei
Nugga, Ottadalsvegen	-	Ja	Ja	Nei	Nei

3.3 Resultater simuleringer

3.3.1 Generelt

For hvert av de tre vassdragene er det simulert flommer med ulike returperioder. Her presenteres resultater for 200-års og 1000-årsflom med klimapåslag (tilsvarende sikkerhetsklasse F2 og F3 iht. §7-2 i Byggteknisk forskrift (TEK17)). I tillegg er 100-års flom i Finna vist, samt 20-årsflom (F1) med klimapåslag, der Nugga er den eneste av elvene som fører til oversvømmelse. 100-års flommen er vist uten klimapåslag for å vise maksimal kapasitet av dagens flomverk. Simuleringene er utført både med flom separat i hvert vassdrag og med samtidig kulminasjon. I Nugga er det simulert både med og uten tilstopping av broene for å vurdere konsekvenser av en potensiell tilstopping. For vurdering av konsekvenser av en eventuell bunnheving i Finna pga. massetransport er det også simulert flere scenarier med ulike bunnhevinger og returperioder (nærmere beskrevet i Kapittel 6.1) Bunnhevingen er innarbeidet i batymetrien til Finna basert på resultater fra 1D sedimentmodell, nærmere beskrevet i Kapittel 6.1.

For Finna er det utført dynamiske simuleringer med hydrogram. Pinseflommen 2011 er benyttet som utgangspunkt for modellflom og deretter oppskalert slik at den tilsvarer en dagens 200- og 1000-årsflom samt klimajustert 200-årsflom. Nugga er simulert med hydrogram fra PQRUT. Otta er modellert med konstant vannføring lik kulminasjonsverdien av flommen.

Detaljerte resultatkart for hvert scenario inkl. vanndybde, hastighet, intensitet (dybde*hastighet), strømningsretning og skjærspenning foreligger i digital form. Her blir kun utsnitt fra utvalgte kart vist.

Det er viktig å være oppmerksom på at flomkartene vist i dette kapittelet gjelder uten bunnheving i Finna. Således danner beregningene grunnlaget for flomberegninger med estimert bunnheving på grunn av transport og avlagring av sedimenter. Dette behandles i Kapittel 5. Flom med beregnet bunnheving er dernest grunnlaget for de nye flomfarekartene i Kapittel 6.

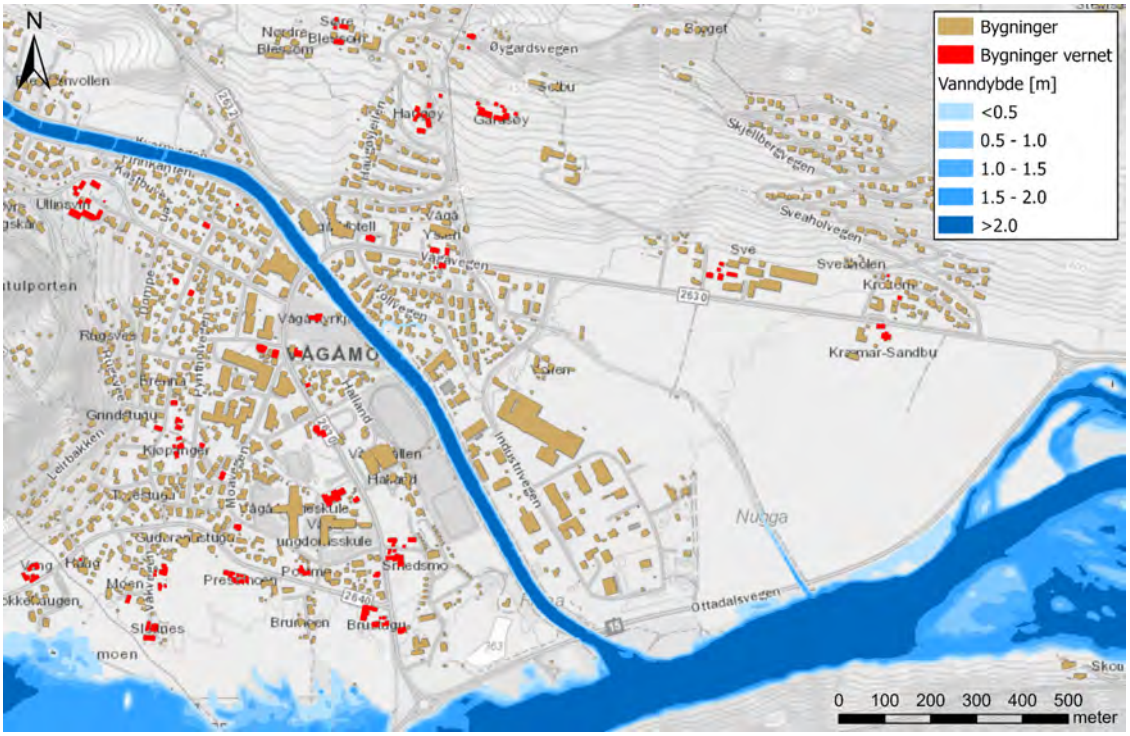
3.3.2 Finna

Simuleringene viser at Finna akkurat har kapasitet til dagens 100-årsflom (ca. 325 m^3/s) uten at vann strømmer ut i Vågåmo sentrum (Figur 3-3). Ved høyere vannføringer går Finna over sine bredder. Simuleringene av dagens 200-årsflom, samt 200- og 1000-årsflom med klimapåslag i Finna viser samme strømningsmønster (Figur 3-3**Feil! Fant ikke referansekilden.**). Vannet tar veien ut av Finna samtidig øst for elva rett nedstrøms Finna bru og vest for elva ved Finnkanten. Deretter strømmer vannet ut av Finna både østover rett oppstrøms Finna bru ved Kiwi og vestover rett nedstrøms Finna bru ved kirkegården. På hver side av elvebredden strømmer vannet mot sørøst før det stoppes på nordsiden av veifyllingen til Ottadalsvegen.

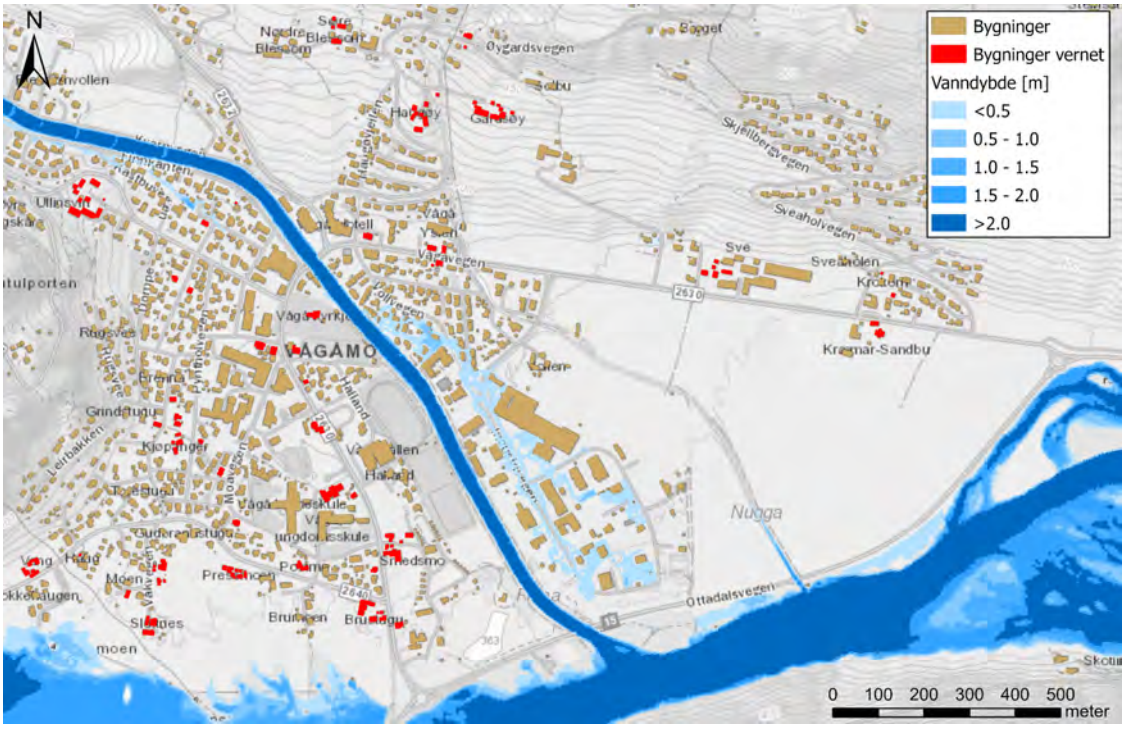
Store deler av Vågåmo sentrum og mange bygninger på østre og vestre elvebredd blir oversvømt, men vanndybdene er generelt lavere enn 0,5 meter med unntak av noen lavpunkt i terrenget. I Finna er hastighetene høye med maksimalverdier på 8 m/s rett nedstrøms tersklene. De høye hastighetene i Finna medfører betydelig fare for erosjon. I de oversvømte områdene utenfor elveløpet er vannhastighetene betydelig lavere, generelt under 1 m/s med noen områder opp mot 2 m/s (Figur C-1 og Figur C-2).

Underkant av brubjelken på Finna bru ligger på ca. 377.8 moh. Ved 200-årsflom er vannstanden rett oppstrøms Finna bru 377.6 – 377.8 moh og lokale maksimale vannhastigheter er på ca. 6 m/s. For større flommer blir vannstandene høyere enn underkant av brubjelken. Vannhastigheter på 6 m/s tilsvarer en hastighetshøyde på ca. 1.8 meter (høyden vannet kan bølge/sprute opp over beregnet vannstand). Brua går i teorien akkurat klar av en 200-årsflom, men det er en reell fare for at vannspeilet vil slå opp under Finna bru og at vann vil sprute opp på kjørebanen. I verste fall vil de hydrodynamiske kreftene kunne forårsake skader på brua. Bunnheving som følge av massetransport i Finna vil kunne øke vannstandene ytterligere og føre til at brua rammes enda hardere.

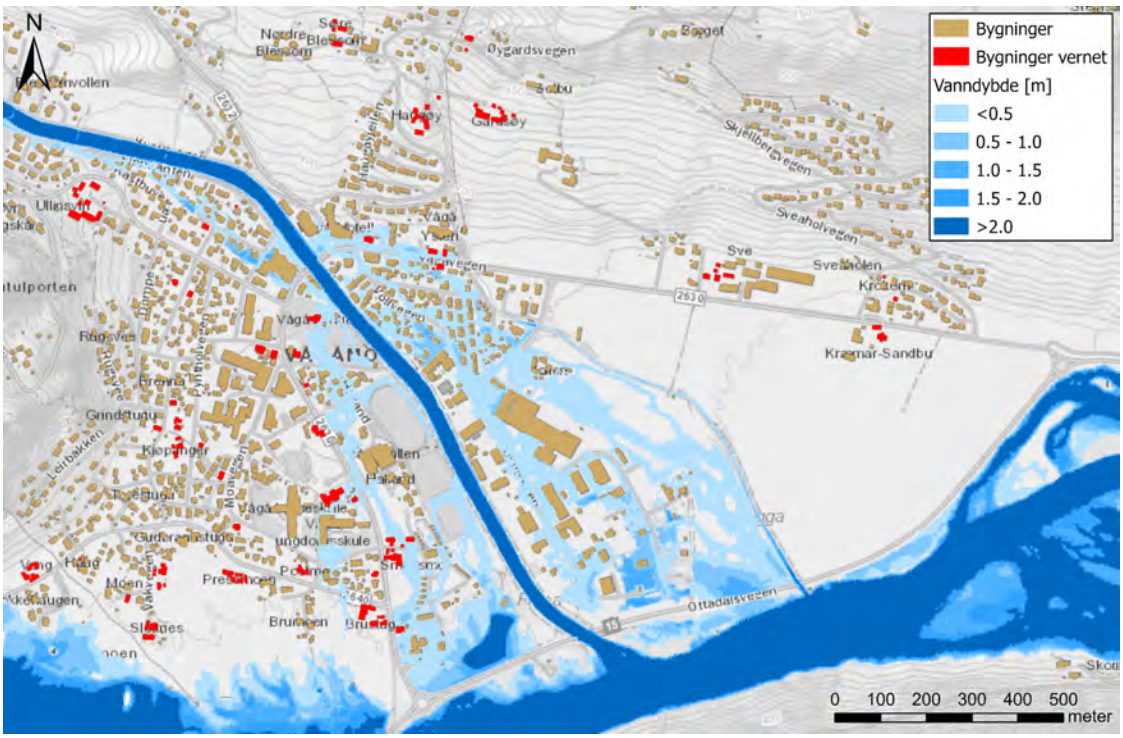
Broen ved utløpet av Finna har noe høyere kapasitet og vannstanden når underkant av brobjelken ved 1000-årsflom med klimapåslag.



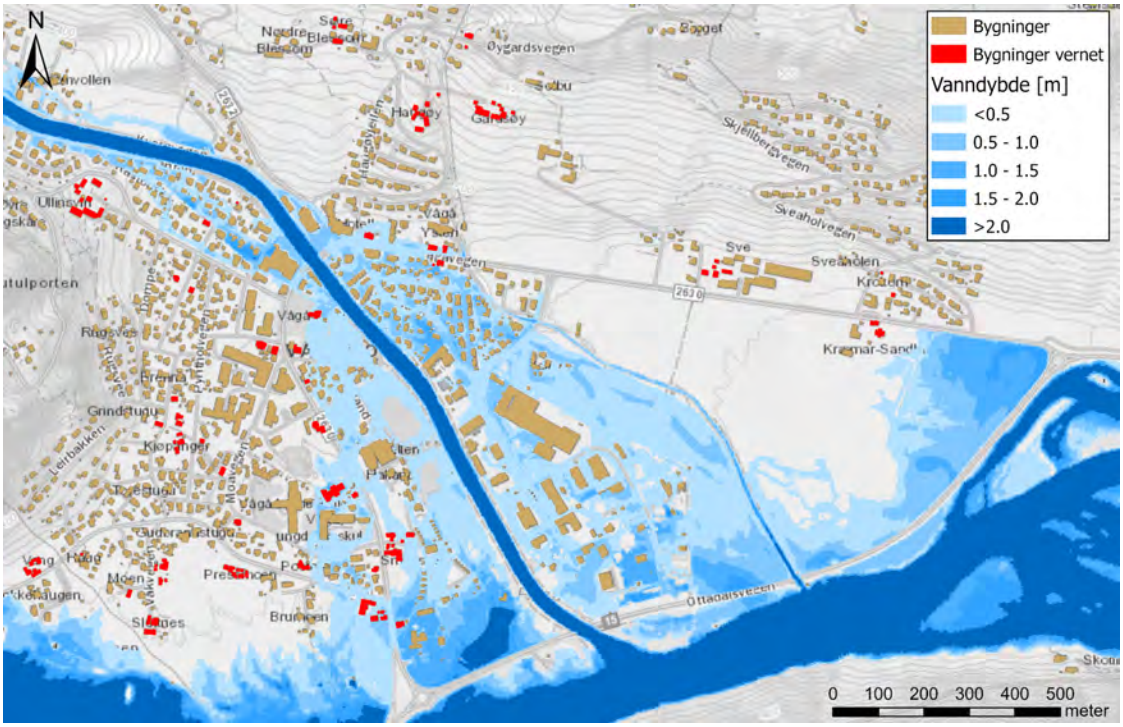
Figur 3-3: Maksimale dybder ved 100-årsflom i Finna uten klimapåslag, middelflom i Otta. Beregningen viser maksimal kapasitet av dagens flomverk langs Finna. Bygninger med kulturhistorisk verdi er markert med rødt og er tilsvarende for alle figurene i dette kapittelet. Dette er nærmere beskrevet i Kapittel 8.4.



Figur 3-4: Maksimale dybder ved 200-årsflom i Finna uten bunnheving, middelflom i Otta, ingen klimapåslag. Ingen flom i Nugga.



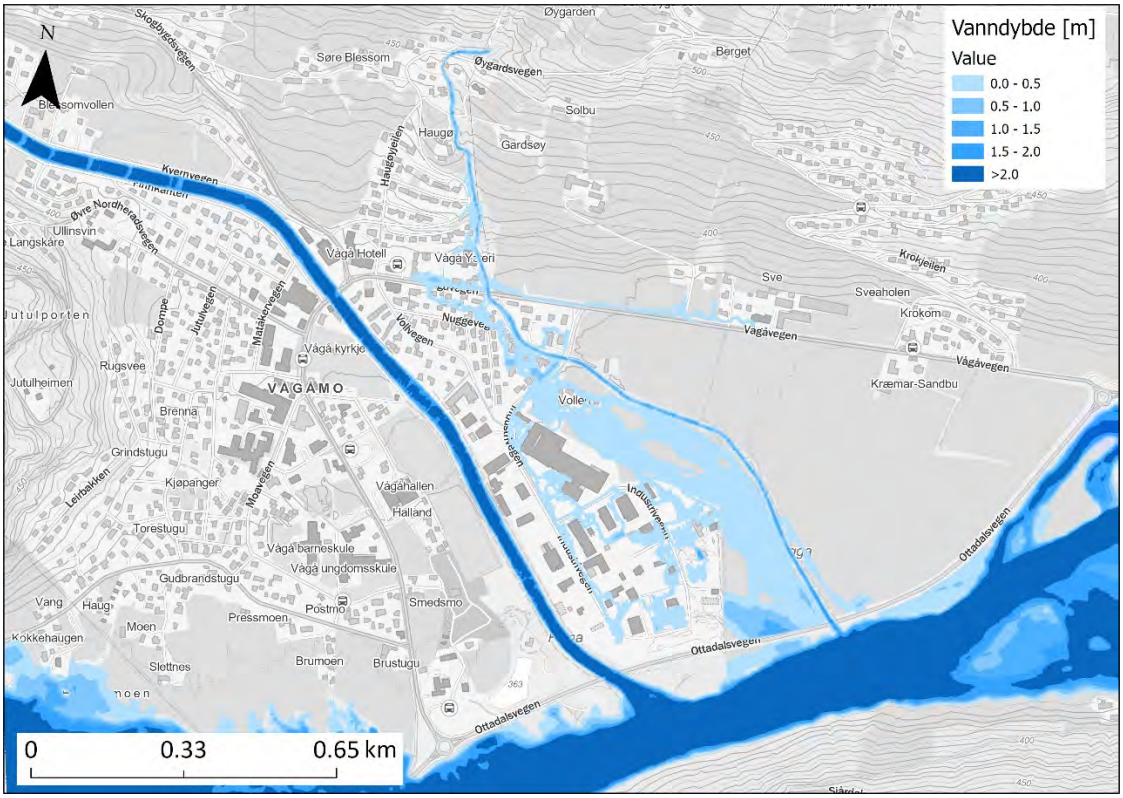
Figur 3-5: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag i Finna, uten bunnheving, middelflom med klimapåslag i Otta. Ingen flom i Nugga. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-1.



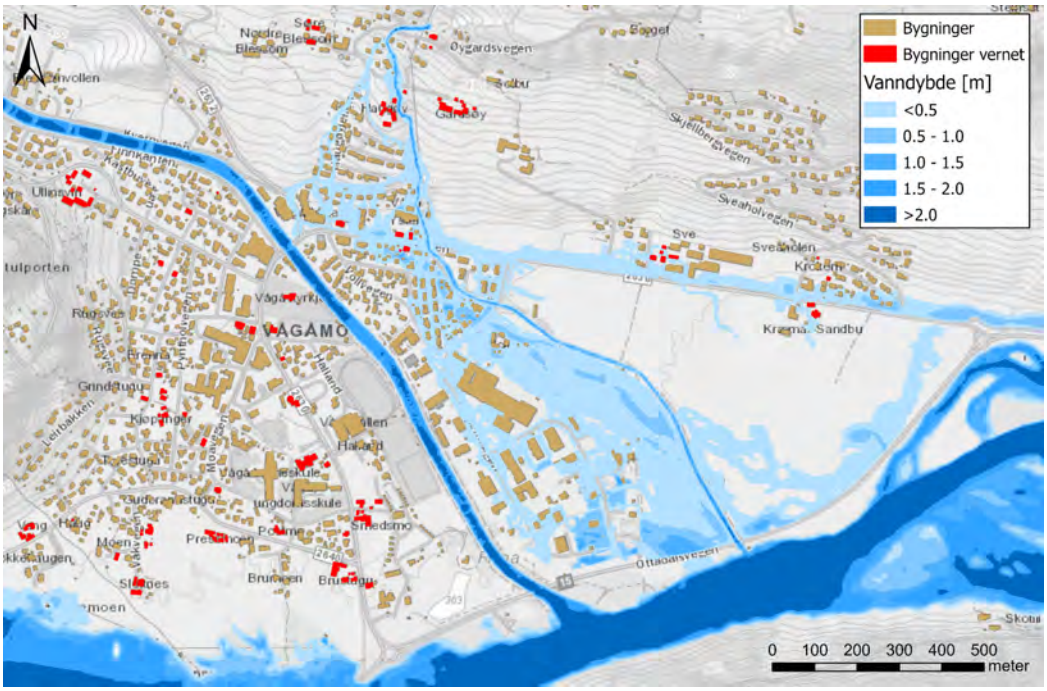
Figur 3-6: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag i Finna uten bunnheving, middelflom med klimapåslag i Otta. Ingen flom i Nugga. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-2.

3.3.3 Nugga

Nugga er bratt og har flere bruer med begrenset kapasitet på strekningen fra Øygarden til samløpet med Otta. Bruene lengst oppstrøms ved Øygarden har størst kapasitet mens flaskehalsene er bruene ved Vågåvegen rett nedstrøms trafostasjonen og bruene ved Industrivegen. Ved en 20-årsflom vil ikke brua over Vågåveien ha god nok kapasitet til å ta unna flomvannføringen, med den konsekvens at vannet finner nye veier og oversvømmer området nedstrøms. En kan også få noe overløp oppstrøms Vågå Ysteri (Figur 3-7).

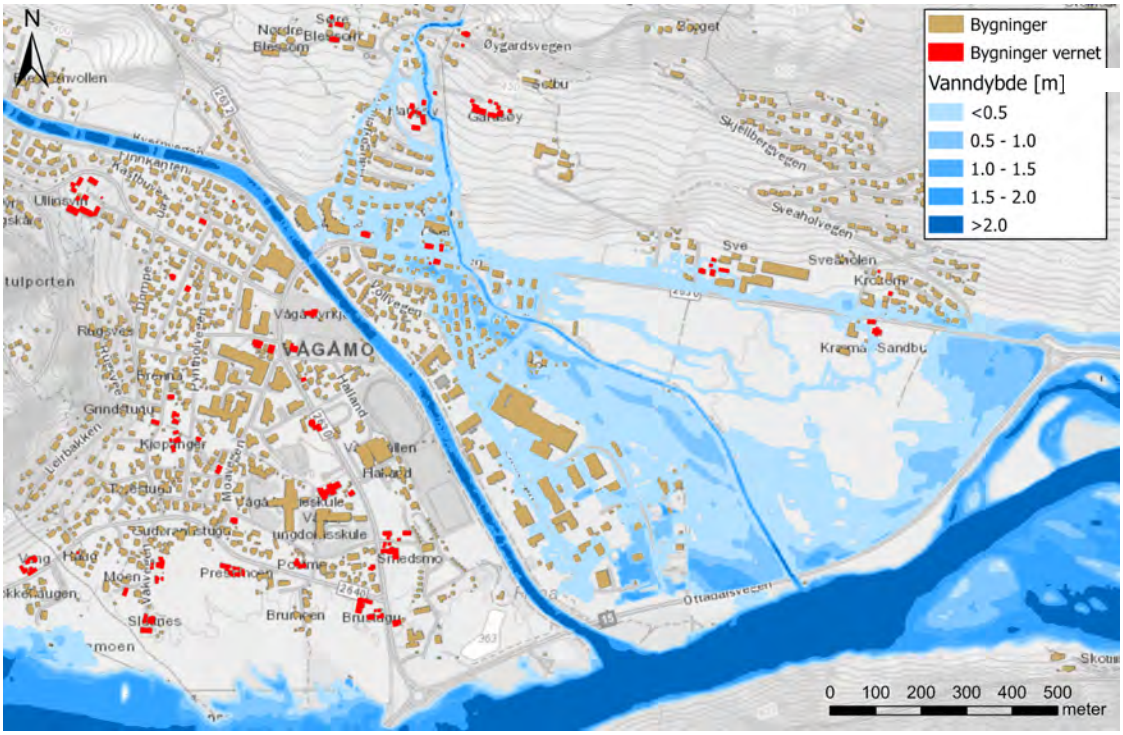


Figur 3-7 Maksimale dybder ved 20-årsflom med klimapåslag i Nugga, Finna og Otta, uten bunnheving i Finna.



Figur 3-8: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag i Nugga, middelflom med klimapåslag i Otta og Finna. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-3.

Simulering av 200- og 1000-årsflom med klimapåslag (Figur 3-8, Figur 3-9, Figur C-3, Figur C-4) viser at deler av vannet går ut av løpet til Nugga rett nedstrøms broene ved Øygarden. Vannet følger deretter Haugøyjeilen sørover og berører flere bygninger før det når hotellet, Kiwi og Vågåvegen. Vannet går også ut av Nugga rett nedstrøms Haugøy og følger Øygardsvegen vestover mot hotellet. Vannet som følger Øygardsvegen strømmer ut i boligfeltet sør for vegen. Nedstrøms trafostasjonen endres helningen til Nugga brått fra svært bratt til relativt flatt når den drenerer ut på elvevifta. Den begrensete kapasiteten under bruene ved Vågåveien og Industrivegen fører til at vannet strømmer opp på Vågåveien og videre både østover på nordsiden av vegen mot Sandbu og sørover inn i boligfeltet på elvevifta vest for Nugga.



Figur 3-9: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag i Nugga, middelflom med klimapåslag i Otta og Finna. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-4.

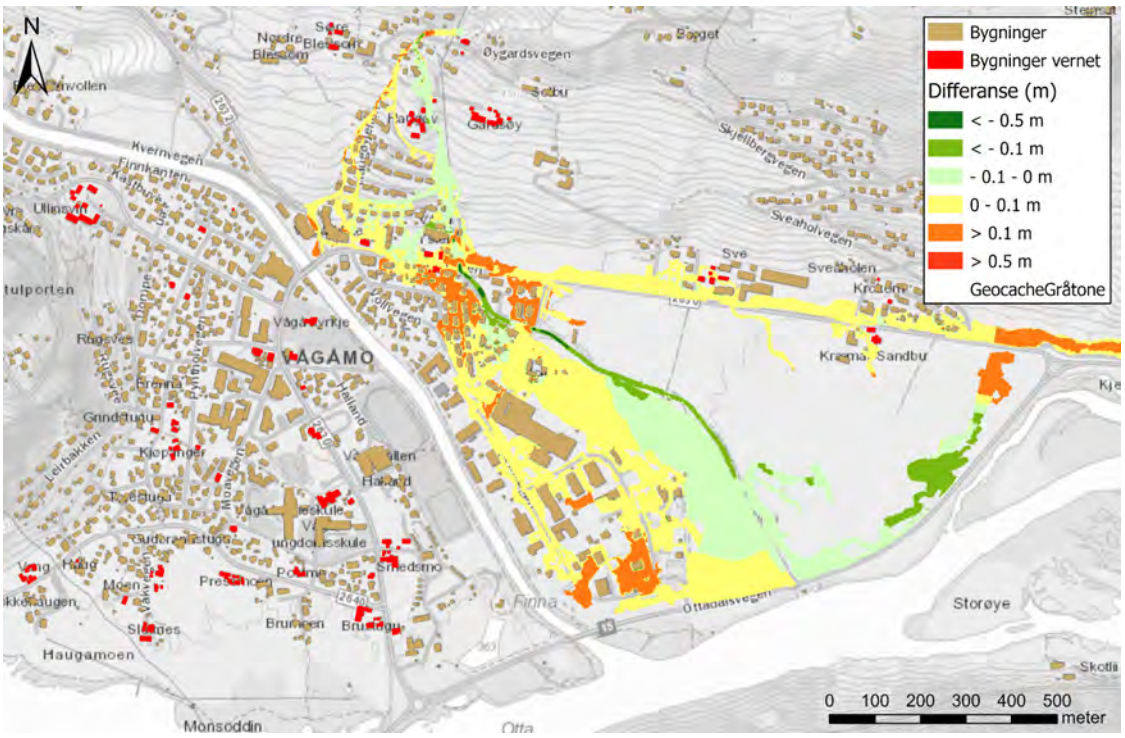
Det blir betydelige oversvømmelser som følge av at deler av vannet går ut av Nugga ved Øygarden, nedstrøms Haugøy og ved flaskehalsen ved Vågåveien. Mange bygninger blir berørt, men vanndybdene er stort sett under 0,5 meter med unntak av et par lavpunkt på elvevifta med dybder på opptil ca. 1,5 meter. Hastighetene er høye i den bratte delen av Nugga oppstrøms Vågåveien med verdier opptil ca. 10 m/s. Energien i vannet kan føre til store erosjonsskader i Nugga og at elva graver seg nye løp. I de oversvømte områdene på elvevifta nedstrøms Vågåveien er vannhastighetene generelt lavere enn 1 m/s med noen områder opp mot 2 m/s (Figur C-3, Figur C-4).

Bruene oppstrøms i Nugga ved Øygarden har akkurat kapasitet til en 200-årsflom, men ikke 200- og 1000-årsflom med klimapåslag. Bruene ved Vågåveien og Industrivegen

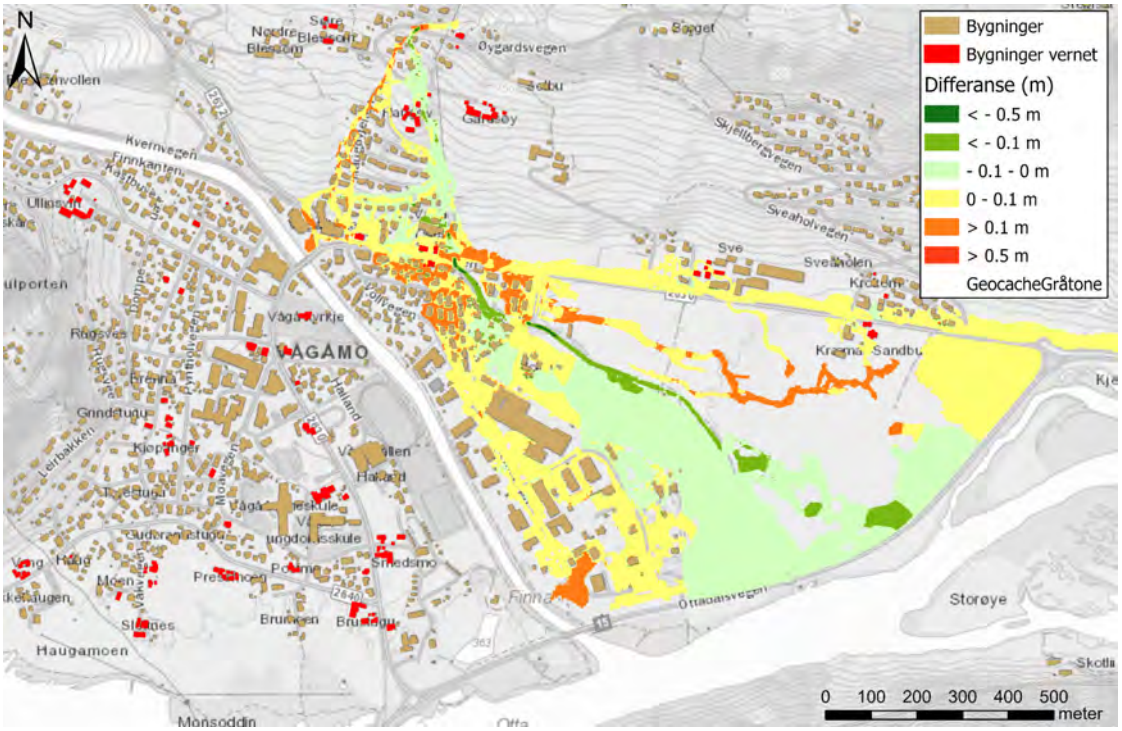
har langt mindre kapasitet. Hvis bruene i Nugga tilstoppes vil oversvømmelsene kunne øke ytterligere.

Tilstopping

Ved stor flom i Nugga er det sannsynlig med betydelig massetransport siden vassdraget er bratt og vannhastighetene høye. Både drivgods som greiner, busker, trær og gjenstander kan transporteres med vannet i tillegg til store mengder sedimenter. Drivgods og sedimenter vil kunne tilstoppe broene i Nugga. For å vurdere konsekvensene av en potensiell tilstopping av broene er det utført simulering av et verst tenkelig tilfelle med full tilstopping av alle broer i Nugga bortsett fra broen ved utløpet i Otta ved Ottadalsvegen.



Figur 3-10: Maksimale dybder og differanse med og uten tilstopping ved 200-årsflom med klimapåslag i Nugga. Positive verdier viser økte vanndybder ved tilstopping.



Figur 3-11: Maksimale dybder og differanse med og uten tilstopping ved 1000-årsflom med klimapåslag i Nugga. Positive verdier viser økte vanndybder ved tilstopping.

Figur 3-10 og Figur 3-11 viser differansen mellom maksimale vanndybder ved 200- og 1000-årsflom i Nugga med og uten tilstopping av broene. Tilstopping av broene ved Øygarden fører til at en større andel av vannføringen går ut av Nugga ved Øygarden og følger Haugøyjeilen. Tilsvarende skjer ved broen ved Vågåvegen der en større vannmengde strømmer ut i veibanen. Tilstoppingen fører til større oversvømmelser og vanndybder langs Haugøyjeilen og ved bebyggelsen rett nedstrøms Vågåvegen. Størst er konsekvensene for bygningene rett nedstrøms Vågåvegen. Langs selve løpet til Nugga blir vanndybdene lavere da tilstopping gir mindre vannføring.

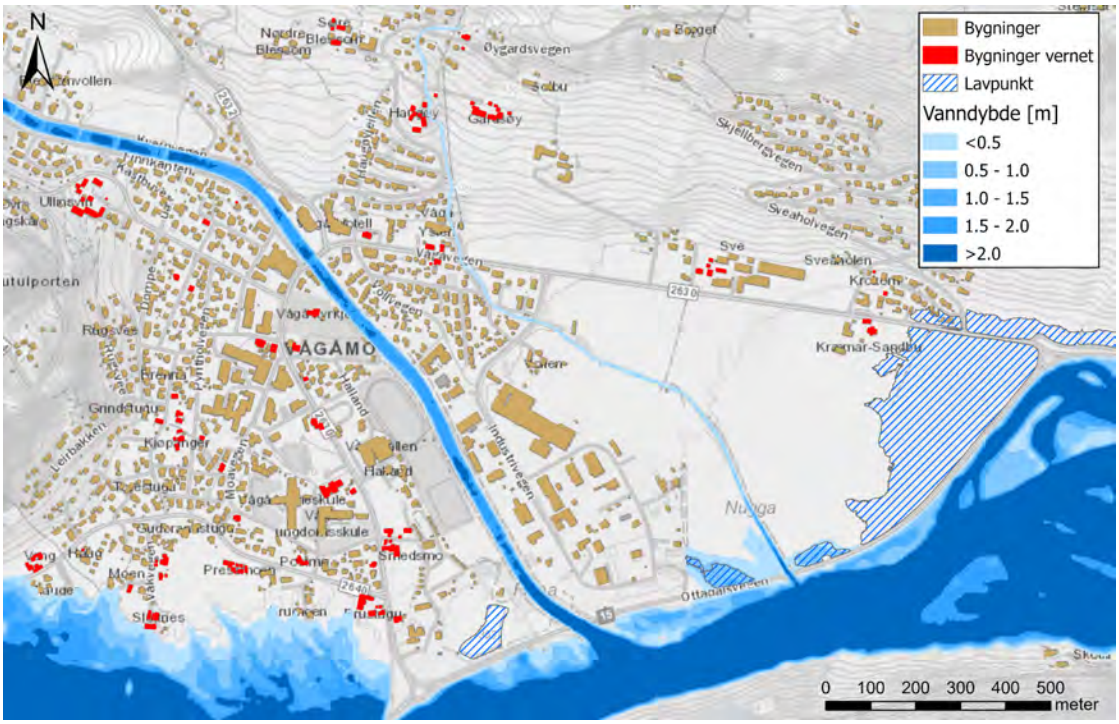
3.3.4 Otta

Stor flom i Otta fører til svært begrensede oversvømmelser i Vågåmo sammenliknet med flommer i Finna og Nugga. Resultatene fra simuleringene (Figur 3-12) med den hydrauliske modellen viser relativt god overenstemmelse med vannstandene for ulike returperioder beregnet i flomfrekvensanalysene. 200- og 1000- årsflom gir vannstander i Vågåvatn på henholdsvis 364,4-364,9 moh og 365,0-365,5 moh. Til sammenlikning gir frekvensanalysene vannstander på 364,58 og 365,36 moh. 200-årsflom med klimapåslag gir vannstander i Vågåvatn på 364,9-365,4 moh mens frekvensanalysen gir 365,19 moh.

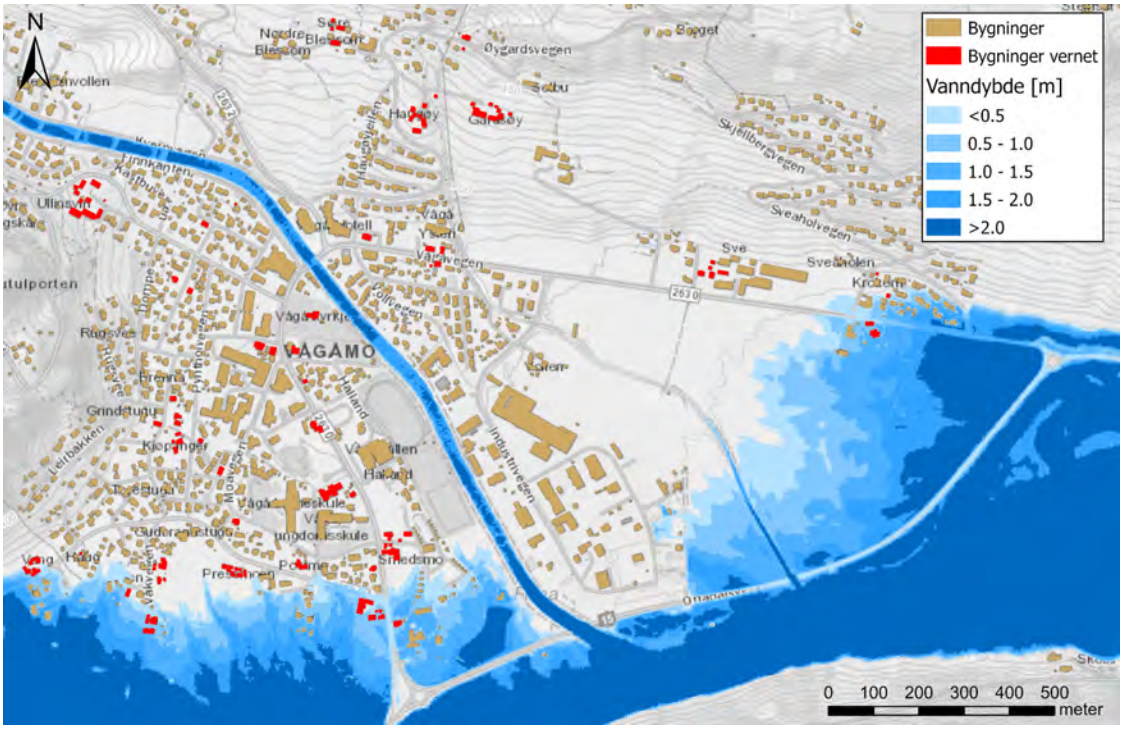
Nedstrøms samløpet med Nugga er vannstandene i Otta en del lavere enn i Vågåvatn. Ved 200-årsflom med klimapålag er vannstandene langs Ottadalsvegen 363,0-363,5 moh. Veibanen til Ottadalsvegen ligger på ca. 363,5 - 364,3 moh. Selv om vannet ikke

strømmer over veibanen vil det være betydelig vannstrøm gjennom veifyllingen som fører til oversvømmelser av jordet ved Sandbu vest for Ottadalsvegen (Figur 3-12). Ved 1000-årsflom med klimapåslag når vannstanden akkurat opp til veibanen langs Ottadalsvegen og oversvømmelsene ved Sandbu blir betydelig større.

Oversvømmelsene langs elvekanten rammer bygninger når vannstanden i Vågåvatn overstiger 365 moh oppstrøms og 363 moh nedstrøms samløpet med Nugga. Ved høy nok vannstand i Otta ved samløpet med Nugga vil strømningsretningen snu og vann fra Otta vil strømme inn i Nugga og oversvømme deler av åkeren nord for veifyllingen til Ottadalsvegen. Vannhastighetene langs elvekanten til Otta er generelt lave og under 1 m/s, men i hovedløpet er det hastigheter opptil ca. 4 m/s (Figur C-5, Figur C-6).



Figur 3-12: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag i Otta, middelflom med klimapåslag, men uten bunnheving, i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-5.

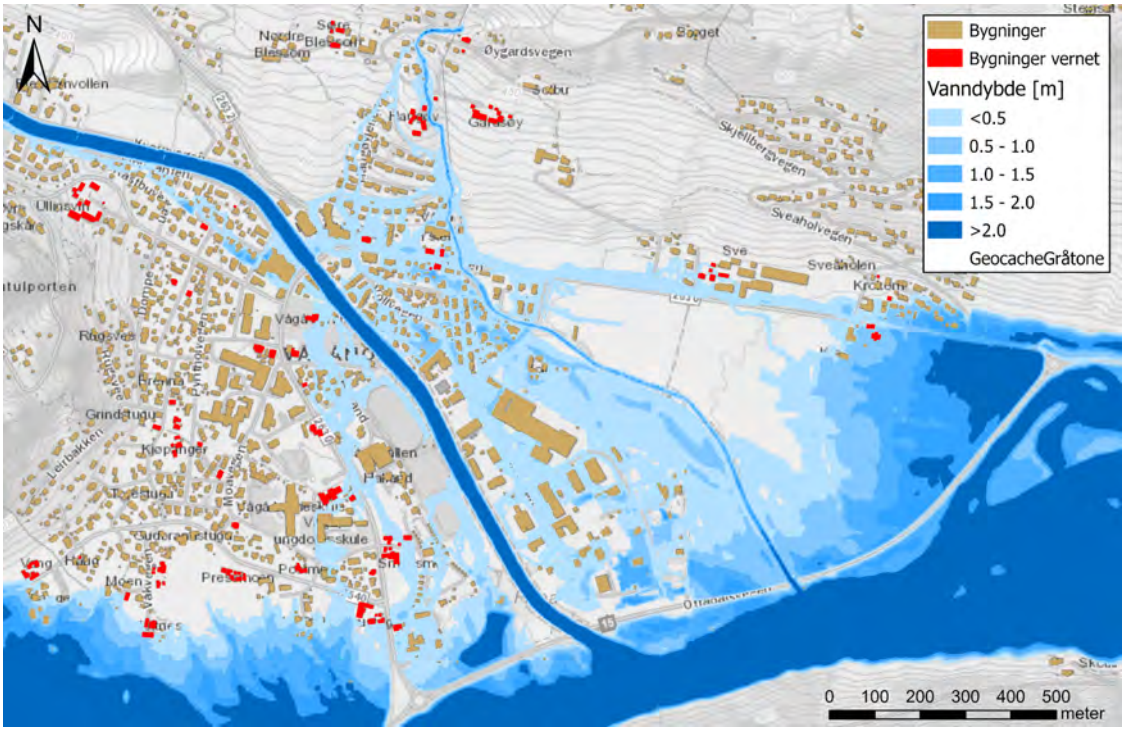


Figur 3-13: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag i Otta, middelflom med klimapåslag, men uten bunnheving, i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-6.

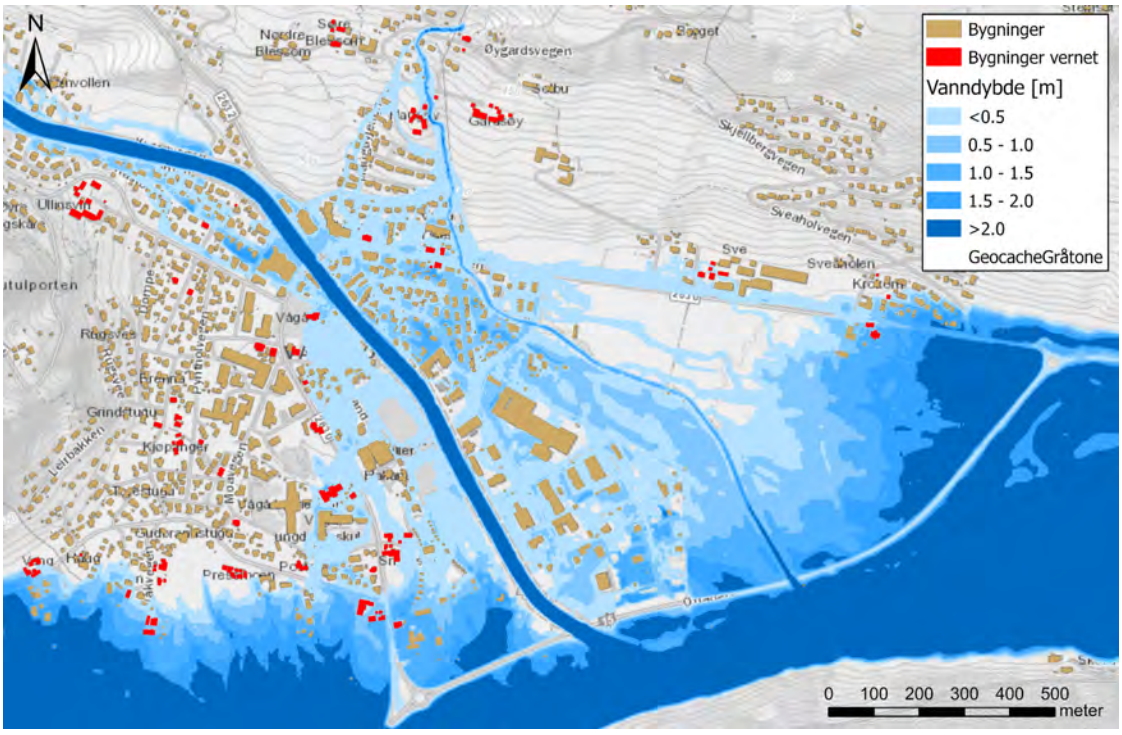
3.3.5 Samtidig flom i vassdragene

Som et verst tenkelig tilfelle er det også sett på samtidig kulminasjon i Finna, Otta og Nugga. Resultatene fra simuleringene (Figur 3-14, Figur 3-15, Figur C-7, Figur C-8) viser, ikke overraskende, større oversvømmelser ved Sandbu. Samtidig kulminasjon i Finna og Otta fører til høyere vannstander i Otta nedstrøms samløpet med Finna. Høye vannstander i Otta fører til oppstuving i Nugga og at vann strømmer fra Otta og ut på nordsiden av veifyllingen til Ottadalsvegen. I tillegg samles vann fra både Finna og Nugga bak veifyllingen og øker oversvømmelsene ved Sandbu ytterligere.

Det er betydelig forskjell i oversvømmelser ved Sandbu mellom 200-årsflom uten og med klimapåslag. Ved 200-årsflom rammes kun Sandbu av vann fra Nugga som følger Vågåveien, men med klimapåslag forårsaker oppstuvingen i Otta betydelige oversvømmelser ved Sandbu i tillegg til økte mengder fra Nugga. Selv om oversvømmelsene ved Sandbu er betydelige, er vannhastighetene svært lave (Figur C-7, Figur C-8). Høyere vannstander i Otta har svært liten innvirkning på oversvømmelsene langs elvekanten til Finna. Finna er bratt og det overkritisk strømning, så her er det kapasiteten til løpet til Finna som har betydning.



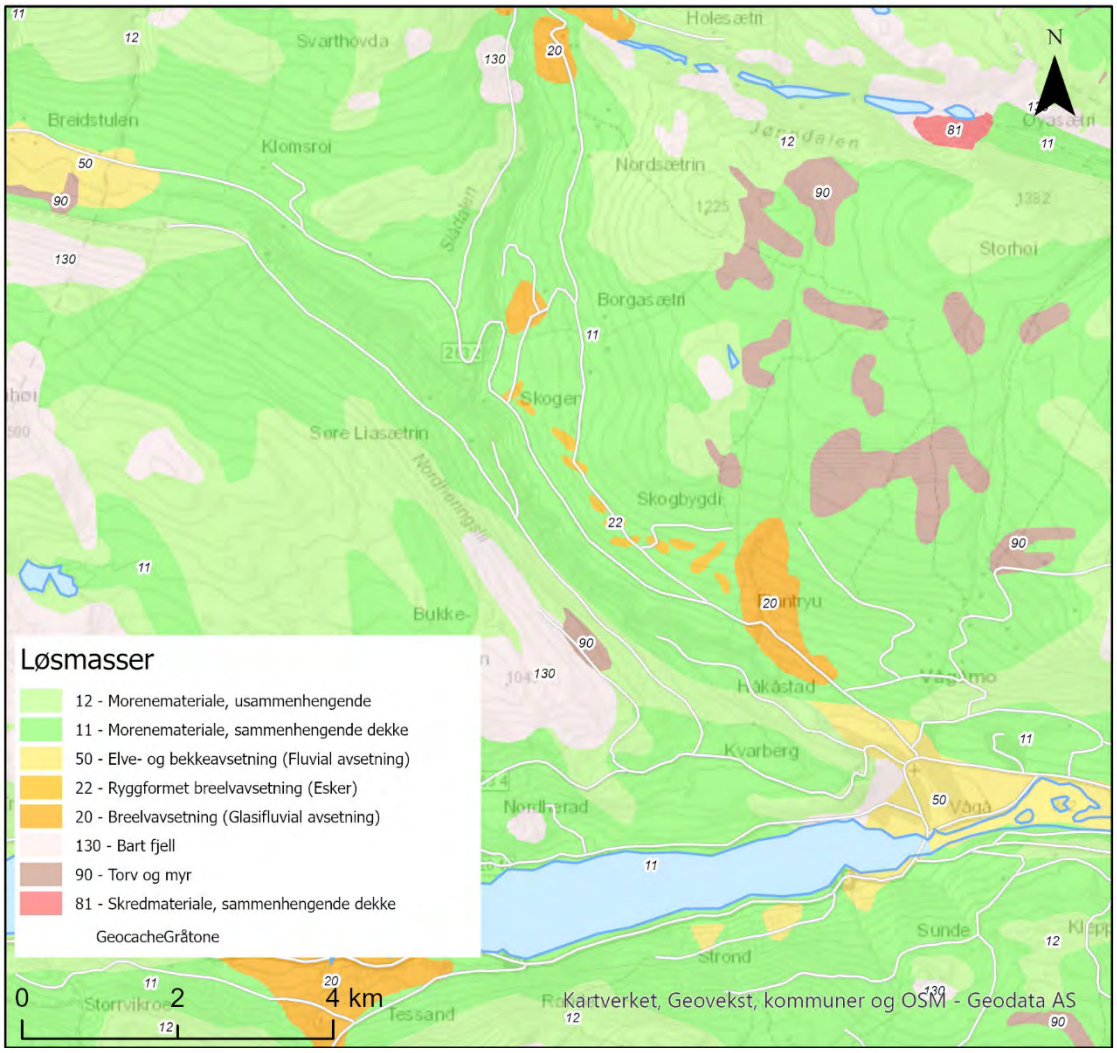
Figur 3-14: Maksimale dybder ved 200-årsflom med klimapåslag, samtidig kulminasjon alle vassdrag. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i vedlegg C, Figur C-7.



Figur 3-15: Maksimale dybder ved 1000-årsflom med klimapåslag, samtidig kulminasjon alle vassdrag. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale hastigheter vises i Vedlegg C, Figur C-8.

4 Grunnforhold

Vågåmo sentrum er anlagt på en elvevifte bygd opp av elve- og bekkeavsetninger (fluviale avsetninger) (Figur 4-1) (NGU, 2021). Disse avsetningene har sitt opphav i moreneavsetningene i Finndalen og langs Skjerva i Slådalen (Figur 5-1). Avsetningene har så blitt fraktet ned og ut Finngjelet før de ble avsatt på elvevifta under større og mindre flomhendelser etter siste istid.

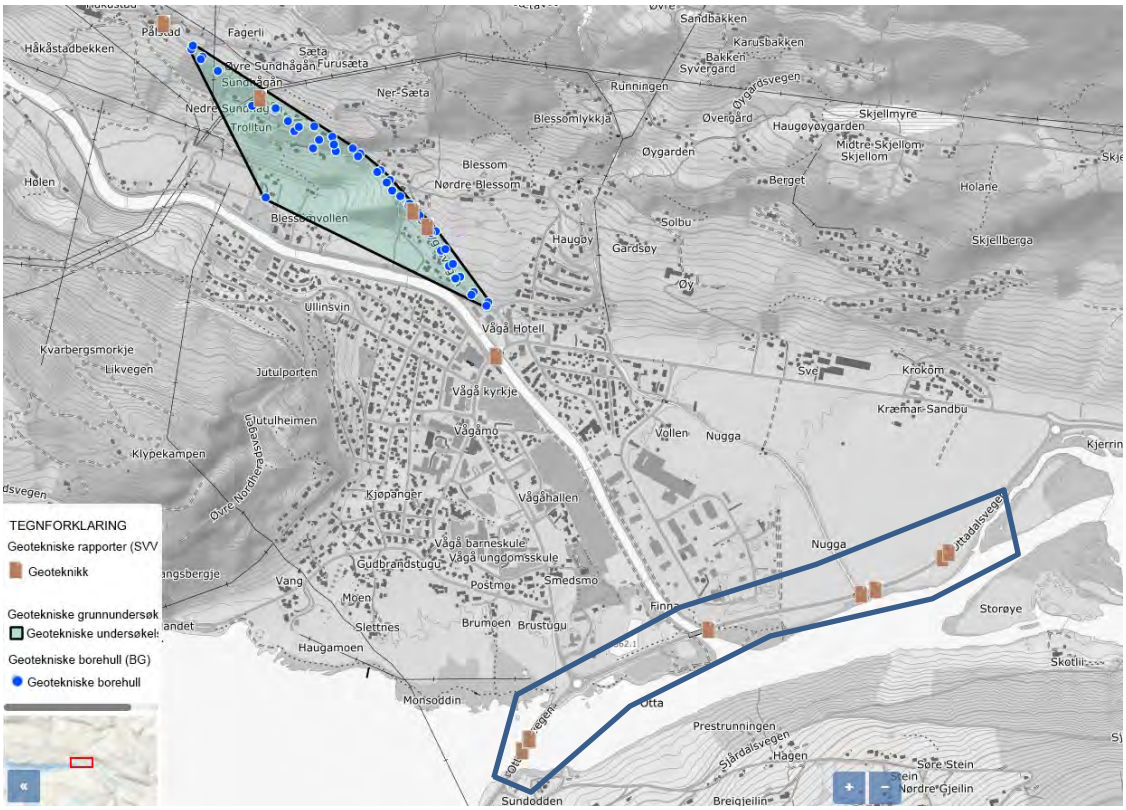


Figur 4-1 NGUs løsmassekart for det aktuelle området. Kartet er basert på en grov kartlegging (1:250 000) utført av Sollid & Trollvik (1991).

4.1 Tidligere grunnundersøkelser

I forbindelse med dette prosjektet er det gjort en gjennomgang av offentliggjorte grunnundersøkelser i den nasjonale databasen for grunnundersøkelser (NADAG) (Figur 4-2). I all hovedsak er de utførte grunnundersøkelsene gjort i forbindelse med nye samferdselsprosjekter. Generelt kan man si at elvevifta består av mektige avsetninger (mer enn

10-15 m) av sand, grus og stein med antatt glasifluvialt eller fluvialt opphav, over et morenelag av varierende mektighet. Under følger en kort gjennomgang av relevante resultater fra de publiserte grunnundersøkelsene.



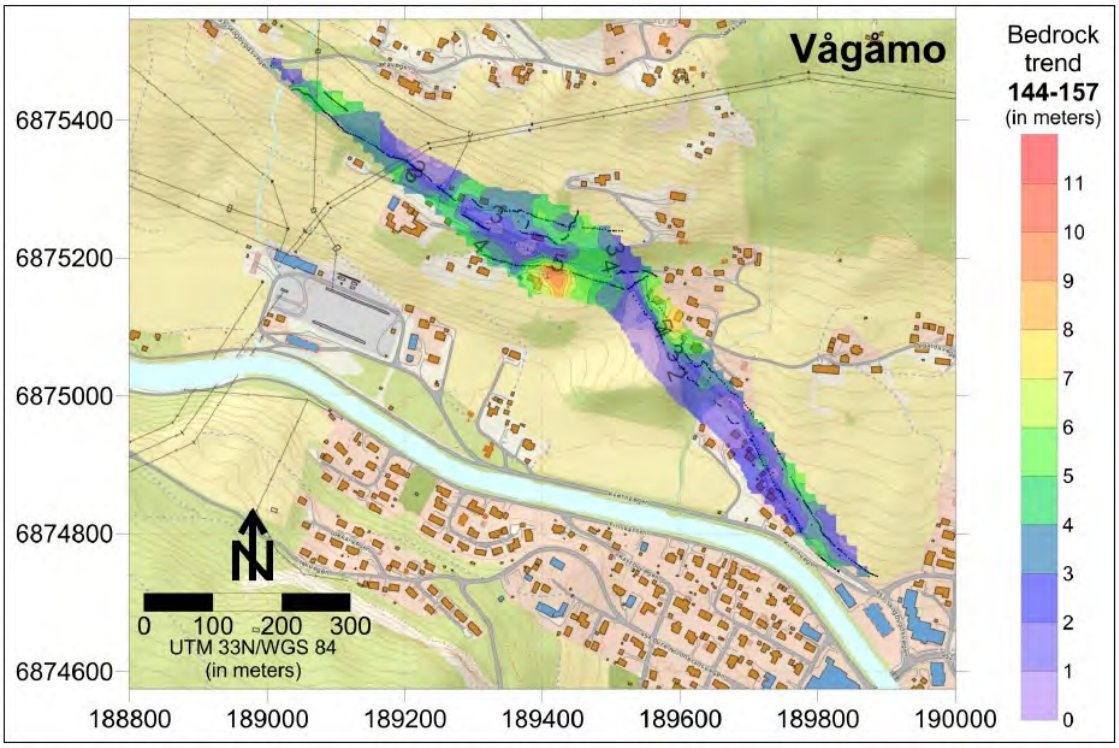
Figur 4-2 Offentliggjorte grunnundersøkelser i den nasjonale grunnundersøkelsesdatabasen (NADAG).

4.1.1 Nye Finna bru

I forbindelse med bygging av ny bru over Finna (Figur 4-2) ved Vågå hotell ble det i 2005 gjort en vurdering av dybde til fjell og løsmassesammensetning. Her ble det konkludert med grusige masser, noe man kan anta er fluviale avsetninger, og en dybde til berg på over 10 m. Berg ble ikke påvist i disse sonderingene (Statens Vegvesen, 2005).

4.1.2 Ny Fv. 453 fra Vågå hotell til Sætagrende

I 2019 ble fylkesvei 453 fra Vågå hotell til Sætagrende (Figur 4-2) oppgradert. I forkant av dette ble det i 2015 utført grunnundersøkelser (markert med blått i Figur 4-2). Det ble utført både totalsonderinger med borerigg, og geofysiske undersøkelser med georadar. Resultatene viser hovedsakelig liten løsmassemektighet bestående av grovt materiale før man støter på berg (Figur 4-3) (NGU, 2015; Statens Vegvesen, 2015). Løsmassene består av moreneavsetninger i øvre del av undersøkelsesområdet før man kommer inn i fluviale avsetninger i det man nærmer seg Vågåmo sentrum og Finna (Figur 4-1).



Figur 4-3 Tolket dybde til berg ved hjelp av georadar. Dybde er oppgitt relativt til terrengoverflaten (NGU, 2015).

4.1.3 Ny Rv. 15 og bru over Vågåvatnet

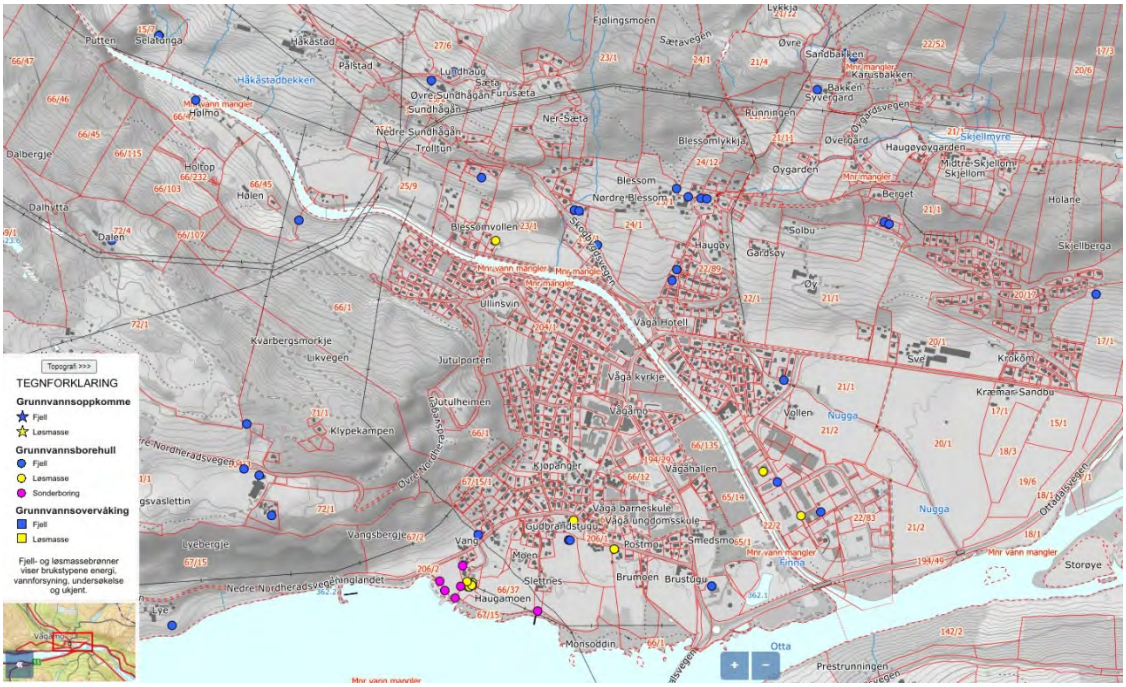
I forbindelse med omlegging av riksvei 15 og ny bru over Vågåvatnet har det blitt uført en rekke grunnundersøkelser og prøvetakinger langs nordlige elvebredd av Otta (Figur 4-2, blå ramme). Her er det påvist grove masser, antatt mektige fluviale avsetninger over moreneavsetninger. I de fleste tilfellene er ikke dybde til berg påvist, men det er anslått en dybde til berg ved utløpet av Finna og Nugga til henholdsvis 12 m og 10 m (Statens Vegvesen, 2001).

4.1.4 Boringer registrert i GRANADA

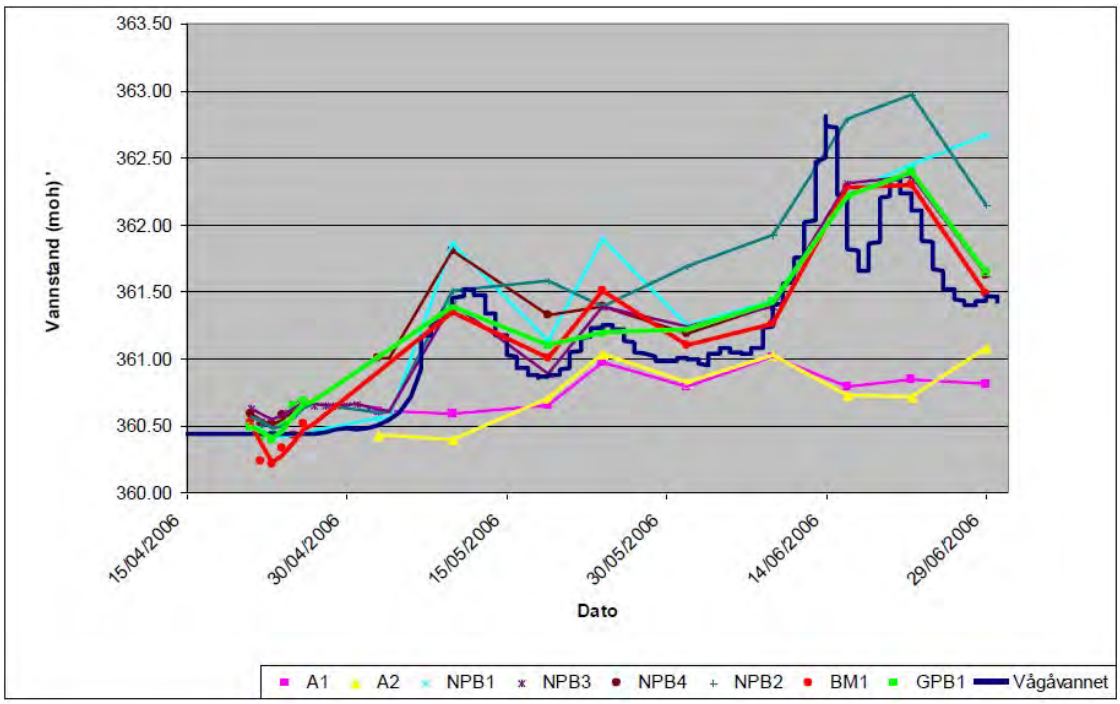
Det er registrert en rekke grunnvannsbrønner i den nasjonale grunnvannsdatabasen GRANADA (Figur 4-4). For å bestemme løsmassemektighet og -sammensetning er det i all hovedsak grunnboringene på selve elvevifta som er av interesse. Noen steder er det registrert boringer på over 100 m i løsmasser, noe som neppe er reelt, da berg er påvist ved om lag 12 m dyp ved utløpet av Finna i Otta (Statens Vegvesen, 2001), og man kan anta at løsmasseoverdekningen er relativt stor her. Ser man bort fra de dypeste boringene er det i snitt for vifta boret 16 m i løsmasser bestående av grove masser som grus og grusig sand.

4.2 Grunnvannsforhold

Grunnen på Vågåmo består hovedsakelig av fluviale avsetninger liggende over morene-avsetninger. De fluviale massene er permeable og egner seg godt for grunnvanns-utnyttelse. Av den grunn er det boret flere grunnvannsbrønner på Vågåmo og kommunen har etablert drikkevannskilde helt sørvest på elvevifta (Figur 4-4). Grunnvannstanden for brønnene lengst syd på vifta er i all hovedsak styrt av vannstanden i Vågåvatnet (Figur 4-5). Det er også et betydelig tilsig fra Finna som antas å følge et av Finnas gamle elveløp (Norconsult, 2007). Det er dessuten boret flere private brønner langs Finna og det er gjort et forsøk på å korrelere brønnvannstand med vannstand i Finna for å få et bilde av hvordan grunnvannstanden fluktuerer med varierende vannføring. Dette forsøket viste ingen høye korrelasjoner. Man kan likevel, på bakgrunn av målinger gjort av NGU (1988), anta at grunnvannstanden på Vågåmo-vifta er sterkt styrt av vann-standen i Finna og Vågåvatnet (NGU, 1988). Dette bekreftes også av Norconsult (2007). Tabell 4-1 viser beregnede verdier for transmissivitet (*T*), hydraulisk konduktivitet (*K*) og magasinkoeffisient (*S*) bestemt ut fra pumpeforsøk. Norconsult (2007) konkluderer med at deres og NGUs (1988) undersøkelser gir sammenlignbare hydrauliske resultater, da alle verdier (*T, K* og *S)* er i samme størrelsesorden. På bakgrunn av dette antas en rask respons med grunnvannsstigning i områdene langs Finna ved flomvannføring i elva. Av samme grunn vil også området ha stor lagringskapasitet for vann ved en styrtregn-hendelse. Verdiene i Tabell 4-1 vil bli brukt i den videre utviklingen av mulige sikrings-løsninger i senere faser av prosjektet.



Figur 4-4 Oversikt over registrerte grunnvannskilder på og ved Vågåmo. Kommunens drikke-vannskilder er markert med lilla punkter (sondérboringer).



Figur 4-5 Grunnvannstand i flere brønner ved Vågåmo vannverk under innledende pumpe-forsøk. Grafen viser også vann-nivået i Vågåvatnet. Vannstanden i Vågåvatnet hadde et stabilt nivå under høy-rate prøvepumping, mens den steg og var forholdsvis ustabil under den resterende perioden for pumpeforsøket (Norconsult, 2007).

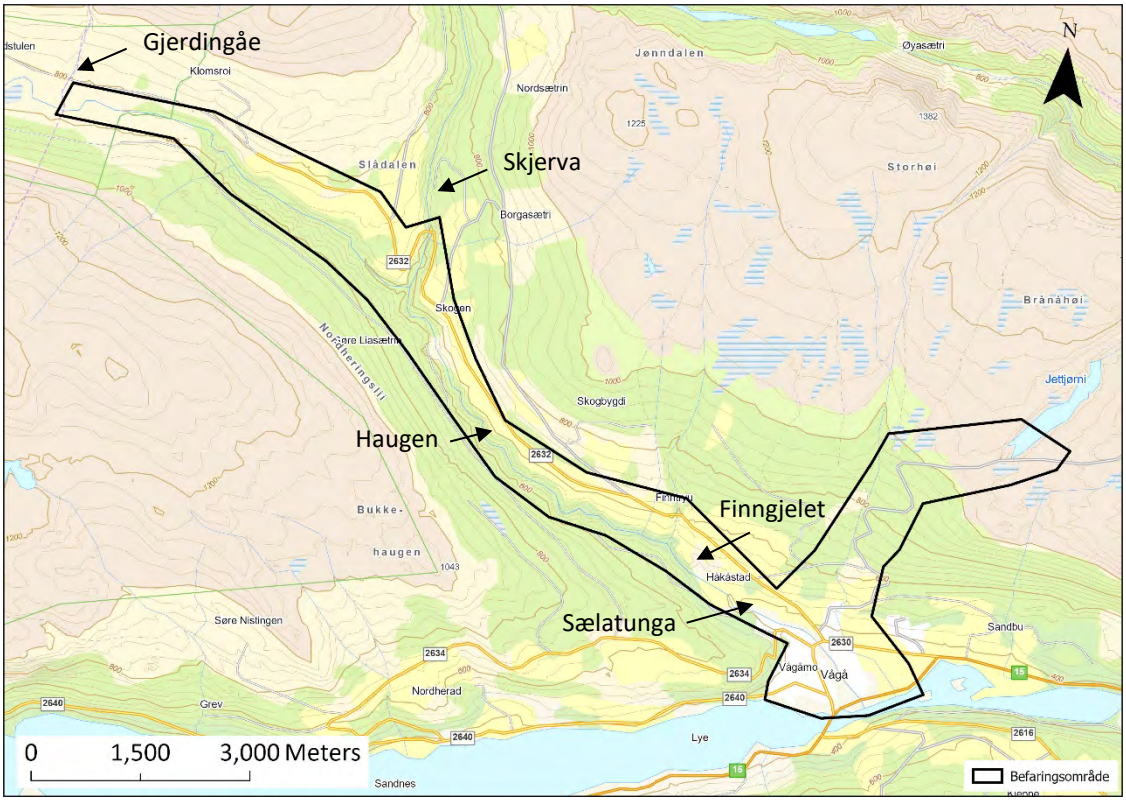
Tabell 4-1 Beregnede verdier for transmissivitet, hydraulisk konduktivitet og magasinkoeffisient bestemt fra pumpeforsøk i 1988 og 2007 (NGU, 1988; Norconsult, 2007).

Rapport	Transmissivitet *T*	Hydraulisk konduktivitet *K*	Magasinkoeffisient *S*
NGU, 1988	$9{,}3 \times 10^{-2}$ m²/s	$2{,}5 \times 10^{-3}$ m/s	$1{,}0 \times 10^{-1}$
Norconsult, 2007	$5{,}8 \times 10^{-2}$ m²/s	$3{,}9 \times 10^{-3}$ m/s	$2{,}01 \times 10^{-1}$

5 Mobiliserbare sedimenter

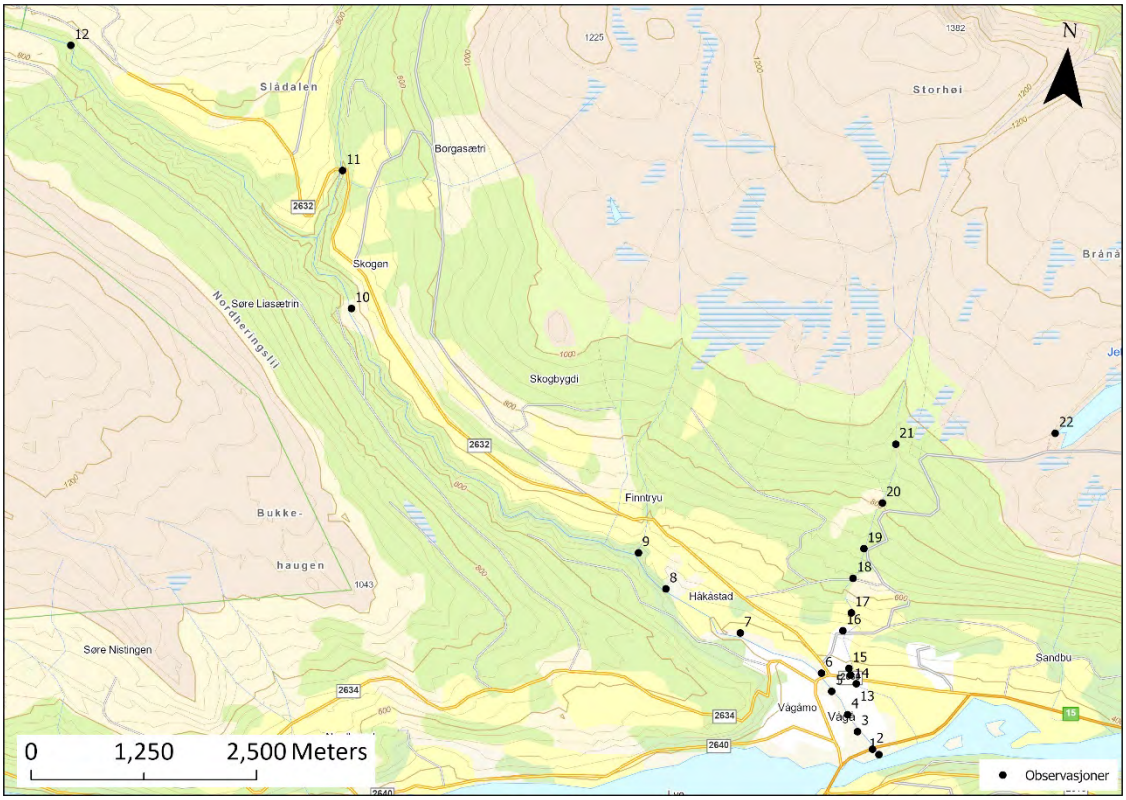
5.1 Befaring

Befaringene har fokusert på området fra utløpet av Finna i Otta og oppstrøms til Gjerdingåe (Figur 5-1). Befaringsområdet ble valgt på bakgrunn av energiregimet i Finna, som er betraktelig lavere oppstrøms Gjerdingåe. Enkelte lokaliteter ble besøkt og fotografert under oppstarts-befaringen 28.05, mens befaringen 23-24.08 var en mer omfattende kartlegging og vurdering av mulige sedimentkilder som kan mobiliseres og skape problemer i nedre del av Finna i en flomsituasjon.



Figur 5-1 Befart område (sort polygon).

Befaringen av Finna oppstrøms Sælatunga var utfordrende grunnet vanskelig tilkomst i Finngjelet. Derfor ble det valgt å fly drone fra de stedene man kom til for å kartlegge så mye som mulig av omkringliggende område. De områdene som kunne befares uten bruk av drone, ble dokumentert med foto og beskrivelser (Figur 5-2). Bilder og kommentarer for hvert enkelt punkt er presentert i vedlegg A.



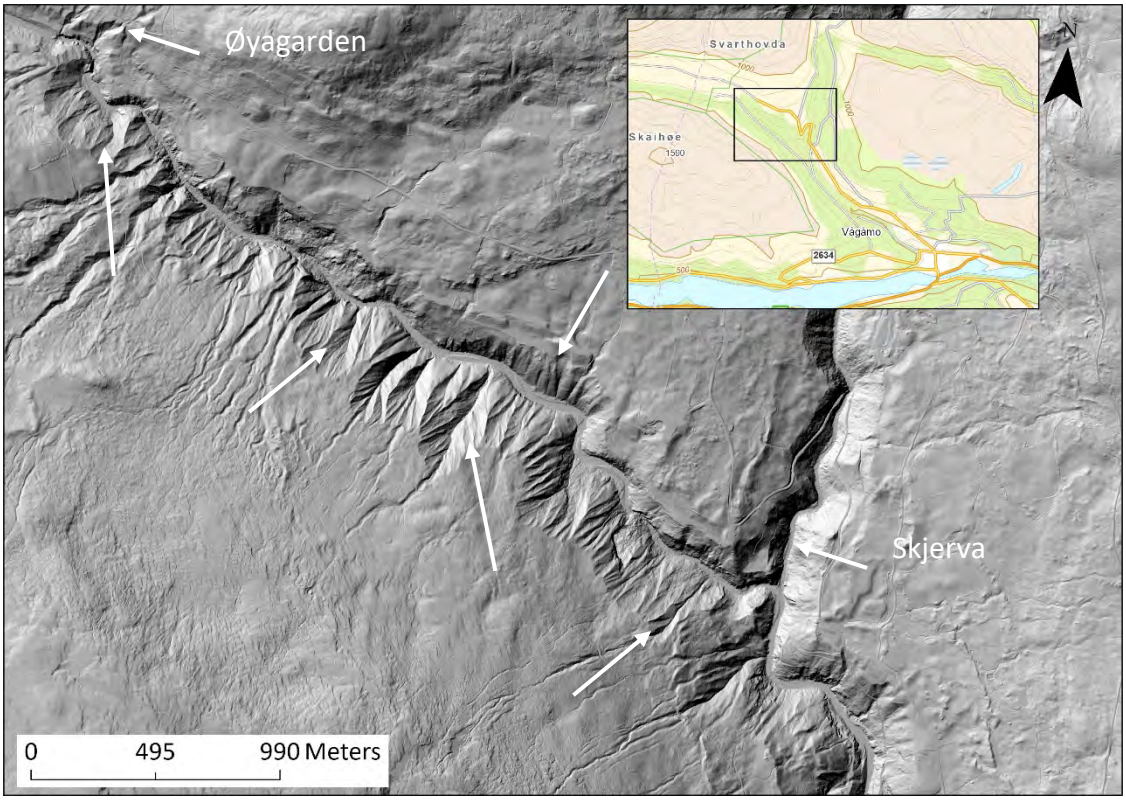
Figur 5-2 Kart som viser observasjonspunkter under befaringen 23-24.08. Observasjonspunktene er nærmere beskrevet i vedlegg A.

5.2 Sedimentkilder- og mobilitet i Finna

Vågåmo ligger på en elvevifte dannet av massetransport fra områder oppstrøms. Elvevifter får sin karakteristiske vifteform ved at elva avsetter masser når energien i elva avtar, og at den over tid endrer løp. Finnavassdraget er særlig kjent for stor massetransport ved flomhendelser. Som eksempel kan man trekke frem Digerofsen på 1300-tallet som førte til at Finna endret løp, samt fraktet med seg så mye masser at Vågåvatnet ble oppdemmet. Et annet eksempel var flommen i 1860 som førte til at store deler av Finnas løp ble erosjonssikret. I 1938 ble Vågåmo på ny utsatt for en stor flom. Eksisterende forbygning var ikke tilstrekkelig og som en følge av dette, bygget NVE et 2,5 km sammenhengende flomverk gjennom Vågåmo sentrum (NVE, 2001). Flomverkene er nærmere omtalt i Kapittel 8.3 På bakgrunn av erfaringen med stor massetransport i Finna er det viktig å identifisere tilgjengelige sedimentkilder. Dette er gjort ved befaringer m/bruk av drone, samt ved analyse av terrengmodeller.

Det finnes bare én offentliggjort terrengmodell. Denne stammer fra 2013 og har dekning på begge sider av Finna fra Vågåmo til Skårvangen (vest for Gjerdingåe, Figur 5-1). Det har derfor tidligere ikke vært mulig å differensiere terrengmodeller for å se på endringer i terrenget over tid. Man kan imidlertid bruke terrengmodellen fra 2013 til å studere pågående skråningsprosesser i området. Som Figur 5-3 viser, er det tegn til mye masseforflytning fra sør-vest og ned mot Finna i området oppstrøms samløpet med Skjerva.

Her har vannet skåret seg ned i terrenget over tid (Figur 5-4 - Figur 5-6). Dette er skråninger dominert av finere materiale som i all hovedsak vil bli fraktet ut i Otta-elva grunnet Finnas høye vannhastighet. Likevel er det også tilstrekkelig med grovt materiale her som kan akkumuleres i elveleiet og bli mobilisert ved en storflom. Det eksisterer heller ikke data på hvor lang tid denne terrengutviklingen har foregått.



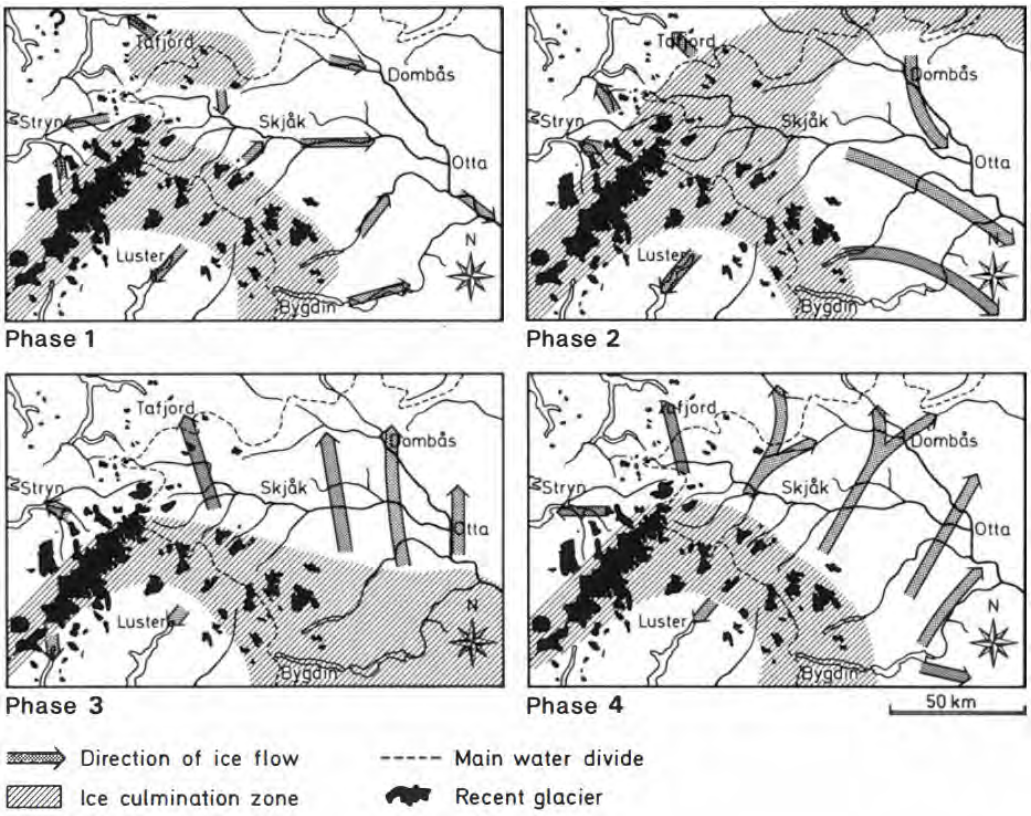
Figur 5-3 Terrengmodell generert i 2013 presentert ved hjelp av fjellskygge som fremhever terrengformer (Kartverket, 2021). Eksempler på erosjon og massetransport ned mot Finna er fremhevet med hvite piler.

Figur 5-4 Løsmasser i skråning nord-øst for Finna ved punkt 12, vist i Figur 5-2.

Figur 5-5 Løsmasser i skråning sør-vest for Finna ved punkt 12, vist i Figur 5-2.

Opphavet til disse sedimentene er tolket å stamme fra den gang isen hadde sin primære strømningsretning fra sør mot nord under siste del av siste istid. Da strømmet isen på tvers av Finndalen. Konsekvensen av dette var avsetning av relativt store mengder sedimenter på lésiden av dalen sammenlignet med støtsiden (Figur 5-7) (Bergersen & Hole, 1981). Vest for Gjerdingåe flater Finna ut, og det antas at det i all hovedsak kun er finere sedimenter (sand og silt) som blir fraktet herfra og videre ut i Vågåvatnet.

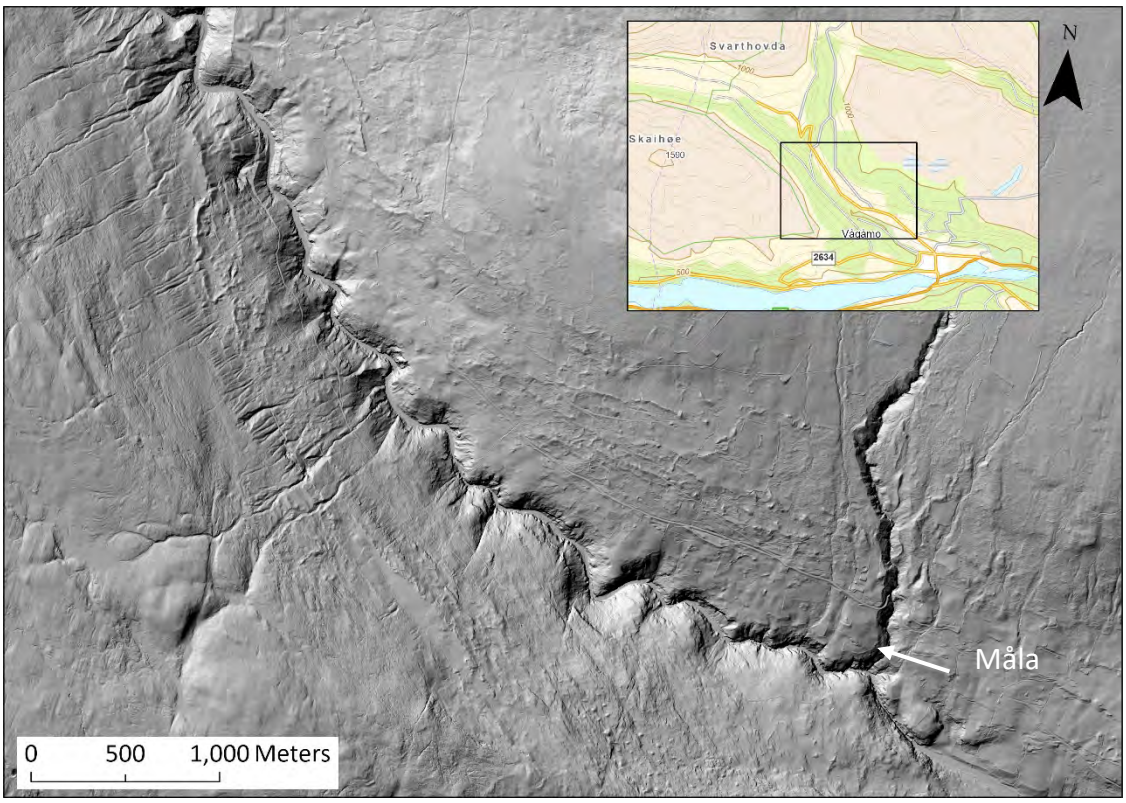
Figur 5-6 Løsmasser i skråning vest for Finna om lag 250 m sør for punkt 12, vist i Figur 5-2.



Figur 5-7 Antatt isbevegelse under siste istid delt inn i fire faser. Det er fase 3 og 4 som er mest relevant for dette prosjektet da disse viser isens strømning mot nord ved slutten av siste istid, noe som kan forklare de store moreneavsetningene i skråningene sør-vest for Finna (Bergersen & Hole, 1981).

Sør-øst for samløpet mellom Finna og Skjerva går terrenget gradvis over til å bli mer dominert av eksponert berg, og det antas at sedimentbidrag fra elveskråningene er betydelig mindre enn lengre opp i vassdraget (Figur 5-8). Det er likevel sannsynlig at det vil være bidrag i form av stein og blokker som faller ned i vassdraget som følge av mekanisk forvitring.

Terrengmodell og flybilder viser at det ikke er tilsvarende skråningsprosesser i Skjerva som i Finna, og dermed er det mindre massetransport ned mot Vågåmo fra kildeområder i Skjerva.



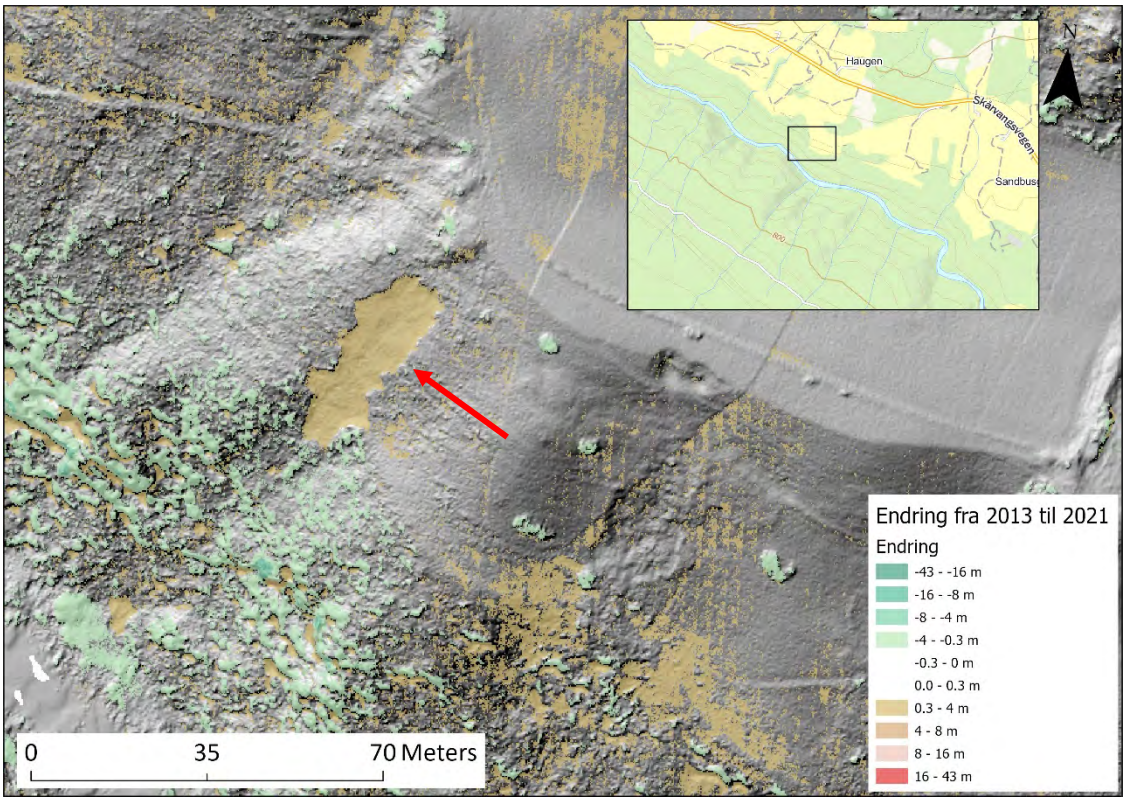
Figur 5-8 Terrengmodell generert i 2013 presentert ved hjelp av fjellskygge som fremhever terrengformer (Kartverket, 2021). Her er det mindre tegn på erosjon i sideskråningene sammenlignet med Figur 5-3.

NVE gjennomførte i oktober/november 2021 en ny skanning av terrenget fra Vågåmo og opp til Gjerdingåe, som er gjort tilgjengelig for prosjektet. Det blir påpekt fra NVE at det er forholdsvis mye støy i denne terrengmodellen, da dette er et vanskelig område å konstruere terrengmodell for på grunn av mye vegetasjon og variert topografi. Innledende analyse viser at det trolig har gått noen små løsmasseskred i perioden mellom 2013 og 2021 (Figur 5-9).

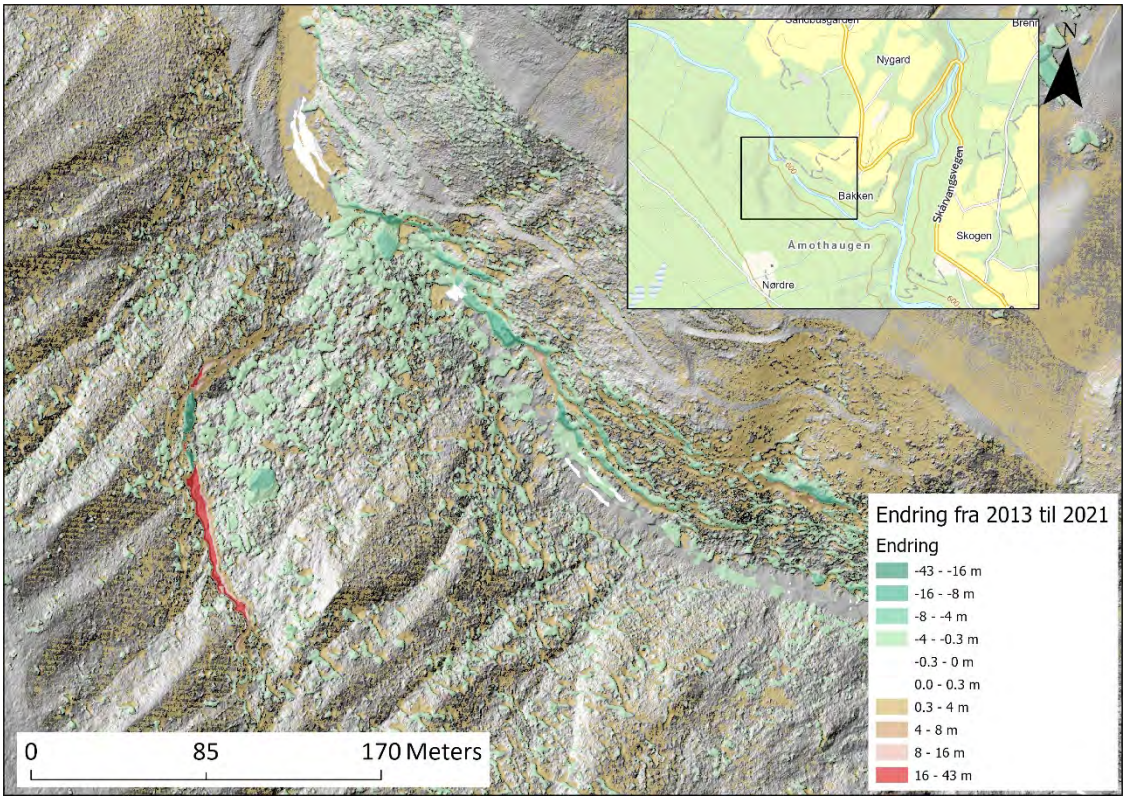
Analysen antyder også et mulig ustabilt fjellparti som har beveget seg mot øst i samme periode (Figur 5-10). Sammenligning mellom terrengmodellene antyder en urealistisk stor endring, på 25-40 m fra 2013 til 2021. Dette er neppe reelt, da man i så fall ville sett

tilsvarende endring i nedre del av skråningen. InSAR-data (insar.ngu.no) viser også at dette ikke er tilfelle (Figur 5-11). Årsaken til den tilsynelatende store differansen kan muligens forklares med at dette er en tilnærmet vertikal vegg. Hvis en av terreng-modellene er noe forskjøvet i forhold til den andre, vil man kunne få tilsvarende store differanser mellom modellene. InSAR dataene viser imidlertid en heving på om lag 60 mm siden 2015 i nedre del av skråningen (Figur 5-11), og det anbefales at dette området befares for å avklare situasjonen.

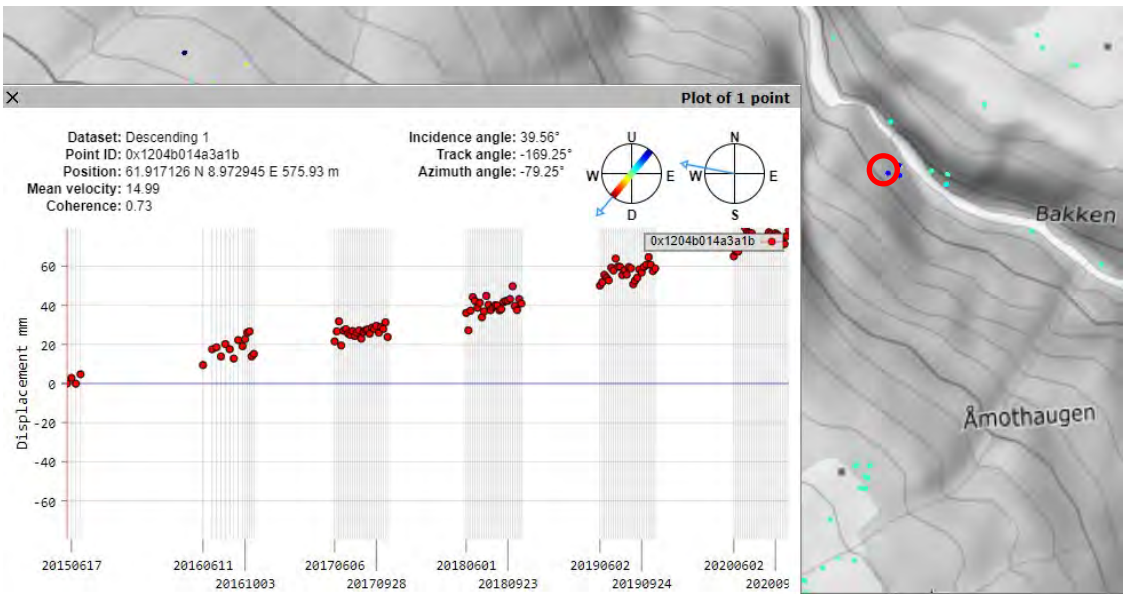
Da nøyaktigheten i modellen oppgis til å være ±30 cm er det ikke mulig å bruke modellen til å si noe konkret om den generelle overflateerosjonen i sideskråningene eller om erosjon knyttet til konkrete flomhendelser i tiden mellom 2013 og 2021.



Figur 5-9 Sannsynlig utglidning som har skjedd en gang mellom 2013 og 2021, markert med rød pil. Det er en del støy i datasettet som gjør at man ikke kan tolke alle beregnede forskjeller som faktiske terrengendringer. Endringer under 0,3 m er utelatt da nøyaktigheten til datasettet estimeres til å være ±30 cm.



Figur 5-10 Mulig ustabilt fjellparti vest for Finna. Feltet markert med rødt viser stor endring og kan være bakkant for en dypere bevegelse. Det er en del støy i datasettet som gjør at man ikke kan tolke alle beregnede forskjeller som faktiske terrengendringer. Endringer under 0,3 m er utelatt da nøyaktigheten til datasettet estimeres til å være ±30 cm.



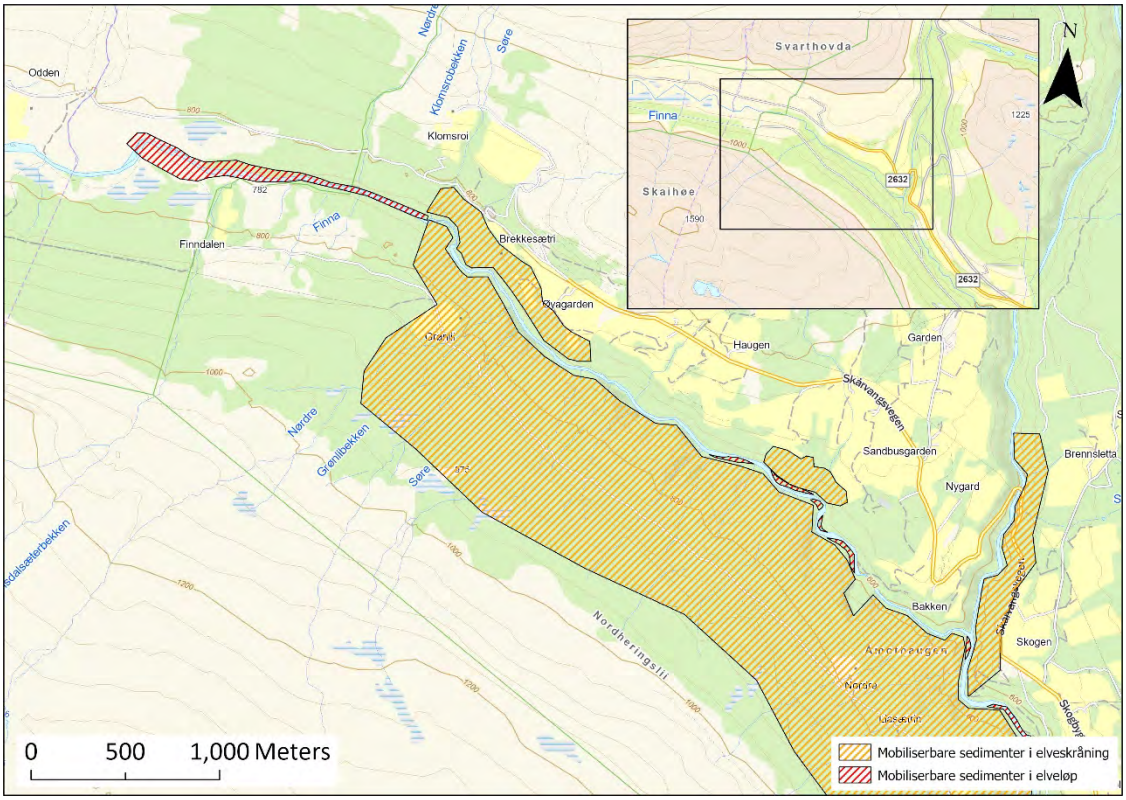
Figur 5-11 InSAR-måling av punkt markert med rød sirkel som viser at landskapet har hevet seg med om lag 60 mm siden 2015. Målingene er hentet fra insar.ngu.no.

På bakgrunn av befaring og terrenganalyse er det nærliggende å anta at mesteparten av massene som blir mobilisert ved høye vannføringer i Finna har sitt opphav i og rundt elveløpet sør-øst for Øyagarden (vist øverst i Figur 5-3). Ved lav vannføring ligger disse løsmassene stabilt i elveløpet, men med flomvannføringer vil hastigheten og dermed skjærspenningen øke. Konsekvensen av dette er at disse løsmassene blir mobilisert. Hvor tykke løsmasseavsetninger det er snakk om er vanskelig å estimere, men erfaring fra andre vassdrag i regionen indikerer at det kan være snakk om flere meter tykke lag (Bogen et al., 2016; Steinholt, 2019).

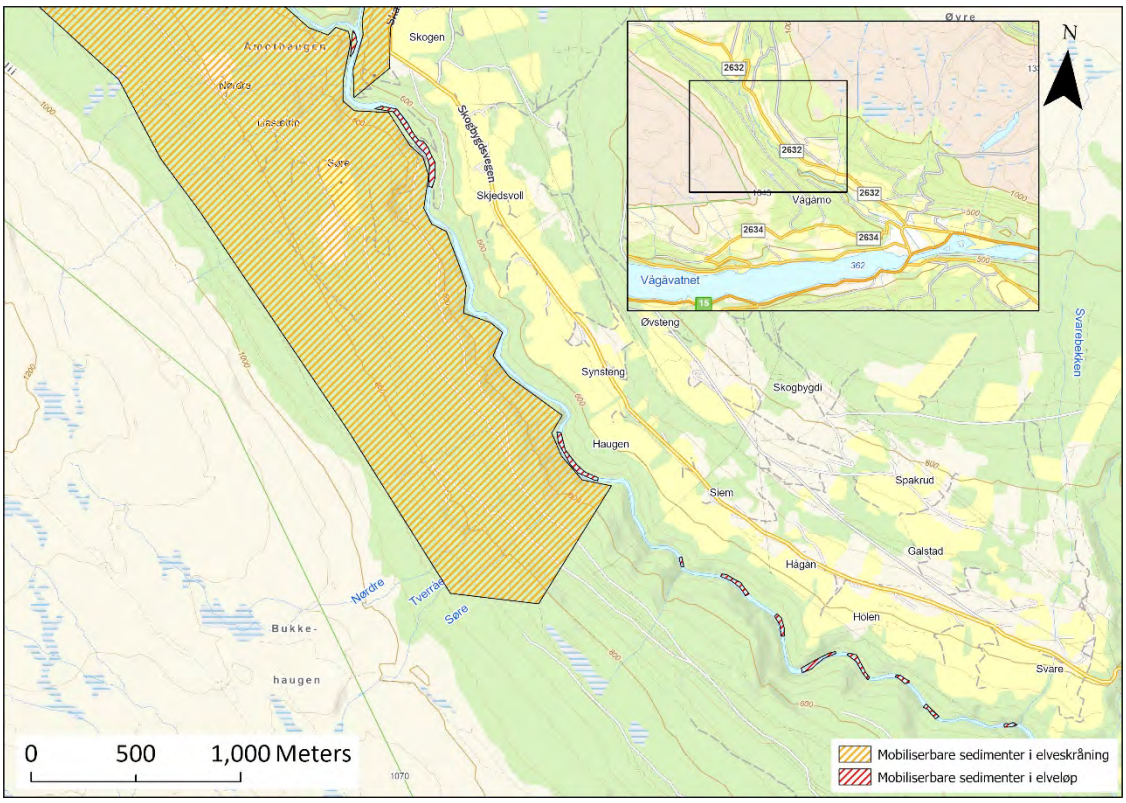
Også ved utløpet på elvevifta, og da spesielt ved Finngjelet og området nedstrøms Sælatunga, er det trolig mektige fluviale avsetninger (Figur 5-12). Disse massene antas å være fraktet ned og ut Finngjelet før de ble avsatt nedstrøms Sælatunga der elva får lavere energi. Ved høye vannføringer kan disse massene bli remobilisert med den konsekvens at man nedstrøms får bunnheving med tilhørende oversvømmelse av nærliggende områder. Konsekvensen av en slik bunnheving er beskrevet av NGI (2020).

Figur 5-12 Dronebilde som viser løsmassesammensetningen 200 m nedstrøms utløpet av Finngjelet. Bildet viser et 100 m langt utsnitt.

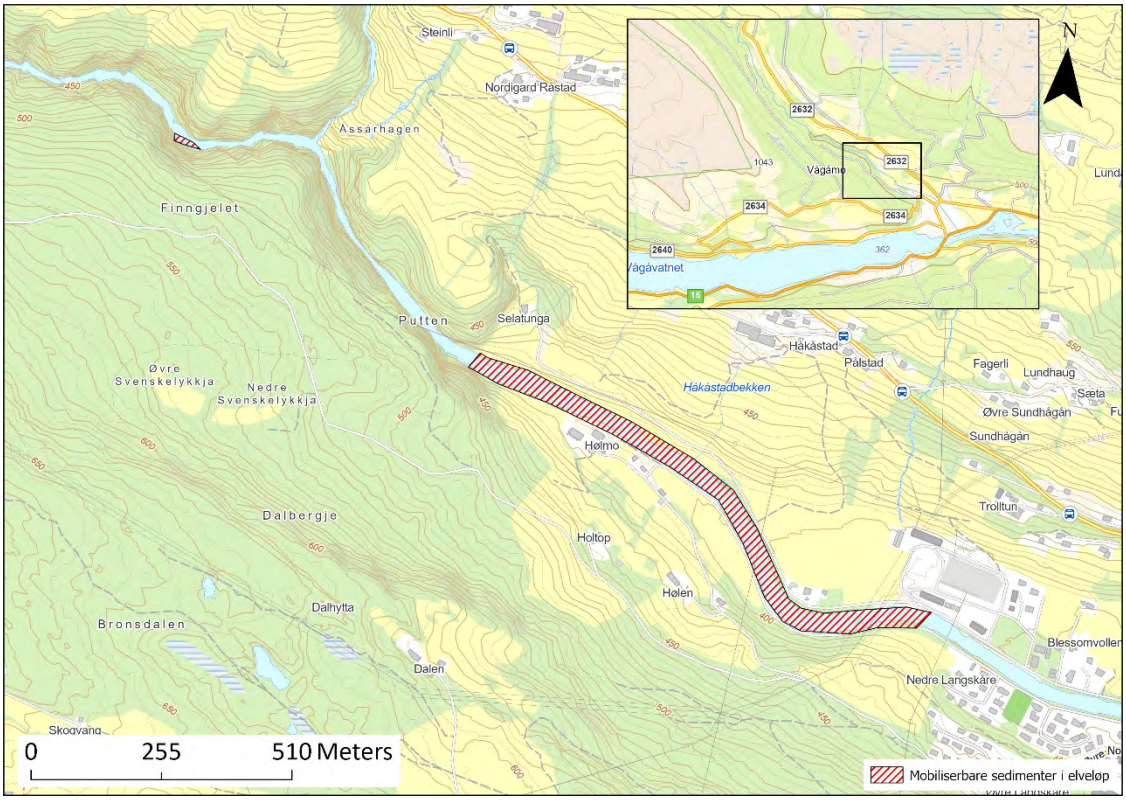
Ovenfor er områder med mobiliserbare sedimenter i og rundt Finna anslått. Det er viktig å påpeke at deler av Finna var utilgjengelig ved befaring og at anslagene derfor bør betraktes som minimumsestimater. Vår vurdering er at det hovedsakelig er skråningene sydvest for Finna mellom Gjerdingåe og Haugen (Figur 5-1), som bidrar med løsmasser til vassdraget (Figur 5-13 og Figur 5-14). Det er også her man finner mest mobiliserbare sedimenter i elveløpet. Videre nedstrøms er det, ved hjelp av dronebilder fra NVEs undersøkelser i 2021, observert en del mobiliserbare sedimenter i elveløpet (Figur 5-16 og Figur 5-17). I beregningene av sedimenttransport (Kapittel 5.3) tas hensyn til erosjon både i elvebunnen og langs breddene.



Figur 5-13 Antatte mobiliserbare sedimenter i og rundt elveløpet til Finna.



Figur 5-14 Antatte mobiliserbare sedimenter i og rundt elveløpet til Finna.



Figur 5-15 Antatte mobiliserbare sedimenter i og rundt elveløpet til Finna.

Figur 5-16 Dronefoto tatt høsten 2021 om lag 200 m nord for punkt 8, vist i Figur 5-2. Her kan man se akkumulerte masser i elveløpet som kan mobiliseres ved større flommer. Foto: NVE.

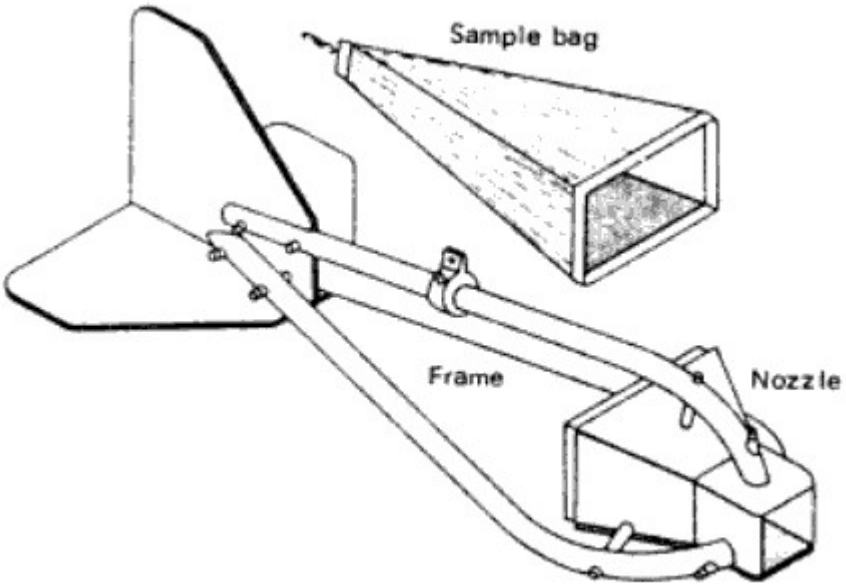
Figur 5-17 Dronefoto tatt høsten 2021 om lag 200 m sør for punkt 8, vist i Figur 5-2. Her kan man se akkumulerte masser i elveløpet som kan mobiliseres ved større flommer. Foto: NVE

5.3 Massetransport i Finna

5.3.1 Forsøk utført av Huseby (1985)

Å nøyaktig kvantifisere massetransporten fra Finna og ut på elvevifta på Vågåmo er vanskelig. I 1981 utførte Sverre Husebye målinger av suspendert og bunntransportert materiale i Finnavassdraget (Husebye, 1985). Dette ble gjort ved hjelp av "momentan prøvetaking" ved Odden, Gjerdingåi, Skjerva og på Vågåmo. Bunntransporten ble estimert ved å bruke en bunntransportmåler (Figur 5-18) med maskebredde på 0,250 mm. I tillegg ble bevegelse langs bunnen målt ved hjelp av striper langs utvalgte banker og erosjonskanter. Målingene ble gjort ved ulike vannføringer- og hastigheter for å danne seg et bilde av hvordan bunntransporten varierer ved ulike strømningsregimer. På bakgrunn av disse målingene estimerte Husebye (1985) 3300 tonn suspendert og 700-1000 tonn bunntransportert materiale per år i Finna. Grunnet Finnas høye vannhastighet er det nærliggende å anta at suspendert materiale ikke blir avsatt i særlig grad på elvevifta, men blir fraktet ut i Otta. Videre anslås at 80% av dette ble transportert under vårflommen samme år (Figur 5-20). Det er selvfølgelig usikkerheter knyttet til dette estimatet. Estimatet er basert på punktmålinger gjort på kun et par steder i løpet av et år hvor det ikke ble registrert store flommer. Vårflommen i 1981 hadde en maksimal døgnmiddelvannføring på 115 m^3/s. Dette er omtrent det samme som er beregnet som middelflom av NGI (2020) (116 m^3/s), og også tilsvarende DHIs analyse i dette prosjektet, som gir 118 m^3/s (Vedlegg B). På bakgrunn av dette kan man anta at anslaget for massetransport er lavt sammenlignet med år med høyere vannføring (1995, 2011 og 2015). I slike situasjoner, og da særlig ved episoder med styrtregn, vil det bli tilført masser fra

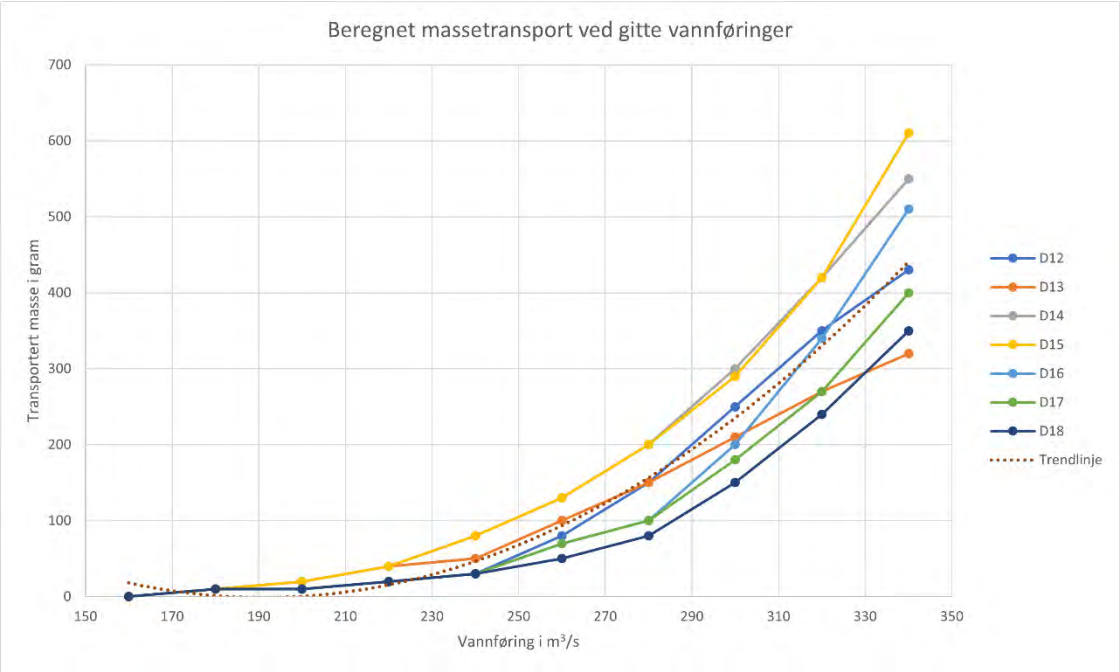
sideskråninger, samt fra erosjon i elveløpet. Eksempler på dette så man på Kvam i 2011 og 2013, samt i Skjåk i 2018.



Figur 5-18 Bunntransport-måler utviklet av Helley & Smith (1971) og brukt av Huseby i 1981.

5.3.2 Forsøk utført av Vassdrags- og havnelaboratoriet (1961)

Fra 1960 til 1961 gjennomførte Vassdrags og havnelaboratoriet ved NTH flere modell-forsøk for å bedre forstå massetransporten gjennom Vågåmo sentrum. Bakgrunnen for prosjektet var undergravingen av forbygningen langs Finna som oppsto under flommen 1958. Enkelte steder senket elva seg med to meter, og det var fare for at de tørrmurte forbygningene skulle gli ut. Resultatet fra disse modellene la grunnlaget for en kurve som viser sammenhengen mellom vannføring og massetransport (bunntransport) i gram av sedimenter med D > 9,5 mm (Vassdrags og havnelaboratoriet, 1961). Denne masse-transporten øker eksponentielt fra 220 m^3/s og oppover (Figur 5-19). Fra dette kan man anta at man vil ha bunntransport i Finna i nedre del av Vågåmo ved flommer med retur-perioder fra 5-10 år og høyere.



Figur 5-19 Beregnet massetransport (bunntransportert) i gram som funksjon av vannføring. I dette forsøket, som er skalert 1:30, viser massetransport av sedimenter med kornstørrelse D>9,5 mm. Tegnforklaringen viser referansen til forsøksnummer (Dx), og har ingen sammenheng med kornstørrelser (Vassdrags og Havnelaboratoriet, 1961).

Forsøkene til Vassdrags og Havnelaboratoriet (1961) var skalert 1:30, og er basert på forsøk konstruert for å gjengi erosjonsforholdene under 1958-flommen langs strekningen fra Vågåmo kirke og sørover. Selv om det derfor er beheftet med usikkerhet å bruke disse resultatene til å estimere mengden sedimenter transportert under en flomhendelse, er det lite andre data å bruke til en slik beregning, og det er derfor gjort et forsøk på å estimere transportkapasiteten i Finna ved gitte returperioder på bakgrunn av disse forsøkene. Hvis man antar at man ved en 5-10-årshendelse vil ha bunntransport tilsvarende den som ble estimert av Husebye (1985) (om lag 1000 tonn i løpet av en årsmiddelflom), kan man bruke ligningen for trendlinjen vist i Figur 5-19 til å estimere transportkapasiteten for forskjellige returperioder, noe som fremkommer av Tabell 5-1. Det bemerkes at en slik oppskalering på partikkelnivå har store usikkerheter og må betraktes som en forenkling. Det er her antatt samme forløp som flommen Huseby observerte i 1981.

Hvis man videre antar bunnheving i området fra transformatorstasjonen i nord til utløpet i Otta i sør, noe som utgjør om lag 60 000 m^2, vil man kunne få en bunnheving som vist i Tabell 5-2. Dette er en konservativ tilnærming der man antar at elvebunnen hever seg likt over hele dette området. I virkeligheten vil elvebunnen være svært dynamisk under en flom, og man kan anta at det i et tverrprofil vil være både senkning og heving i løpet av en og samme hendelse.

Tabell 5-1 Estimert transportkapasitet for et typisk tverrprofil nedstrøms Finna bru. Resultatene er basert på forsøk beskrevet i Vassdrags og havnelaboratoriet (1961).

Returperiode	Transportkapasitet (tonn)	Transportkapasitet (m3)
Q_{100}	38 000	20 000
Q_{200}	62 600	33 000
$Q_{200\text{-Klima}}$	130 500	69 000
Q_{500}	108 000	57 000
$Q_{500\text{-Klima}}$	207 000	109 000
Q_{1000}	155 000	82 000
$Q_{1000\text{-Klima}}$	286 000	150 000

Tabell 5-2 Potensiell bunnheving basert på forsøkene utført av (Vassdrags og havne-laboratoriet, 1961).

Returperiode	Potensiell bunnheving (m)
Q_{100}	0,34
Q_{200}	0,55
$Q_{200\text{-Klima}}$	1,14
Q_{500}	0,95
$Q_{500\text{-Klima}}$	1,82
Q_{1000}	1,36
$Q_{1000\text{-Klima}}$	2,50

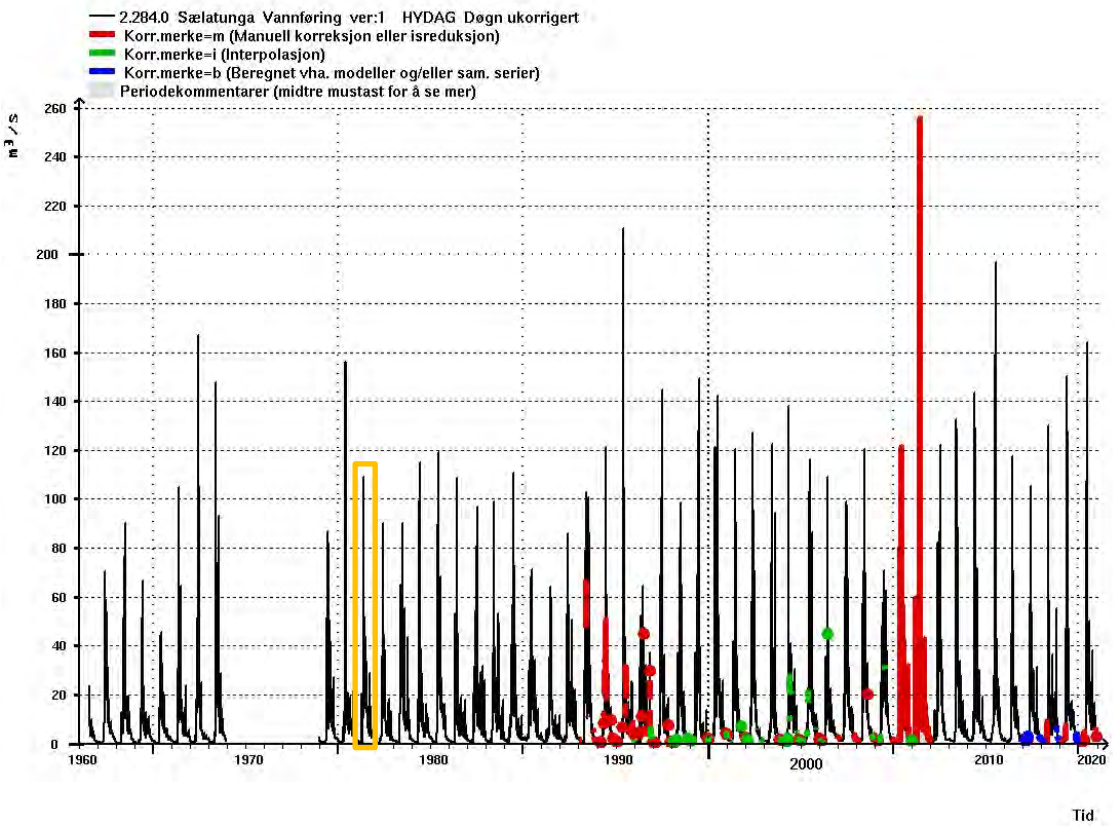
5.3.3 Uttak av masser fra Finna

Ved flere anledninger er det tatt ut masser fra Finna, men det foreligger ikke mye offentliggjort dokumentasjon om mengdene. Fra Vågå kommune har vi fått oversendt en søknad fra 2016 om å ta ut masse og grovknuse dette på et industriområde sør-øst på Vågåmo. Her estimeres det at det skal knuses om lag 10 000 m^3 masser som er tatt ut fra Finna. Når dette er avsatt, er ikke nevnt i denne søknaden (Torbjørn Bråten AS, 2016). Samme år opplyser NVE uttak av 5500 m^3 masser i forbindelse med reparasjon av tersklene rett oppstrøms Vågåmo sentrum. Heller ikke her er nevnt når disse massene er antatt avsatt (Oppland fylkeskommune & NVE, 2018).

Til sammenligning anslås det at elva Frya årlig tilfører om lag 15000 tonn stein og grus på vifta ved elvas utløp i Gudbrandsdalslågen (Bogen et al., 2016). Dette er minst 15 ganger så mye som Husebye (1985) estimerte for Vågåmo. Størrelsen på nedbørfeltet til Finna og Frya er forholdsvis like, så den store forskjellen kan kun forklares med forskjellig tilgang på løsmasser. Frya, i likhet med Veikleåa (Kvam kommune) og Ula (Sel kommune), renner alle over finstoffdominerte og svært mektige moreneavsetninger. I en flomsituasjon vil elvebunnen eroderes betydelig, noe som fører til stor masse-transport av eksisterende materiale i elvebunnen. Den største sedimenttilførselen under flommene i 2011 og 2013 skyldtes imidlertid undergraving av sideskråninger og skred fra sideterrenget (Bogen et al., 2016; Steinholt, 2019). Det er ikke like stor tilgang på sedimenter i nedre del av Finna, og følgelig vil massetransporten være lavere enn ved andre sammenlignbare vassdrag i området. På bakgrunn av dette anslås det at anslagene

til Husebye (1985) er størrelsesmessig riktig for et middelflom-år, og at masse-transporten øker eksponentielt ved høyere vannføringer.

Det vil over tid være mulig å få en bedre forståelse av hvor mye masser som blir bunn-transportert i Finna og ut på Vågåmo-vifta. Én måte kan være å utføre årlig uttak av masser ved Sælatunga, og samtidig måle inn endringene i elvebunnen før og etter uttaket. Da kan man over tid korrelere dette mot vannføringsdata fra den nærliggende hydrometriske stasjonen.



Figur 5-20 Døgnmiddelvannføring for den hydrometriske stasjonen Sælatunga fra 1966 til 2021. Årstallene er plassert i midten av ti-året. Verdiene for 1981 er markert i oransje (NVE, 2021).

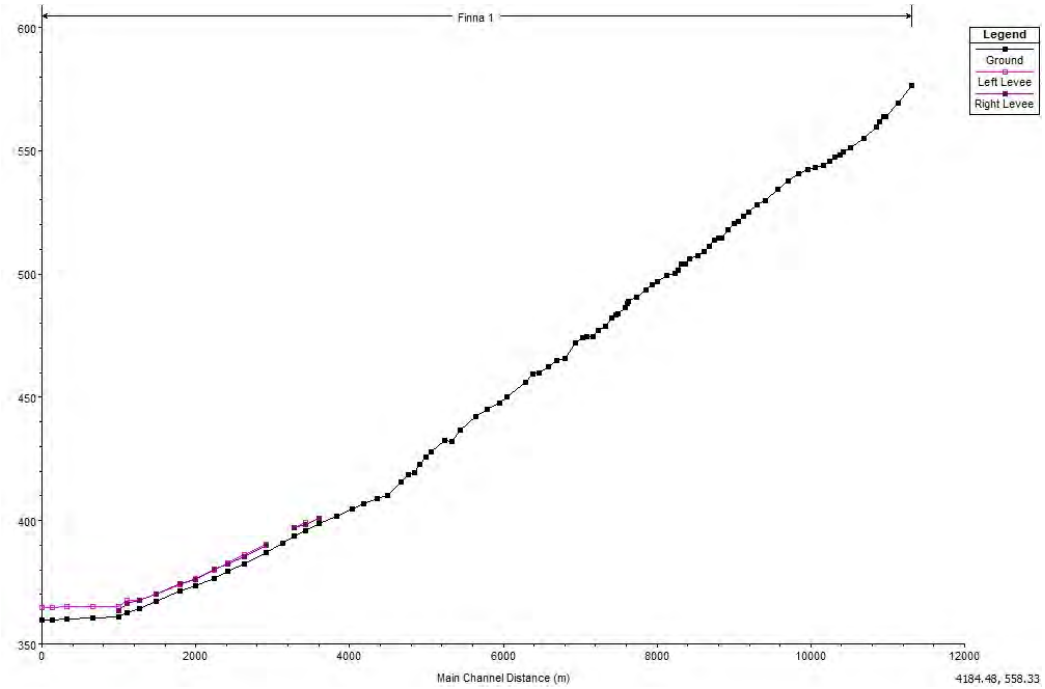
5.3.4 Modellering av massetransport

Et av målene for dette prosjektet er å estimere massetransporten ned mot Vågåmo sentrum. Det er vurdert hensiktsmessig å bygge på metodikken og resultatene fra NGI (2020). Scenarioet som lå til grunn for vurderingen i 2020 var en ekstrem nedbørs-hendelse som førte til skred ned til Finna, med tilhørende flomvannføring som fraktet store deler av skredmassene ned mot Vågåmo. Et av hovedpunktene var da å vurdere hvor mye elvebunnen hevet seg ved en slik ekstremhendelse. NGI (2020) antok en bunn-heving på to meter fra området rett oppstrøms Finna bru og ned til elva Otta for å være konservativ.

En slik hendelse oppstår som følge av flere uheldige omstendigheter. For å anslå sannsynligheten for en slik hendelse i henhold til Byggteknisk forskrift (TEK17) er det derfor ansett som nyttig å gjøre en sannsynlighetsanalyse ved hjelp av hendelsestrær, der hver bestanddel i en slik hendelse sannsynliggjøres. Resultatet av denne analysen er vist i Kapittel 5.3.5.

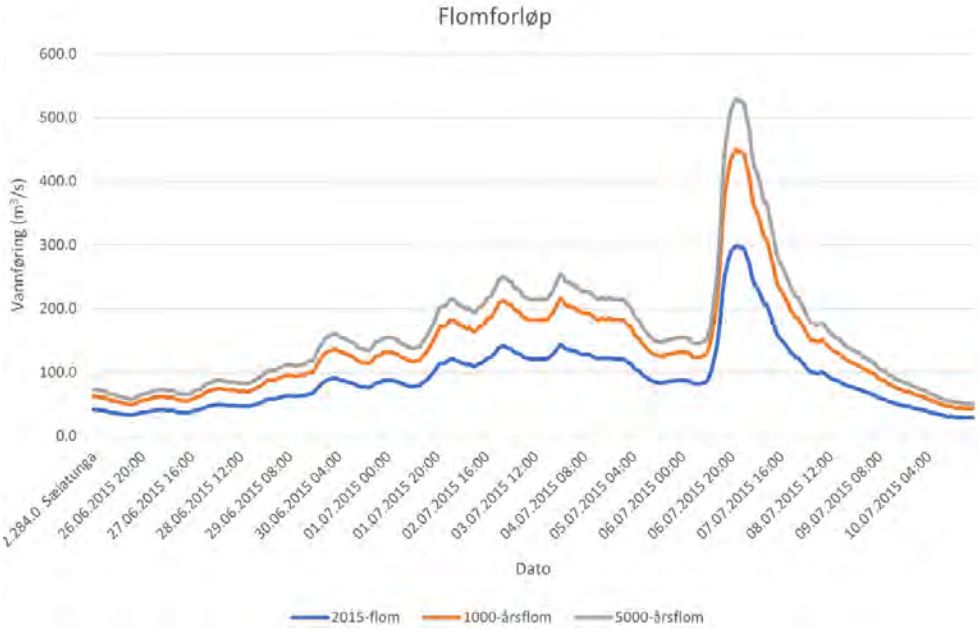
I en slik hendelsestreanalyse trenger man å vite hvor mye elvebunnen kan heve seg ved gitte returperioder for flom. For å danne seg et bilde av erosjons- og avsetningsmønsteret er det gjennomført flere modelleringer av sedimenttransport med verktøyet HEC-RAS. Det ble forsøkt å konstruere en modell som så på sedimenttransporten fra Skjerva og ut i Otta. Utstrekningen av denne endimensjonale sedimenttransportmodellen kan ses i Figur 5-21 og Figur 5-22, samt i vedlegg D.

Figur 5-21 En-dimensjonalt modelloppsett i HEC-RAS med tilhørende tverrprofilnummering som viser avstand fra nederste profil i Otta.



Figur 5-22 Lengdeprofil av modelloppsettet. X-aksen indikerer avstand fra utløpet i Otta. 'Left' og 'right levee' er toppen av flomverkene i nedre del av elva.

I denne modelleringen er det tatt utgangspunkt i et flomforløp tilsvarende 2015-flommen, som er antatt å ha vært ca. en 50-årsflom. Vi har skalert opp flomforløpet slik at kulminasjonsverdien tilsvarer en 1000- og 5000-årsflom (Figur 5-23), hvilket tilsvarer samme vannføringer som ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag. 2015-flommen er også tatt med som referanse. Disse er brukt som øvre grensebetingelse i den hydrauliske modellen sammen med q/h-kurve som nedstrøms grensebetingelse.



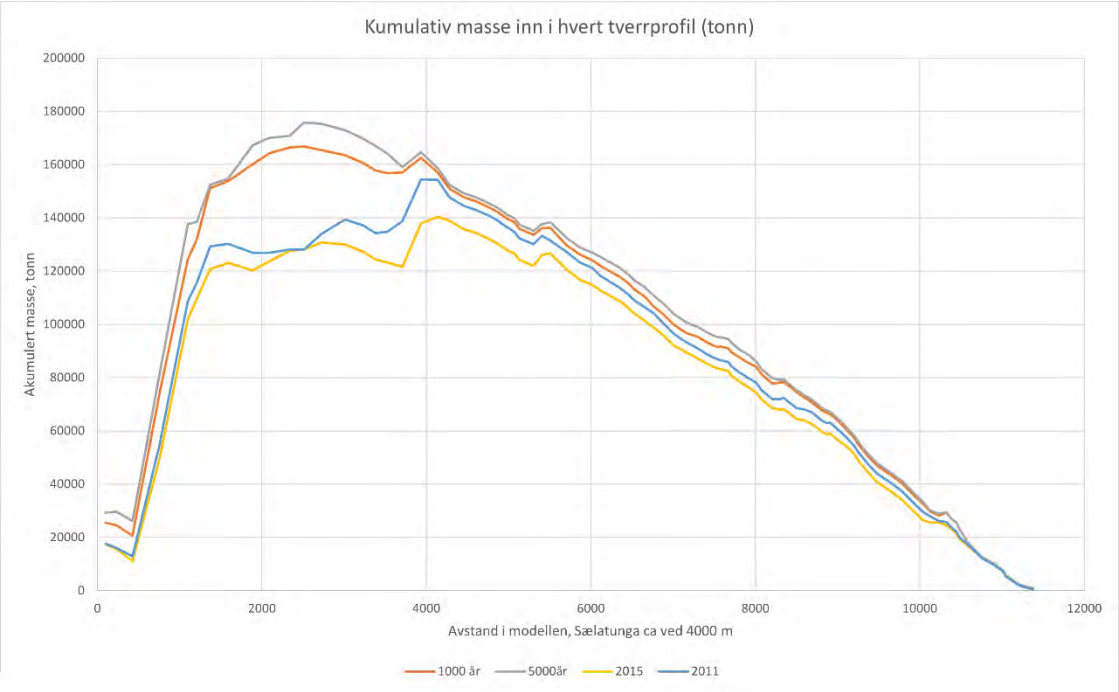
Figur 5-23 Oppskalert flom basert på 2015-flommen.

For å anslå maksimal transportkapasitet til elva er det modellert et forløp med ubegrenset tilgang på sedimenter i toppen av modellen, såkalt likevekt. Dette gir en teoretisk kapasitet for totaltransport ut av Finngjelet ved 5000-årscenariet på om lag 1 000 000 tonn. Videre ble det gjennomført en modellering der maksimal erosjonsdyp i løpet ble satt til 1 m fra ca. 1 km ovenfor Skjerva og nedover. Denne modelleringen resulterte i en totaltransport på ca. 175 000 tonn. Realiteten er dermed at Finna alltid vil ha nok transportkapasitet ut til Sælatunga ved aktuelle ekstremflommer. Det er derfor ingen praktisk begrensing for hvor mye som kan fraktes ut. Går en mer i detalj på sedimentene, er det stein i fraksjon fra 64 til 256 mm som utgjør hoveddelen av avsatt materiale fra ca. 300 m ovenfor brua i sentrum, med nærmere 70 000 tonn (liten til stor stein). Ved en 200-års flom blir disse massene i større grad værende i strekningen oppstrøms trafo-stasjonen.

For flommer større enn 200-årsflom (~350 m^3/s), mener vi det er stor sannsynlighet for sammenfall mellom nedbør som fører til flom og som samtidig fører til skred med til-førsel av masser til Finna. Sannsynligheten for slikt sammenfall antas å øke med flom-størrelsene. En episode med kort intens nedbør som på Garmo (2018) eller Ulvådalen (1960) vil ikke gi ekstremflom i Finna, men vil samle masse som ikke føres ut før neste storflom. Ved lengre perioder uten større flom, øker akkumulasjonen av masser og derved sannsynligheten for massetransport og nedstrøms bunnhevning ved neste flom.

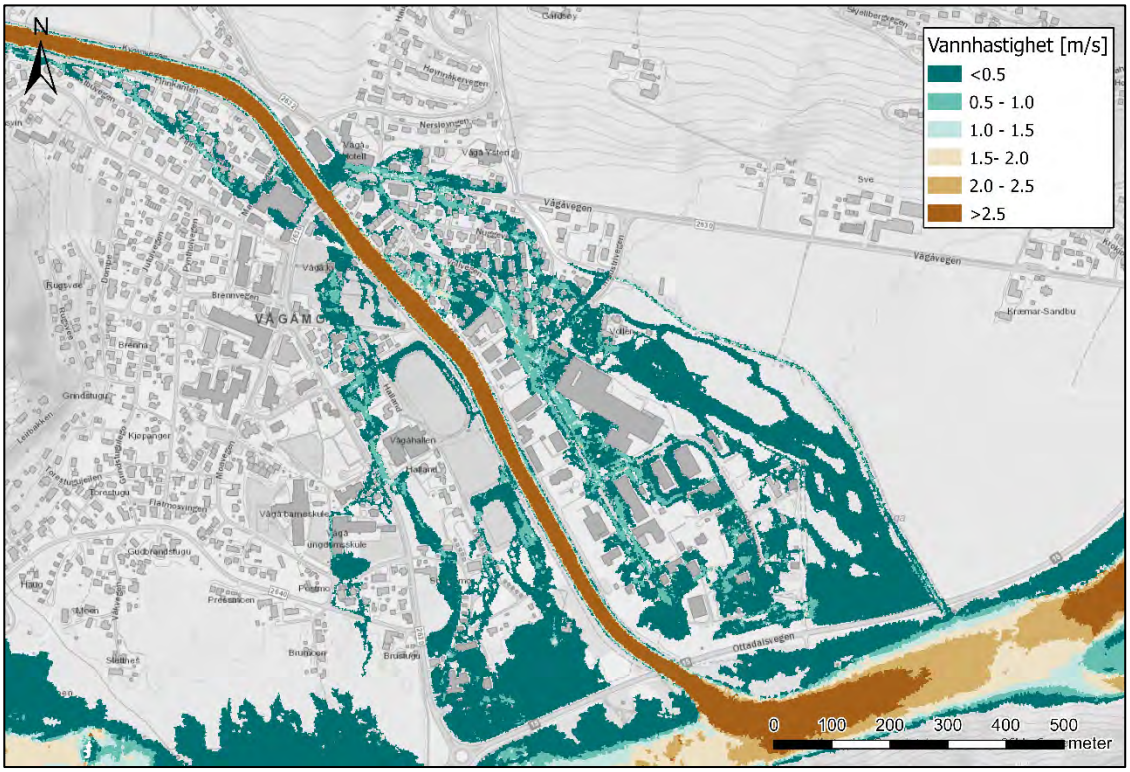
En 1000-års flom eller større vil uten transport av masse ut av gjelet gi store nok skjær-spenninger til å senke bunnen i store deler av strekningen. Når flommen deretter er på retur, vil den avlagre masse ned mot utløpet i Otta. Under mindre flommer viser model-leringsresultatet at det blir avlagret masse fra Finngjelet og nedover mot de konstruerte tersklene. Ved større flomvannføring senker elva seg i dette området som følge av en transport av masser mot utløpsområdet. Ved modellerte flomforløp med en lavere første flom ser en denne effekten, som også er omtalt i eldre dokumenter som finnes i NVEs arkiv (f.eks. notat fra NVE til Fylkesmannen i Oppland, 25.11.1964). Når disse massene forflyttes nedover som bunnlast, går de trinnvis i bølger med sedimenter og vann. Sedimenter som da bygges opp langs tverrsnitt over elva før videre forflytning, vil redusere vannføringskapasiteten i elva midlertidig.

Resultatet fra modelleringen av massetransport gjort på bakgrunn av betingelsene beskrevet over er vist i Figur 5-24. Disse modelleringene viser at en ved flommer med returperioder på 50-200 år, vil få en bunnheving fra Sælatunga og ned til utløpet i Otta. For ekstreme flommer med lengre returperioder vil den store masseavlagringen først skje ved området rundt Finna bru i Vågåmo sentrum og nedover. Modelleringen viser en midlere bunnheving på 0,6 m for en 200-årsflom og ca. 0,9 m for en 1000-årsflom, begge med klimapåslag.

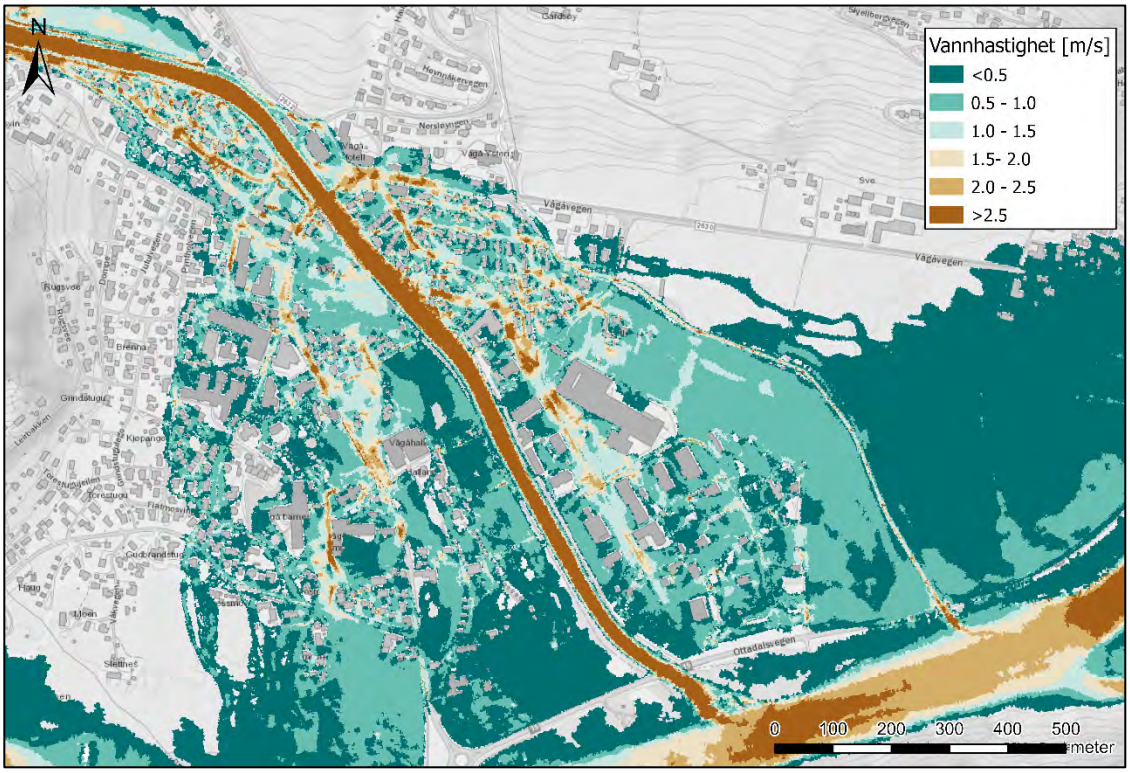


Figur 5-24 Modellert kumulativ massetransport for Finna inn i hvert tverrprofil i modellen. Økende trend indikerer erosjon, mens synkende trend indikerer avsetning. Sælatunga ligger ved omtrent 4000 m, Finna bru ved 2000 m og utløpet i Otta er ved 1000 m.

Hydrauliske beregninger uten massetransport viser at Finna vil gå over flomverket ved en 200-årsflom (Figur 3-4) uten å ta hensyn til klimapåslag, avlagring fra masse-transport, brudd eller utglidning i flomverk/forbygning. Med klimapåslag blir effekten selvsagt verre (Figur 5-25). Under ekstreme flommer er det sannsynlig at Finna har store volumer masse i transport. Når flomverket overtoppes, minsker vannhastigheten og noe stein felles raskere ut, hvilket igjen senker kapasiteten til kanalen. En slik prosess forsterker overtopping og utfelling av sedimenter. Beregninger av 200-årsflom med 1,0 m heving viser denne effekten (Figur 5-26). 200-årsflom med hevet bunn viser generelt mindre områder med vannhastighet i kanalen over 5 m/s enn uten bunnheving.



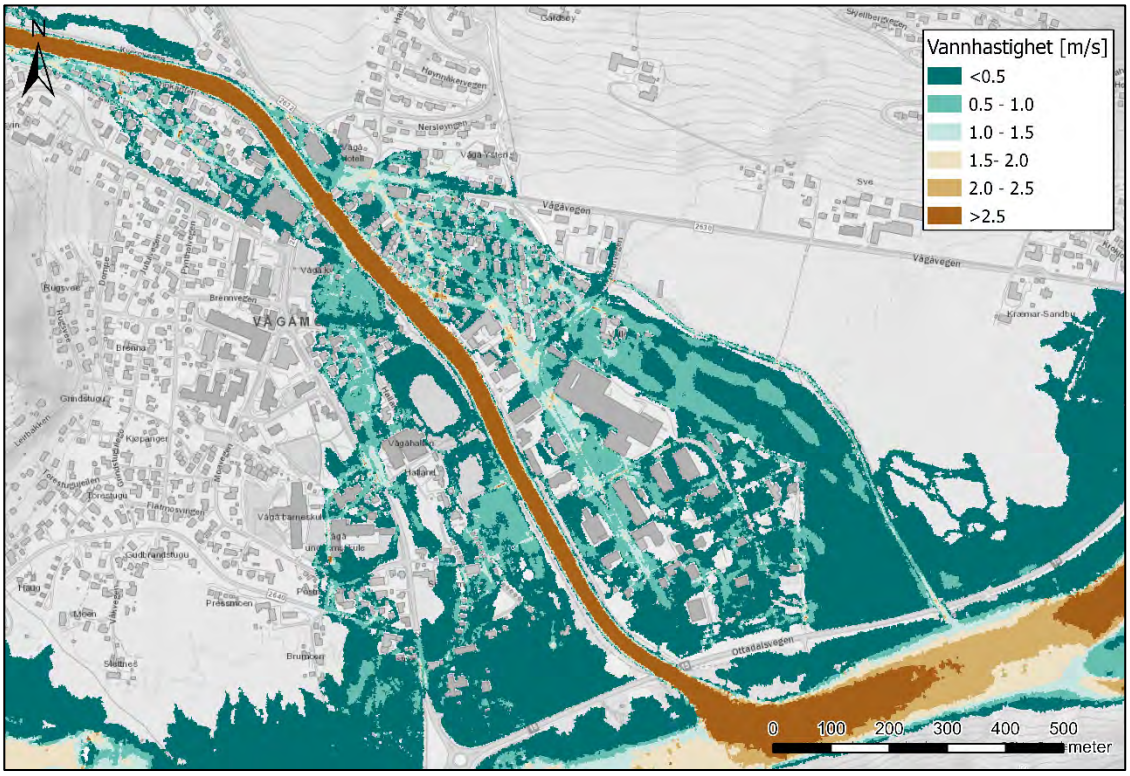
Figur 5-25 Vannhastighet ved en 200-årsflom med klimapåslag uten bunnheving i Finna.



Figur 5-26 Vannhastighet ved en 200-årsflom med klimapåslag og 1,0 m bunnheving i Finna.

Beregnede vannhastigheter ved 1000-års flom uten klimapåslag viser hastigheter over 5 m/s fra Sælatunga og nedover til utløpet i Otta (Figur 5-27). I eldre notater i NVEs arkiv er stein med 0,75 m observert rullende i løpet gjennom Vågåmo (*'Hastigheten er derfor meget sterk, saa at elvestener med op til ¾ m.s tverrmaal rulles nedover med strømmen'* – udatert notat, muligens desember 1900). Finna har med dagens geometri høyere hastighet i øvre del av vifta, og sammenligner en med stein som dels er dekklag ovenfor tersklene (Figur 5-12), har dette området et betydelig potensial som kilde til masse og derved for å senke seg.

Vannhastigheter oppstrøms og gjennom brua i Vågåmo sentrum er høyere enn 5 m/s. For at stein skal kunne ligge stabilt under slike forhold er man avhengig av at bunnstein har d_{50} > 1 m (Austroads, 1994). Dagens bunn er dekket av adskillig mindre blokker. Avhengig av faser i flommen vil en her få bunnsenking, om elva ikke har transport av grovt materiale som opptar transportkapasiteten. I områder med vannhastighet høyere enn 5 m/s er det fare for undergraving av forbygningene. Det gir fareområder for erosjon og brudd i kanalen langs store deler av Finna. Denne problematikken er også belyst av Vassdrags og havnelaboratoriet (1961). Det er også tvil om tersklene vil tåle beregnede vannhastigheter ved 1000 års flom og høyere. Brudd på kanalen får samme effekt som overtopping; vannføringen i kanalen avtar og sedimenter avsettes. Konsekvensene vil derfor være tilsvarende en ekstrem flom, men med noe ulik rekkefølge på hendelsene.



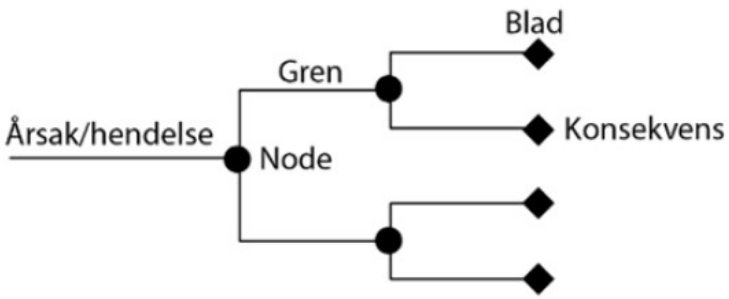
Figur 5-27 Vannhastighet ved en 1000-årsflom med klimapåslag uten bunnheving.

5.3.5 Hendelsestreanalyse – massetransport

For å vurdere sannsynligheten for ulike scenarier av massetransport og bunnheving ved store flommer har vi benyttet hendelsestreanalyser. Hendelsestreanalyse er en visuell metode for å dele opp et problem i ulike bestanddeler. Formålet med analysen er å kvantifisere sannsynlighet og derved illustrere om en uønsket hendelse er forårsaket av en enkelthendelse eller flere hendelser i kombinasjon. Hendelsestreanalyse er kjennetegnet av at den

- tar utgangspunkt i ytre hendelser som kan påvirke systemet/analyseobjektet og kartlegger mulige videre hendelsesforløp for å bestemme mulige konsekvenser,
- jobber forover i hendelsesforløpet (hva kan skje hvis?) og
- kan benyttes både i fare- og konsekvensanalyser

Et hendelsestre har noder, grener og blad.



Videre blir følgende metodikk brukt i hendelsestreanalysen:

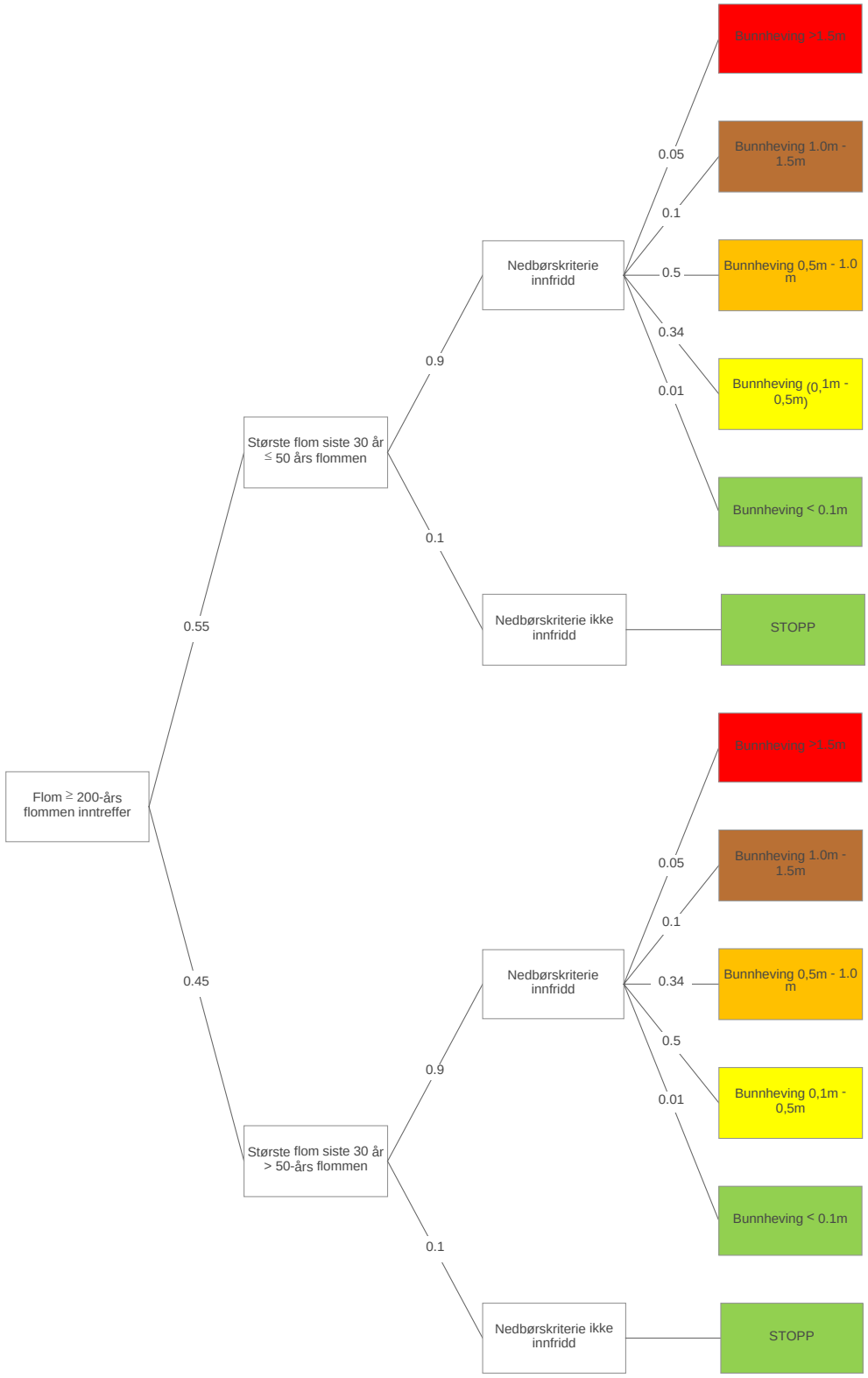
- Sannsynlighetsverdier på en node: alle hendelsene skal være gjensidig utelukkende. Summen av sannsynlighetene på en node skal være 1,0.
- Sannsynlighetsverdiene i trærne er basert på en kombinasjon av tradisjonelle flomberegninger, ekstremverdianalyse av nedbør og hydraulisk modellering av sedimenttransport.
- Sannsynligheten for en hendelseskjede er produktet av sannsynlighetene langs en gren.
- Når man bygger et hendelsestre er det viktig å ikke sette inn for mange grener langs et scenario (en gren i treet). Det kan bli uoversiktlig og en kunstig oppdeling av hendelser kan også føre til en underestimering av sannsynlighetene.

Som nevnt over er det i denne analysen lagt til grunn at det er flomstørrelsen, ekstreme nedbørhendelser og sedimenttransport fra Finna og ut på vifta som er av størst betydning for bunnhevingen ved store flommer. I tillegg kan tidsforløpet til en masseførende flom og tiden mellom store flommer være avgjørende. Det antas at flommen i 1938 og 1958 hadde omtrent like stor vannføring, men det ble betydelig større skader i 1938. En mulig forklaring på dette er at det over flere år, kanskje flere tiår, var oppmagasinert masser i Finngjelet. Når det da kom en så stor flom som i 1938, som var forårsaket av mye nedbør, ble alt dette fraktet ned til Vågåmo, med de store konsekvensene dette hadde (Klæbø & Schou, 1939). I perioden 1938 til 1958 kan det ha vært mindre akkumulasjon av masser, enten på grunn av for kort tid eller færre skredhendelser, og dermed mindre sediment-

transport og oppbygging av elvebunnen nedstrøms ved flommen i 1958. En annen faktor som trolig også er styrende, er flomforløpet. En flom med kort varighet vil trolig ikke kunne frakte like store masser som en langvarig flom med vannføring over et gitt nivå. Ser man alle disse faktorene i sammenheng er det klart at det er mange uheldige hendelser som skal inntreffe samtidig. Med utgangspunkt i TEK17 er det tre scenarioer som skal beregnes; 20-, 200- og 1000-årsflom (F1-F3). For 20-årsflom anses ikke bunnheving som en utfordring da det skal betydelig bunnheving til for at vannet skal flomme ut av kanalen ved gitt vannføring. Det er derfor besluttet å utføre en hendelsestreanalyse for å avdekke forløpet ved en 200-årsflom. For å få flom med bunnheving med returperiode på 1000 år og oppover er det nødvendig med mye nedbør av lang varighet for å få tilstrekkelig transportkapasitet. Denne nedbøren vil også føre til skred og massetransport ned og ut i Finna. Det vil derfor ikke være flere grener som kan gi samme utfall, og hendelsestreanalysen anses som overflødig.

For å gjennomføre hendelsestreanalysen er det nødvendig å sannsynliggjøre de forskjellige hendelsene som inngår i hver node.

For at en 200-årsflom med betydelig bunnheving skal inntreffe er det nødvendig med en lengre periode uten store flommer (større enn 100-årsflom) for på den måten å oppmagasinere løsmasser i elvekanalen oppstrøms Sælatunga. Hvis en 200-årsflom inntreffer kort tid etter en flom som potensielt har rensket elva, vil bunnhevingen bli lavere enn ved en lengre periode uten store flommer. Det antas likevel ikke som sannsynlig at dette alene er nok til å forårsake betydelig bunnheving. For at dette skal skje er man avhengig av en nedbørhendelse med en viss varighet som fører skred og massetransport ned og ut Finna. På bakgrunn av dette er det derfor lagt opp til to grener i hendelsestreet som avhenger av om det har vært store flommer i nær fortid. Disse grenene er deretter delt opp i ytterligere to blad som ser på om det har inntruffet en nedbørhendelse med en viss varighet. Deretter er sannsynlighetene for bunnheving innenfor et visst intervall sannsynliggjort på bakgrunn av modellering av massetransport vist i Kapittel 5.3.4. For en 200-årshendelse (Figur 5-28) vises sannsynlighetene for bunnheving i Tabell 5-3.



Figur 5-28 Hendelsestreanalyse for å fastslå sannsynligheten for en gitt bunnheving ved en 200-årsflom i Finna.

Tabell 5-3 Sannsynlighetsberegninger for gitte hendelser ved en 200-årsflom

Bunnheving	Fargekode i hendelsestre	Betinget sannsynlighet	Årlig sannsynlighet
<0.1m		**0,11**	0,0005
0.1-0.5m		**0,37**	0,0019
0.5m-1m		**0,39**	0,0019
1m – 1.5 m		**0,09**	0,0005
>1.5m		**0,04**	0,0002
Sum		**1**	0,005

Betinget sannsynlighet indikerer sannsynligheten for forskjellige intervaller av bunnheving gitt at en 200-års flom inntreffer. Den betingede sannsynligheten summerer seg opp til 1 for alle bunnhevingsintervaller. Disse verdiene er regnet om til årlig sannsynlighet i kolonnen til høyre, som da angir den årlige sannsynligheten for hvert bunnhevingsintervall. Summen av de årlige sannsynlighetene for alle bunnhevinger blir 0,005/år, som tilsvarer 1/200år. På bakgrunn av hendelsestreanalysen anses det som mest sannsynlig at det ved en 200-års flom vil oppstå en bunnheving på mellom 0,5m og 1m. Ved å summere de betingede sannsynlighetene for de 3 laveste klassene i Tabell 5-3 finner vi at den betingede sannsynligheten for bunnhevingen opp til 1m for 200-års flommen er på 0,77. Å anta 1m bunnheving for 200-års flommen er derfor på den (lett) konservative siden, dvs. det er en verdi som er litt høyere enn middelverdi for bunnhevingen.

For en 1000-årsflom antyder den hydrauliske modelleringen en potensiell bunnheving på rundt 0.9 m. På grunn av usikkerheter knyttet til modelleringene (Kapittel 6.4) velger vi å legge 1,0 og 1,5 m bunnheving til grunn for flomfaresonene for henholdsvis 200- og 1000-årsflom. Resultatet av dette er nærmere beskrevet i Kapittel 6.2.

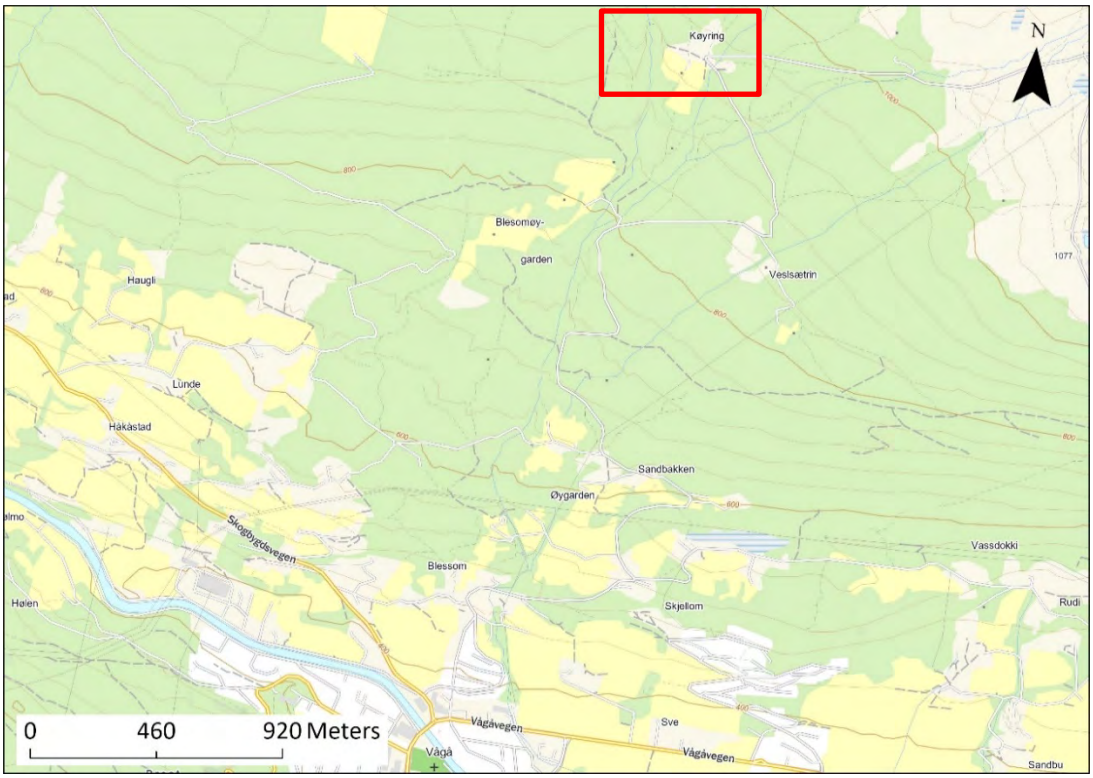
5.3.6 Oppsummering massetransport i Finna

På bakgrunn av målinger utført av Huseby (1981), kan man anta en bunntransport på om lag 1000 tonn (1900 m^3) ved en middelflom. Videre antas det at bunntransporten øker eksponentielt fra retuperiode fra 5-10 år og oppover. På bakgrunn av forsøkene utført av Vassdrags og havnelaboratoriet (1961) kan man anta en viss bunnheving for høyere gjentaksintervall enn 5-10 år. Det er derimot først fra returperioder over 100 år at transporten blir betydelig. Disse antagelsene underbygges av hydrauliske modelleringer som viser en midlere bunnheving for en 200- og 1000-årsflom på henholdsvis 0,6 og 0,9 m. Det er gjennomført en hendelsestreanalyse for 200-årsflom som viser at sannsynligheten er størst for en bunnheving på mellom 0,5 og 1 m. For returperioder over 1000 år mener vi det er nødvendig med en lang periode med nedbør og snøsmelting for å få vannføringer tilsvarende disse returperiodene. Slike nedbørshendelser vil mest sannsynligvis føre til økt skredaktivitet ned mot Finna med tilhørende massetransport nedstrøms mot Vågåmo. På bakgrunn av generell usikkerhet knyttet til beregning av massetransport (Kapittel 6.4) er det besluttet å benytte en bunnheving på 1,0 og 1,5 for beregning av henholdsvis 200-årsflom og 1000-årsflom.

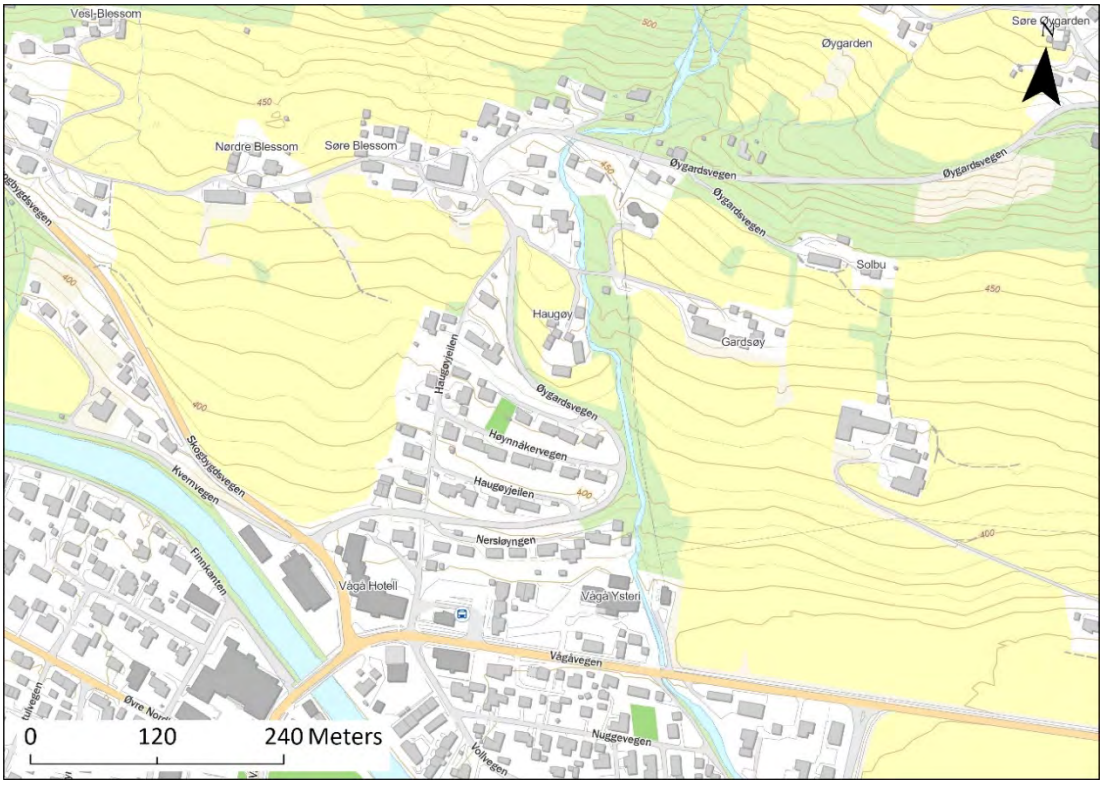
5.4 Sedimentkilder og mobilitet i Nugga

Nugga er et sidevassdrag som har sitt utløp på elvevifta øst for Finna. Nedbørfeltet er drøyt 12 km^2 og består i all hovedsak av snaufjell (62,1%), skog (24,5%), myr (8,4%) og dyrket mark (3,1%). Ifølge Vågå kommune (S. Løkken, pers. kommunikasjon, 2021) er det ikke tilsvarende problemer med flomvannføring i dette vassdraget slik det er i Finna. Imidlertid er det årlig problemer med iskjøving i de mer kanaliserte deler av elva, samt under bruer. Nugga renner mest på bart berg i nedre del av vassdraget. Lengre opp er elvebunnen dominert av blokker og stor stein. Det er ikke før man kommer til området ved og oppstrøms Køyring av det anses som sannsynlig at sideskråninger kan bidra med masser ned i Nugga, som kan gi opphav til flomskred.

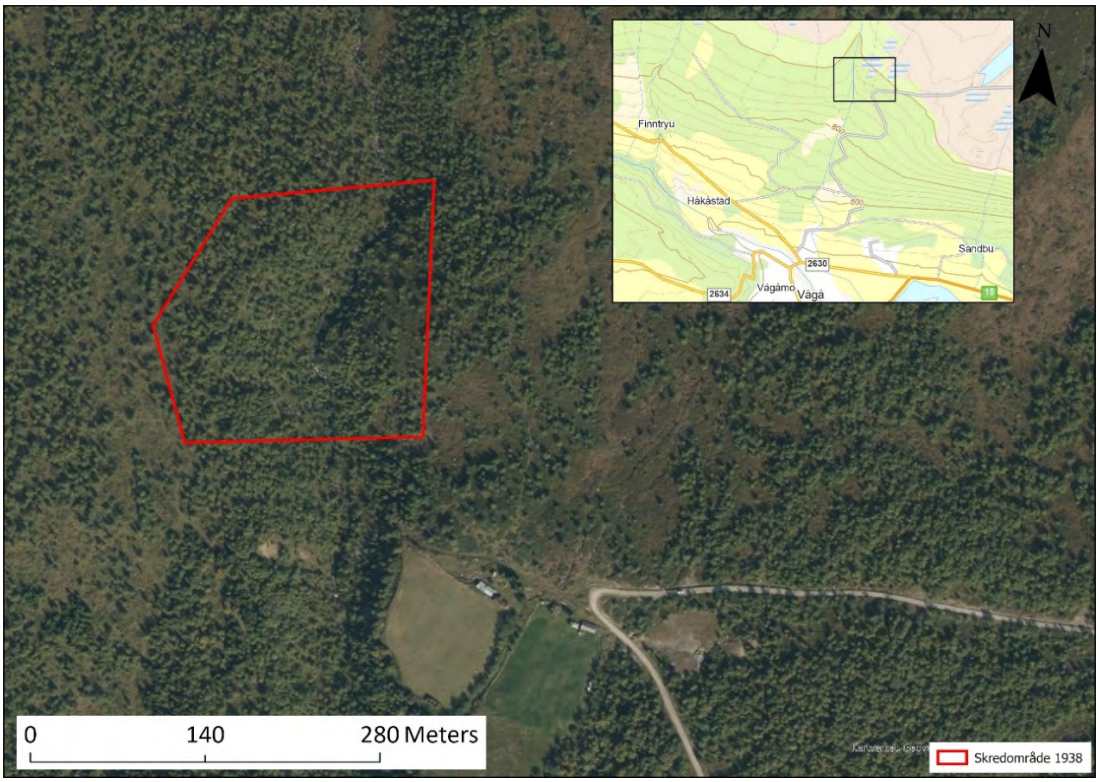
I 1938 gikk Nugga, som Finna, stor og raserte områder utenfor sitt opprinnelige elveløp, og vi er blitt fortalt (R. Øvre, pers. kommunikasjon) at det i 1938 gikk flere skred ved setrene på Køyringen (Figur 5-29). Konsekvensen av dette var at dalen ble demt opp og det oppsto så et dambrudd som sendte store mengder med vann og løsmasser ned dalen mot Vågåmo. Alle bruene nedstrøms Køyringen ble tatt, og Nugga brøt ut av sitt opprinnelige løp rett oppstrøms Haugøy, og fant seg et nytt løp omtrent der hvor Haugøyjeilen går i dag. Deretter spredte vannet seg utover det flatere terrenget mellom hotellet, rutebilstasjonen og ysteriet (Figur 5-30). Spor etter disse skredene kan vi se i terrenget den dag i dag (Figur 5-31).



Figur 5-29 Oversiktskart som viser Køyring markert med rødt. Her gikk det et skred i 1938 som demte opp Nugga.



Figur 5-30 Kartutsnitt som viser nedre del av Nugga.



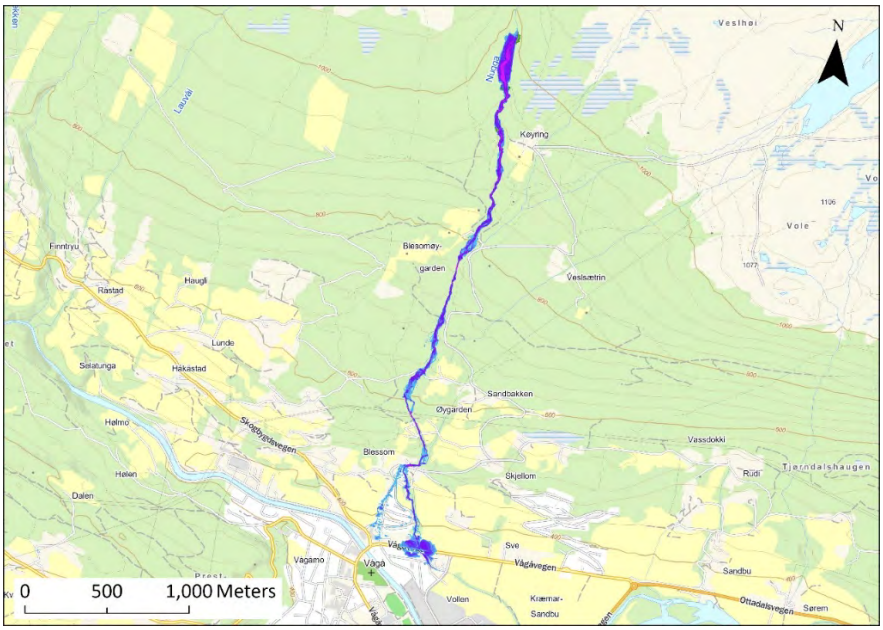
Figur 5-31 Spor etter skred som gikk i 1938 kan ses fra flyfoto tilgjengelig fra norgeibilder.no (Statens kartverk, 2021).

Det er gjort en innledende RAMMS-modellering som et forsøk på å gjenskape denne hendelsen. Sørpeskred-modulen til RAMMS er benyttet da beskrivelsene tyder på at skredet oppførte seg mer som et sørpeskred enn et flomskred. Inputparameterne i modellen er vist i Tabell 4-1.

Tabell 5-4 Inputparametere for RAMMS brukt til å modellere skred fra Nugga.

Parameter	Verdi
DTM-oppløsning	2x2 m
Tetthet	600 kg/m^3
Areal utløsningsområde	20644 m^2
Dyp på utløsningsområde	1 m
Volum utløsningsområde	20644 m^3
Friksjonsparameter Mu/Xi	0,050/600

Modelleringen (Figur 5-32) viser at et skred som starter rett nord for Køyring vil kunne nå helt ned til elvevifta på Vågåmo. Mesteparten av massene vil bli avsatt rett nedstrøms det gamle ysteriet og Nugga trafo. Dette kan delvis forklares med at brua i terreng-modellen ikke er fjernet, men viser også manglende kapasitet under brua (Kapittel 3.2). Det antas at dersom brua blir fjernet i terrengmodellen, så vil man få forholdsvis likt skredforløp, men at noe masse vil bli transportert forbi Vågåvegen. Det er verdt å merke seg at deler av skredmassene også i modellen finner et nytt løp rett ovenfor Haugøy og fortsetter ned Haugøyjeilen. Dette tyder på at det under ekstremhendelser vil være muligheter for at Nugga finner seg et nytt løp som kan gjøre skade på vestsiden av Nuggas nåværende løp (Figur 5-32). Tilsvarende resultater er også gjeldende for flom-situasjonene nærmere beskrevet i Kapittel 3.3.3.

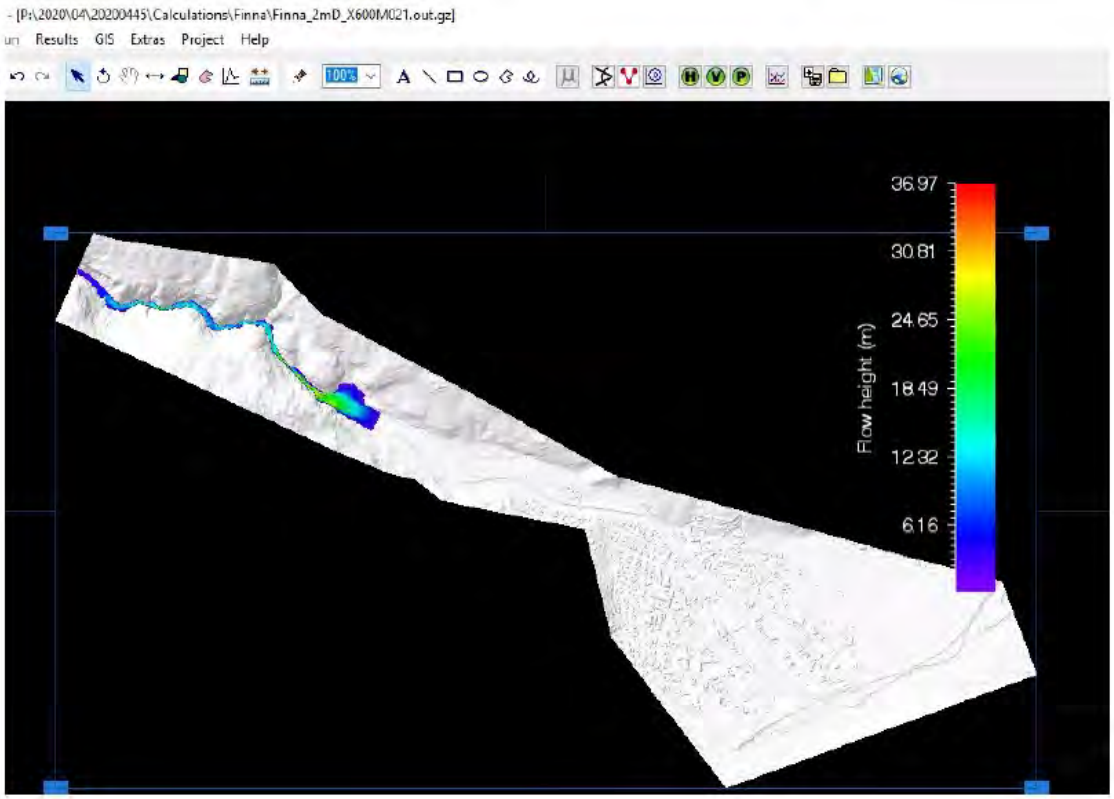


Figur 5-32 Modellering av massetransport i Nugga, fra et skred tilsvarende 1938-hendelsen.

6 Faresoner

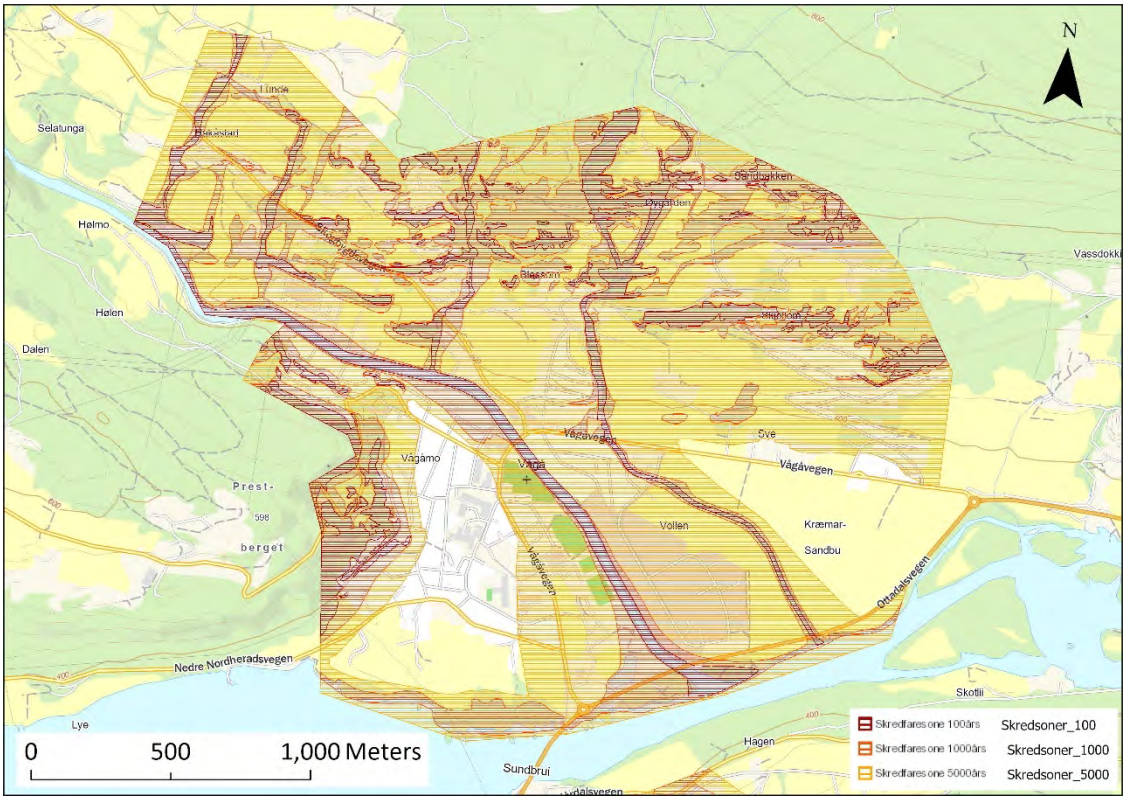
6.1 Faresone skred

NGI (2020) gjorde en flomskredmodellering for å se hvor langt et eventuelt flomskred kan bre seg fra Finngjelet og ned på mot Vågåmo. Modelleringene viser at et skred vil stoppe ved Sælatunga, og det må en stor flom til for å transportere dette videre nedstrøms og ut på vifta (Figur 6-1).



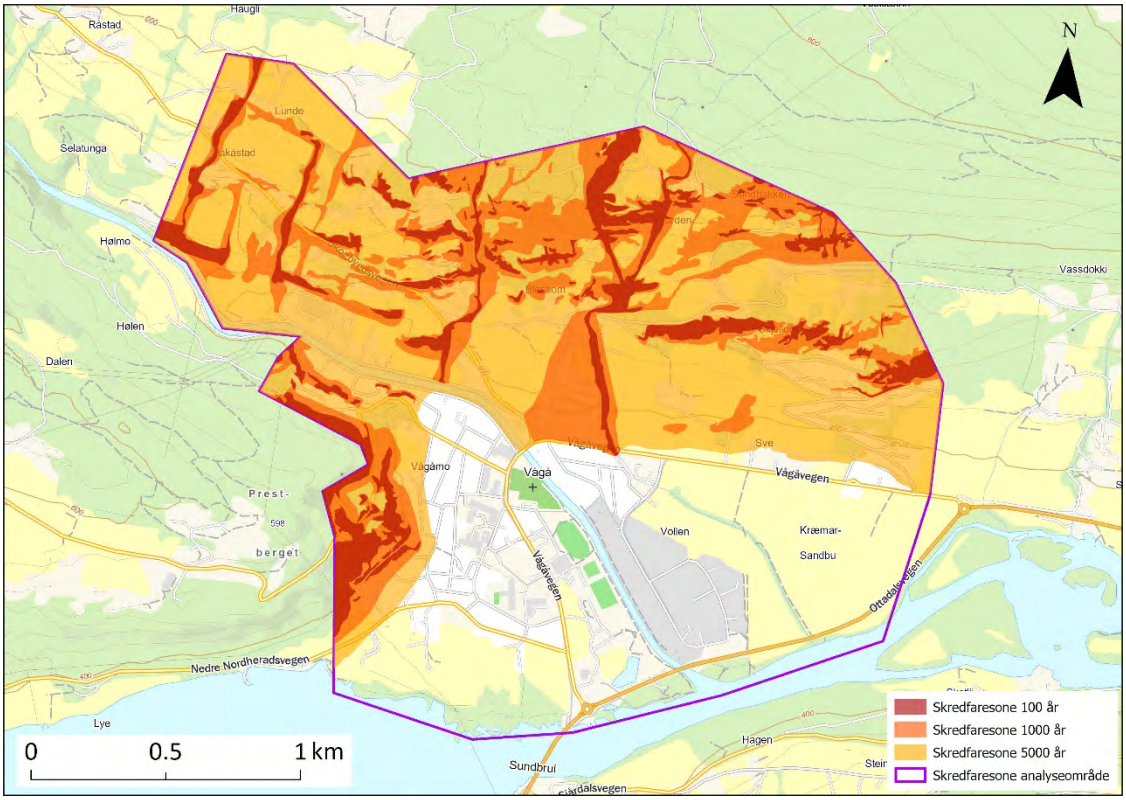
Figur 6-1 Modellering av flomskred med opphav i Finngjelet. Resultatet viser at skredet vil stoppe rett etter utløpet av Finngjelet (NGI, 2020).

Videre anbefalte NGI (2020) å utarbeide, i mangel på bedre grunnlagsdata, faresoner for skred basert på flom med bunnheving. Denne vurderingen ble hovedsakelig gjort på bakgrunn av hydraulisk modellering med antatt 5000-års flomvannføring (465 m^3/s) der elvebunnen ut fra erfaring og antakelser om masseavlagring var hevet med to meter mellom Sælatunga og Finnbrua, og videre med én meter ned til utløpet i Otta. Deretter ble alle områder med DV-tall (vannintensitet) over 0,5 m^2/s inkludert i faresone for flom/flomskred (vannintensitet (m^2/s) = vanndybde (m) x vannhastighet (m/s), gir volumflux pr. enhets bredde). Denne analysen resulterte i faresonene vist i Figur 6-2.



Figur 6-2 Faresoner for flom/skred i bratt terreng, hentet fra atlas.nve.no. Faresonene er basert på resultatene fra NGI (2018) og NGI (2020).

På bakgrunn av informasjonen beskrevet i Kapittel 5.2, samt etter diskusjon med oppdragsgiver, NVE, vurderer vi ikke lenger flom som følge av bunnheving som et flomskred. Følgelig er flomskred fra Finna ikke ansett som en trussel for Vågåmo sentrum. Faresonene for skred og flom er derfor nå adskilt. Reviderte faresoner for skred i bratt terreng er vist i Figur 6-3, og er basert på kartleggingen som ble gjort i 2017 (NGI, 2018). Dette kartet leveres også digitalt for oppdatering av NVE-Atlas. Sørvest for Finna er faresonene dominert av steinsprang med noen områder med fare for løsmasseskred. Nordøst for Finna dominerer løsmasseskred, med steinsprangfare langs enkelte bratte skrentområder. Dominerende faretype markeres i den digitale leveransen til NVE-Atlas.



Figur 6-3 Reviderte faresoner for skred i bratt terreng.

6.2 Faresone flom

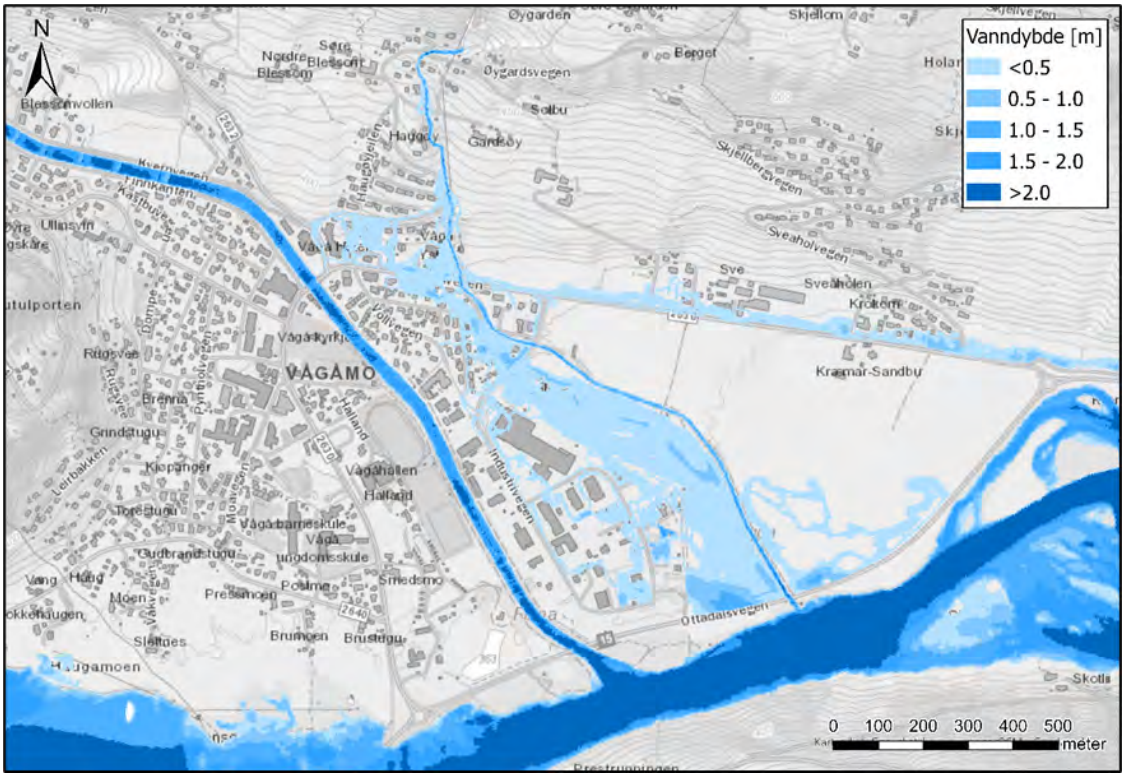
På bakgrunn av flommodelleringene beskrevet i Kapittel 3.2 er det utarbeidet tre faresoner i henhold til TEK17 (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017). Dette er flommer med årlig nominell sannsynlighet på 1/20 (F1), 1/200 (F2) og 1/1000 (F3). Grunnlaget for de nye faresonene er samtidig kulminasjon i Otta, Finna og Nugga, klimapåslag opg bunnheving i Finna ved 200- og 1000-års flom. I faresonekartene er 'hull' i modellert oversvømt areal, altså områder med modellert tørt land, lagt til flomsonen dersom det 'tørre arealet' er 50 m^2 eller mindre, i henhold til NVEs kravspesifikasjon (NVE, 2017).

For 20-årsflom med klimapåslag (F1) er det antatt at elvebunnen i Finna ikke hever seg som følge av massetransport, og dermed vil vannet holde seg i elveløpet til Finna gjennom hele flomhendelsen (Figur 6-4). For Nugga er brua over Vågåveien begrensende for vannføringskapasiteten, og vil ved en 20-årsflom føre til oppstuvning og oversvømmelse av omkringliggende områder (Figur 3-7). På bakgrunn av denne modelleringen er faresone for F1 (Figur 6-5) utarbeidet.

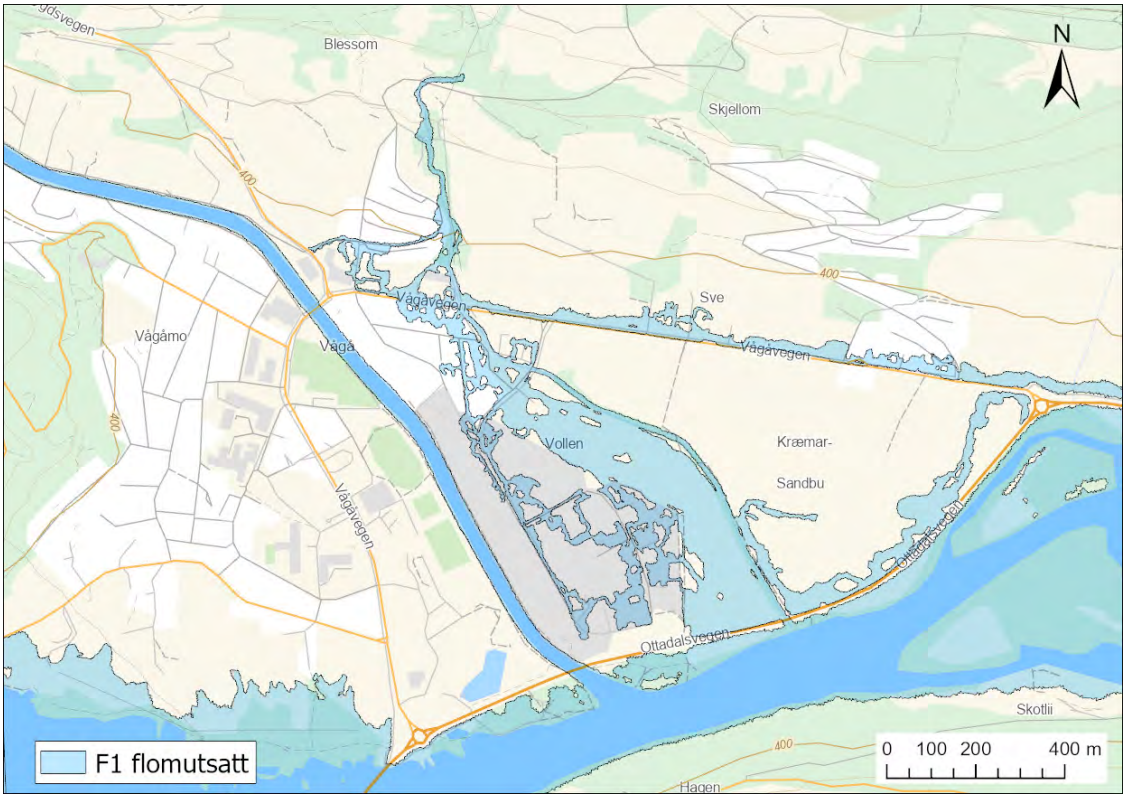
For en 200-årsflom med klimapåslag er det antatt en bunnheving i Finna på 1 m (Kapittel 5.3.5). Dette er 0,4 m høyere enn modellert og begrunnes med usikkerhet knyttet til modelleringen av sedimenttransport (Kapittel 6.3). Beregnet oversvømt areal er vist i Figur 6-6.

For en 1000-årsflom med klimapåslag er det antatt en bunnheving i Finna på 1,5 m. Dette er 0,6 m høyere enn modellert og begrunnes med usikkerhet knyttet til modelleringen av sedimenttransport (Kapittel 6.3). Beregnet oversvømt areal er vist i **Feil! Fant ikke referansekilden.**.

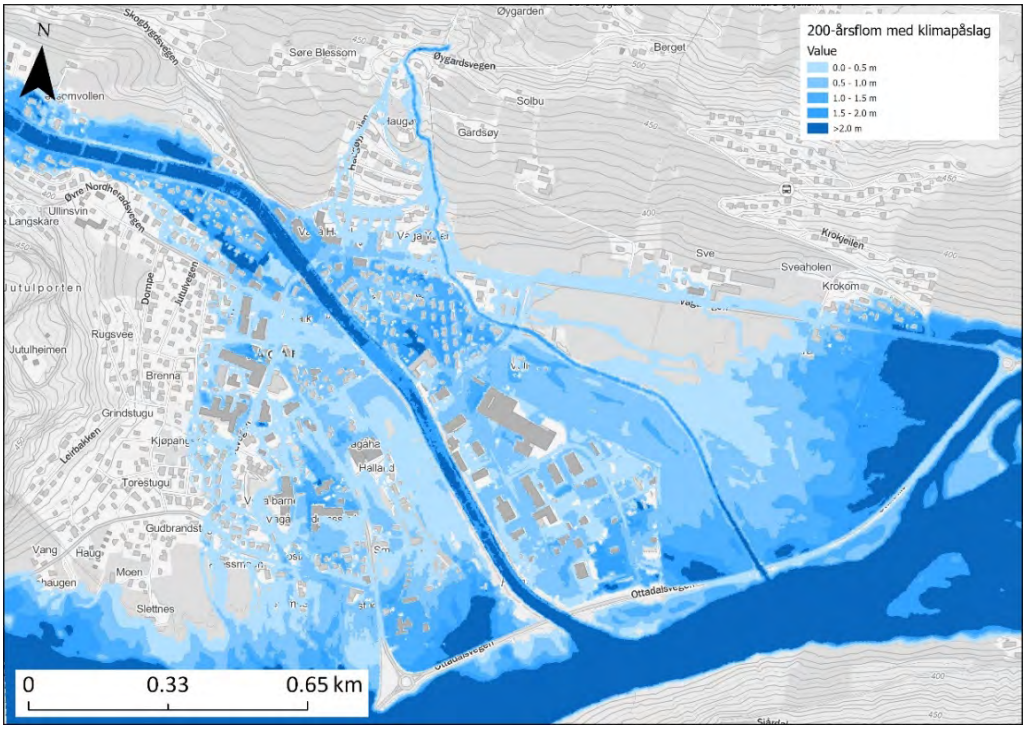
På bakgrunn av disse modelleringene, samt modellering av samtidig flom i Otta og Nugga (Kapittel 3.3), er det utarbeidet faresoner for 200-årsflom (F2) og 1000-årsflom (F3) med klimapåslag. Faresonene er vist i Figur 6-8 og Figur 6-9



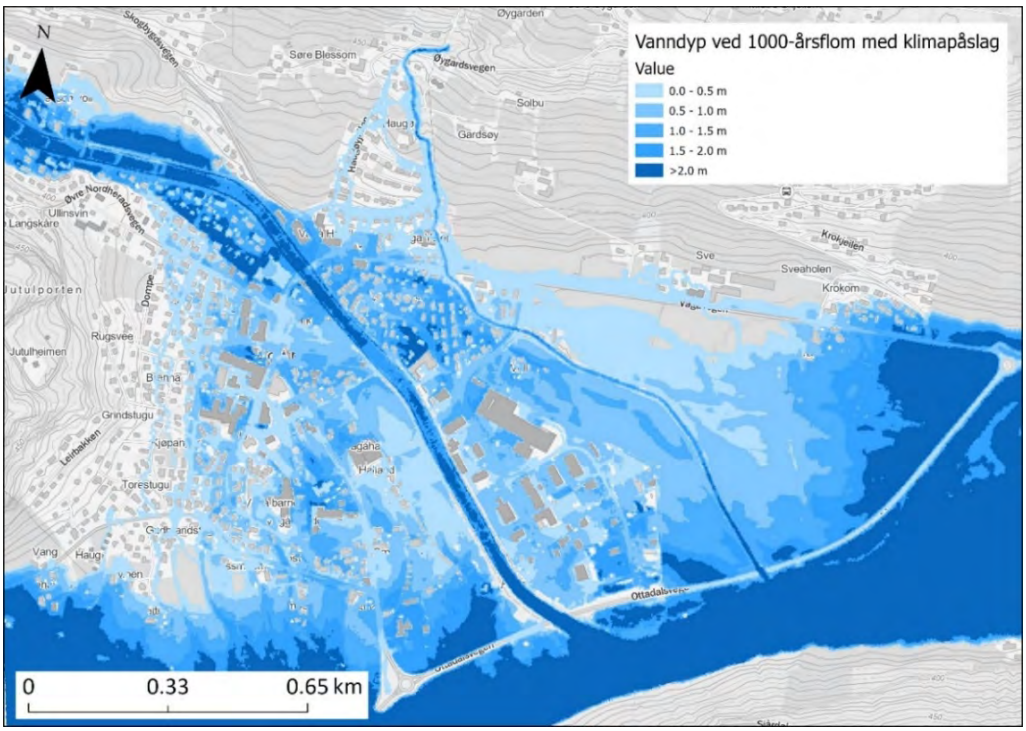
Figur 6-4 Vanndyp ved en 20-årsflom med klimapåslag. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta. Ingen bunnheving i Finna eller tilstopping i Nugga.



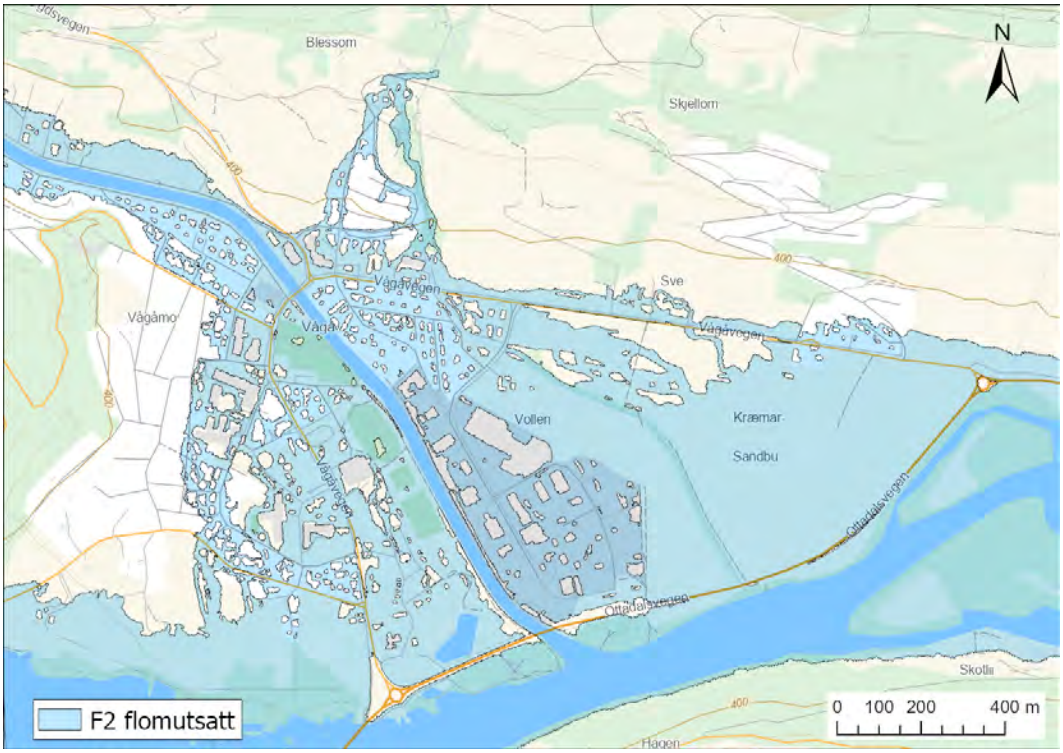
Figur 6-5 Faresone for 20-årsflom (F1) med klimapåslag. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta. Ingen bunnheving i Finna eller tilstopping i Nugga.



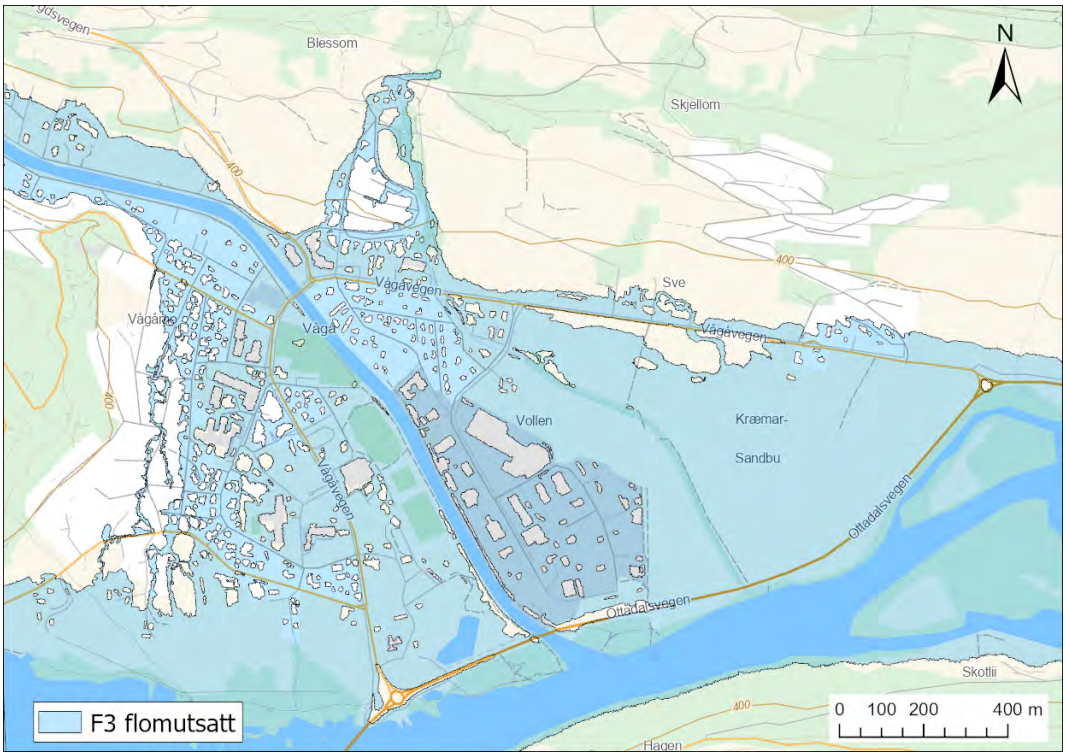
Figur 6-6 Vanndyp ved en 200-årsflom med klimapåslag der det er lagt inn 1.0 m bunnheving fra utløpet i Otta til transformatorstasjonen ved Kvernvegen. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta.



Figur 6-7 Vanndyp ved en 1000-årsflom med klimapåslag hvor det er lagt inn 1.5 m bunnheving fra utløpet i Otta til transformatorstasjonen ved Kvernvegen. Samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta.



Figur 6-8 Faresone for 200-årsflom med klimapåslag og med 1 m bunnheving i Finna. Samtidig kulminasjon i alle vassdragene.

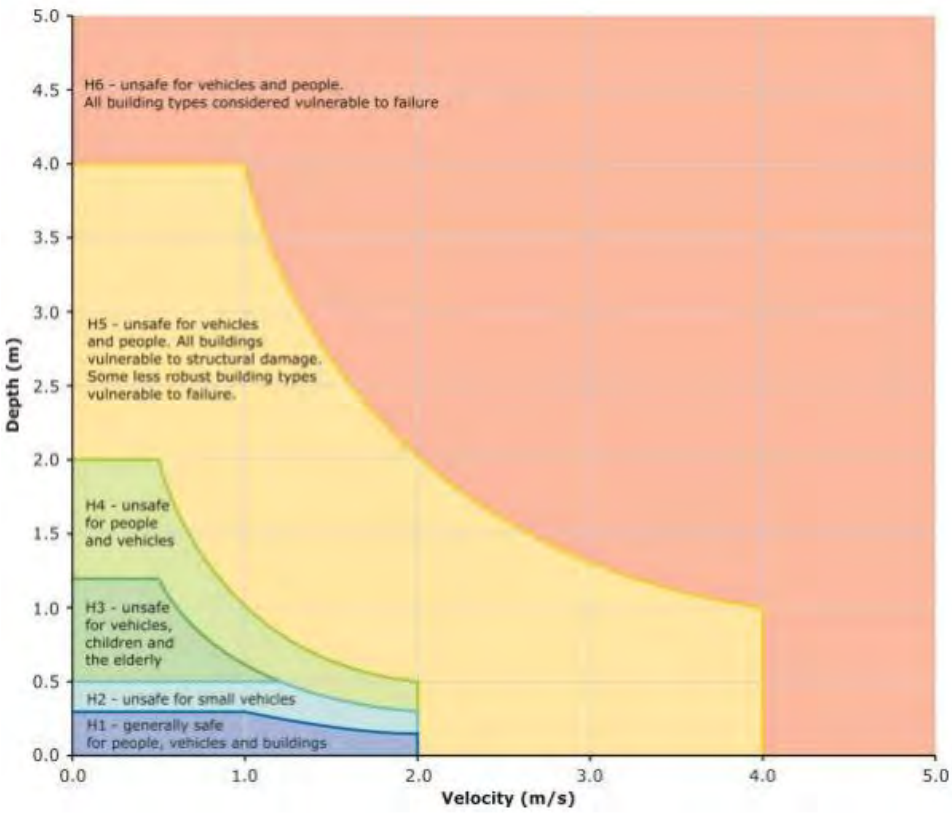


Figur 6-9 Faresone for 1000-årsflom med klimapåslag og med 1,5 m bunnheving i Finna. Samtidig kulminasjon i alle vassdragene.

6.3 Intensitet (DV)

I TEK17 er det for sikkerhetsklasse F2 beskrevet at hvis vanndypet overstiger 2 m, eller produktet av vannhastighet og vanndyp overstiger 2 m^2/s, bør sikkerhetsklasse F3 benyttes. En slik klassifisering er mye brukt i andre land, blant annet Australia. Her har man innført sårbarhetskurver for mennesker, biler og bygninger basert på kombinasjonen av vannhastighet- og vanndyp (Figur 6-10 og Figur 6-11). På bakgrunn av dette er det derfor utarbeidet eksempelkart for 200-årsflom og 1000-årsflom med klimapåslag, samtidig kulminasjon i alle vassdragene og bunnheving i Finna, der områder som oppfyller de nevnte kriteriene er fremhevet (Figur 6-12 og Figur 6-13). Tilsvarende kart kan utarbeides for andre returperioder og scenarier. I disse områdene bør man utvise særlig aktsomhet ved en flomhendelse, samt i byggesaker hvor det vurderes å gi dispensasjon.

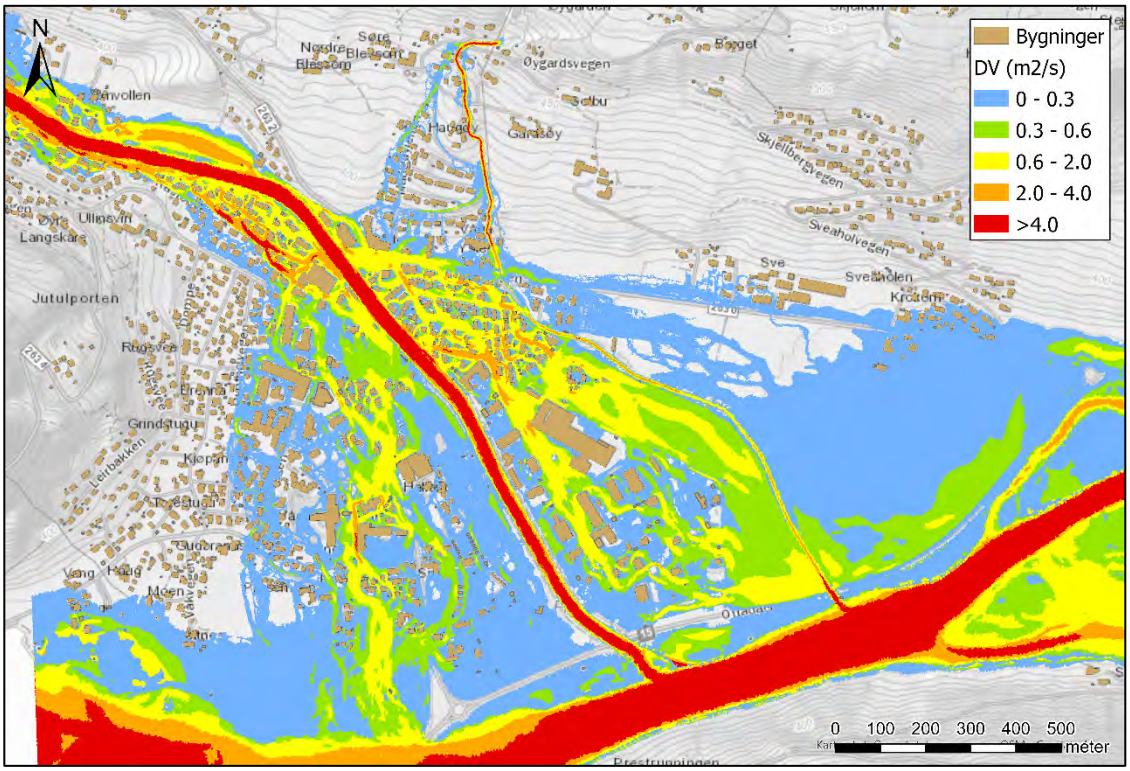
I dag fins det ikke noe planverktøy i form av hensynssoner for gradering av flom i forhold til vannhastighet og/eller trykkvirkning. I plansystemet er kun hensyntatt om arealet er oversvømt eller ikke. Ved DV verdier over 2 m^2/s, representert med oransje og rød farge i Figur 6-12 og Figur 6-13, kan konsekvensene tilsvare de man vil ha ved skred. I Vågåmo forekommer dette i elveløpene, samt gjennom enkelte veier. Ved en 1000-årsflom er særlig området ved Finnkanten utsatt.



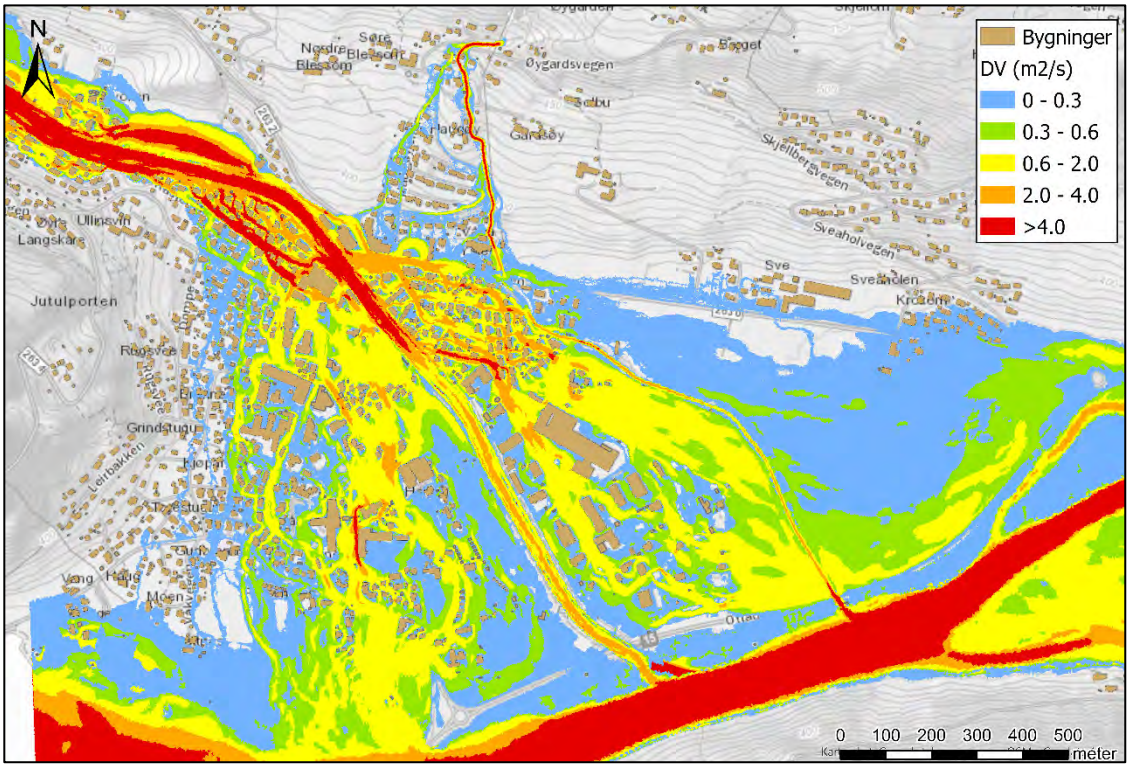
Figur 6-10 Sårbarhetskurver for flomfare hentet fra Australian Institute for Disaster Resilience (2012).

Hazard Vulnerability Classification	Classification limit (D and V in combination) m^2/s	Limiting still water depth (D) m	Limiting velocity (V) m/s
H1	D*V ≤ 0.3	0.3	2.0
H2	D*V ≤ 0.6	0.5	2.0
H3	D*V ≤ 0.6	1.2	2.0
H4	D*V ≤ 1.0	2.0	2.0
H5	D*V ≤ 4.0	4.0	4.0
H6	D*V > 4.0	-	-

Figur 6-11 Kombinerte fareklasser for flom som viser terskler for sårbarhet ved gitte verdier av vanndyp, vannhastighet og DV-tall. Hentet fra Australian Institute for Disaster Resilience (2012).



Figur 6-12 Maksimalt DV-tall ved en 200-årsflom. Klimapåslag og samtidig kulminasjon i alle vassdrag og 1.0 m bunnheving i Finna.



Figur 6-13 Maksimalt DV-tall ved 1000-årsflom. Klimapåslag og samtidig kulminasjon i alle vassdrag og 1.5 m bunnheving i Finna.

6.4 Usikkerhet

Det er stor usikkerhet knyttet til modellering av massetransport i bratte vassdrag. Usikkerheten er særlig knyttet til beregnet transportkapasitet som baserer seg på empiriske ligninger konstruert for flate vassdrag. Dette gjør at den hydrauliske modellen ofte underestimerer massetransporten (Steinholt, 2019). I tillegg vil kornfordelingen variere langs hele elvestrengen, noe som kan påvirke modelleringsresultatet. På bakgrunn av dette har vi valgt å ta hensyn til usikkerheten ved å avrunde opp til 1,0 m og 1,5 m for henholdsvis 200- og 1000-årsflom når det gjelder bunnhevingen i Finna. I tillegg er det usikkerhet knyttet til om bunnhevingen vil skje i hele strekningen eller om den vil variere, og i så fall hvordan. Vi har igjen lagt beregningene på den konservative siden og beregnet jevn bunnheving langs hele strekningen.

7 Naturverdier og biologisk mangfold

7.1 Bakgrunn, avgrensning og metode

I fase 1 av dette prosjektet er det for deltema 'naturmangfold' samlet inn nye data og systematisert eksisterende kunnskap som er relevante for valg, prioritering og utforming av aktuelle sikringsløsninger. Prosjektet ble etter oppstart utvidet til å utrede flomfare og aktuelle sikringsløsninger også i Råkååi og Finna fra Vangen til Sterringen (Finndalen).

NINA har deltatt på to feltbefaringer i 2021 (28. mai i Vågåmo og 18. juni i Finndalen) og gjennomført naturtypekartlegging etter type- og beskrivelsessystemet NiN 2.2 (https://nin.artsdatabanken.no/) langs Råkååi og Finna den 23. august. I dette kapittelet oppsummeres kunnskap som er relevant for sikring av Vågåmo men også natur- og verneverdier i hele nedbørfeltene til Finna og Nugga gjennomgås fordi sikringstiltak både kan være aktuelle i Vågåmo sentrum og/eller i andre deler av nedbørsfeltene.

Finna har gjennom verneplan IV status som varig vernet vassdrag (NOU 1991, St.prp.nr. 118 (1991-1992), og de betydelige verneverdiene i nedbørfeltet ble godt dokumentert under arbeidet med Samlet Plan (Anon, 1986) og i forarbeidet til vernet (NOU 1991, se ytterligere referanser i kap. 2.1). I forbindelse med vernet av Reinheimen nasjonalpark i 2006 (FOR-2006-11-24-1302) ble Finndalen landskapsvernområde (se vedlegg 6 i FOR-2006-11-24-1302) og Brettingsmoen naturreservat (se vedlegg 8 i FOR-2006-11-24-1302) opprettet. I forarbeidet til dette vernet ble også her verneverdiene dokumentert.

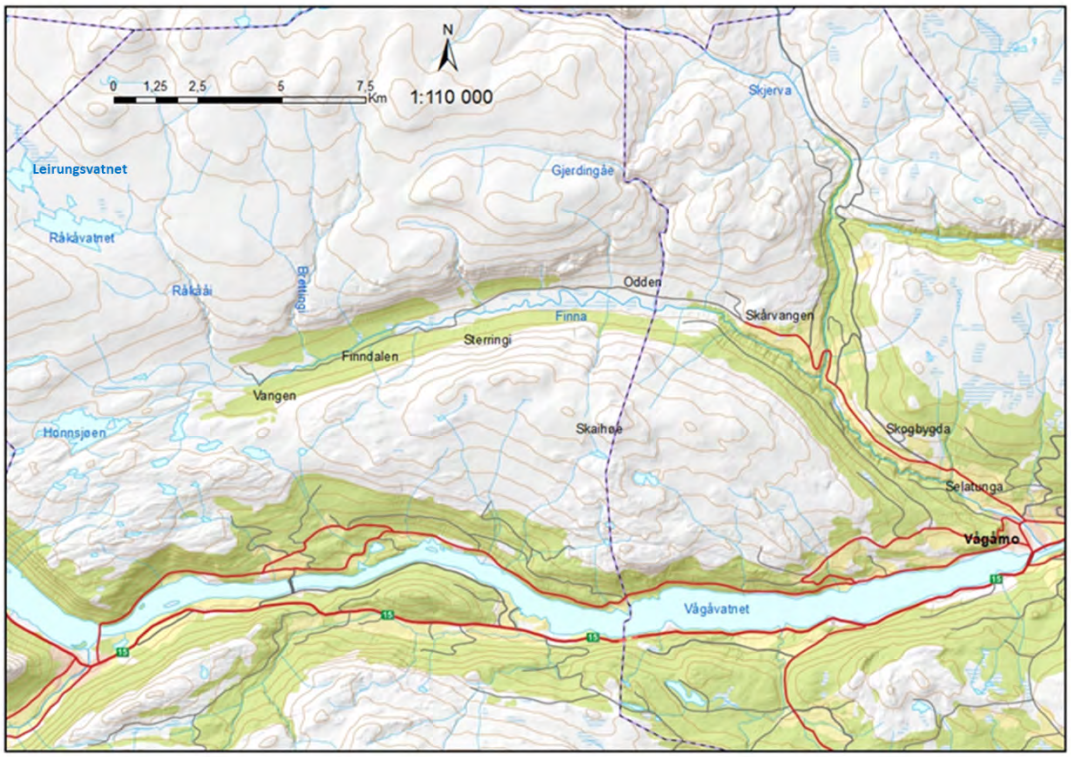
I denne fasen av prosjektet har vi ikke prioritert å gjennomføre en ny og omfattende kartlegging av naturverdier i nedbørfeltene til Finna (466 km^2) og Nugga (13.3 km^2). Vi foreslår at behovet for ny kartlegging vurderes når aktuelle sikringstiltak er konkretisert og eventuelt skal detaljplanlegges.

Figur 7-1 Utløpet av Finna i Otta den 26. april 2021. Her har det bygd seg opp elveører på grunn av massetransport i vassdraget og dette gir et variert og dynamisk elvehabitat. Her ble det under befaring den 23. august påvist bl.a. klåved Myricaria germanica som har status som nær truet (NT) i den norske rødlista (Henriksen & Hilmo 2015). Det primære voksestedet til klåved er nettopp på slike ustabile elveører (foto: Kjetil Rolseth).

7.2 Dokumenterte verneverdier i Finna-vassdraget

Finna er ei sidegrein til Otta og ligger nord for Ottadalen. Nedbørfeltet til Finna er på 466 km^2 og nedbørfeltet består hovedsakelig av snaufjell (80.8%) og skog (11.7%) (kilde:www.nevina.nve.no). I tillegg til fjellområder drenerer vassdraget to dalfører, Finndalen i sør og Skjervdalen i nord.

Elva Finna har sitt utspring fra Honnsjøen (ca. 1100 m o.h.) og renner gjennom Finndalen, Skårvangen, Skogbygda, Vågåmo og deretter ut i Otta (ca. 370 m o.h., se kart i Figur 52). Flere sideelver i dalsiden går i forsenkinger, og ut mot hovedelva er det lagt opp til dels store elvevifter. Den mest spektakulære er elvevifta til Råkååi, men flere andre elver danner også elvevifter før utløpet i Finna (Figur 7-3). I Finndalen bukter elva seg i meandersvinger og det er rester etter flere gamle kroksjøer. Når Finna passerer Odden går dalen over fra å være en U-dal til en V-dal og går etter hvert over i et trangt gjel som åpner seg opp igjen ved Selatunga ca. 3.2 km oppstrøms utløpet i Otta (Figur 52).



Figur 7-2 Kart over undersøkelsesområdet, med stedsnavn markert.

Figur 7-3 Bilde til venstre: I Råkååi er det en spektakulær elvevifte med både aktive og tidligere løp. Bilde til høyre: I nedre deler av Brettingi er det også en dynamisk elvevifte og her har elva relativt nylig tatt et nytt løp, noe den enslige furua «midt i elva» vitner om (foto: Jon Museth).

Finna ble inkludert i verneplan IV for vassdrag i 1993 (NOU 1991, St.prp.nr. 118 (1991-1992)). Verneplan for vassdrag er en nasjonal verneplan der de vernede vassdragene til sammen skal utgjøre et representativt utsnitt av Norges vassdragsnatur. Det er lagt vekt på å verne hele nedbørfelt med sin dynamikk og variasjon. Selv om vernet først og fremst gjelder mot vannkraftutbygging er det understreket at det skal tas hensyn til verne-verdiene også ved andre inngrep.

Både gjennom arbeidet i Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer og med Samlet plan for vassdrag (Anon, 1986) ble det dokumentert betydelige verneverdier i vassdraget Finna. Elveløpsformer (bl.a. meandere og elvevifter), geomorfologi, botanikk, landfauna og vannfauna inngår som viktige deler av naturmangfoldet i Finna. Det konkluderes med at vassdraget er egnet som et referanse-/typevassdrag for fjellområdet mellom Ottadalen og Lesja. Det konkluderes også med at både Råkåvatnet og Leirungsvatnet representerer viktige verdier i vassdraget. Kort oppsummert framholdes følgende:

- Fluvialgeomorfologi og geofag: De fluviale prosessene er fortsatt meget aktive. Vassdraget viser klart dynamikken mellom prosessene erosjon, transport og sedimentasjon. De ulike fluviale landformene dokumenterer utviklingen i et historisk perspektiv. Svært stor verneverdi (++++). Se bl.a. Husebye (1985), NOU (1991).
- Landfauna: Nedbørfeltet har en rik forekomst av våtmarksfugler. Vadefuglene er tallrike og er representert med mange arter. Det nevnes spesielt at høyfjells-vadere som myrsnipe, temmincksnipe, fjæreplytt og svømmesnipe finnes i gode bestander i området Råkåvatn/Leirungsvatn. Finndalen har meget stor betydning for villreinstammen i Nord-Ottadalen. Stor verneverdi (+++). Se bl.a. Sørensen & Wabakken (1983), NOU (1991)
- Botanikk: Vassdraget har et forholdsvis høyt artsantall, og en rekke sjeldne og kravfulle arter er registrert. Det totale spennet i vegetasjonstyper er stort, og flere høyproduktive typer finnes, særlig i de østlige områdene med næringsrik berggrunn. Finna danner et aktivt meander/kroksjøsystem som er av stor botanisk verdi. Stor verneverdi (+++). Se bl.a. Eidissen mfl. (1983), NOU (1991)
- Vannfauna: Vannkvaliteten er noe gunstigere i Finna enn i de vestlige deler av Reinheimen, noe som delvis skyldes at deler av feltet består av relativt lett forvitterlige bergarter. Ved Råkåvatn finnes et interessant myrlandskap med mange mindre vannansamlinger med en interessant ferskvannsfauna. Råkåvatn og Leirungsvatn er to høyproduktive fiskevatn med blant annet god bestand av skjoldkreps og fiskebestander av høy kvalitet. Hovedelva har flere strekninger med gode gyte- og oppvekstområder som gir fisk av god størrelse og kvalitet. Stor verneverdi (+++) (Råkåvatn-området gis svært stor verneverdi).

I tillegg påpekes det at landbruksinteresser i Finndalen og friluftsinteresser i nedbørfeltet har stor verdi (+++). Kulturminneverdiene er også svært store (++++) se eget bidrag fra NIKU (Kapittel 7).

I forbindelse med vernet av Reinheimen nasjonalpark i 2006 ble Finndalen landskapsvernområde opprettet (FOR-2006-11-24-1307). Formålet med dette vernet er å:

- ta vare på et egenarta og vakkert natur- og kulturlandskap, der verdifullt setermiljø, vegetasjon og kulturminner utgjør en vesentlig del av landskapets egenart.
- ta vare på leveområder og trekkområder for villreinen, og annet biologisk mangfold som preger landskapet.
- ta vare på geologiske forekomster og landskapsformer.
- ta vare på vakker og særpreget vassdragsnatur.

I 2011 ble det gjennomført en kartlegging av naturtyper og kulturlandskapsverdier innenfor Finndalen landskapsvernområde (Larsen 2011), og det er utarbeidet en skjøtselsplan for utvalgte lokaliteter (Anon, 2012). I dette arbeidet framholdes det at naturbeitemark er den vanligste naturtypen, og at de mest artsrike utformingene av naturtypen ble registrert ved og øst for Odden. På Vangen ble det i tillegg til flere naturbeitemarker også registrert slåttemark i hevd med rik flora. Larsen (2011) påpeker at dette er en naturtype som har blitt svært sjelden også i Nord-Gudbrandsdalen, og det konkluderes med at denne lokaliteten oppfyller kriteriene for en svært viktig (A) slåttemark. Våtmarksmiljøene, elvas meandrering og kroksjøer i ulike gjengroingsstadier framholdes som en svært viktig naturtype som er sterkt truet i Norge (Gaarder 2001, Larsen 2011). I rødlista for naturtyper fra 2018 er meandere vurdert som sårbare naturtyper og kroksjøer som nær truet (NT) (Uglem mfl. 2018).

De viktigste truslene mot verneverdien i Finndalen landskapsvernområde vurderes som (Anon, 2012):

- Gjengroing av kulturlandskapet – og det påpekes at et aktivt jordbruk er en forutsetning for å ta vare på verneverdiene i kulturlandskapet
- Bruk av kunstgjødsel og sprøytemiddel i naturtypene slåttemark og naturbeitemark
- Tekniske inngrep

I det videre arbeidet med å vurdere behov for og utforming av sikringstiltak i Finndalen er det derfor viktig å finne løsninger som muliggjør et aktivt jordbruk (bevaring av et egenarta og vakkert natur- og kulturlandskap er en viktig del av verneformålet) og ivaretakelse av de øvrige verneverdiene (bl.a. bevaring av geologiske forekomster, landskapsformer og særpreget vassdragsnatur).

7.3 Vurdering av dagens situasjon – fokus på Vågåmo

7.3.1 Finna

Finna er et varig vernet vassdrag, og det er særlig vassdraget og nedbørfeltet fra utløpet av Honnsjøen til slutten på Finngjelet ved Selatunga som er intakt og har de største verneverdiene. Finna gjennom Vågåmo sentrum er sterkt påvirket av flere omganger med flomsikring som startet i 1910, og i perioden 1939-40 ble det bygd sammenhengende flomverk gjennom Vågåmo sentrum. Etter hvert (på 1960- og 1980-tallet) ble

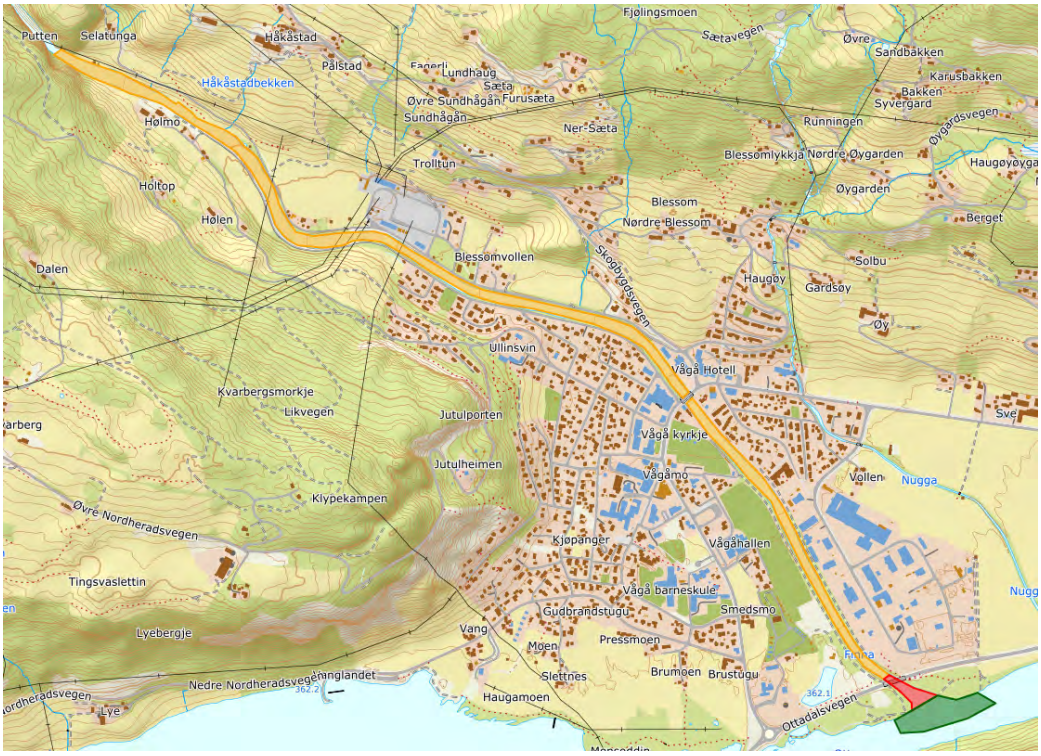
det etablert seks terskler oppstrøms sentrum. Vinteren 2016 ble disse reparert og tømt i regi av NVE. I regional plan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag (Oppland Fylkeskommune, 2018) blir det påpekt at disse tersklene er lite egnet som faste masse-uttaksområder pga. vanskelig tilgang, og det er foreslått etablering av nye.

Vågåmo sentrum er bygd på en tidligere elvevifte og den nedre vannforekomsten (002-1380-R Finna fra begynnelsen av forbygning til Otta) er i dag iht. vannforskriften klassifisert som en sterkt modifisert vannforekomst på grunn av kanalisering og forbygning (kilde: vann-nett.no). De øvrige vannforekomstene i Finna (002-2429-R Finna øvre deler, 002-1384-R Finna ned til samløp Skjerva og 002-1382-R Finna fra samløp Skjerva til begynnelsen av forbygning) er gitt god økologisk tilstand (kilde: vann-nett.no).

Fylkesmannen i Oppland/Statsforvalteren i Innlandet har gjort fiskebiologiske undersøkelser i de nedre delene av Finna i perioden 2014-2017 (Broderstad, 2018). Det har blitt undersøkt to stasjoner: Øverste stasjon er ved Hølmo og nederste stasjon er ved Finna bru i Vågåmo sentrum (Figur 7-4). Påviste tettheter av ørret har vært forholdsvis lave på den øverste stasjonen, og her har det ikke blitt påvist årsyngel (som ville indikert gyting i nærheten). På stasjonen i sentrum har det blitt påvist årsyngel i tre av fire år og de totale tetthetene har jevnt over vært noe høyere her enn den øvre stasjonen. Broderstad (2018) vurderte den økologiske tilstanden samlet for de fire årene med undersøkelser som «moderat» for stasjonen i sentrum og «dårlig» for den øverste stasjonen. Tilstedeværelse av ørret, og et visst sportsfiske i de nedre delene av Finna viser at denne strekningen har et potensial for fiskeproduksjon. Ved utforming av sikringstiltak bør det derfor vektlegges at fiskeproduksjonen bevares og aller helst økes på denne strekningen. Dette innebærer også at den øvrige ferskvannsfaunaen (bl.a. insekter og bunndyr) må ivaretas.

Finna gjennom Vågå sentrum er relativt homogen og en NiN-kartlegging (NiN 2.3) med målestokk 1:20 000 gir tre naturtyper (Figur 7-4). I forhold til bevaring av biologisk mangfold og fisk er det spesielt viktig å unngå omfattende inngrep i de nedre deler – der Finna renner ut i Otta. Her er det dynamiske og ustabile elveører som gir variasjon i vannhastighet og bunnsubstrat. Selv om det ikke er utført egne fiskebiologiske undersøkelser som en del av dette prosjektet er det sannsynlig at dette er viktige områder (trolig 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 befaring den 23. august 2021.

Som en del av prosjektet er det gjennomført et søk i artskart (artskart.artsdatabanken.no). Ved utdrag av observasjoner etter 1980 viser resultatet at med unntak av ender og måker er alle artene knyttet til landmiljøer. Det er viktig at dette hensyntas ved utforming av eventuelle tiltak (Figur 7-5). Ved sikringstiltak på land vil det trolig være behov for en mer grundig kartlegging. Klåved er ikke registrert i artskart.

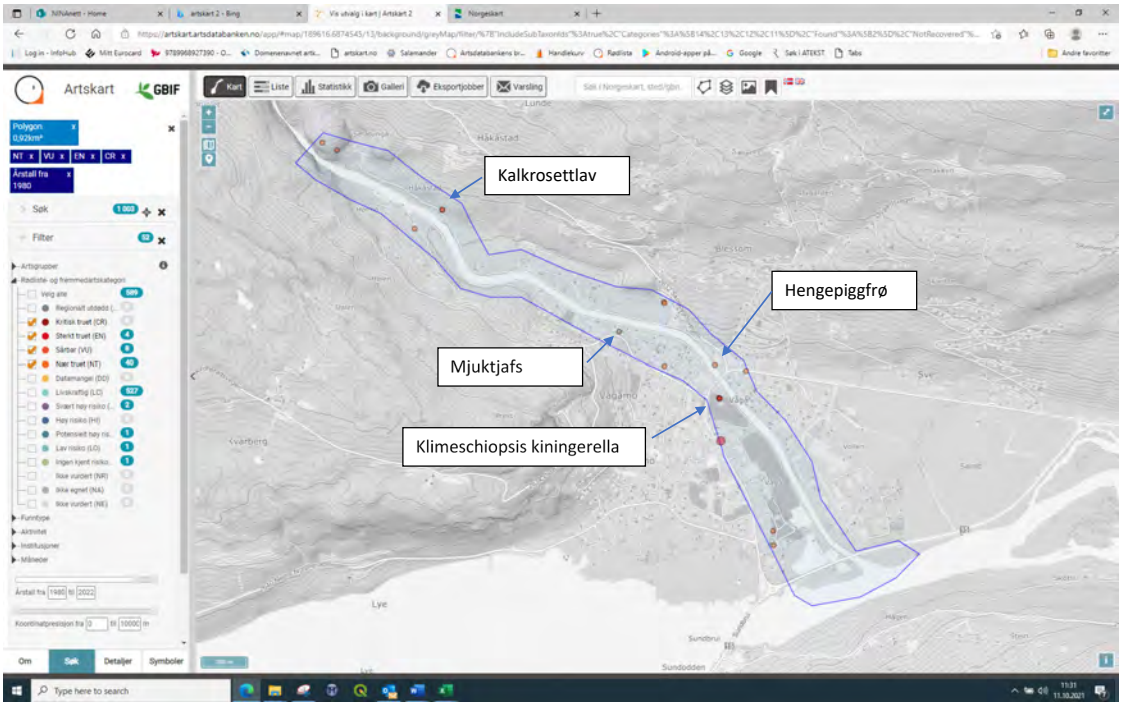


Figur 7-4 NiN kart 1: 20 000 (NiN 2.3) for nedre deler av Finna og utløpet i Otta. Orange: O1-E2 Noe kalkfattig fastbunn i klar elv (3,2 mg Ca/l, stein og blokk 30-50 cm), Rød: O2-E1 Kalkfattig sedimentbunn i klar elv (3,2 mg Ca/l, Stein 200 – 256 mm). Grønn: O2-E6 Turbid sedimentbunn i elv (TU 8 STS/l, grus til stein 1 mm -256 mm). Alle farger: Vannmasser: F8-E2 Elvevannmasser med fisk

I tillegg til rødlistede arter gir artskart.artsdatabanken.no informasjon om fremmede og svartelistede arter. Det er ikke registrert svartelistede arter i selve elvestrengen av Finna nedstrøms Selatunga, men følgende observasjoner av arter med svært høy risiko (SE) og høy risiko (HI) er registrert:

- Balsampoppel *Populus balsamifera* L. på elvebredden av Ottaelva både opp- og nedstrøms utløpsoset til Finna
- Rynkerose *Rosa rugosa* L. i Vågåmo sentrum
- Rødhyll *Sambucus racemosa*, Hagelupin *Lupinus polyphyllus* L. og bladfaks *Bromopsis inermis* L. langs Skogbygdsvegen (>300 m fra Finna).

Vitenskapelig navn	Autor	Norsk navn	Kategori	Antall observasjoner	% av totalt antall observasjoner
Vanellus vanellus	(Linnaeus, 1758)	vipe	EN	1	0,00
Sterna hirundo	Linnaeus, 1758	makrellterne	EN	1	0,00
Aphodius sordidus	(Fabricius, 1775)	enggjødselbille	EN	2	3,08
Chroicocephalus ridibundus	(Linnaeus, 1766)	hettemåke	VU	1	0,00
Phaeophyscia constipata	(Norrl. & Nyl.) Moberg	kalkrosettlav	VU	3	1,45
Aythya marila	(Linnaeus, 1761)	bergand	VU	1	0,00
Evernia divaricata	(L.) Ach.	mjuktjafs	VU	1	0,04
Klimeschiopsis kiningerella	(Duponchel, 1843)		VU	1	3,03
Anser fabalis	(Latham, 1787)	taigasædgås	VU	1	0,01
Sturnus vulgaris	Linnaeus, 1758	stær	NT	7	0,00
Lappula deflexa	(Wahlenb.) Garcke	hengepiggfrø	NT	2	0,12
Delichon urbicum	(Linnaeus, 1758)	taksvale	NT	3	0,00
Larus canus	Linnaeus, 1758	fiskemåke	NT	7	0,00
Riparia riparia	(Linnaeus, 1758)	sandsvale	NT	10	0,02
Evernia mesomorpha	Nyl.	gryntjafs	NT	1	0,13
Emberiza citrinella	Linnaeus, 1758	gulspurv	NT	9	0,00
Ypsolopha falcella	(Denis & Schiffermüller, 1775)		NT	1	3,33



Figur 7-5 Utdrag fra artskart.artsdatabanken.no. Tabell og kart viser observasjoner etter 1980.

7.3.2 Nugga

Kunnskapen om Nugga er mangelfull og i vann-nett.no er den økologiske tilstanden for vannforekomsten 002-2503-R Nugga nedre del satt til moderat. Årsaken til at vannforekomsten ikke oppnår miljømålet god eller svært god økologisk tilstand er fysiske flomsikringstiltak og diffus avrenning fra landbruket. Forbedring av kunnskapsgrunnlaget er foreslått som tiltak for denne vannforekomsten. Vi har ikke funnet tidligere publiserte rapporter om biologisk mangfold og fisk i Nugga.

I artskart.artsdatabanken.no er det registrert elfenbenslav *Heterodermia speciosa* som er klassifisert som sterkt truet (EN). Dette er en eldre registrering (år 1968) ca. 50 m fra elvebredden. I tillegg er det en registrering av stivsildre *Micranthes hieraciifolia* som er klassifisert som sterkt truet (EN) ca. 100 m fra Nugga rett nedenfor Vågåvegen.

Med unntak av rødhyll (>300 m fra elvestrengen) er det ikke registrert svartelistede arter i nærheten av Nugga. Når eventuelle fysiske sikringstiltak er konkretisert bør det vurderes om det er behov for å gjennomføre spesielle tiltak for å hindre spredning av fremmede arter i anleggsfasen.

7.4 Oppsummering

Det er knyttet store verneverdier til Finna og vassdraget er et varig vernet vassdrag som inkluderer Finndalen landskapsvernområde. Det er særlig vassdraget og nedbørfeltet fra utløpet av Honnsjøen til slutten på Finngjelet ved Selatunga som er intakt og har de største verneverdiene. De nedre delene er sterkt påvirket av tidligere flomsikrings-arbeider, og det bør ved framtidige sikringstiltak være mulig å bedre, ikke forverre, de biologiske forholdene i vassdraget hvis dette prioriteres.

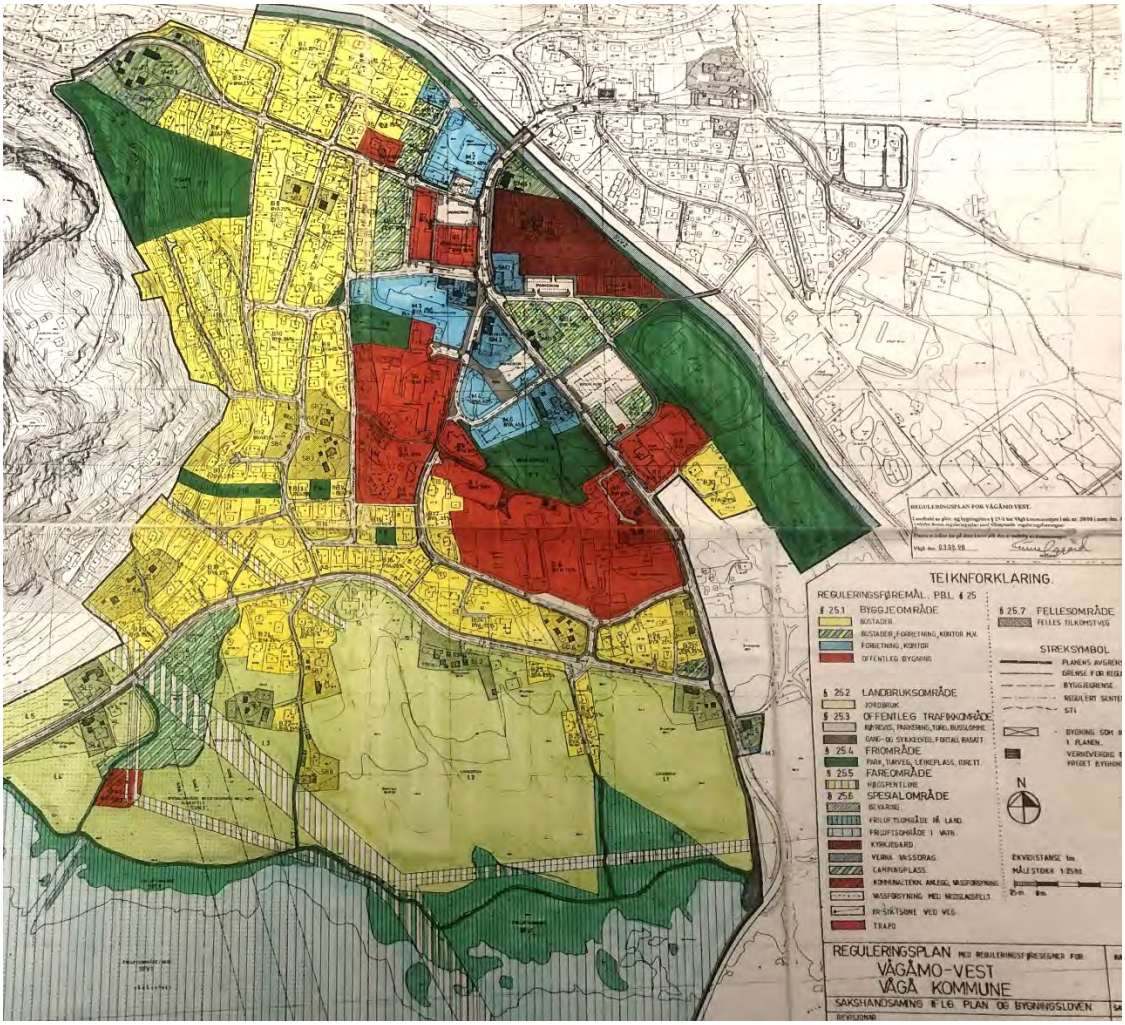
Når det gjelder vassdraget og nedbørfeltet oppstrøms Selatunga vil det være svært viktig å vektlegge de store verneverdiene når sikringstiltak vurderes. I det videre arbeidet med å vurdere behov og utforming av sikringstiltak i Finndalen er det derfor viktig å finne løsninger som muliggjør et aktivt jordbruk (bevaring av et egenarta og vakkert natur- og kulturlandskap er en viktig del av verneformålet) og ivaretakelse av de øvrige verne-verdiene (bl.a. bevaring av geologiske forekomster, landskapsformer og særpreget vass-dragsnatur). Dette innebærer bl.a. å sikre adkomst til de aktive seterbrukene samtidig som inngrep som reduserer verneverdiene knyttet til Finna unngås. Selv om hensikten med verneplanen for vassdrag først og fremst er å verne mot vannkraftutbygging, påpekes det i forskrift om rikspolitiske retningslinjer for vernede vassdrag (FOR-1994-11-10-1001) at inngrep som reduserer verdien for landskapsbilde, naturvern, friluftsliv, vilt, fisk, kulturminner og kulturmiljø skal unngås.

8 Kulturverdier

8.1 Grunnlagsdokumenter

Det viktigste grunnlagsdokumentet som ble benyttet på befaring under NIKUs kartlegging av kulturhistorisk verdifulle bygninger i sentrum, var kommunens reguleringsplan med merkede områder for «spesialområde bevaring» (Vågå kommune 1998) (Figur 8-1). NIKU har også orientert seg i Vågå kommunes vedtatte kommuneplan 2012-2027, arealplandelen (Vågå kommune, 2017), som et utgangspunkt for sammenstilling av kunnskapsgrunnlag. I arealplanen er områder med særlig verdifullt kulturlandskap og kulturminner omtalt, og dette omfatter både lokale, regionale og nasjonale verdier (Vågå kommune 2017). I tillegg har NIKU brukt Askeladdens database (Askeladden 2021) samt Miljødirektoratets database over kulturminner (Miljøstatus 2021) som utgangspunkt for kartleggingen.

NIKUs dokumentasjon av bygninger med særskilt verneverdi, utført under befaringen i august 2021 er plottet inn på et oppdatert flomsonekart fra DHI (Figur 8-1). Dette danner utgangspunktet for sammenstilling av kunnskapsgrunnlaget for fase 1.

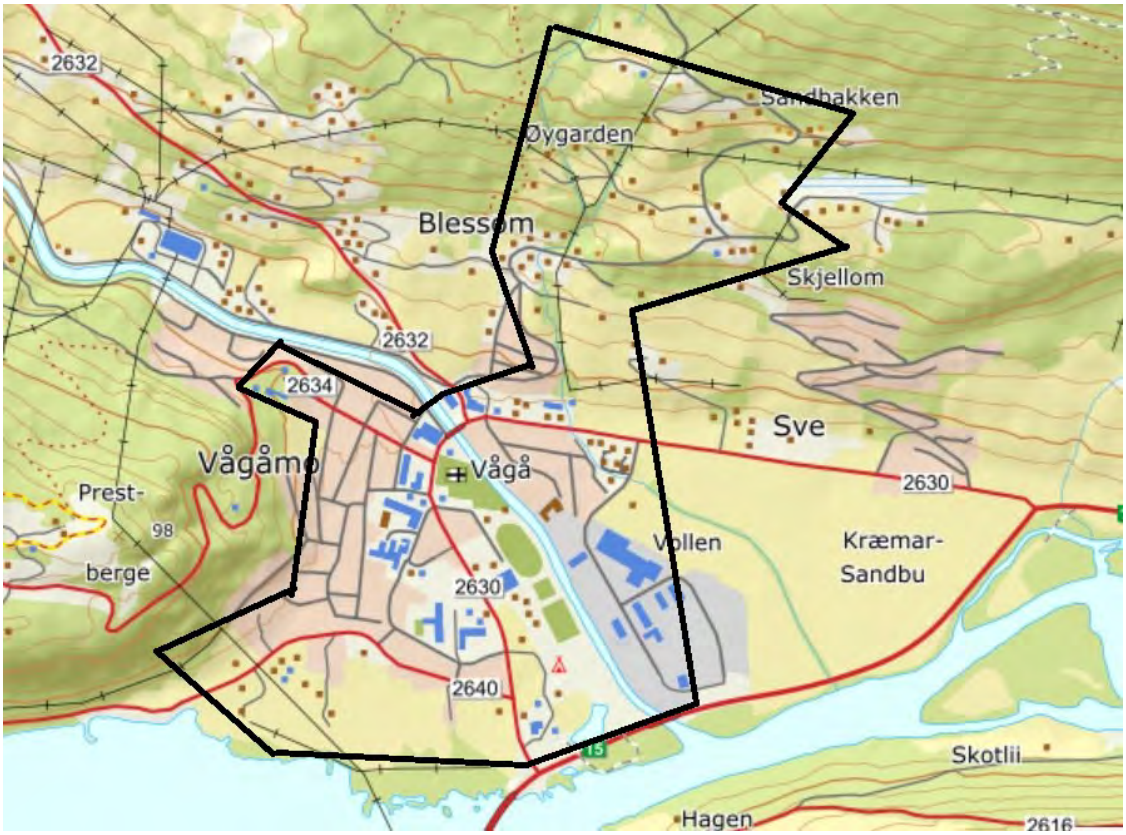


Figur 8-1 Utdrag av kommunens reguleringsplan fra 1998 med merkede områder for spesialområde bevaring.

8.2 Avgrensninger ved kartleggingen, høsten 2021

Vedlagt kart (Figur 8-2) viser området som ble befart av NIKU i august der vi kartla kulturhistorisk verdifulle bygninger. Når det gjelder Nuggas løp, er det flere strekk i terrenget som er utfordrende å ferdes i. Det ble forsøkt å følge elveløpet til fots i den grad det var mulig, men noen strekk foregikk på vei og sti et stykke fra Nuggas løp.

Det finnes enkelte arkeologiske kulturminner og gjenstandsfunn fra jernalder/middelalder i sentrum, men det er valgt å ikke ta dette med i fase 1. En redegjørelse for arkeologiske kulturminner og innvirkning på alternative tiltaksløsninger vil bli gitt i fase 2. Det må tas hensyn til at det kan komme tilleggsregistreringer i fase 2, da geiler/murer og forbygninger ikke er med i kartleggingen av sentrum (en geil er en veg eller ei fegate med stengsler på begge sider brukt til å føre husdyr gjennom, for eksempel fra tunet på en gard til utmarka / beitet). Steinmurer i sentrum er uttalt som hensynssone i kommuneplanens arealdel (Vågå kommune 2017).



Figur 8-2 Figuren viser en grov markering av området som NIKU befarte høsten 2021 for å kartlegge kulturhistorisk verdifulle bygg.

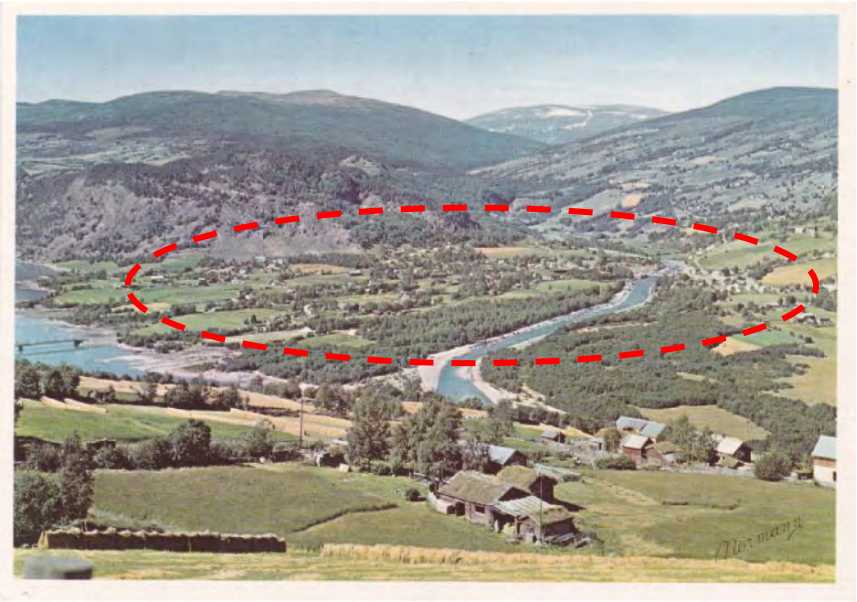
8.3 Kunnskapsgrunnlaget for kulturminneverdier og kulturminnehensyn

NIKU har orientert seg i allerede etablert kunnskap om Vågåmo sentrums kulturminneverdier, og har prioritert å fremskaffe ny informasjon fremfor å presentere kjent informasjon som grunnlag for denne mulighetsstudien. Derfor gir NIKU kun en kort introduksjon til Vågåmos situasjon med fokus på kulturminner og kulturmiljøer. Videre har NIKU fokusert på å knytte kulturminneverdier til risikokontekst for å kartlegge nå-situasjonen som leveranse for fase 1.

Vågåmo ligger på elvesletta/moene (Moåm på dialekt) der Finndalen munner ut i Ottadalen. Tettstedet ligger omgitt av et rikt kulturlandskap med gårdsbruk og tidligere husmannsplasser i liene over den brede dalbunnen der elva Otta renner. Mot vest strekker Vågåvatnet seg, og det er utsyn mot høyfjellsområder i flere himmelretninger.

Tettstedet er vokst fram rundt kirkestedet som ligger sentralt til ved bruleiet over Finna (Finnbrua) (Figur 8-3). Dette er et gammelt knutepunkt der ferdselsveiene øst- og vestover møter ferdselsveien nordover gjennom Slådalen til Dovre. Den første kjente kirka på stedet, ei stavkirke, ble oppført på 1100-tallet. Vågå ble etter hvert også

administrasjonssentrum med sorenskriverembete (i 1591) og utviklet seg til en bygdeby med bolighus, forretningsvirksomhet, småindustri, kaféer og pensjonater.



Figur 8-3 Vågåmo sentrum og omgivelser. Postkort (udatert). Foto: Normann. Nr. 918.

Vågåmo utmerker seg i norsk sammenheng som et opplevelsesrikt og verdifullt kulturmiljø med småbypreg. Tettstedet har variert bebyggelse fra 1600-tallet og fram til i dag. Mange av bygningene har kulturhistorisk og arkitektonisk verdi og er regulert til bevaring. Bygningsmiljøet særpreges av tømmerbygninger, gjerne prydet med treskurd, og med skifertak. Her er også panelte bygninger i sveitserstil, og nyere bygninger fra 1900- og 2000-tallet. Kommunehuset fra 1950-tallet er senere på- og ombygget i stedstilpasset arkitektur som harmonerer godt med de eldre bygningene.

Det viktigste kulturminnet er kirkestedet som ligger på elvebrinken ved Finna. Vågå kirke (Figur 8-4) er oppført 1625–27, med omfattende gjenbruk av materialer fra eldre stavkirker. Kirka har døpefont hugget i kleber som dateres til 1100-tallet. Støpulen der kirkeklokkene henger, er laftet og er oppført på 1600-tallet på samme tid som kirka. Kirkegården har vært brukt siden middelalderen og har gravminner tilbake til 1700-tallet. Den er omgitt av et gjerde laget av store skiferheller.

Elvesletta der Vågåmo ligger, tilhørte prestegården Ullinsvin og sorenskrivergården Lye og har trolig vært beiteområder fra gammelt av. Her ble det etter hvert bygget småbruk og plasser bestående av våningshus, stabbur og uthus. Dette er laftede hus med skifertak eller torvtak. Mellom bruka gikk det geiler og steingarder av rullestein. Langs disse gikk vassveger som ledet vann fra Finna utover åkervegen til de respektive bruka. Nedbøren er så lav nede i dalen at mange bruk er avhengige av vanning, noe som har en lang tradisjon i Ottadalen. Vassvegene (akvedukter) er en del av et eldgammelt vanningssystem som ledet vann fra det nedbørsrike fjellområdet ned til dalbunnen som ligger i

nedbørskyggen der klimaet er tørt. For drikkevann hadde bruka gjerne 8-10 meter dype brønner murt av runde elvesteiner.

Figur 8-4 Vågå kirke med støpul og kirkegård. Foto: NIKU august 2021.

Også elva Nugga renner gjennom tettstedet. Nugga stuper ned lia nordøst for Vågåmo. Langs Nugga ligger det flere verneverdige gårder, blant annet Haugøy som i dag omfatter åtte bygninger som alle er freda: to våningshus, stabbur, stall, fjøs, sauefjøs, steinfjøs og låve. De eldste husene er fra 1600- og 1700-tallet. Området er befart av NIKU fra Sætavegens krysning av elva, og det er ikke registrert hittil ukjente kvernhus eller andre spor av eldre bebyggelse.

Elvene Finna og Nugga har medført flere store flommer i Vågå. Planlegging og bygging av elveforbygninger har lang historie. Arbeidene som har blitt utført langs nedre del av Finna er samlet sett svært omfattende. Mye av det fine murarbeidet er utført for hånd og med hest som transportmiddel, og dette er fortsatt lesbart i dagens forbygning. Etter en katastrofeflom i 1860 ble de mest utsatte strekningene langs Finna forbygd. De første sikringsarbeidene, på de nederste 1000 m, ble utført rundt 1910. I årene 1939-1940 ble det bygd sammenhengende flomverk gjennom Vågåmo etter en ny storflom. Det er også utført arbeid på 1960-80-tallet og etter 2000 (Askeladden 2021). Mot Finna er forbygningene avskrånende med store stenblokker, med vinkel fra elva opp til terrenget (Figur 8-5). Disse er statlig listeført. Nugga har et smalere elveløp, der det er bygget vertikale murer som anses som verneverdige (Figur 8-6).

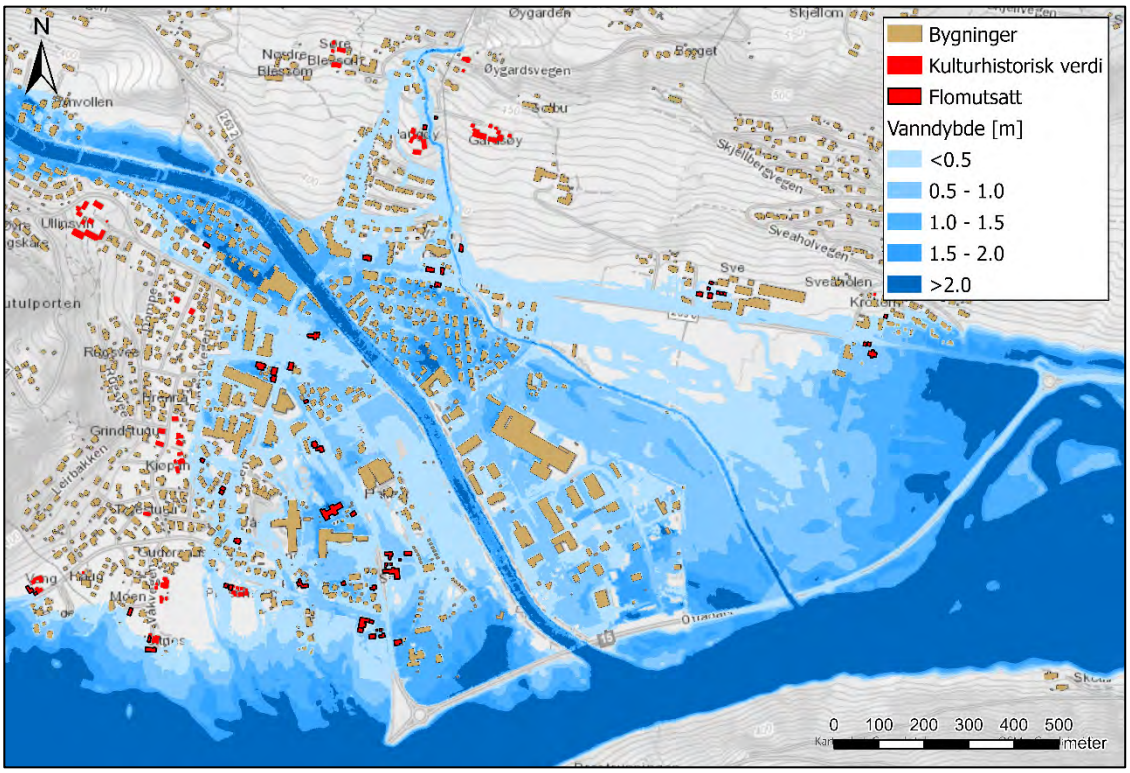
Foruten verneverdige kulturminner og kulturmiljø, har Vågåmo også nyere bebyggelse som ikke har særskilt kulturhistorisk verdi, men som er folks hus og hjem og utgjør rammene om hverdagslivet.

Figur 8-5 Foto fra 1937 av murte, avskrånede elveforbygninger langs Finna, ved den daværende Finnbrua. Foto: Norsk vegmuseum, tilgjengelig på www.digitaltmuseum.no

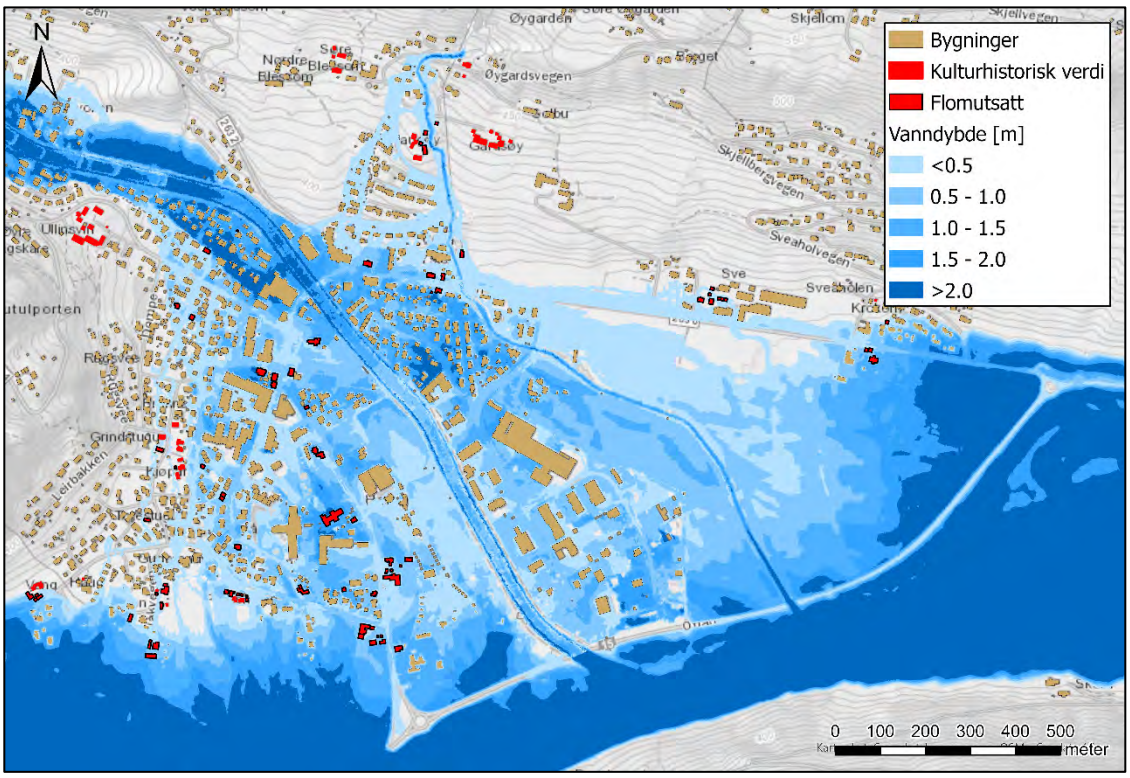
Figur 8-6 Foto av vertikale murer ved Nugga nedenfor Trafostasjonen. Elveforbygningene er ikke statlig listeført, men verneverdige. Foto: NIKU, august 2021.

8.4 Kartlegging av nåsituasjonen

For å vise mulige flomscenarier og påvirkning på sentrumsbebyggelsens kulturhistorisk verdifulle bygninger, har DHI lagt bygninger som NIKU har registrert inn i oppdatert flomkart. Flomkartet nedenfor viser 1000-årsflom med 20 % klimapåslag og bunnheving i Finna. I flomvurderingen som ble gjort av NGI (2020), beskrives det at Coop-bygget leder noe vann tilbake til Finna og styrer noe vann vekk fra Finna. Dette gjør at Vågå kirke ligger noe beskyttet fra vann på avveie fra nordvest. Flomvann finner imidlertid likevel veien til kirka ved flom (Punkt 3, Figur 8-8).



Figur 8-7: Kartlegging av kulturhistorisk verdifulle bygninger i Vågåmo sentrum på oppdatert flomsonekart for 200-års flom med klimapåslag, samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta, med 1,0 meter bunnheving i Finna. Nummer på bygninger refererer til nummerering i Tabell 8-1. Andre mulige flomsituasjoner er vist i Kapittel 3. For oppdatert oversikt over kartlegging av bygninger med kulturhistorisk verdi, er dette kartet komplett.



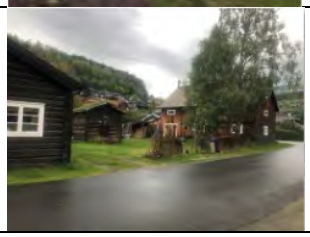
Figur 8-8 Kartlegging av kulturhistorisk verdifulle bygninger i Vågåmo sentrum på oppdatert flomsonekart for 1000-års flom med klimapåslag, samtidig kulminasjon i Finna, Nugga og Otta, med 1,5 meter bunnheving i Finna. Nummer på bygninger refererer til nummerering i Tabell 8-1. Andre mulige flomsituasjoner er vist i Kapittel 3. For oppdatert oversikt over kartlegging av bygninger med kulturhistorisk verdi, er dette kartet komplett.

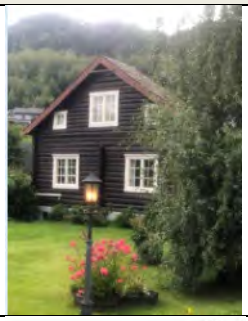
Tabell 8-1 Kartlegging av kulturhistorisk verdifulle bygninger i Vågåmo sentrum som påvirkes av flom i Finna, Nugga og Otta samtidig. Grå markering på nummerering henviser til kommunens arealplan fra 1998 som «spesialområde bevaring», grønn nummerering er kulturhistorisk verdifulle bygninger som ikke er merket på kommunens arealplan som «spesialområde bevaring», mens lyseblå nummerering er fredede bygninger/bygningsmiljøer.

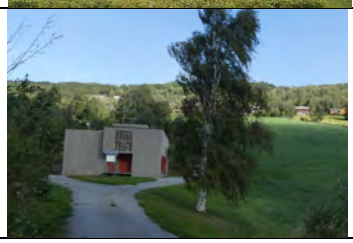
Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
1		Vågåvegen 31 og 33. Tømrede bolighus	Ja	Ja

Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
2		Vågåvegen 37. Rutebilstasjonen, flyttemerker fra tidligere demontering	Ja	Ja
3		Vågåvegen 44. Vågåkyrkja, fredet. Markering nr. 3 på kartet (Figur 8-8) inkluderer støpul og kirkeporten inn til kirkegården	Ja	Ja
4		Brennvegen 4 SOV Lodge.	Ja	Ja
5		Halland 2. Bokhandler'n kafe.	Ja	Ja
6		Brennvegen 2. Veistadhjørnet kafe	Ja	Ja
7		Moavegen 3. Fjellheimen galleri, Øien/Finøyen, flyttemerker fra en tidligere demontering	Ja	Ja

Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
8		Vågåvegen 48. Tømret bolighus, blomsterbutikk Feste nr. 35.	Ja	Ja
9		Vågåvegen 51-52. Halland. Kulturmiljø med lagerhus, driftsbygninger og stabbur	Ja	Ja
10		Vågåvegen 61. Tømret bolighus	Ja	Ja
11		Vågåvegen 57. Barnehage	Ja	Ja
12		Vågåvegen 70. Smedsmo, våningshus, stabbur, stall og låve. Ikke merket som spesialområde bevaring	Ja	Ja
13		Nedre Nordheradsvegen 2. Brustuen/Brustugu med våningshus, låve, skåle og stabbur.	Ja	Ja

Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
14		Moavegen. Eldre hus. Ikke merket som spesialområde bevaring	Ja	Ja
15		Nedre Nordheradsvegen 8. Pressmo, kulturmiljø, småbruk fra 1800-tallet, vedtaksfredet 1985	Ja, deler av tunet	Ja, deler av tunet
16		Haugamoen 9	Ja	Ja
17		Grindstugulego 10. Kjøpanger, kulturmiljø	Nei	Ja, deler av tunet
18		Grindstugulego 7. Fjelvang, Ildhus, våningshus og stabbur	Nei	Ja, noen av bygningene
19		Grindstugulego 6. Vistemo, låve og våningshus	Nei	Nei

Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
20		Jutulvegen 7. Tømret bolighus	Nei	Ja
21		Jutulvegen 6. Tømret bolighus	Nei	Ja
22		Øvre Nordheradsvegen 4. Ullinsvin prestegård, gårdsanlegg fra 1600- til 1800-tallet, vedtaksfredet i 1991.	Nei	Nei
23	Info hentet fra Miljøstatus	Vågåvegen 32. Våningshus, eldhus og stabbur, Volden	Ja	Ja
24		Vågåvegen 74. Tidligere pensjonat	Ja	Ja
25		Vågåvegen 65 og 51. Tømrede bolighus	Ja	Ja

Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
26		Moavegen 41. Postmo	Ja	Ja
27	Info hentet fra Miljøstatus	Våkvegen 10. Fagernes, våningshus, stabbur, låve og eldhus.	Ja, noen av bygningene	Ja
28		Våkvegen 8. Sletmo, stabbur og låve	Nei	Ja, deler av tunet
29		Torestugujeilen 2. Torestugu, stabbur og låve, Ikke merket som spesialområde bevaring.	Nei	Ja
30		Vågåvegen 27. Trafostasjon	Ja	Ja
31	Info hentet fra Miljøstatus	Finnkanten 6. Øien, stabbur, slutten av 1700-tallet	Ja	Ja
32	Info hentet fra Miljøstatus	Jutulvegen 1. Skåle, Feste 99. Garasje-uthus, slutten av 1700-tallet.	Ja	Ja
33	Info hentet fra Miljøstatus	Pyntholvegen 32. Snekkerstuen, våningshus	Ja	Ja
34	Info hentet fra Miljøstatus	Moavegen 23. Stabbur	Ja	Ja
35	Info hentet fra Miljøstatus	Moavegen 31. Flatemo, stabbur	Ja	Ja

Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
36	Info hentet fra Miljøstatus	Nedre Norheradsvegen 20. Haugen, stabbur	Nei	Nei
37		Nedre Nordheradsvegen 23. Vangen, låve, stabbur, våningshus	Ja, noen av bygningene	Ja, noen av bygningene
Ingen nr	Skravert som *Spesialområde bevaring* i reguleringsplanen.	Nedre Nordheradsvegen 26. Ingen aldersverdi, men betegnet som Spesialområde (1998)	Ja	Ja
38	Info hentet fra Miljøstatus. Utenfor kommunens reguleringsplan	Vågåvegen 2. Sandbu, våningshus, stabbur	Ja	Ja
39	Info hentet fra Miljøstatus. Utenfor kommunens reguleringsplan	Vågåvegen 9. Sve, stabbur, våningshus, klokketårn, eldhus, låve	Ja	Ja
40	Info hentet fra Miljøstatus. Utenfor kommunens reguleringsplan	Vågåvegen 3. Krokum, grisehus, stabbur	Ja, noen av bygningene	Ja, noen av bygningene
41		Øygardsvegen 1. Haugøy, fredet kultumiljø, enkeltbygg blir omfattet av en flom	Ja, noen av bygningene	Ja, noen av bygningene
42	Info hentet fra Miljøstatus. Utenfor kommunens reguleringsplan	Øygardsvegen 3. Øiø og Tørkestuløkken, våningshus, stabbur, eldhus, fjøs, smie	Nei	Nei
43	Info hentet fra Miljøstatus. Utenfor kommunens reguleringsplan	Øygardsvegen 13. Bardstomte, stabbur	Nei	Nei
44	Info hentet fra Miljøstatus. Utenfor kommunens reguleringsplan	Øygardsvegen 16. Våningshus, stabbur	Nei	Nei

Nr. på flomkart	Foto	Adresse, notater	Berørt av 200-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.	Berørt av 1000-årsflom med klimapåslag og bunnheving i Finna.
45	Info hentet fra Miljøstatus. Utenfor kommunens reguleringsplan	Øygardsvegen 6. Blesum Søndre, geithus, stabbur, mjølbu, hus, sauhus/Stall, tørrstugu	Nei	Nei

8.5 Kort oppsummering

Av 46 registreringer av bygninger og bygningsmiljøer med kulturhistorisk verdi i Vågåmo sentrum, er det 33 bygninger eller bygningsmiljøer som helt eller delvis er utsatt for en 200- årsflom, og ytterligere seks bygningsmiljøer som er utsatt for en 1000-årsflom. Skulle det oppstå en krisesituasjon tilsvarende en 1000-årsflom, så er det altså 39 bygninger/bygningsmiljøer som blir berørt av hendelsen, som er størsteparten av Vågåmo sentrums bebyggelse med kulturhistorisk verdi. Vågå kirke med støpul, kirkegård, kirkegårdsmur og -port anses som det viktigste kulturminnet i sentrum, og området kan bli et av de første områdene som rammes ved en storflom. I tillegg er det enkeltbygninger tilhørende de fredede kulturmiljøene Pressmo og Haugøy som kan påvirkes av flom

Det er viktig å påpeke at enkeltstrukturer og bygninger alene leder vann. Dersom bygninger rives eller det gjennomføres andre større tiltak i sentrum, vil man kunne få en ny situasjon med endret farenivå for enkeltbygninger med høy kulturminneverdi.

Ved videre arbeid vil det bli relevant å se på tiltak for å minimere skader. NIKU vil anbefale å gjennomføre en ROS analyse for bygningene som i denne rapporten påvises utsatt for mulige fremtidige storflommer. Videre vil samarbeid med brannvesenet og andre relevante instanser være viktig for å diskutere mulige forebyggende tiltak og verdiberging ved en hendelse.

9 Referanser

Anon (1986) Samlet Plan for vassdrag, Oppland fylke. 005 Glomma og Lågen. Finnavassdraget. Alternativ CV. ISBN-NUMMER: 82-7243-643-4.

Anon (2012). Skjøtselplan for enkelte områder i Finndalen landskapsvernområde.

Askeladden (2021). Kulturminnedatabase, Riksantikvaren. Tilgjengelig fra: https://askeladden.ra.no/ .

Australian Institute for Disaster Resilience. (2012). *Technical flood risk management guideline: Flood hazard*. https://knowledge.aidr.org.au/media/1891/guideline-7-3-technical-flood-risk-management.pdf

Austroads (1994). Waterways design - A guide to the hydraulic design of bridges, culverts and waterways, Austroads, Sydney, Australia, 139 pp

Bergersen, O. F., & Hole, J. (1981). Weichselian till stratigraphy and ice movements in Ottadalen, central south Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, *61*, 9. https://njg.geologi.no/images/NJG_articles/NGT_61_1_025-033.pdf

Bogen, J., Bønsnes, T., Moquet-Stenback, A., Xu, M., & Elster, M. (2016). *Gudbrandsdalslågen, Sedimentkilder og sedimenttransport. Som bakgrunn for tiltak i forvaltningsplanen*.

Direktoratet for Byggkvalitet. (2017). *TEK17*. https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/10/10-2/

Husebye, S. (1985). *Finnavassdraget i Oppland fylke : en fluvialgeomorfologisk undersøkelse og geofaglig vurdering* (Vol. 77).

Kartverket. (2021). *Høydedata*. https://hoydedata.no

Klæbø, H., & Schou, G. (1939). Storflommen august-september 1938. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, *VII*(5–8), 206–227.

NGI. (2018). *Skredfarekartlegging i Lom, Skjåk og Vågå kommune*. http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2018/eksternrapport2018_07.pdf

NGI. (2020). *20200445-01-R Flom og skredvurdering fra Finna, Vågåmo*.

NGU. (1988). *Vågåmo Vannverk - Beskyttelse av grunnvannsforekomsten*.

NGU. (2015). *NGU report 2015.061 Georadar measurements for Statens Vegvesen in Vågå kommune*. https://www.ngu.no/publikasjon/georadar-measurements-statens-vegvesen-v-g-kommune

NGU. (2021). *Løsmasser N50/N250*. Norges Geologiske Undersøkelse.

Norconsult. (2007). *Vågåmo vannverk - hydrogeologiske undersøkelser og forslag til beskyttelsessoner*.

NVE. (2001). *Flomsonekart, Delprosjekt Vågåmo*. https://publikasjoner.nve.no/flomsonekart/2001/flomsonekart2001_03.pdf

NVE. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_81.pdf

NVE. (2017). *Farekartlegging av flom på oppdrag fra NVE - Kravspesifikasjon*.

NVE. (2021). *HYDRA II*. https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/hydrologiske-data/historiske-data/data-i-hydra-ii-databasen/

Oppland fylkeskommune, & NVE. (2018). *Lågenplanen - Regional plan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag - Tiltak for å redusere flom- og skredskader*. https://innlandetfylke.no/_f/p1/ib8fff23e-54a2-48f9-80a5-932b0efba4df/regional-plan-for-gudbrandsdalslagen-med-sidevassdrag.pdf

Sollid, J. L., & Trollvik, J. A. (1991). *Oppland fylke, kvartærgeologi og geomorfologi 1:250 000*.

Statens kartverk. (2021). *Norge i bilder*. www.norgeibilder.no

Statens Vegvesen. (2001). *RV15 Sørem-Sundbrua Grunnundersøkelser*. https://dokument.vegvesen.no/dokument/basis/fil/16566753

Statens Vegvesen. (2005). *Laboratorierapport nr. 1 RV 15 Finna bru*. https://dokument.vegvesen.no/dokument/basis/fil/16722822

Statens Vegvesen. (2015). *Fv. 453 GS vei Vågå hotell-Sætagrenda*. https://nadagdata.ngu.no/WebAPI/document/309749

Steinholt, I. H. (2019). *Identifisering og modellering avvmasseførende vassdrag ved hjelp av HEC-RAS og LiDAR-data*.

Torbjørn Bråten AS. (2016). *Søknad om grovknusing på Industriområdet i Vågå - dispensasjon fra gjeldende reguleringsplan* (p. 1).

Vassdrags og havnelaboratoriet. (1961). *Finna - modellforsøk*. https://publikasjoner.nve.no/diverse/1961/finna.modellforsok.pdf

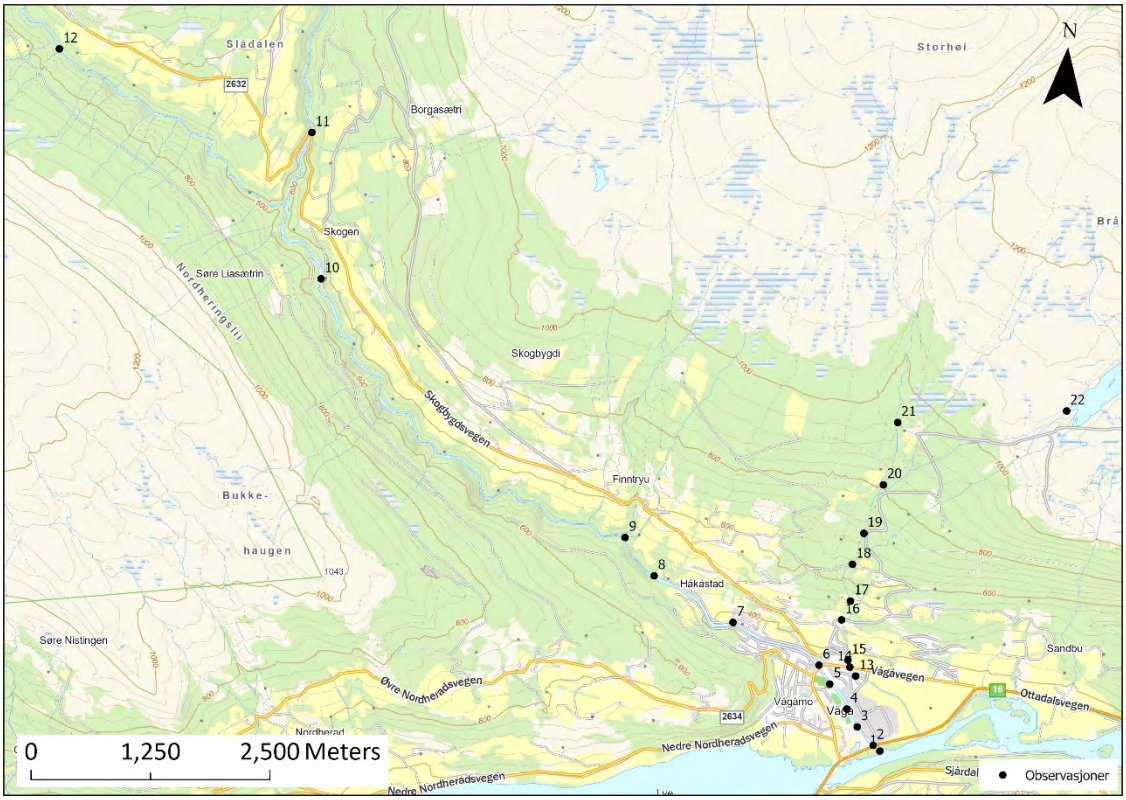
Vedlegg A

MOBILISERBARE SEDIMENTER - BEFARINGSNOTATER

Innhold

A1 Funn fra befaring **2**
A1.1 Punkt 1 3
A1.2 Punkt 2 4
A1.3 Punkt 3 5
A1.4 Punkt 4 6
A1.5 Punkt 5 7
A1.6 Punkt 6 8
A1.7 Punkt 7 9
A1.8 Punkt 8 11
A1.9 Punkt 9 12
A1.10 Punkt 10 13
A1.11 Punkt 11 14
A1.12 Punkt 12 16
A1.13 Punkt 13 18
A1.14 Punkt 14 19
A1.15 Punkt 15 20
A1.16 Punkt 16 21
A1.17 Punkt 17 24
A1.18 Punkt 18 26
A1.19 Punkt 19 28
A1.20 Punkt 20 30
A1.21 Punkt 21 32
A1.22 Punkt 22 33

A1 Funn fra befaring



Figur A - 1 Kart som viser observasjonspunkter under befaringen 23-24.08.

A1.1 Punkt 1

Østsiden av utløpet av Finna i Otta er dominert av forholdsvis stor rundet stein (Figur A - 2). Elva har fortsatt såpass stor hastighet her at finere sedimenter ikke blir avsatt her, men fraktes lengre ut i Ottavassdraget.

Figur A - 2 Observasjonspunkt 1. Utløpet av Finna i Otta, sett mot øst. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.2 Punkt 2

Riksvei 15 krysser Finna med bru like nord for utløpet i Otta. Her består elvebunnen hovedsakelig av grov stein og blokk, (Figur A - 3). På begge sider er løpet erosjonssikret.

Figur A - 3 Elveløpet sett fra brua som krysser Finna. Bildet er tatt fra sør mot nord. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.3 Punkt 3

Videre oppover Finna består også her elvebunnen av stein og blokk. Langs elvekantene ligger det grove masser som antas å enten være gammel erosjonssikring, eller masser avsatt av elva (Figur A - 4). Bak disse grove massene ligger den opprinnelige erosjonssikringen bestående av avlange store blokker.

Figur A - 4 Elveløpet består ved punkt 4 av grov stein og blokk. Langs elvekanten er det også grove masser som ligger over eldre erosjonssikring. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.4 Punkt 4

Langs østsiden av Finna sør for kirka er det anlagt en flomvoll bestående av grov stein. Flomvollen fungerer i dag som en tursti (Figur A - 5).

Figur A - 5 Sør for Vågå kirke er det anlagt en flomvoll bestående av grov stein. Bildet er tatt fra nord mot sør. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.5 Punkt 5

Elveløpet ved Vågå kirke, som ligger rett nedstrøms Finna bru. Her, som ved punkt 3, er elveløpet kanalisert og består av grov stein (Figur A - 6). Elvekantene er sikret med blokk med underliggende eldre erosjonssikring.

Figur A - 6 Elveløpet sett nordover fra Vågå kirke. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.6 Punkt 6

Rett oppstrøms Finna bru er elva kanalisert, med elvebunn bestående av grov stein og blokk. Elvekantene er her erosjonssikret med blokk. Under denne erosjonssikringen ligger det eldre sikring bestående av avlange store blokker. På både østsiden og vestsiden av elveløpet er erosjonssikringen forhøyet ved hjelp av mur (Figur A - 7).

Figur A - 7 Elveløpet rett oppstrøms Finna bru. Bildet er tatt fra øst mot vest og viser elveløpet med tilhørende erosjonssikring. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.7 Punkt 7

Punkt 7 ligger rett ved Vågåmo transformatorstasjon. Det er bygd seks terskler av store blokker nedstrøms dette punktet og ned mot Finna bru (punkt 6). Elveløpet er erosjonssikret på begge sider, men det antas at erosjonssikringen på østsiden av løpet er av en nyere dato enn den på vestsiden (Figur A - 8). Vet punkt 7 kommer det også ut et overvannsrør som har sitt opphav øst for transformatorstasjonen. Dette røret har en tilbakeslagsmekanisme som brukes ved flom i Finna (Figur A - 9).

Figur A - 8 Finna sett fra nord mot sør ved punkt 7. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 9 Overvannsrør som leder bekken som ligger øst for transformatorstasjonen ut i Finna. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.8 Punkt 8

Punkt 8 ligger ved Finnas utløp gjennom Finngjelet. Her ble det kjørt drone så langt inn som mulig for å få et overblikk over hvordan geometrien til elveløpet så ut. Som man kan se av Figur A - 10 er elveløpet veldig smalt, og vestre bergvegg er til tider overhengende. Ved utløpet av Finngjelet brer elveløpet seg utover og energien i elva går tilsvarende ned. Her er det også betydelig mer løsmasser til stede på elvebunnen (Figur A - 11).

Figur A - 10 Elveløpet til Finna sett fra sør mot nord. Bildet er tatt med drone om lag 50 m innenfor Finngjelet. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 11 Bilde av utløpet fra Finngjelet tatt fra nord mot sør. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.9 Punkt 9

Ved punkt 9 rant bekken hovedsakelig på berg, men langs elveløpet ble det observert store steiner og blokker med enkelte ansamlinger av finstoff innimellom de grovere massene (Figur A - 12 og Figur A - 13). Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 12 Dronebilde tatt ved punkt 9 og nordover. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 13 Dronebilde tatt rett ovenfra og ned ved punkt 9. Bekken til venstre i bildet kommer ned fra vest. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.10 Punkt 10

Ved punkt 10 består skråningene av store mengder avfall fra driften ved det nå nedlagte skiferverket. Lengre nord består skråningene av det som antas å være morene-avsetninger. Disse har lite vegetasjon og det antas at masser vil bli transportert ned til Finna som følge av kraftig regn.

Figur A - 14 Dronebilde tatt ved punkt 10 som viser store mengder løsmasser i skråningen vest for elveløpet. Bildet er tatt mot nord-vest. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 15 Dronebilde tatt litt lengre sør enn bildet vist i figur 1 7. Løsmassene består hovedsakelig av avfall fra skiferutvinningen lengre opp i skråningen. Bildet er tatt mot nord-vest. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.11 Punkt 11

Punkt 11 ligger ved Skjerva bru som krysser elva Skjerva. Elva renner her hovedsakelig på berg og det var lite tegn på massetransport på befaringstidspunktet. Langs elvekanten lå det grov stein og blokk.

Figur A - 16 Skjerva sett oppstrøms fra Skjerva bru. Bildet er tatt fra sør-vest mot nord-øst. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 17 Skjerva sett nedstrøms fra Skjerva bru. Bildet er tatt fra nord-øst mot sør-vest. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.12 Punkt 12

Ved punkt 12 består elveskråningene, og da spesielt de vest for Finna av morene-avsetninger (Figur A - 18 og Figur A - 19). Det er tydelige spor i terrenget etter masse-transport ned mot Finna (Figur A - 20). Nedre del av elvekanten består av grov stein og blokk, men lengre opp er det finere kornstørrelsesfraksjoner som sand og grus. Fra punkt 12 og oppstrøms mot Finndalen flater Finna ut og har vannet har her ikke like stor energi som områder nedstrøms (Figur A - 21).

Figur A - 18 Dronebilde som viser skråning bestående av løsmasser ved punkt 12. Bildet er tatt fra vest mot øst. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 19 Dronebilde som viser samme skråning som i Figur A - 18, bare et parti lengre ned. Bildet er tatt fra nord mot sør. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 20 Dronebilde av skråning på skråning bestående av løsmasser på veststiden Finna ved punkt 12. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 21 Finna sett oppstrøms fra punkt 12. Finndalen kan ses lengst øverst i bildet som er tatt fra sør-øst mot nord-vest. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.13 Punkt 13

Punkt 13 ligger nedstrøms Vågåvegen og Nugga er her tydelig kanalisert. Elveløpet og elvekanter er steinsatt. På befaringstidspunktet var det ingen tegn på erosjon (Figur A - 22).

Figur A - 22 Elveløpet til Nugga nedstrøms Vågåveien. Lokalisering er vist i Figur A - 1

A1.14 Punkt 14

Nugga renner under Nugga bru ved punkt 14. Både oppstrøms og nedstrøms brua er elveløpet kanalisert ved hjelp av betongmurer. Elvebunnen består av store avlange blokker (Figur A - 23). Det ble opplyst av kommunen at det er problemer med iskjøving ved denne brua.

Figur A - 23 Nugga bru som krysser Nugga ved punkt 14. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.15 Punkt 15

Også videre oppstrøms i Nugga er elva kanalisert ved hjelp av betongmurer. Her er elva bratt og har høy energi. Det ble ikke observert massetransport på befaringstidspunktet (Figur A - 24).

Figur A - 24 Kanalisert løp for Nugga ved punkt 15. Lokalisering er vist i Figur A - 1

A1.16 Punkt 16

Ved punkt 16 krysser Øygardsvegen Nugga. Elveløpet er også her sterkt kanalisert ved hjelp av tørrmurer og uthugging i berg (Figur A - 25 - Figur A - 28). Nugga gjør en krapp sving her, og det er ved dette punktet man antar at Nugga delvis tok et nytt løp i 1938.

Figur A - 25 Nugga sett oppstrøms fra bilbrua på Øygardsvegen ved punkt 16. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 26 Nugga sett nedstrøms fra bilbrua på Øygardsvegen ved punkt 16. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 27 Bilbrua sett fra tilkomstbrua til Øygardsvegen 11. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 28 Nugga sett nedstrøms fra tilkomstbrua til Øygardsvegen 11. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.17 Punkt 17

Også ved punkt 17 virker det som elveløpet er kanalisert ved hjelp av uthugging i berg (Figur A - 29 og Figur A - 30).

Figur A - 29 Elveløpet til Nugga ved punkt 17. Bildet er tatt oppstrøms fra sør mot nord. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 30 Elveløpet til Nugga ved punkt 17. Bildet er tatt nedstrøms fra nord mot sør. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.18 Punkt 18

Ved punkt 18 renner Nugga i det som antas å være et naturlig elveløp bestående av stein og blokk. Det ble ikke observert pågående erosjon eller massetransport på befaringstidspunktet.

Figur A - 31 Elveløpet til Nugga sett oppstrøms fra punkt 18. Bildet er tatt fra sør mot nord. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 32 Elveløpet til Nugga sett nedstrøms fra punkt 18. Bildet er tatt fra nord mot sør. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.19 Punkt 19

Ved punkt 19 flater Nugga litt ut og har ikke like høy energi som områder lengre nedstrøms. Elva renner også her over grove masser bestående av stein og blokk. På befaringstidspunktet var det ingen tegn på massetransport eller erosjon.

Figur A - 33 Nugga sett nedstrøms fra punkt 19. Bildet er tatt fra nord mot sør. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 34 Nugga sett oppstrøms fra punkt 19. Bildet er tatt fra sør mot nord. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.20 Punkt 20

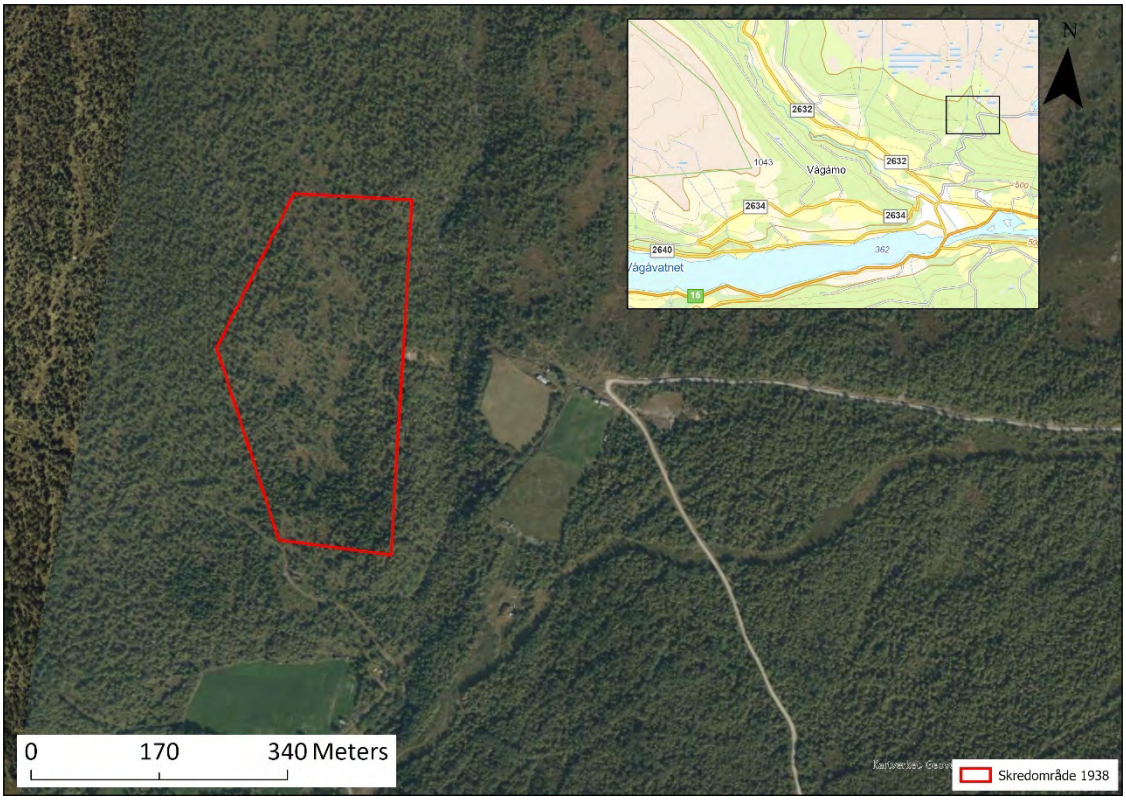
Ved punkt 20 deler Nugga seg i to løp, hvor et løp, som renner på berg, fortsetter nordover Nuggadalen (Figur A - 35). Det andre løpet dreier østover og oppover mot Jettjørni. Dette elveløpet går i rør under adkomstveien til Blesomøygarden, og nedstrøms utløpet er det utført erosjonssikring som har fått flomskader (Figur A - 36).

Figur A - 35 Hovedløpet til Nugga fortsetter oppover Nuggadalen og renner ved punkt 20 på berg. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 36 Nugga deler seg ved punkt 20 og et lite løp fortsetter oppover mot Jettjørni. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.21 Punkt 21

Det ble ikke tatt noen bilder ved punkt 21, men det er fra lokale opplyst om at det i 1938 gikk skred i dette området som demmet opp Nugga. Spor etter det ene skredet kan ses fra flyfoto (Figur A - 37)



Figur A - 37 Ved punkt 21 ble det ikke tatt noen bilder, men flyfoto fra Norge i Bilder viser området hvor det antas at det gikk et skred i 1938 som demte opp Nugga. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

A1.22 Punkt 22

Punkt 22 ligger ved det østlige utløpet av vannet Jettjørni. Her er det en gammel dam med tilhørende damhus hvor vannføringen kan kontrolleres (Figur A - 38 - Figur A - 40).

Figur A - 38 Dam ved Jettjørni. Bildet er tatt fra sør-øst mot nord-vest. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 39 Utløp under dam ved Jettjørni. Bildet er tatt nedstrøms dammen fra sør-vest mot nord-øst. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Figur A - 40 Man kan se utløpet under damhuset ved Jettjørni. Bildet er tatt fra nord mot sør. Lokalisering er vist i Figur A - 1.

Vedlegg B

FLOMBEREGNINGER; FRITTSTÅENDE
RAPPORT FRA DHI

Innhold

B1 Flomberegninger Finna, Nugga og Otta ved Vågåmo 2

Sikring av Vågåmoen mot flom og flomskred

Flomberegninger Finna, Nugga og Otta ved Vågåmo

Finna juni 2011 / foto: Fjuken

Norges vassdrags- og energidirektorat

Rapport

November 2021

Powering **WATER DECISIONS**

Denne rapport er utarbeidet under DHIs ledelsessystem, som er sertifisert av Bureau Veritas for overensstemmelse med ISO 9001 (kvalitetsstyring)

Godkjent av

24.11.2021

X

Approved by

Signed by: Christian Almestad

Sikring av Vågåmoen mot flom og flomskred

Flomberegninger Finna, Nugga og Otta ved Vågåmo

Utarbeidet for	Norges vassdrags- og energidirektorat
Representert ved	Kristin Hasle Haslestad, prosjektleder

Prosjektleder	Christian Almestad
Kvalitetsansvarlig	Nils Roar Sælthun

Prosjektnummer	13801220
Godkjennelsesdato	24.11.2021
Revisjon	Versjon 1.0
Klassifikasjon	Åpen

DHI AS • Hoffsveien 15 • • 0275 Oslo
Telefon: +47 73 54 03 69 • Telefax: • dhi@dhi.no • www.dhi.no

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Innledning 2

2 Beskrivelse av vassdragene 2
2.1 Nedbørfelt 2
2.2 Reguleringer 5
2.3 Flomhistorikk 7

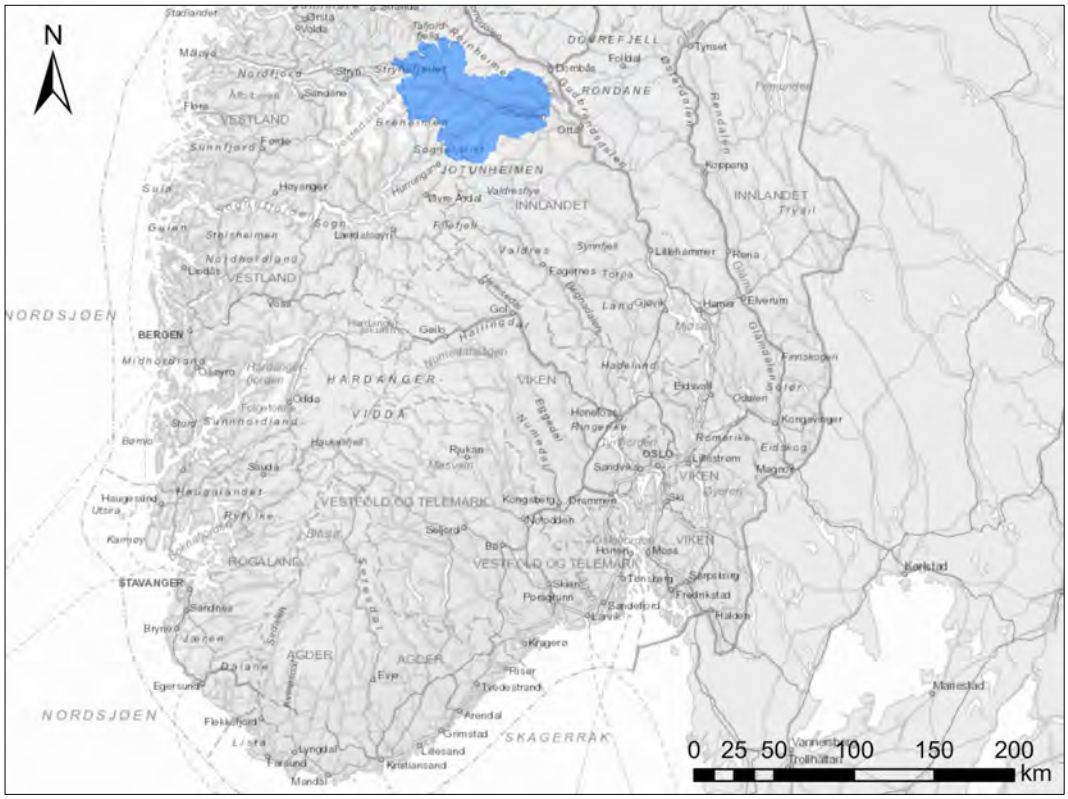
3 Flomberegninger 10
3.1 Klimapåslag 10
3.2 Finna 11
3.2.1 Hydrologiske data 11
3.2.2 Frekvensanalyser 17
3.3 Otta 19
3.4 Samtidighet Finna og Otta 20
3.5 Nugga 22
3.5.1 Frekvensanalyser 22
3.5.2 Nedbør-avløpsmodell PQRUT 24
3.5.3 Valg av tilløpsflom 27
3.6 Usikkerhet 28

4 Oppsummering 28

5 Referanser 30

1 Innledning

DHI sammen NGI, NINA, NIKU og hydrolog Nils Roar Sælthun er engasjert av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) for å utføre mulighetsstudie for helhetlig sikring av Vågåmo mot flom og skred. Som en del av oppdraget skal det utføres flomberegninger for Finna, Nugga og Otta ved Vågåmo. Denne rapporten inngår som en av deleveransene i oppdraget og beskriver metodikk og resultater for flomberegningene. Det er beregnet dimensjonerende vannføringer i for 5-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-årsflom, samtlige returperioder både med og uten klimapåslag.



Figur 1-1: Oversiktskart nedbørfelt

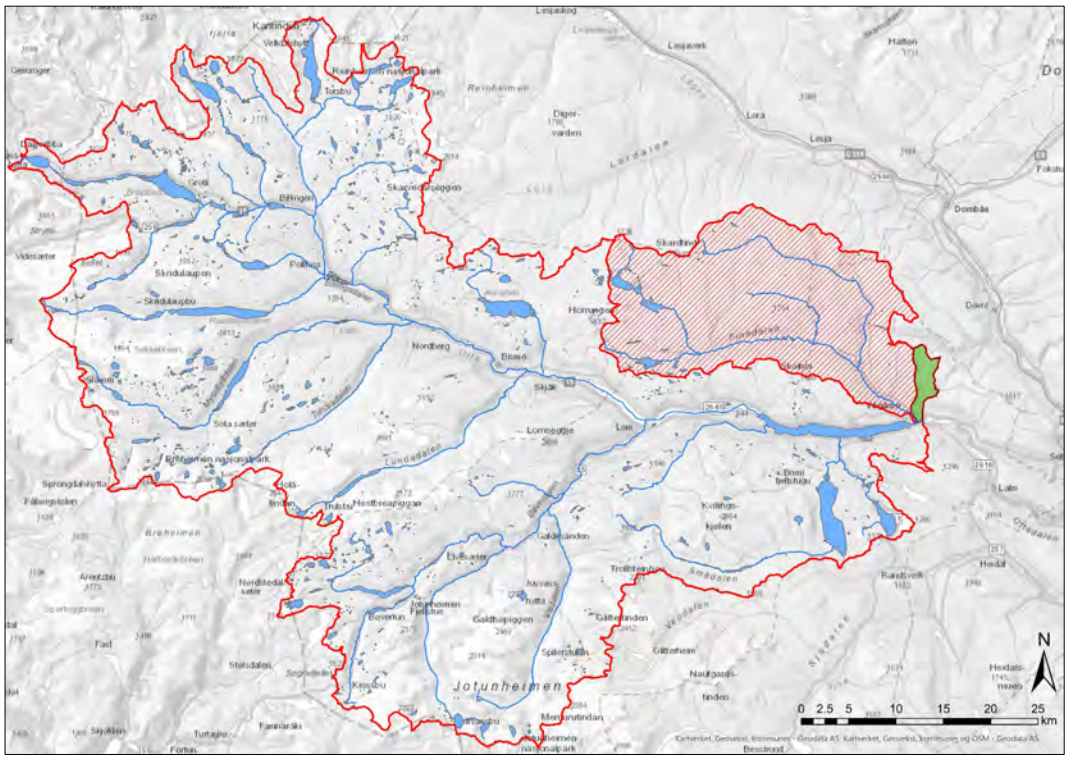
Beregningene er utført etter gjeldende krav og anbefalinger i relevante veiledere fra NVE og Klimaservicesenteret. Arbeidene er utført av hydrolog Nils Roar Sælthun og sivilingeniør Christian Almestad.

2 Beskrivelse av vassdragene

2.1 Nedbørfelt

I flomsammeheng er Vågåmo sentrum truet av tre elver og vassdrag: Otta fra Vågåvatnet, Finna og Nugga. Otta er et sidevassdrag til Gubrandsdalslågen og er avgrenset av Strynefjellene i vest. Finna og Nugga er igjen sidevassdrag til Otta og går samløp med Otta rett nedstrøms Vågåvatnet og Vågåmo sentrum. Finna fra nordvest

renner gjennom den relativt flate Finndalen gjennom Finngjelet og videre gjennom flomsletta som Vågåmo sentrum ligger på før den går i samløp med Otta ca. 800 meter nedstrøms Vågåvatn. Nugga som drenerer fjellsiden nordøst og renner gjennom de østlige delene av sentrum og videre gjennom elvesletta til samløpet med Otta.



Figur 2-1: Oversikt vassdrag. Otta med rødt polygon, Finna markert med rød skravur og Nugga med grønn

Et oversiktskart over nedbørfeltet er vist i vedlegg Figur 2-1. Feltkarakteristikken til vassdragene er oppsummert i Tabell 2-1 og hypsografiske kurver er vist i Figur 2-2. Verdiene i Tabell 2-1 er både beregnet med GIS-programvare og hentet fra NVEs webapplikasjon NEVINA. Konsentrasjonstiden er estimert iht. NVEs retningslinjer for flomberegninger ved å anta en vannhastighet på 1 m/s i vassdraget ved flom [1].

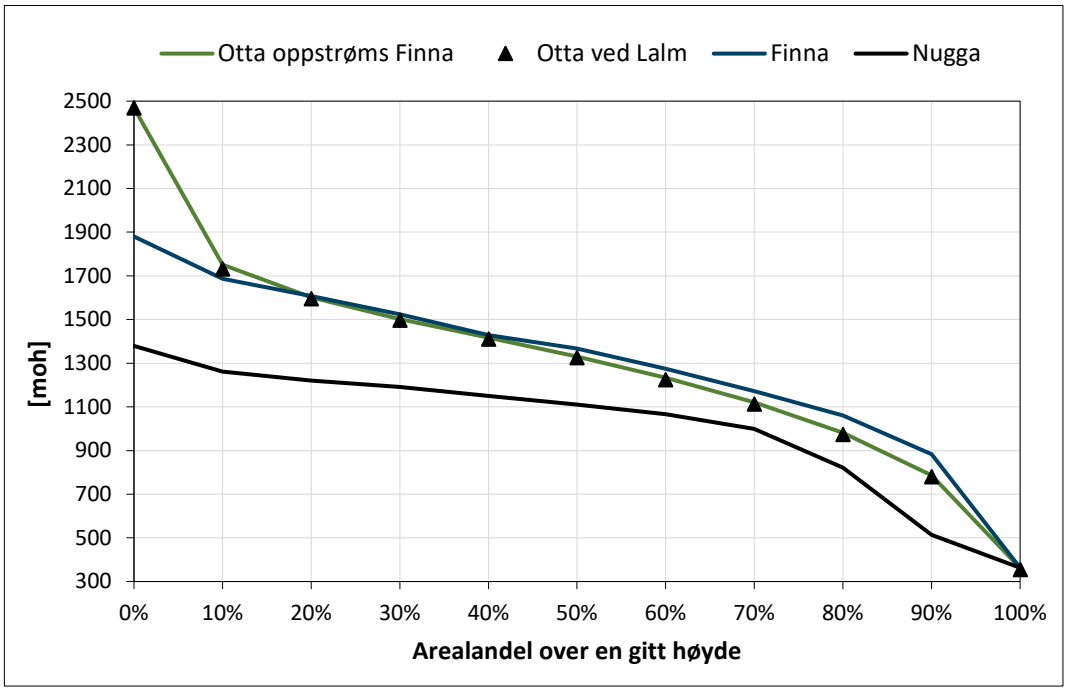
Tabell 2-1: Feltkarakteristikk Nugga, Finna og Otta ved Vågåvatn og Lalm

	Areal *(km²)*	**Eff.sjø** *(%)*	**Snau-fjell** *(%)*	**Bre** *[%]*	**Spesikfikk avrenning** *(l/s*km²)*	**Felt-lengde** *(km)*	**Konsen-trasjonstid** *(timer)*
Nugga*	13,7	0	56,6	-	13,3	7,9	2,2
Finna	466,0	0,08	80,8	-		37,3	10,4
Otta v/Finna	3415,0	0,45	69,3	6,1	28,1	98,9	27,5
Otta v/Lalm	3978,0	0,38	69,8	5,2			

**ekskludert Jettjørni*

Selv om nedbørfeltene til Otta, Finna og Nugga har mange likheter i karakteristikk, er de svært ulike i størrelse og dynamikk. Både Otta og Finna drenerer fra vest mot øst og er høytliggende vassdrag med store høydeforskjeller. Tilnærmet 80% av nedbørfeltet til Otta og Finna ligger over 1000 moh. Nugga drenerer fra nord mot sør og er også høytliggende med 70% av nedbørfeltet over 1000 moh, men vassdraget har noe mindre høydeforskjell

enn Otta og Finna. Finna og Nugga har ingen breandel i motsetning til Otta som har en andel på ca. 6%. Samtlige av vassdragene består av en høy andel snaufjell, noe skog og har lav effektiv sjøprosent, hvilket gir liten mulighet til selvregulering av flommer. Store deler av nedbørfeltene ligger over tregrensen og har stabile snøforhold, hvilket fører til at vassdragene er preget av vårflommer.

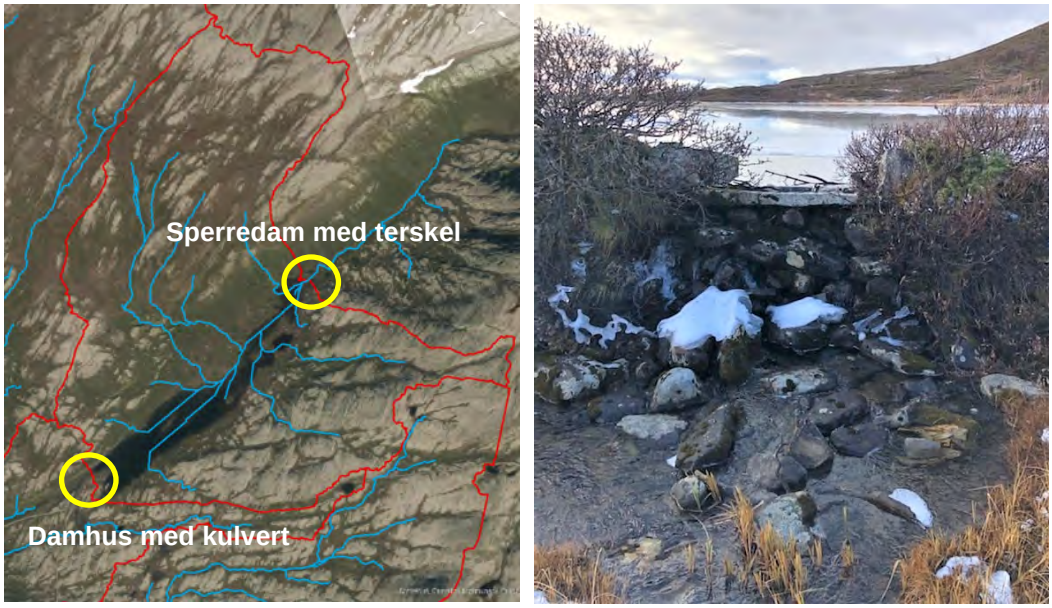


Figur 2-2: Hypsogafiske kurver Otta, Finna og Nugga

Det er noe usikkerhet i nedbørfeltgrensene til Nugga, mer spesifikt hvor stor andel av Jettjørni som drenerer til Nugga ved flom. Ut ifra kartene ser Jettjørni ut til å ha en naturlig bifurkasjon med utløp både mot Nugga i sørvest og Jettdalen (Ilka) i nordøst. GIS-analyser med nasjonal detaljert høydemodell viser at Jettjørni drenerer nordøst mot Jettdalen. Under befaring 24. august 2021 ble observert en regulering i Jettjørni som trolig er en del av et gammelt vanningssystem.

I den sørvestre delen av Jettjørni er det en jorddam og et damhus med tapping gjennom en kulvert av betong og naturstein. I den nordøstre delen av Jettjørni er det en lav sperredam med overløp sikret med en stor steinhelle som terskel. Det er tydelig at mesteparten av flomvannet fra Jettjørni går i overløpet nordøst og at kapasiteten til kulverten i sørvest er begrensende for andelen som går til Nugga. Dammen i Jettjørni har trolig overlevd store flommer som 1938 og 2011, og kanskje også 1860. Jettjørni har et areal på ca. 4,7 km^2 og Nugga ekskludert Jettjørni har et areal på 13,7 km^2.

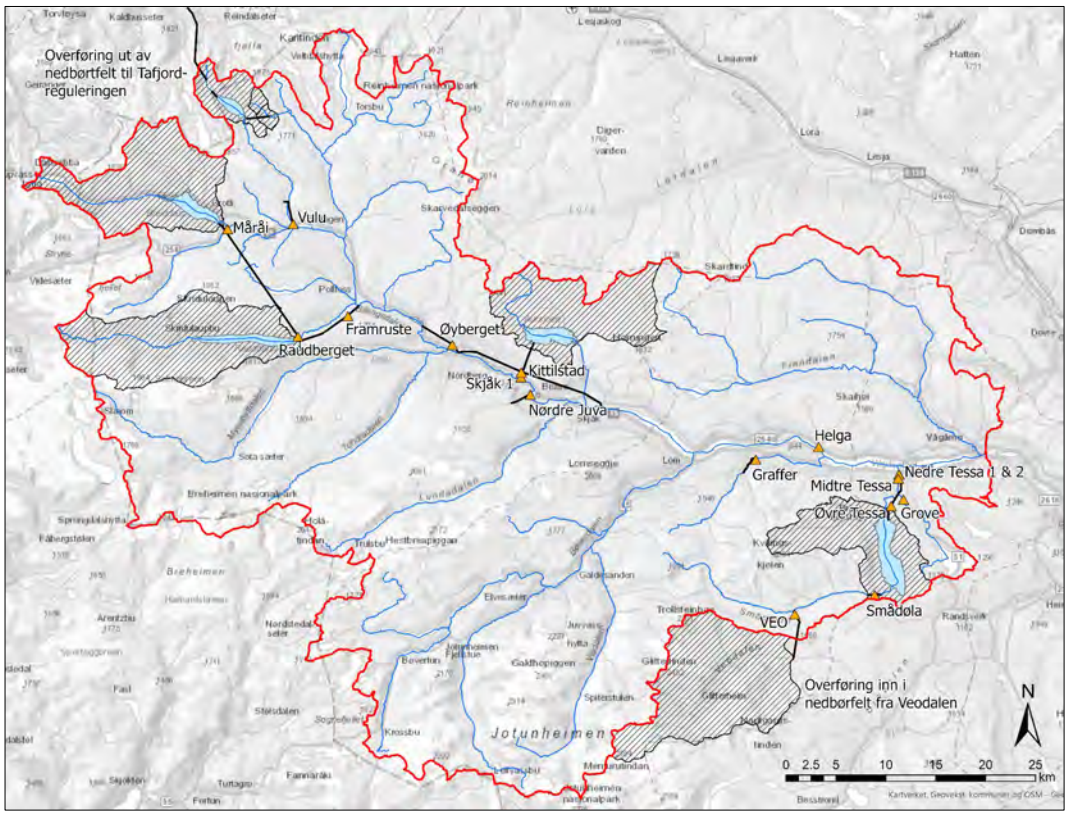
Figur 2-3: Jorddam, damhus og kulvert i sørvestre utløp av Jettjørni (foto: Ingar H. Steinholt)



Figur 2-4: Oversikt nedbørfelt Jettjørni og bilde av sperredam med overløp nordøst i Jettjørni

2.2 Reguleringer

Otta er regulert vassdrag. Frem til Vågåmo er det totalt 17 kraftverk i vassdraget, hvorav fire har reguleringsmagasin. Kraftverkene plassering i nedbørfeltet er vist i Figur 2-5. Tabell 2-2 viser en oversikt ov



Figur 2-5: Oversikt kraftverk i nedbørfeltet til Otta. Områdene med skravur hvis arealet av nedbørfeltet med reguleringsmagsin.

Tabell 2-2: Oversikt over krafterk i Ottavassdraget frem til Vågåmo

NVE ID	Navn	Type	Maks effekt (MW)	Magasin	Magasin-volum (mill. m^3)	Regulert Nedbørfelt (km^2)
-	Måråi	Minikraftverk	0.7	-	-	-
-	Vulu	Småkraftverkk	9.0	-	-	-
1375	Rauberget	Pumpekraftverk	3.8	Breidalsvatnet	70	127.2
829	Framruste	Magasinkraftverk	75.0	Rauddalsvatnet	166	146.9
828	Øyberget	Elvekraftverk	99.5	-	-	-
381	Skjåk 1	Magasinkraftverk	32.0	Aursjøen	60	106.3
-	Nørdre Juva	Småkraftverk	1.4	-	-	-
-	Veo	Overføring	11.5	-	-	-
1747	Smådøla	Elvekraftverk	13.7	-	-	-
522	Øvre Tessa	Magasinkraftverk	16.0	Tessevatn	130	88.5
270	Midtre Tessa	Magasinkraftverk	7.7	-	-	-
300	Nedre Tessa 1	Magasinkraftverk	9.4	Tessevatn	-	-
301	Nedre Tessa 2	Magasinkraftverk	16.0	-	-	-
1359	Grove	Mikrokraftverk	0.08	-	-	-
-	Graffer	Småkraftverk	3.3	-	-	-
-	Helga	Minikraftverk	0.25	-	-	-

De viktigste reguleringene i nedbørfeltet i Otta mht. påvirking på flommer i vassdraget er:

- Tesse-anleggene. Øvre Tessa og Nedre Tessa 1 har inntaksmagasin i Tessevatn. Midtre Tessa og Nedre Tessa 2 har inntaksmagasin Flugudammen som fylles av vann fra Øvre Tessa og elvene Gjæsinggrove og Grove. Første regulering satt i drift 1941.

- Overføring Veodalen. Satt i drift i 1963. Overfører vann fra et nedbørfelt på 156 km^2 fra Veo som er en sideelv til Sjoa. Maksimal overføringskapasitet 25 m^3/s.

- Raudberget pumpestasjon. Overfører vann fra Breidalsvatn til Rauddalsvatnet. Breiddalsvatn ble først regulert i 1941-1942 og overføringen ble satt i drift i 2008. Overføringen har en maksimal kapasitet på 15 m^3/s.

- Framruste kraftverk. Regulering satt i drift i 2005. Benytter Breidalsvatnet som inntaksmagasin.

- Skjåk 1 kraftverk. Benytter Aursjøen som inntaksmagasin. Satt i drift i 1965.

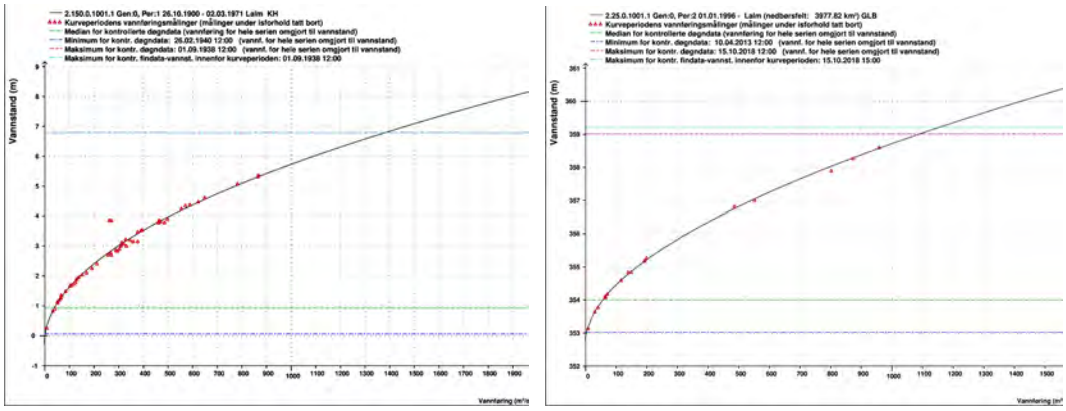
- Overføring indre Vuludalen i Skjåk. Grønvatnet og Brusetvatnet sammen med et mindre felt i Torddalen (samlet areal 35,1 km^2) ble overført ut av nedbørfeltet til Tafjordreguleringen i 1993.

Magasinkraftverkene regulerer et samlet areal på 468,9 km^2, hvilket tilsvarer ca. 14% av nedbørfeltet til Otta ved Vågåmo. Siden magasinkraftverkene regulerer en beskjeden andel av nedbørfeltet, vil reguleringene ha liten påvirkning på store flommer i vassdraget.

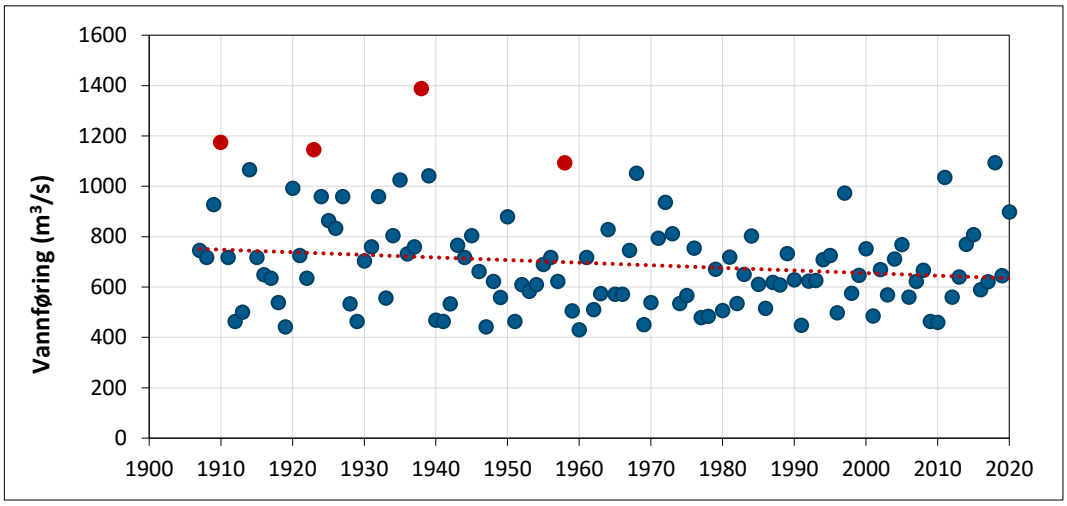
2.3 Flomhistorikk

Finna er kjent som en flomelv. Den første kjente flommen i Finna er Digerofsen i 1340-årene som trolig førte til at elva skiftet løp fra vest for Vågå kirke til nåværende løp på østsiden [2]. Under Storofsen juli 1789 gikk Finna på begge sider av kirka og vasket kirkegården ut i Otta. Lensmann Jarmann melder at han kunne telle 60 jordskred i området, og 28 gårdsbruk hadde avtaksforretning som følge av skader fra flommen og skred. Under storflommen i juni 1860 tok Finna klokkergården og et bruk til som ble skylt ut i Otta.

Den hydrologiske stasjonen 2.25.0/2.150.0 Lalm i Otta er den eldste i Otta. Stasjonen som ble etablert i 1900 ligger nedstrøms Vågåmo og har kontinuerlige data frem til i dag. Vannstan er registrert i lokal høyde frem til 1996, deretter i høyde over havet. Frem til 02.03.1971 hadde Lalm en enkeltsegment vannføringskurve, tosegmentkurve frem til 31.12.1996 og ny kurve med tre segmenter etter det. Kurvene er godt oppmålt, se Figur 2-6. Figur 2-7 viser de registrerte årsflommene ved Lalm. Regresjonslinja viser en fallende trend i middelflommen, men trenden snur på 70-tallet. Det ser også ut til at flommen i 2011 er underestimert.



Figur 2-6: Vannføringskurver for målestasjon 2.25.0 Lalm



Figur 2-7: Årsflommer ved 2.25.0 Lalm med trendlinje

Figur 2-8: Flomstøtte ved Lalm. Foto: Jant-Tore Egge. Wikipedia commons.

Figur 2-8 viser flomstøtta ved Lalm. På toppen av støtten finner man merkene for flommene i 1789 og 1860. Lenger nede på støtten finner man merkene for 1938, 1910, 1923 og lengst ned 1958. De fire siste flommene er market med røde sirkler på Figur 2-7. Ut ifra flommerket er flommen i 1789 estimert til 1524 m^3/s og 1860 estimert til 1585 m^3/s, dvs. motsatt rekkefølge av vist på flomstøtten. Lars Andreas Roald angir 1648 som kulminajonsvannføring for flommen i 1789 [2]. Ut ifra dataene var flommen i 1938 på 1387 m^3/s. Flommen i 2011 er registrert med kulminasjonsverdi på 1040 m^3/s.

Figur 2-9: Vannstand ved flomstøtten på Lalm 10. juni 2011. Venstre bilde tatt ved kl 19 og bilde til høyre tatt senere på kvelden. Foto: Øyvind Armand Høydal (NGI)

Kvelden 10. juni 2011 reiste Øyvind Armand Høydal (NGI) til Vågåmo. Bildet til venstre i Figur 2-9 viser vannstanden ca. kl. 19, og vi ser at vannstanden nærmer seg merket fra 1938. Bildet til høyre viser vannstanden senere på kvelden, her har vannstanden passert merket fra 1938. Ved å benytte vannstanden fra 1938 (som var en enkeltavlesning) på vannføringskurven for 2011 får man en vannføring på 1374 m^3/s. Flommen i 2011 kan

med andre ord hatt en vannføring på 1400 m^3/s – vannstanden ved Lalm var fortsatt på vei opp når bilde nr. 2 ble tatt.

Flommen i 1938 gjorde store skader på Vågåmo, først og fremst fordi det gikk jordskred og det var stor masstransport i både Finna og Nugga. Roald beskriver det slik: *«I Vågå ble ti bruk ødelagt av flommen, og Finna flommet opp som under de tidligere storflommene der. Elveleiet ble igjen fylt med stein og grus, så vannet flommet utover før det nådde Otta. Utpå dagen steg vannet så mye at de som bodde mest utsatt flyktet til prestegården som lå høyere til. Natt til 30. juni tilbrakte mer enn 200 mennesker natten på prestegården. Sidebekken nugga svulmet også opp. Finna brøt ut på nordøstsiden av Finnbrua. Et verksted ble ødelagt, et våningshus fikk skade, og flere uthus ble tatt av flommen. Kjelleretasjen i Vågå ysteri ble fylt med stein og grus. … I Vågå gikk det også flere jordskred.»*

Roar Øvre skriver i en e-post til Øyvind Armand Høydal 07.10.2021: *«Under høstflommen i begynnelsen av september 1938 gikk det riktig ille med Nugga (som med Finna). En viktig grunn var nok at det gikk ett eller flere jordskred som demte opp vann helt til det oppstod «dambrudd». Et av disse skredene ser man fortsatt spor etter på vestsida av Nuggedalen ved setrene på Køyringen. Alle bruene ble tatt (bestemor mi var på feil side av Nugga for å hente hjem kyrne, og far min på 5 år var alene hjemme – riktig nok med si bestemor like i nærheten). Vannet brøt ut rett oppstrøms Haugøy, tok seg nytt løp omtrent der hvor vegen Haugøygeilen går nå og spredte seg utover det flatere terrenget mellom hotellet, rutebilstasjonen og ysteriet – i grove trekk».*

Under flommen i 2011 som trolig hadde samme størrelse som i 1938 gikk det bra selv om det var like før Finna brøt seg ut mot vest. Forskjellen i 2011 sammenlignet med 1938 var trolig mindre massetransport, forsterkede flomverk og erosjonssikring.

3 Flomberegninger

3.1 Klimapåslag

NVEs rapport nr. 86 *"Klimaendringer og framtidige flommer i Norge"* fra 2016 gir følgende anbefalinger til valg av klimapåslag for 1971-2000 til 2071-2100 for Østlandet:

1. **0 % økning** – Nedbørfelt som er dominert av snøsmelteflommer i dagens klima og som ikke har hatt store historiske flommer om høsten.

2. **20 % økning** – Alle større nedbørfelt i nærheten av kysten og områder der årlig maksimal vannføring forekommer om høsten og vinteren i dagens klima, og nedbørfelt som er dominert av snøsmelteflommer om våren i dagens klima men som også kan ha stor flomvannføring om høsten/vinteren (f.eks. Gaula-vassdraget).

3. **Minst 20 % økning** – Alle nedbørfelt med areal < 100 km^2 og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.

Selv om vårflommer dominerer har Otta hatt store høstflommer, 1938 (august/september) og 2018 (oktober), og faller dermed innenfor punkt 2. Nugga er tilhører helt klart punkt 3. Finna har større feltareal enn 100 km^2, men er klart et felt som reagerer raskt på styrtregn. I samme rapport er flomsonekartlegging for Vågåmo spesielt nevnt: *fs002_33 Finna (+Otta) ved Vågåmo*, med anbefaling om 20% klimapåslag. Norsk klimaservicesenter sin klimaprofil for Oppland [3], oppdatert i 21. januar 2021, har samme anbefaling for flomsonekart for Vågåmo.

På bakgrunn av formuleringen *«minst 20 % økning»* har vi sett videre på Nugga. NVE rapport 86/2016 presenterer formler for estimering av klimapåslag ut ifra nedbørfelts parametere. Forventet endring i 200-årsflom er beskrevet med formel 5.2 i rapporten:

$$Median\ endring\ i\ 200 - årsflom\ = \\ 3.922\ +\ 0.869 \times Reg - 0.09885 \times Avst + 0.0094 \times H_{50}\ \ [\%] \qquad (3\text{-}1)$$

der *Reg* er en fast regionsparameter (8.38 for Østlandet), *Avst* er avstand til utjevnet kystlinje (km) og H_{50} er medianhøyden for feltet (m).

Nugga er plassert ca. 145 km fra kysten og har en medianhøyde på 1127 meter, hvilket gir et klimapåslag på 7,7%. Finna er ca. 140 kilometer fra kysten og har en medianhøyde på 1370 som gir et klimapåslag på 10.5%.

Blant nedbørfeltene som ble benyttet til HBV-simuleringer av klimaendringer i NVE-rapport 86/2016 er 2.291 Tora med areal på 263 km^2 det nærmeste som er sammenliknbart med Finna. Klimapåslaget her er 25% for 2071-2100 med utslippsscenario RCP 8.5. Tora ligger på vannskillet mot Sunnmøre og har dobbelt så høy spesifikk avrenning som Finna.

Det er vanskelig å finne sammennlikningsstasjon for Nugga. Den nærmeste er 21.47 Lislefjødd nord for Hovden som har feltareal på 19 km^2 og klimapåslag på 20%. For Vågåvatn er 2.614 Rosten med feltareal 1828 km^2 og 2.268 Akslen med areal på 795 km^2 som er et delfelt av Vågåvatn naturlige sammenlikningsfelt – klimapåslaget er 22 % for Rosten og 20 % for Akslen.

Med bakgrunn i anbefalingene i NVE-rapport 86/2016 og Klimaservicesenterets klimaprofil for Oppland settes klimapåslag for Otta og Finna til 20% og Nugga til 40%

3.2 Finna

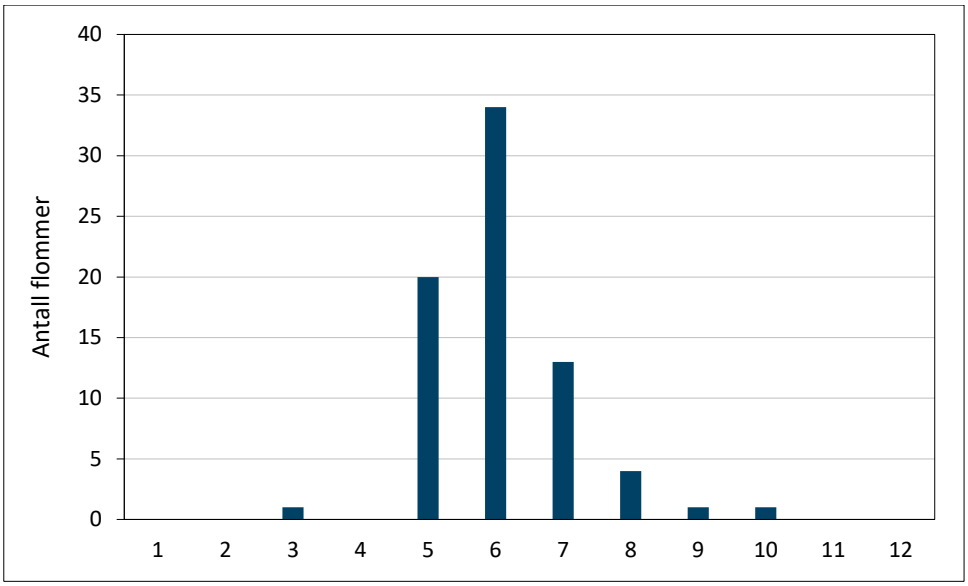
3.2.1 Hydrologiske data

I flomberegningene til Finna er det i hovedsak benyttet data fra vannmerke 2.284.0 Sælatunga som ligger ved utløpet av Finngjelet og måler vannføring rett oppstrøms Vågåmo sentrum. Nedbørfeltet er uregulert, har en høy andel snaufjell og lav effektiv sjøprosent, så flomdempingen i feltet liten. De første målingene ved Sælatunga er fra 1955, men det er kontinuerlig drift bare fra 1966 med ett opphold mellom 1974 og 1978.

Målestasjoner i nærliggende uregulerte nedbørfelt til Sælatunga med liknende feltkarakteristikk er 2.268.0 Akslen, 2.291.0 Tora og 2.303.0 Dombås. Både Akslen og Tora ligger i nedbørfeltet til Otta oppstrøms Vågåmo.

Tabell 3-1: Feltkarakteristikk Sælatunga, Akslen, Tora og Dombås

	Areal *[km²]*	**Eff. sjø** *[%]*	**Snau -fjell** *[%]*	**Bre** *[%]*	**Spesikfikk avrenning** *[l/s*km²]*	**Felt-lengde** *[km]*	**Konsen-trasjonstid** *[timer]*
2.284 Sælatunga	466.0	0.08	80.8	-	23.2	37.3	10.4
2.268 Akslen	791.0	0.06	71.2	10.8	30.8	35.9	10.0
2.291.0 Tora	262.0	0.45	87.4	5.0	46.9	20.8	5.8
2.303.0 Dombås	494.0	0.09	79.2	-	21.9	32.9	9.1



Figur 3-1: Månedsfordeling flommer ved Sælatunga, 1979-2020

Flommene ved Sælatunga inntreffer hovedsakelig om våren. Figur 3-1 viser månedsfordelingen av alle uavhengige flommer over 50 m³/s i perioden 1979 til 2020, til sammen 74 flommer. Den eneste flommen i mars er tydeligvis en isgang den 22.03.2011. Septemberflommen er en liten flom 53 m³/s den 03.09.1988 og oktoberflommen er den 15.10.2018 samtidig som den store flommen i Otta (samme dag 1092 m³/s ved 2.25.0 Lalm). Flommen i Finna på denne dagen var moderat og kulminert på 55 m³/s. De fire flommene i august er også moderate, den største var 15.08.2002 med kulminasjon på 94 m³/s, dvs. lavere en middelflommen. Det skal likevel nevnes at storflommen i 1938 var i månedsskiftet august-september. De tre største flommene ved Sælatunga i dataserien

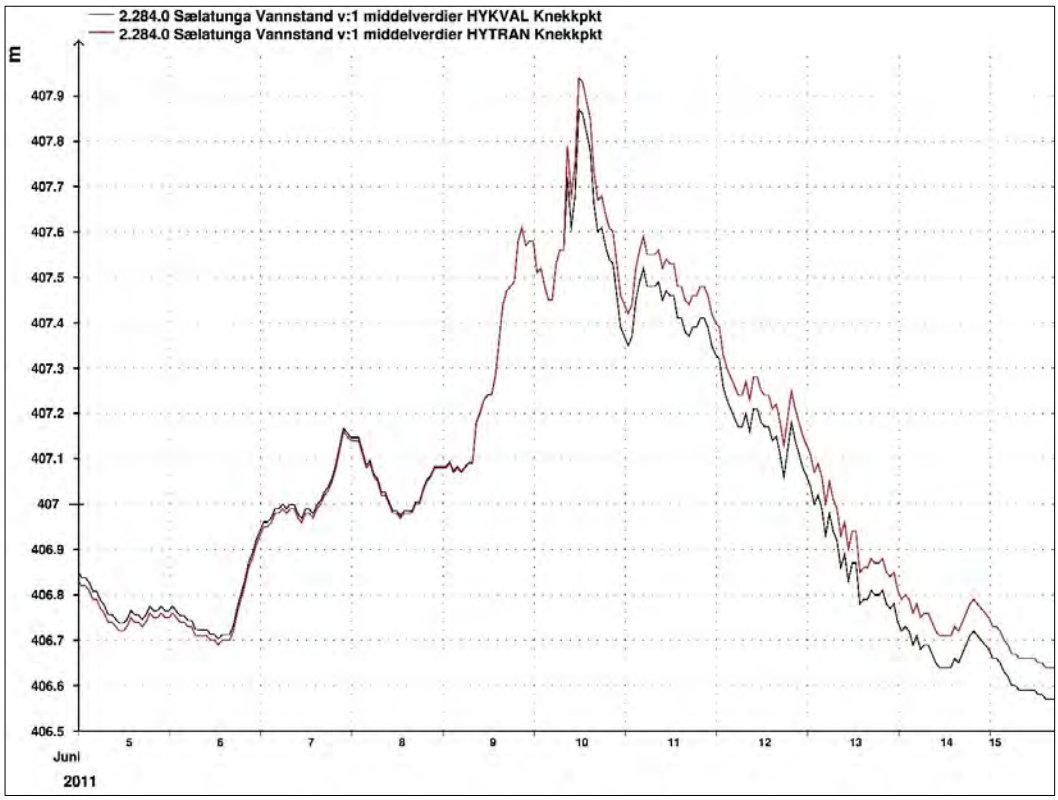
vist i Figur 3-1 var 10.06.2011 med kulminasjonsverdi på 255 m^3/s (samme flom den første av de to skadeflommene i Veikleåna i Kvam), 02.06.1995 med 211 m^3/s (Vesleofsen), og 07.07.2015 med 194 m^3/s.

Pinseflommen 2011

Den største flommen i observasjonsserien til Sælatunga inntraff 10. juni 2011 med kulminasjonsvannføring på 366 m^3/s. Under flommen var det problemer med observasjonene ved målestasjonen, i periodekommentarene på Hydra II står det følgende:

> *HYDAG 07.06.2011-27.11.2011 (rsol) Komplettering, meget usikker(5) kommentar: Korreksjon av data fra pinseflommens start 2/6 frem til rensking av sedimenter i trykkcellerør 28/11. Vanskelig og usikker korreksjon. Utført i samarbeid mellom Turid-Anne Drageset/Hafslund E-Co og Rolf Olstad/NVE Mai-Juli 2020.*
>
> *HYDAG 09.06.2011-10.06.2011 (rsol) Annen justering, spesifiser:(16) kommentar: Feil i Hykon, reelle data*

Korrigeringen av de observerte dataene ved Sælatunga er tydeligvis gjort ved å justere vannstanden med 7 centimeter fra 10.06.2011 kl. 09:00z og fremover. Justeringen gir en reduksjon av kulminasjonsvannføringa fra 395 m^3/s til 366 m^3/s. Vannstandskorrigeringen er vist i Figur 3-2. I flomberegningene er det valgt å benytte de justerte vannstandene.



Figur 3-2: Registerte (rød kurve) og korrigerte vannstandsdata (sort kurve) ved Sælatunga under pinseflommen 2011 (fra Hydra II).

Vannføringskurve for Sælatunga

Vannføringskurven ved Sælatunga har seks perioder, alle oppsummert i Tabell 3-2.

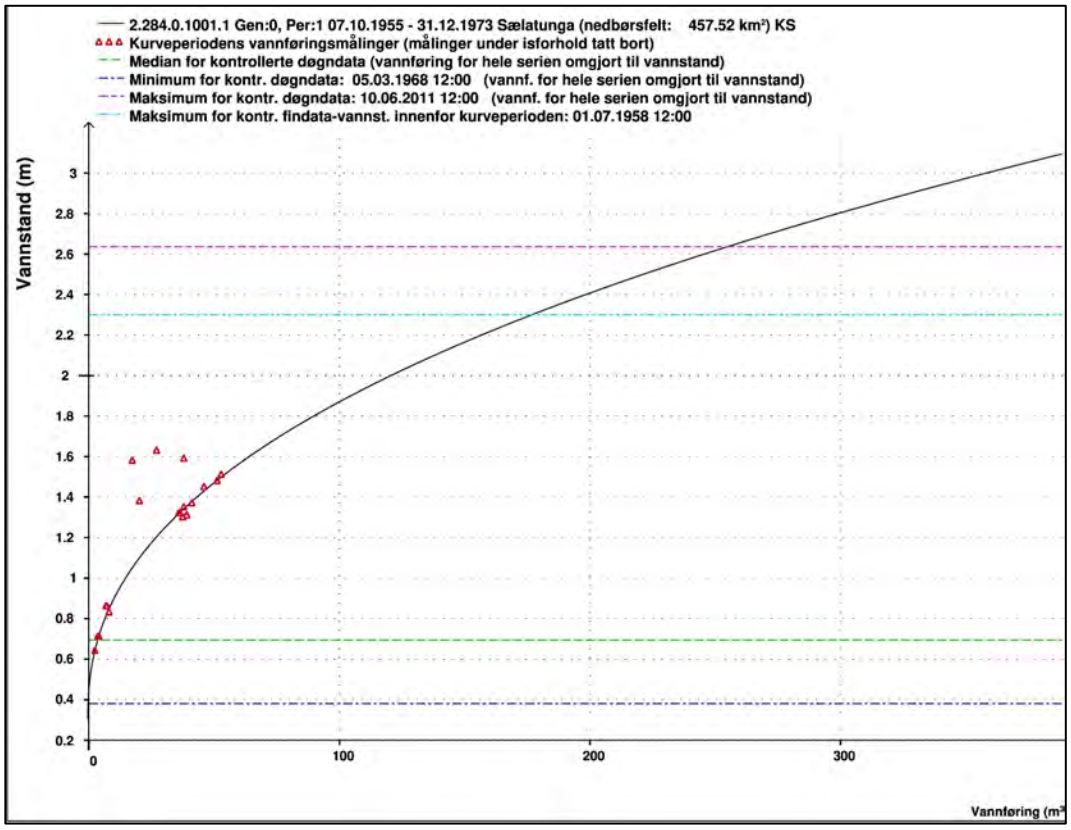
Tabell 3-2: Vannføringskurver ved 2.284.0 Sælatunga

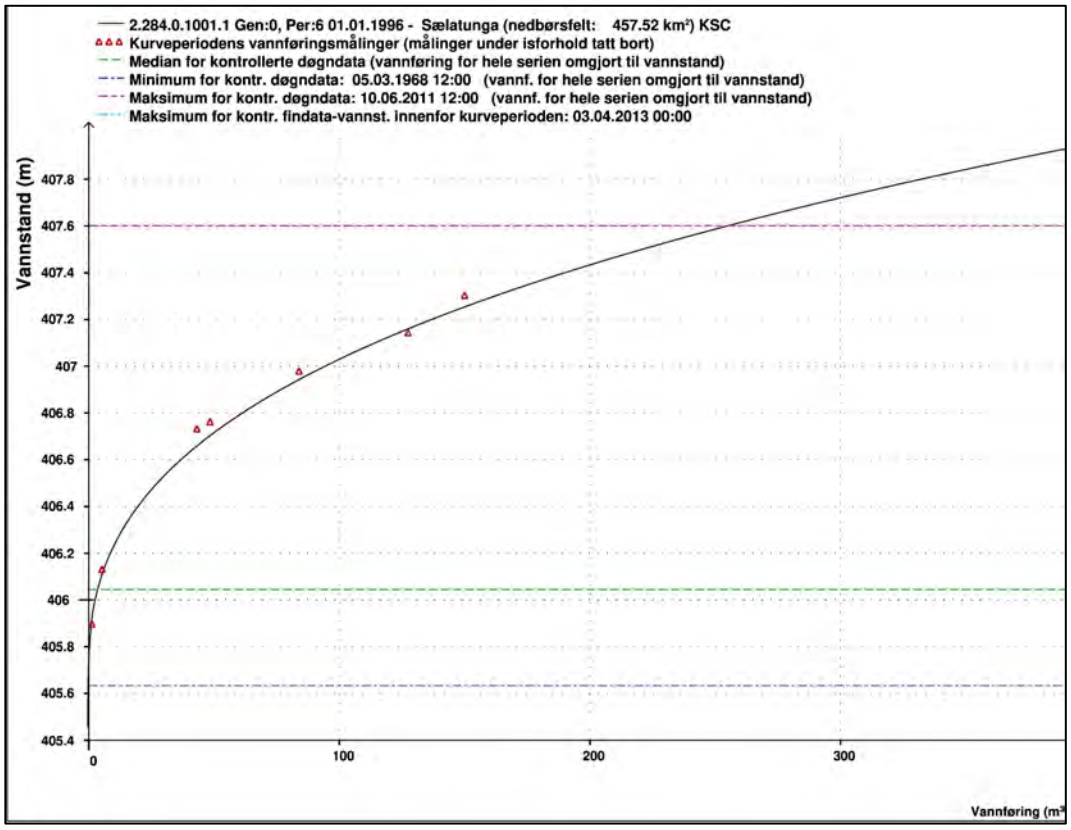
	Fra	til	k	h_0	n	h_{max}	Målt Q_{maks} (m^3/s)	0-100 m^3/s	0-200 m^3/s
1	07.10.1955	31.12.1973	34.7755	-0.3	2.3495	10.3	45.9	1.57	2.40
2	01.01.1974	31.12.1978							
3	01.01.1979	31.05.1984	33.2434	-0.3	2.7934	10.3	55.17	1.48	1.90
4	01.06.1985	29.05.1995	26.8506	-0.3	2.9046	10.3	58.74	1.52	1.93
5	30.05.1995	31.12.1995	24.2595	-0.217	3.1797	2.3	126.5	1.56	1.95
6	01.01.1996	d.d.	16.0383 37.1499	-405.45 -405.60	3.0378 2.7800	405.94 409.17	150.34	1.58	1.98

De to siste kolonnene i Tabell 3-2 viser vannstanden ved vannføring på 100 og 200 m^3/s. Parameterne *k*, h_0 og *n* viser til potensformelen for sammenheng mellom vannstand og vannføring:

$$Q = k \times (h - h_0)^n \quad \text{for } h < h_{maks} \tag{3-2}$$

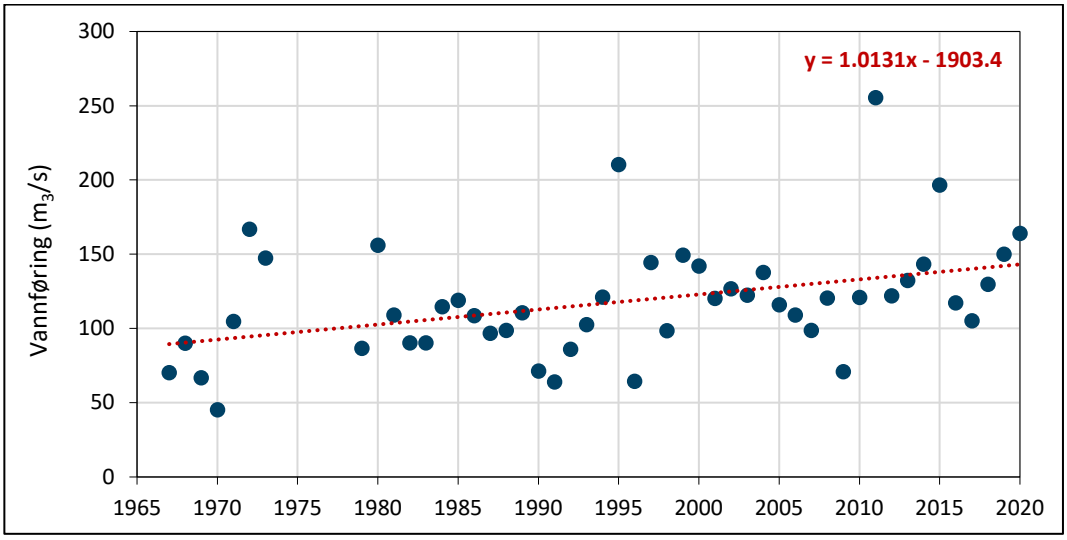
Tabellen viser at periode 1 skiller seg fra de andre med lav n-verdi og mindre økning i vannføring med økt vannstand. Stasjonen har antageligvis ikke et stabilt bestemmende tverrprofil, men forskjellen er påfallende stor. Periode 6, den gjeldende vannføringskurven, er den som har best dokumenterte høye vannføringer. Den ble etablert allerede i år 2000 i følge informasjon på Hydra II, men følger fortsatt målingene godt under flomvannføringer i 2020. Kurvene for periode 1 og 6 er vist i Figur 3-3. Det er verdt å merke seg at vannføringsmålingene som periode 1 er basert på passer like godt med kurven for periode 6. Dette har dog liten konsekvens for flomanalysene da det kun er to av flommene i periode 1 (1972 og 1973) som er store nok til bli påvirket av endret kurve. Flommene i 1972 og 1973 blir omlag 10-15 % større med kurven fra periode 6.





Figur 3-3: Vannføringskurver ved 2.284.0 Sælatunga for periode 1 (1966-1973) og periode 6 (1996 – d.d.).

Figur 3-4 viser et tidsserieplott av årsflommene ved Sælatunga. Plottet tyder på at det er noe som ikke stemmer, man ser kraftig økning i flomverdiene fra 1960-tallet og frem til i dag. Økningen kan ikke kun skyldes feil i vannføringskurva for periode 1, dersom vi fjerner flommene for denne perioden er stigningen fortsatt like bratt. Stigningen tilsvarer tilnærmet 1 m^3/s økning i middelflommen hvert år som summerer seg til en økning på ca. 50 m^3/s over hele perioden. Dette er en økning som er langt større enn man forvente forårsaket av klimaendringer.



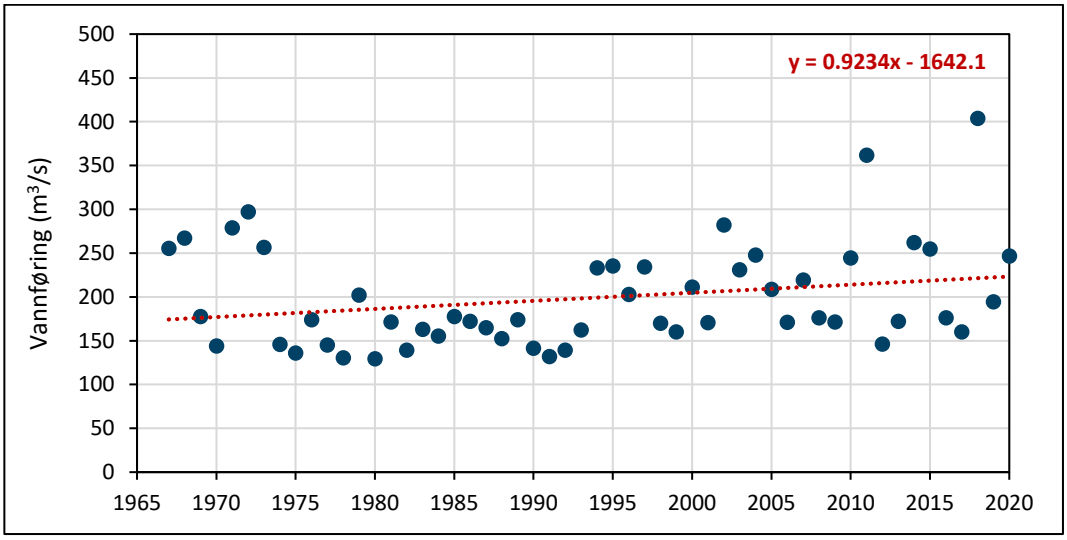
Figur 3-4: Årsflommer ved 2.284.0 Sælatunga

Til sammenlikning er årsflommer ved Akslen, Tora og Dombås analysert. Samtlige vannmerker viser en økning fra 1980 og frem til i dag. Perioden 1967 til 1980 skiller seg ut. Sælatunga har nokså lave verdier, Akslen har høyere verdier, Tora har svært høye verdier og Dombås har nokså jevne verdier i slutten av perioden. Det er kun Sælatunga og Dombås som har stor flom under Vesleofsen i 1995.

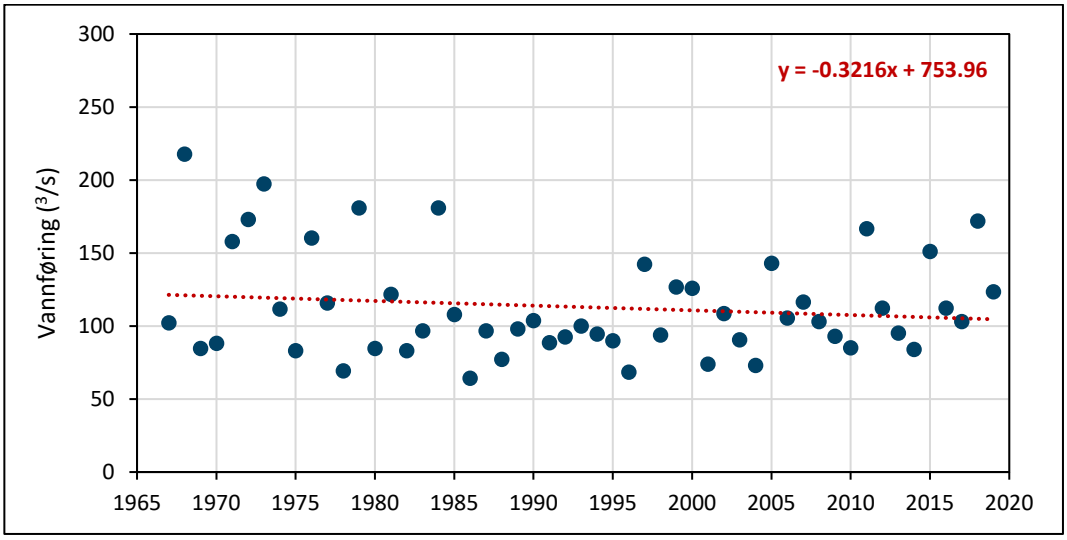
Tabell 3-3: Vannføringskurver for 2.291.0 Tora

	Fra	til	k	h_0	n	h_{max}	Målt Q_{maks} (m^3/s)	0-100 m^3/s	0-200 m^3/s
1	26.10.1966	31.12.1985	31.4163	-0.38	2.7728	3.07	75.82	1.52	1.95
2	01.01.1986	10.03.2003	6.8898 75.6012 44.6914	-0.3 -0.65 -0.50	2.2791 2.3541 2.0760	0.854 1.325 3.00	80.82	1.67	2.26
3	11.03.2003		16.0846 59.3320 53.1807	-702.992 -703.062 -703.062	1.4937 2.5392 2.2260	703.442 703.772 706.370	141.92	1.40	1.88

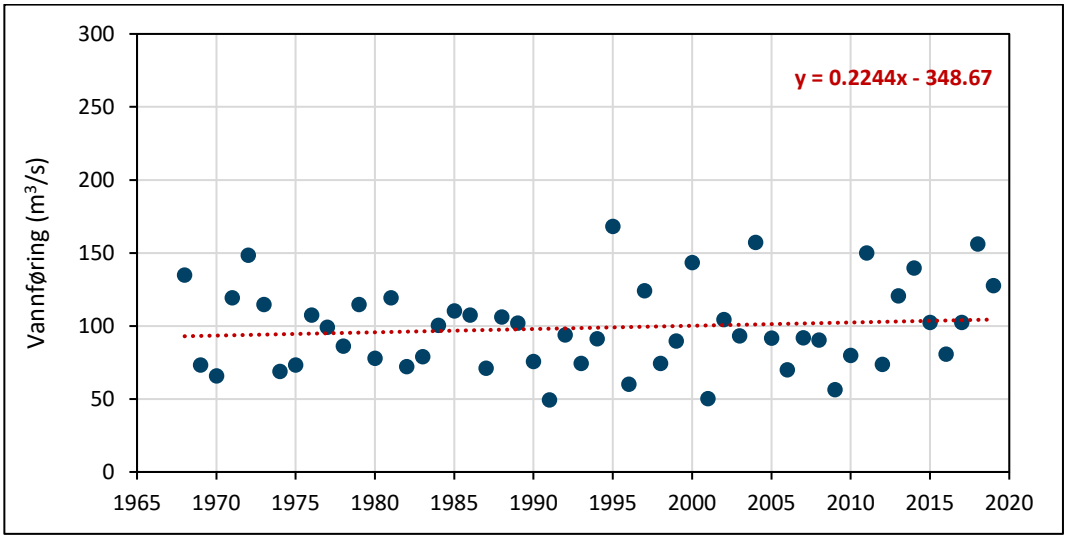
Tora har også en vannføringskurve som er basert på flere perioder, se Tabell 3-3. Det kan se ut til at det problemer med øvre segment i periode 2, men segmentet er basert på flere vannføringsmålinger. Både periode 1 og 3 har problemer til tilpasningen til de høyeste vannføringsmålingene, i periode 1 ligger kurva under målingene og i periode 3 ligger de over.



Figur 3-5: Årsflommer ved 2.268 Akslen



Figur 3-6: Årsflommer ved 2.291 Tora



Figur 3-7: Årsflommer ved 2.303 Dombås

Akslen har to kurveperioder, 1961-1995 og 1996-d.d. Begge perioder er godt oppmålt, den første med høyeste vannføring på 190 m^3/s og den andre til 140 m^3/s. Dombås har bare en kurveperiode oppmålt til 90 m^3/s. I kommentarene til stasjonen på Hydra II er det oppgitt vanskelige hydrauliske forhold ved høy vannføring og at kurven er usikker ved flom.

3.2.2 Frekvensanalyser

Et utvalg av frekvensanalyser er vist i Tabell 3-4. Bortsett fra analysene basert på regional flomfrekvensanalyse RFFA-2018 er ekstremverdifordeling type 1, EV1 – Gumbelfordelingen, benyttet for å være mest mulig kompatibel med NVEs analyser fra 2000. Alle beregningene er basert på årsflom og døgnverdier, bortsett fra kolonnen merket «HYKVAL» som er basert på data med fin tidsoppløsning og kolonnen «RFFA-2018 kulm.» som er basert på kulminasjonsfaktoren fra regional flomfrekvensanalyse. Alle analyser er utført med start-systemet i databasen Hydra II og RFFA-estimatene er hentet fra NVEs web-applikasjon NEVINA.

Tabell 3-4: Flomberegninger for Sælatunga basert på ulike perioder

	NVE 4/2000 *1966-1998* *EV1-PWM*	**HYDAG** *1966-1998* *EV1-Bayes*	**HYDAG** *1966-2020* *EV1-Bayes*	**HYDAG** *1999-2020* *EV1-Bayes*	**FlomDB** *2001-2021* *EV1-Bayes*	**HYKVAL** *2001-2020* *EV1-Bayes*	**RFFA-2018** *Døgn*	*Kulm.*
Q_M	105	109	117	133	134	161	95	109
Q_5		133	148	163	165	198	124	143
Q_{10}	154	157	172	187	188	230	145	167
Q_{20}	176	178	195	211	212	263	164	189
Q_{50}	203	207	226	243	242	306	190	219
Q_{100}	223	228	250	268	265	339	210	242
Q_{200}	244	250	273	294	289	373	230	265
Q_{500}	271	280	304	329	320	419	257	296
Q_{1000}		303	327	357	344	455	277	319
Q_M	105	109	117	133	134	161	95	109
Q_5/Q_M		1.22	1.26	1.23	1.23	1.23	1.31	1.31
Q_{10}/Q_M	1.47	1.44	1.47	1.41	1.40	1.43	1.53	1.53
Q_{20}/Q_M	1.68	1.63	1.67	1.59	1.58	1.63	1.73	1.73
Q_{50}/Q_M	1.93	1.90	1.93	1.83	1.81	1.90	2.00	2.00
Q_{100}/Q_M	2.12	2.09	2.14	2.02	1.98	2.11	2.21	2.21
Q_{200}/Q_M	2.32	2.29	2.33	2.21	2.16	2.32	2.42	2.42
Q_{500}/Q_M	2.58	2.57	2.60	2.47	2.39	2.60	2.71	2.71
Q_{1000}/Q_M		2.78	2.79	2.68	2.57	2.83	2.92	2.92

De viktigste observasjonene fra sammenlikningen av beregningene fra de ulike periodene og med ulike metoder er:

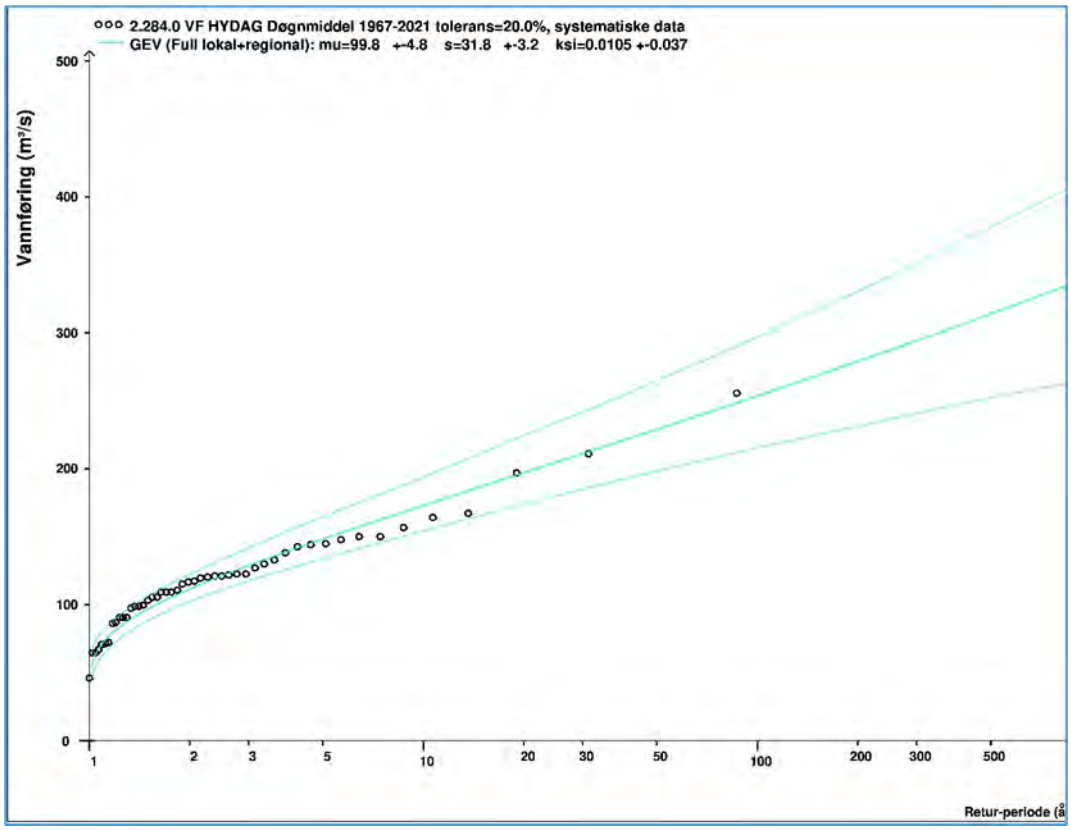
- Valg av ulike perioder gir store forskjeller i middelflom
- Forskjellen mellom vekstkurvene er liten, knapt signifikant
- Middelflommen for perioden etter NVEs beregninger er 23-26 % høyere enn perioden NVEs beregninger fra 200 er basert på

- Middelflommen fra RFFA-2018 er lavere enn begge perioder, men vekstkurven er noe brattere

For beregning av flomvannføringer med ulike returperioder i Finna er det valgt å benytte General Extreme Value (GEV-fordeling) med lokale og regionale data. Analysen er utført for årsflommer uten sesonginndeling for hele dataperioden ved Sælatunga. Forholdstallet mellom døgnmiddel og kulminasjon, kulminasjonsfaktoren, er beregnet på grunnlag av timesdata og døgndata for perioden 2001-2020.

Tabell 3-5: Flomfrekvensanalyse for 2.284.0 Sælatunga

	$Q_{døgn}$ (m^3/s)	Q_T/Q_M	2.5 % (m^3/s)	97,5% (m^3/s)	$Q_{kulm}/Q_{døgn}$	Q_{kulm} (m^3/s)
Q_M	118	1.00	107	130	1.20	142
Q_5	148	1.26	133	165	1.20	178
Q_{10}	173	1.47	154	195	1.22	212
Q_{20}	197	1.67	173	227	1.24	244
Q_{50}	229	1.94	197	270	1.26	290
Q_{100}	254	2.15	215	303	1.28	325
Q_{200}	279	2.37	231	338	1.29	361
Q_{500}	315	2.66	251	384	1.31	412
Q_{1000}	345	2.91	266	422	1.32	454
$Q_{200, klima}$	***335***		***277***	***406***		***433***

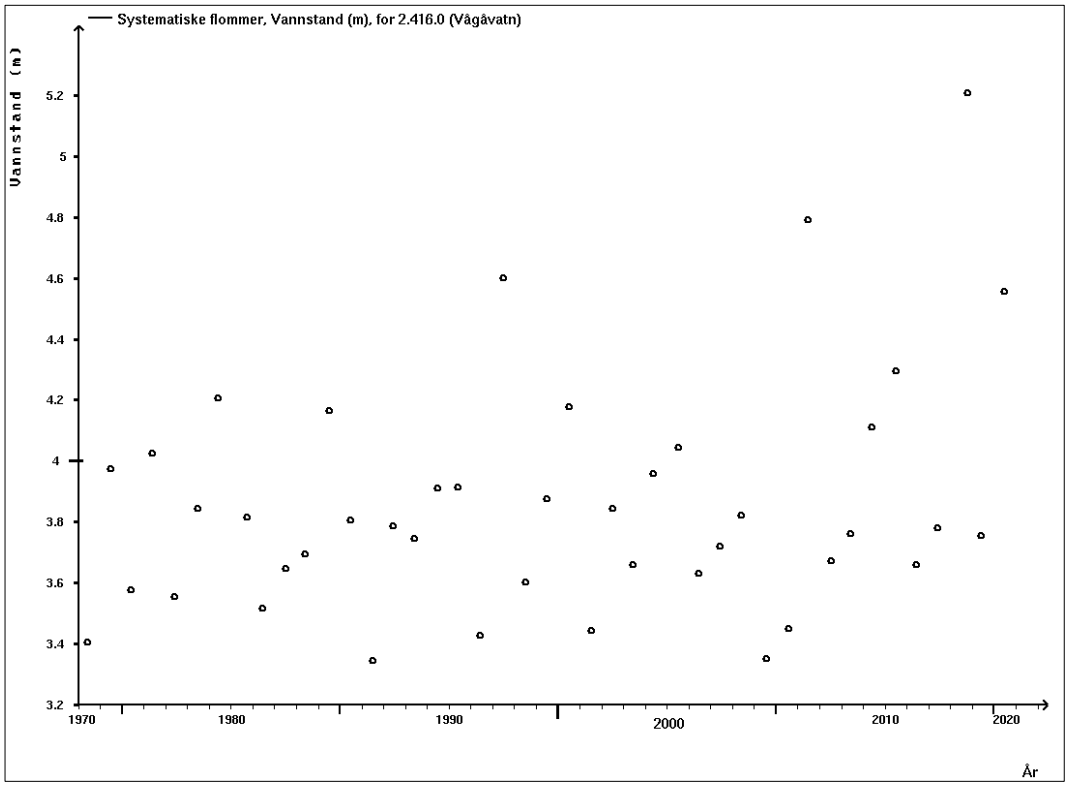


Figur 3-8: Flomfrekvensanalyse for 2.284.0 Sælatunga, døgnmidler

Etter denne frekvensanalysen blir pinseflommen i 2011 en 100-årsflom, både som døgn- og kulminasjonsflom. Basert på NVEs analyse fra 2000 ville den vært over en 200-årsflom mens med RFFA-2018 ville den hatt en returperiode på over 500 år. Med flomhistorikken til Finna i minne virker 100-årsflom som den mest sannsynlige verdien.

3.3 Otta

Flomberegninger for Otta ved Vågåmo er utført med frekvensanalyser på vannstand i Vågåvatn. Vannmerke 2.416.0 Vågåvatn har vært i drift siden oktober 1977. Det har vært samme vannføringskurve siden målestasjonen ble satt i drift, men i 01.01.2016 gikk en over fra høyde over havet til lokal høyde. Differansen mellom NN2000 og lokal høyde er 359.11 meter. Flomanalyseprogrammet i Hydra II regner hele serien automatisk om til lokal høyde, men kvantilene er her regnet om til NN2000.

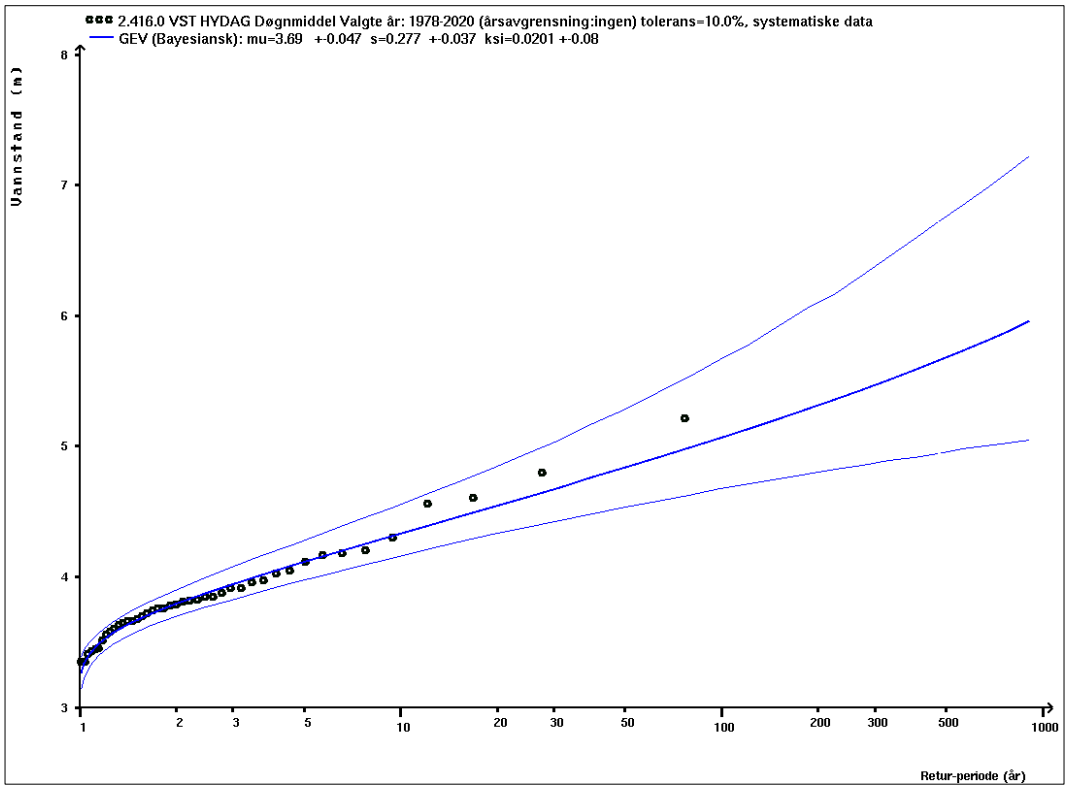


Figur 3-9: Flomserien for 2.416.0 Vågåvatn i lokal høyde

Analysen for Otta er gjort direkte på vannstand i Vågåvatn. Fordelingsfunksjonen som passer best med dataene er General Extreme Value (GEV). Fire flommer i Vågåvatn stikker seg ut, 02.07.1997 med 363.74 m, 10.06.2011 med 363.90 m, 15.10.2018 med 364.64 m og 22.06.2020 med 363.99 m. Figur 3-9 viser hele serien for årsflommer i Vågåvatn og det er en påfallende økning i de største flommene – en liknende tendens som ved Finna.

Tabell 3-6: Flomfrekvenser for 2.416.0 Vågåvatn, vannstand

	H_T/H_M	Lokal vst. (m)	NN2000 (moh)	Q_T (m^3/s)	$Q_{T, klima}$ (m^3/s)	$H_{T, klima}$ (moh)
H_M	1.00	3.86	362.97	570	684	363.34
H_5	1.07	4.12	363.23	650	780	363.64
H_{10}	1.13	4.36	363.47	726	871	363.91
H_{20}	1.19	4.59	363.70	800	960	364.18
H_{50}	1.27	4.92	364.03	910	1092	364.56
H_{100}	1.34	5.19	364.30	1003	1203	364.87
H_{200}	1.42	5.47	364.58	1101	1321	365.19
H_{500}	1.53	5.89	365.00	1251	1502	365.67
H_{1000}	1.62	6.25	365.36	1384	1661	366.09



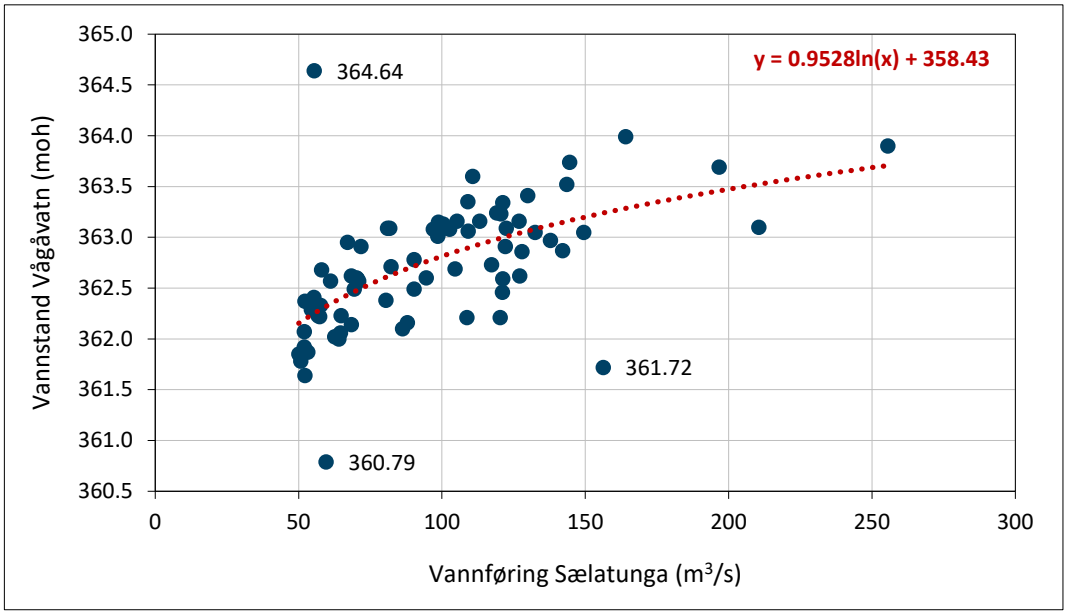
Figur 3-10: Frekvenskurver for vannstander i Vågåvatn, lokal høyde

Tabell 3-6 viser flomfrekvenser for Vågåvatn og Figur 3-10 viser frekvenskurven med usikkerhetsbånd fra 2.5% til 97.5%.

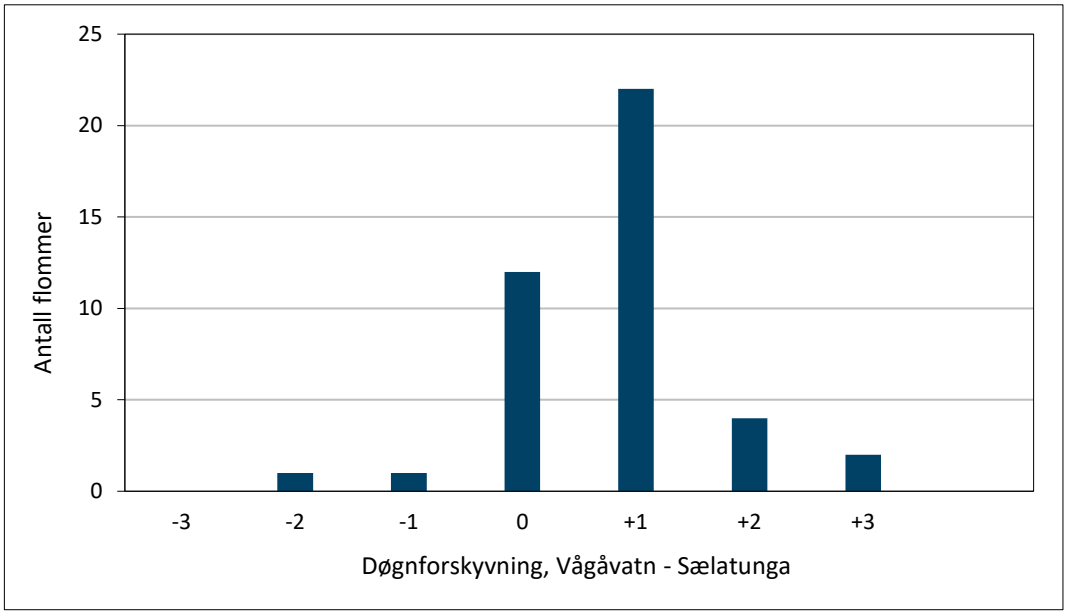
3.4 Samtidighet Finna og Otta

For å vurdere hvorvidt det er sannsynlig med samtidig kulminasjon i Finna og Otta ved Vågåmo er kulminasjonsvannføringer ved Sælatunga og tilhørende døgnvannstand i Vågåvatn analysert. Det plukket ut 74 uavhengige flommer i fellesperioden 1979-2020. Resultatet presentert i Figur 3-11 er vannstand i Vågåvatn som funksjon av vannføring i Finna. Den beste tilpasningen til dataene er en logaritmisk regresjon (vist i figuren). Det er generelt god samling i punktskyen med unntak av tre flommer. Den 15.10.2018 var det

stor flom i Otta (1092 m³/s) og lav vannføring i Finna. Den 22.03.2011 er etter alt å dømme en isgang i Finna. Den siste 31.05.1980 er en lav vannstand i Vågåvatn med normal vårvannføring i Otta og nokså stor flom i Finna.



Figur 3-11: Flomvannføring 2.284.0 Sælatunga (døgnmiddel) med samtidig vannstand 2.246.0 Vågåvatn



Figur 3-12: Tidsforskjell kulminasjon i Vågåvatn og Finna

Flommen i Vågåvatn har en tendens til kulminere etter Finna. Figur 3-12 viser tidsforskjellen mellom kulminasjon i Vågåvatn og Finna. Analysen er utført på døgnflommer over 100 m³/s ved Sælatunga. Resultatene viser at Finna og Otta ved flere tilfeller har kulminert innenfor samme døgn.

3.5 Nugga

Nugga har ingen dataserier på observert vannføring og flomberegninger må derfor utføres med frekvensanalyser med data frå nærliggende vassdrag og andre metoder.

3.5.1 Frekvensanalyser

Nærmeste målestasjon til Nugga er Sælatunga, men Sælatunga har et langt større nedbørfelt. Eneste sammenlignbare målestasjon med brukbar dataserie med findata i relativ nærhet til Nugga er 2.592.0 Fokstua i Foksåe (Folla). Fokstua ligger ca. 26 kilometer nordøst for Nugga og har findata fra 2005. En sammenlikning av Nugga (med og uten Jettjørni), Sælatunga og Fokstua er vist Tabell 2-1. Dataene er hentet fra NVEs web-applikasjon NEVINA. Effektiv sjøprosent er regnet ut manuelt for Nugga da NEVINA ikke håndterer at Jettjørni tilsylatende drenerer ut av nedbørfeltet.

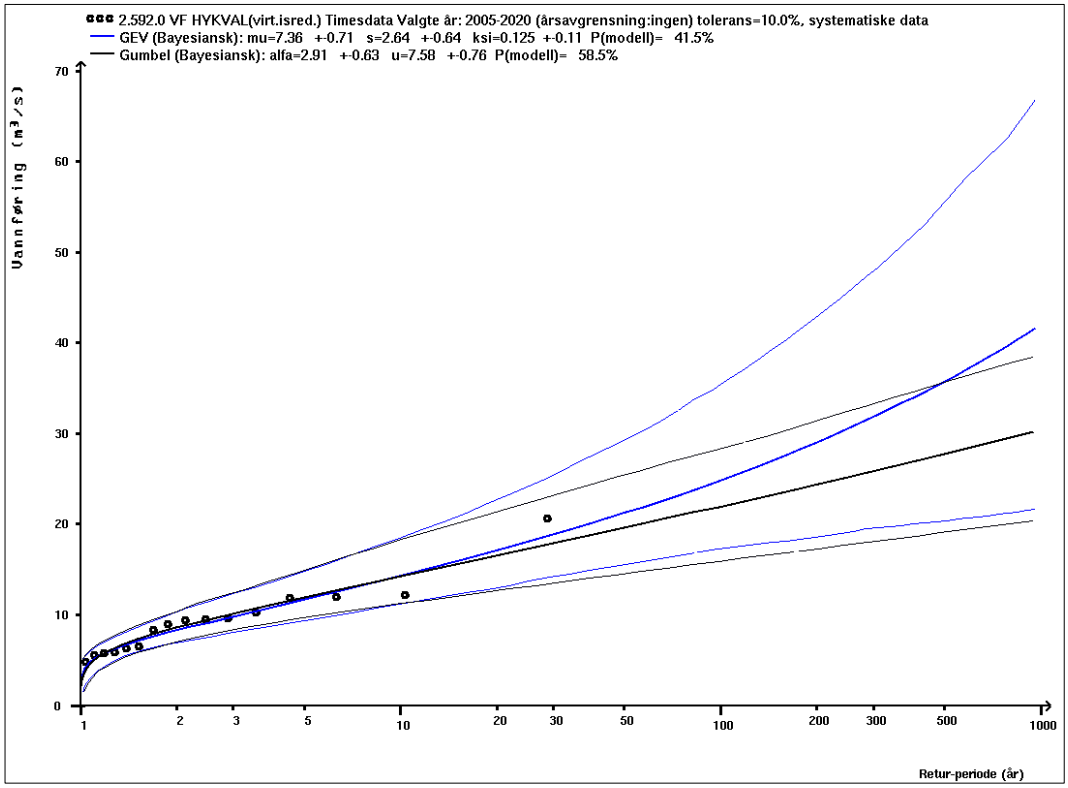
Tabell 3-7: Feltparametere Nugga, Finna og Foksåe

Parameter	Nugga m/Jettjørni	Nugga u/Jettjørni	Finna v/ Sælatunga	Foksåe
Feltareal (km^2)*	16.6	11.9	458.0	26.5
Laveste punkt (moh)	375	375	428	984
Høyeste punkt (moh)	1379	1379	1880	1712
Feltlengde (km)	7.3	7.3	34.3	8.8
Elvegradient (m/km)	126.6	126.6	23.1	52.5
Andel snaufjell (%)	69.5	63.5	82.0	97.9
Andel myr (%)	8.5	8.6	2.0	0.9
Andel innjøareal (%)	2.1	0	2.0	0
Effektiv sjøprosent (%)	0.59	0	0.09	0
Spesifikk avrenning 1961-1990 (l/s km^2)	13.3	13.0	20.5	20.0
Middelvannføring 1961-1990 (m^3/s)	0.22	0.15	1.53	0.54

**til Vågåvegen*

Jettjørni er som tidligere beskrevet i kapittel 2.1 regulert med en gammel jorddam med tapping gjennom en kulvert av betongrør med diameter på ca. 40 centimeter og lengde på ca. 5 meter. Røret ser ut til å være noe deformert. Nord i Jettjørni ligger det en lav sperredam med overløp sikret med en stor steinhelle som terskel. Det er tydelig av flomvann drenerer i denne retningen mot Jettbekken. Nedbørfeltet til Jettjørni på 4.7 km^2, har en effektiv sjøprosent på 7,5 og middelavrenning på 14.1 l/s$km^{2.}$ Med bruk av NVE regresjonsformler for små uregulerte nedbørfelt, RFFA-NIFS, får man et estimat på flomkvartilene: middelflom Q_M lik 0.8 m^3/s og 200-årsflom Q_{200} lik 1.8 m^3/s. Det tydelig at kulverten begrenser andelen av flomvannføringen til Nugga. Det skal nevnes at dammen i Jettjørni antageligvis har overlevd store flommer som i 1938 og 2011, og kanskje til og med 1860.

Fokstua har komplette år med findata fra 2005 til i dag. Frekvensplott for fordelingene General Extreme Value (GEV) og Gumbel er vist i Figur 3-13. Vi ser at flommen i 2011 drar kraftig opp tre-parameterfordelingen GEV og velger derfor å benytte Gumbel-fordelingen. Tre-parameterfordelinger er generelt ikke anbefalt for frekvensanalyser på dataserier med lengde under 50 år [1].



Figur 3-13: Frekvenskurver for 2.592.0 Fokstua

Tabell 3-8: Flomkvantiler for Nugga, Sælatunga og Fokstua

	Nugga RFFA-NIFS			Sælatunga 1967-2020		Fokstua 2005-2020		Fokstua RFFA-NIFS	
	Q_T/Q_M	Q (m^3/s)	Q ($l/s*km^2$)	Q_T/Q_M	Q ($l/s*km^2$)	Q_T/Q_M	Q ($l/s*km^2$)	Q_T/Q_M	Q ($l/s*km^2$)
Q_M	1.00	3.78	318	1.00	310	1.00	347	1.00	413
Q_5	1.27	4.81	405	1.26	389	1.30	451	1.26	520
Q_{10}	1.52	5.75	484	1.47	462	1.55	538	1.49	615
Q_{20}	1.79	6.76	569	1.67	534	1.80	625	1.74	719
Q_{50}	2.19	8.27	696	1.94	633	2.14	743	2.12	876
Q_{100}	2.53	9.58	806	2.15	709	2.39	829	2.44	1008
Q_{200}	2.93	11.06	930	2.37	787	2.66	923	2.82	1165
Q_{500}	3.53	13.35	1123	2.66	900	3.02	1048	3.39	1400
Q_{1000}	4.07	15.37	1293	2.91	991	3.31	1149	3.89	1607

Tabell 3-8 viser en sammenlikning av frekvensfaktorer og spesifikk avrenning beregnet for Nugga med RFFA-NIFS, for Sælatunga og Foksåe beregnet med RFFA-NIFS og vannføringsdata ved Fokstua. Vekstkurvene varierer noe mellom feltene og brattest er den for Nugga og flatest for Finna. Dette er for såvidt i samsvar med parametriseringen i RFFA-NIFS der vekskurven blir flatere med høyere spesifikk avrenning. Variasjonene er ikke dramatiske, for 200-årsflom varierer frekvensfaktorene fra 2.37 til 2.93. Spesifikk middelflom varierer fra 310 $l/s*km^2$ (Sælatunga) til 413 $l/s*km^2$ (Fokstua). Gjennomsnittet er 347 $l/s*km^2$.

3.5.2 Nedbør-avløpsmodell PQRUT

Beskrivelse av modell

NVEs hydrologiske modell for flomberegninger, PQRUT, er benyttet for å beregne flomtilløp for Nugga basert på nedbørdata. Inngangsparametere i modellen er tømmekonstantene K1 og K2, samt terskelverdien T som er beskrevet med følgende likninger:

$$K_1 = 0{,}0135 + 0{,}00268 \times H_L - 0{,}01665 \times \ln(A_{SE}) \quad (2\text{-}3)$$

$$K_2 = 0{,}009 + 0{,}21 \times K_1 - 0{,}00021 \times H_L \quad (2\text{-}4)$$

$$T = -9{,}0 + 4{,}4 \times K_1^{-0{,}6} + 0{,}28 q_N \quad (2\text{-}5)$$

$$K_1 = 0{,}0135 + 0{,}00268 \times H_L - 0{,}01665 \times \ln(A_{SE}) \quad (2\text{-}3)$$

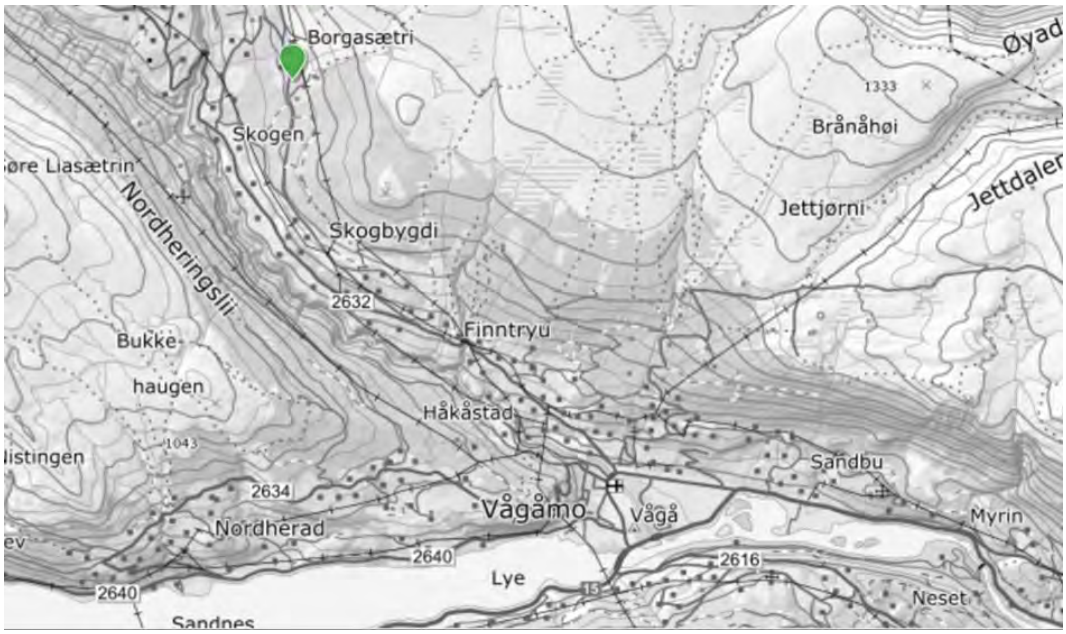
der q_N er normalavrenningen [l/s/km^2], A_{SE} er effektiv sjøprosent [%], H_L er relieforholdet [m/km]. Relieforholdet er definert som H_{50}/L_F, der H_{50} er høydeforskjellen mellom H_{75} og H_{25} på den hypsografiske kurva og L_F er feltaksens lengde. Hvis det aktuelle nedbørfeltet inneholder store andeler flater som gir rask avrenning, slik som snaufjell, myr og/eller urbane områder, skal K_1 korrigeres iht. følgende retningslinjer:

- 20-40 % av denne type flater, økes K_1 med 0,04-0,05
- > 40% av denne type flater, økes K_1 med 0,08-0,10

Hvis K_1 blir svært liten (0,005-0,015) anbefales det å sette K_2 lik 0,5K_1.

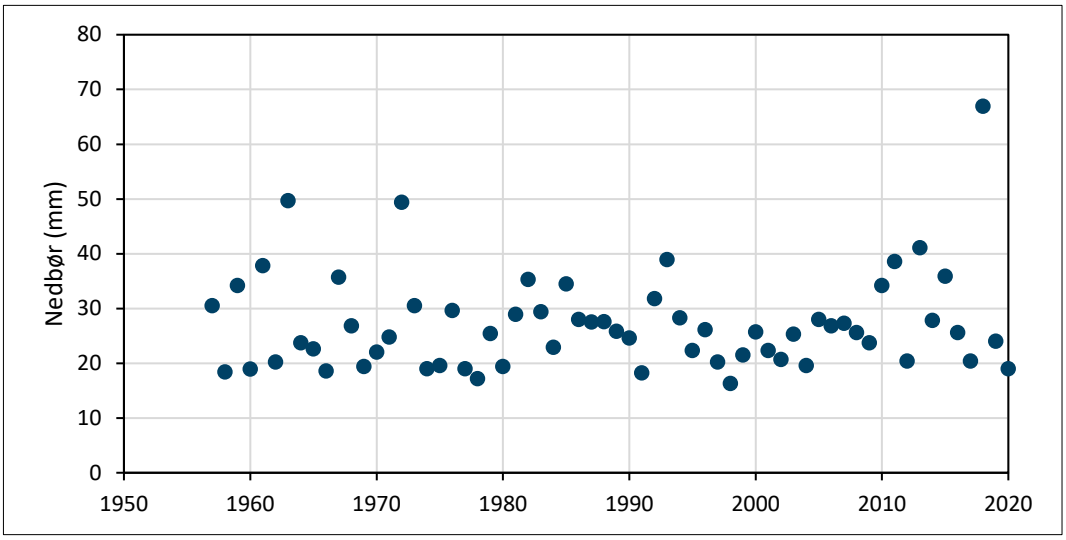
Nedbørdata

Nedbørstasjonen 14550 Preststulen ligger godt plassert for Nugga på 823 moh. Preststulen har vært i drift fra 1950 og har data tilgjengelig for perioden 1957 til i dag på Meteorologisk Institutts web-applikasjon *seKlima.* Årsnedbøren for hele dataperioden er 502 mm, men for normalperioden 1961-1990 er årsnedbøren 483 mm. Til sammenlikning har Nugga uten Jettjørni en middelhøyde på 1127 moh og NEVINA oppgir en årsnedbør for feltet på 397 mm.

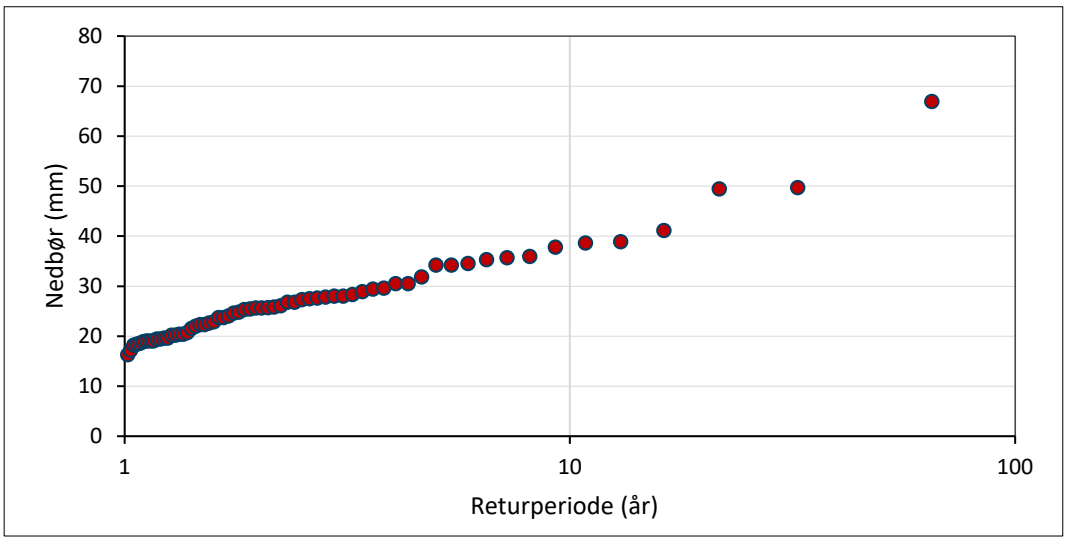


Figur 3-14: Nedbørstasjonen 14550 Preststulen, grønn markør

Figur 3-15 viser største døgnnedbør hvert år ved Preststulen. Noe overraskende er ikke største observasjon i 2011 og 2013, men i 2018 med 66.9 mm. Nedbøren i 2013 og 2011 er henholdsvis fjerde og sjette største døgnnedbør i serien. Det er verdt å merke seg at det falt 67.3 mm nedbør på observasjonsdøgnene 10. og 11. juni 2011.



Figur 3-15: Maksimal døgnnedbør ved 14550 Preststulen



Figur 3-16: Største døgnnedbør pr år ved Preststulen rangert og plottet mot returperiode med Weibulls plotteposisjon

Til å beregne ekstremnedbørverdier er det benyttet Meteorologisk Institutts manual [4], som stadig er i bruk. Frekvenskurven for døgnnedbør som funksjon av returperiode for 14450 Preststulen (Figur 3-16) gir en M5-verdi (døgnnedbør med fem års retur, en basisparameter i beregningene) på 34 mm. Ved å benytte en vekstkurve basert på Gumbel-fordelingen (EV1) og momentmetoden får man 200-års døgnverdi på 67 mm. Døgnnedbøren korrigeres med en faktor på 1.13 for å få 24-timersverdi som blir 76 mm.

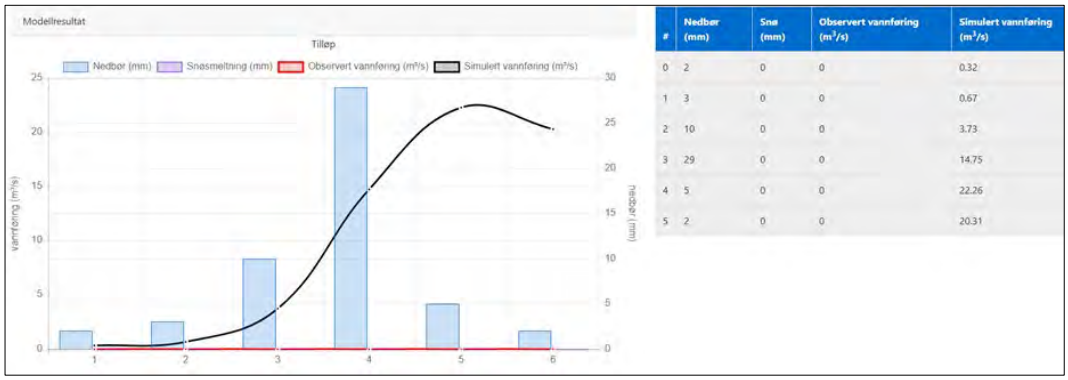
For en nedbørstasjon med årsnedbør på 500 mm forholdstallet mellom 2-timers og 24-timers nedbør 0.55 [4]. Dette gir en 2-timersverdi for 200-årsnedbør på 42 mm. Tilsvarende blir 6-timersverdien 55 mm. Samtlige verdier er punktverdier og må korrigeres med en arealreduksjonsfaktor (ARF) for å få middelnedbøren for det aktuelle nedbørfeltet. For et nedbørfelt på 10 km^2 og 2-timersverdi er ARF 0.93 [5]. Endelige verdier for 2-timers – og 6-timersnedbør blir på henholdvis 39 og 52 mm. Som

modellnedbør er det konstruert et nedbør med varighet på seks timer og kulminasjon i midtpunktet.

Resultater tilløpsflom

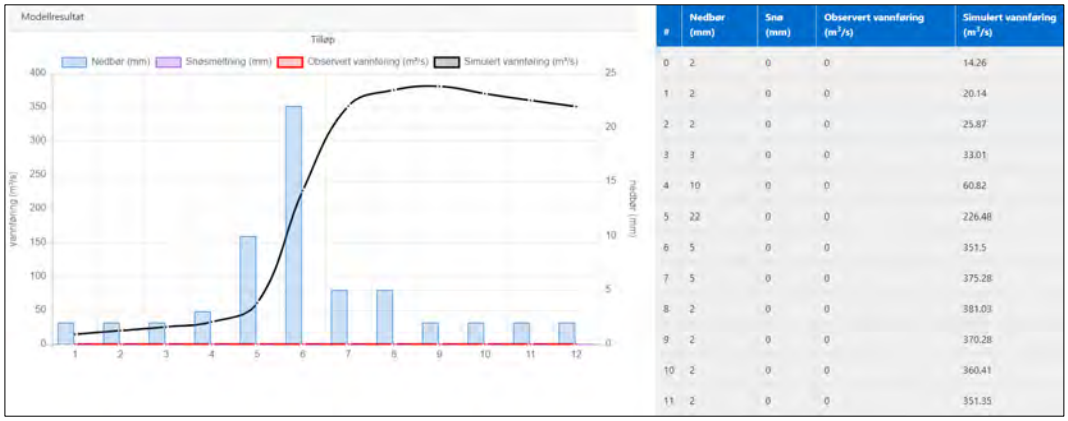
Ved å bruke NEVINA-versjonen av PQRUT får vi resultater som vist i Figur 3-17, med en kulminasjon på 22.3 m^3/s for 200-årsflommen. For Nugga er det beregnet en øvre og nedre tømmkonstant på henholdsvis 0.020 og 0.045 $time^{-1}$, og en terskelverdi på 6.2 mm. Det er ikke gitt tillegg i tømmekonstanter på grunn av stor snaufjell- og myrprosent, men startmetningen i feltet er satt til 100 %, så all nedbør renner av på overflaten.

Sum av snaufjell- og myrprosent i Nugga er 72 %. I retningslinene for PQRUT [6], gjengitt i [7], er det anbefalt å øke øvre tømmekonstant K1 i PQRUT med 0.08 – 0.1 dersom myr og snaufjell utgir mer enn 40 %. Kulminasjonsverdien er svært følsom for endringer i K1, og ved å øke K1 med 0.1 (frå 0.20 til 0.30) øker kulminasjonsvannføringa fra 22 til 30 m^3/s.



#	Nedbør (mm)	Snø (mm)	Observert vannføring (m^3/s)	Simulert vannføring (m^3/s)
0	2	0	0	0.32
1	3	0	0	0.67
2	10	0	0	3.73
3	29	0	0	14.75
4	5	0	0	22.26
5	2	0	0	20.31

Figur 3-17: PQRUT simulering av 200-årsflom i Nugga. Parametere fra NEVINA.



#	Nedbør (mm)	Snø (mm)	Observert vannføring (m^3/s)	Simulert vannføring (m^3/s)
0	2	0	0	14.26
1	2	0	0	20.14
2	2	0	0	25.87
3	3	0	0	33.01
4	10	0	0	60.82
5	22	0	0	226.48
6	5	0	0	351.5
7	5	0	0	375.28
8	2	0	0	381.03
9	2	0	0	370.28
10	2	0	0	360.41
11	2	0	0	351.35

Figur 3-18: PQRUT simulering av 200-årsflom i Finna ved Sælatunga

Til sammenlikning ble PQRUT på benyttet på Sælatunga med nedbør fra frekvensanalysen av 14550 Preststulen, som altså ligger innenfor feltet. NEVINA-analysen for Sælatunga gir en årsmiddelnedbør på 532 mm, og konsentrasjonstid på 9.6 timer. Samme fremgangsmåte som for Nugga, men med areal og ARF for Sælatunga gir en 9-timers nedbør med 200 års returperiode på 53 mm og 12-timers verdi på 58 mm. Modellregn og simuleringsresultat er vist i Figur 3-18. Figuren viser at Finna kulminerer med en vannføring på 380 m^3/s som er nære verdien fra flomfrekvensanalysen for Finna (361 m^3/s). Finna til Sælatunga har et snaufjellareal på 83.8 %. For Sælatunga er det beregnet en øvre og nedre tømmkonstant på henholdsvis 0.087 og 0.025 $time^{-1}$, og en

terskelverdi på 15.7 mm. Øker man K1 med 0.10 (fra 0.09) går kulminasjonsverdien opp til 633 m³/s.

3.5.3 Valg av tilløpsflom

PQRUT gir langt høyere flomverdier for Nugga en RFFA-NIFS. Formelverkene bygger på helt ulike feltparametere. NIFS har i prinsippet tre parametrar, feltareal, spesifikk avrenning og effektiv sjøprosent. NIFS benytter ikke opplysninger om feltform, helning eller arealklasser, men tar hensyn til kun effektiv sjøprosent, middelavrenning og feltareal. Ukalibrert PQRUT benytter feltareal, helning, spesifikk avrenning og effektiv sjøprosent. I tillegg er det anbefalinger for å justere parameteroppsettet for høyt snaufjells- og myrareal, og andre spesielle forhold [7].

Det som kjennetegner Nugga sitt nedbørfelt er lav avrenning, men økende inn mot de høye delene av feltet, bratt terreng med mye snaufjell og myr, og en vifteform som fører til at flom i de ulike elvegreinene når utløpet samtidig. Konsentrasjonstiden er i NEVINA/PQRUT estimert til 2 timer. Med en feltlengde på 7.3 km tilsvarer det en gjennomsnittleg hastighet på 1 m/s. NIFS-formelverket ivaretar disse forholdene i svært liten grad, mens PQRUT håndterer flere av dem.

Tabell 3-9: Oppsummering flomberegninger for Nugga, kulminasjonsverdier

	RFFA-NIFS				PQRUT (m^3/s)	Beste estimat		
	Q_T/Q_M	Q_T (m^3/s)	2.5 % (m^3/s)	97,5% (m^3/s)		Q_T (m^3/s)	2.5 % (m^3/s)	97,5% (m^3/s)
Q_M	1.00	3.8	2.1	6.7		8.6	5	15
Q_5	1.27	4.8	2.7	8.6		10.7	6	19
Q_{10}	1.52	5.8	3.1	10.6		12.6	7	23
Q_{20}	1.79	6.8	3.6	12.7		14.6	8	27
Q_{50}	2.19	8.3	4.3	16.0		17.6	9	34
Q_{100}	2.53	9.6	4.8	19.2		20.3	10	41
Q_{200}	2.93	11.1	5.5	22.1	22.3	23.3	12	47
Q_{500}	3.53	13.4	6.7	26.7		27.9	14	56
Q_{1000}	4.07	15.4	7.7	30.7		31.9	16	64
$Q_{200, klima}$		**15.5**	**7.7**	**31.0**	**31.2**	**32.2**	**16**	**64**

Tabell 3-9 oppsummerer RFFA-NIFS og PQRUT for Nugga. Som det fremgår av tabellen ligger PQRUT-beregningene for 200-årsflom i overkant av 97.5 % -grensa for NIFS, dobbelt så høyt som NIFS for 200-årsflommen. Forskjellen skyldes først og fremst representasjonen av helning (reliefforhold) i PQRUT. Reduserer vi helningen kryper tallene med PQRUT nedover mot NIFS-verdiene. Det er valgt å benytte modellparametere for PQRUT som ikke er korrigert for snaufjell- og myrprosent. Feltet er representert som helt mettet, slik at avrenningen i hovedsak skjer på overflaten, og da har arealklassen mindre påvirkning.

Til slutt er det valgt å benytte et ”beste estimat” for Nugga beregnet med resultatet fra PQRUT for 200-årsflom og frekvensfaktorene fra RFFA-NIFS. Dette gir en kulminasjonsverdi for 200-årsflommen med 40 % klimapåslag for Nugga (ekskludert Jettjørni) er 31.2 m³/s. I tillegg kommer bidraget fra Jettjørni, som settes til 1 m³/s. Dette gir en kulminasjonsverdi på 32.2 m³/s.

3.6 Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Finna og Otta kan karakteriseres som bra. I Finna er det lange observasjonsserier med døgnmidler fra 1965 og findata fra 2000. Vannføringskurva ved Sælatunga, spesielt gjeldene periode, er godt oppmålt med et par høye vannføringer. I Ottavassdraget finnes det flere gode vannmerker med lange observasjonsserier. Otta er regulert, men reguleringsprosenten er kun på 14% så reguleringene i vassdraget har liten påvirkning på flommer med høye returperioder. Vannmerke 2.416.0 Vågåvatn ligger nedstrøms alle magasinkraftverkene og eventuelle effekter av reguleringene kan sies å være ivaretatt i frekvensanalysen for Vågåvatn.

Selv om datagrunnlaget for flomberegningene for Finna og Otta er det er det fortsatt knyttet usikkerhet til resultatene. Observasjonene ved vannmerkene er vannstand som konverteres til vannføring med en vannføringskurve. Usikkerheten i vannføringene avhenger av kvaliteten til vannføringskurva. For å oppnå en god kurve skal man helst ha god spredning i målingene og flere på høy vannføring. Det er imidlertid ofte vanskelig å gjennomføre målinger ved høye vannføringer og man mangler derfor ofte målte data på ekstreme flommer. Observerte vannstander kan også inneholde usikkerheter siden store flommer kan ved uheldige tilfeller føre til store svingninger i vannspeilet ved målestedet, skader på måleutstyr eller endringer i det bestemme tverrprofilet ved målestasjonen. Dataene i Hydra II er dog kvalitetsgransket og korrigert av NVE om nødvendig, slik som ved Sælatunga ved pinseflommen i 2011.

I frekvensanalysene for Finna og Vågåvatn er de største vannføringene beregnet ved å ekstrapolere utenfor de observerte verdiene, hvilket introduserer en usikkerhet. For Nugga er det betydelige usikkerheter knyttet til flomberegningene. Det er ingen observerte data i vassdraget og i tillegg er usikkerhet knyttet til bidraget fra Jettjørni under flom. Ulike beregningsmetoder gir også svært ulike resultater.

Det er svært komplisert å skulle kvantifisere usikkerhetene i flomberegningene da det er mange forhold som påvirker resultatene. For Finna og Otta er datagrunnlaget godt og beregningene klassifiseres som klasse 1 *"Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget".* For Nugga er usikkerhetene langt større selv med observasjoner i nabovassdrag og beregningene vurderes derfor til klasse 3 *"Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området".*

4 Oppsummering

Det er utført flomberegninger for Finna, Otta ved Vågåmo og Nugga. Anbefalt klimapåslag for Finna og Otta er 20% og 40% for Nugga. Resultatene for ulike returperioder med og uten klimapåslag for samtlige vassdrag er oppsummert i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Resultater flomberegninger Finna, Otta ved Vågåmo og Nugga, med og uten 20% klimapåslag (kulminasjonsverdier)

	Finna			Otta v/Vågåmo			Nugga		
	Q_T (m^3/s)	Q_T (l/skm^2)	$Q_{T,klima}$ (m^3/s)	Q_T (m^3/s)	Q_T (l/skm^2)	$Q_{T,klima}$ (m^3/s)	Q_T (m^3/s)	Q_T (l/skm^2)	$Q_{T,klima}$ (m^3/s)
Q_M	142	305	170	570	167	684	8.6	723	12.0
Q_5	178	382	214	650	190	780	10.7	899	15.0
Q_{10}	212	455	254	726	213	871	12.6	1059	17.6
Q_{20}	244	524	293	800	234	960	14.6	1227	20.4
Q_{50}	290	622	348	910	266	1092	17.6	1479	24.6

Q_{100}	325	697	390	1003	294	1203	20.3	1706	28.4
Q_{200}	361	775	433	1101	322	1321	23.3	1958	32.6
Q_{500}	412	884	494	1251	366	1502	27.9	2345	39.1
Q_{1000}	454	974	545	1384	405	1661	31.9	2681	44.7

Flomvannføringer for Finna og Otta er beregnet med frekvensanalyser på observerte tidsserier i vassdragene og nabofelt. Dataunderlaget for Finna og Otta er relativt godt med observasjoner i vassdragene. Samtlige vannmerker viser en tydelig økning i flommer middelflom fra 1980-tallet og frem til i dag. Resultatene for Finna gir kulminasjonsverdier som er ca. 12 % høyere enn beregnet av NVE i 2004. Dette skyldes inkludering av flere år med data ved Sælatunga som har høyere verdier enn observert før 2000. Otta er regulert, men reguleringprosenten er lav og dermed også reguleringenes påvirkning på flommer med hrøye gjentaksintervall.

I Nugga finnes det ikke observerte data så flomberegninger er utført med frekvensanalyser i nærliggende vassdrag, regional flomfrekvensanalyse RFFA-NIFS og nedbør-avløpsmodell PQRUT. PQRUT gir klart høyest flomvannføringer og verdiene ligger rett over 97.5%-usikkehetsbåndet til RFFA-NIFS. PQRUT er bedre egnet for Nugga fordi formelverket ivaretar de spesifikke forholdene i nedbørfeltet i større grad enn de øvrige metodene. Det er valgt å benytte en kombinasjon av resultater fra PQRUT og frekvensfaktorer beregnet med RFFA-NIFS for bestemmelse av flommer med ulike returperioder i Nugga. Det stor usikkerhet knyttet til bidraget fra Jettjørni til Nugga under flom. Flomvannføringene fra Jettjørni til Nugga er begrenset av betongkulverten sørvest i innsjøen og antas å være beskjedne, i størrelsesorden 1 m/s.

5 Referanser

[1] NVE, «Retningslinjer for flomberegninger,» 2011.

[2] L. A. Roald, «Flom i Norge,» Tom & Tom, NVE, Oslo, 2013.

[3] Norsk Klimaservicesenter, «Klimaprofil Oppland,» 21 Januar 2021. [Internett]. Available: https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oppland.

[4] E. J. Førland, «Manual for beregnings av påregnelige ekstreme nedbørverdier,» Det norske meteorologiske institutt, rapport 21/92, Oslo, 1992.

[5] E. J. Førland, «Beregning av ekstrem nedbør,» Det norske meteorologiske institutt, fagrapport 23/87 Klima, Oslo, 1987.

[6] J. H. Andersen, T. Hjukse, L. A. Roald og N. R. Sælthun, «Hydrologisk modell for flomberegninger (Hydrological model for flood estimation). In Norwegian,» Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Oslo, 1983.

[7] S. Stenius, P. A. Glad, T. K. Wang og T. Væringstad, «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt,» NVE Veileder 7-2015, 2015.

[8] D. Lawrence, «Klimaendring og framtidige flommer i Norge,» NVE Rapport 86-2016, Oslo, 2016.

Vedlegg C

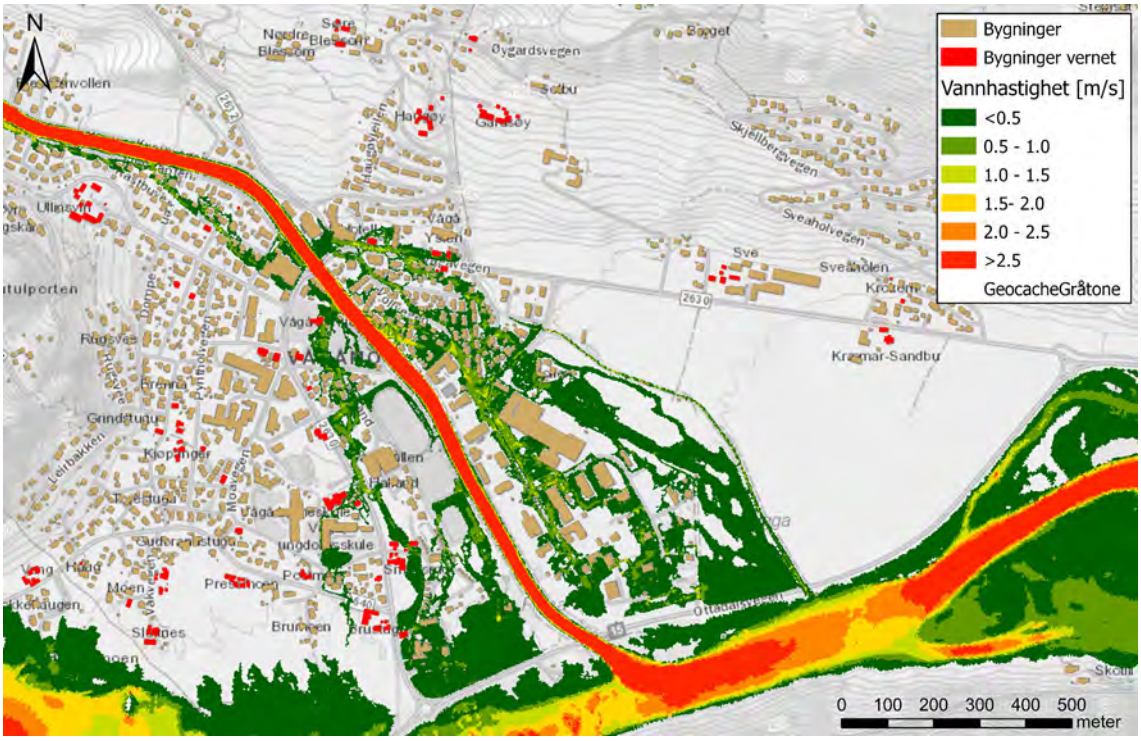
MODELLERTE VANNHASTIGHETER

Innhold

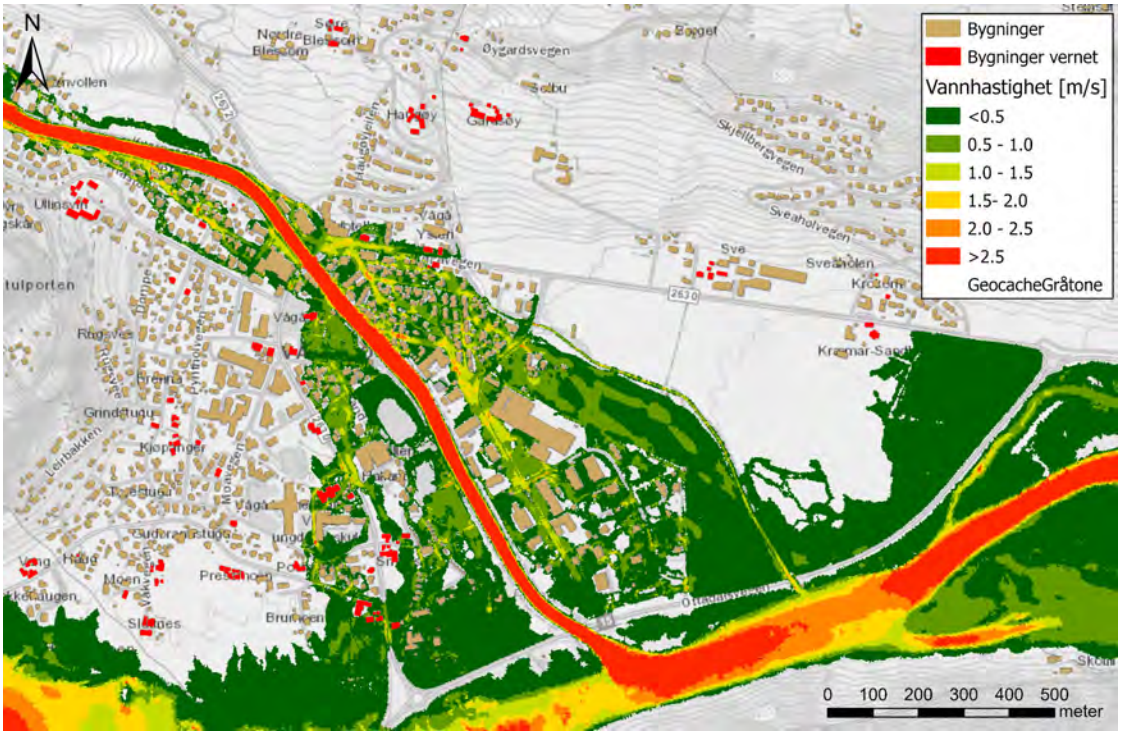
C1 Vannhastigheter ved flom i Vågåmo 2

C1 Vannhastigheter ved flom i Vågåmo

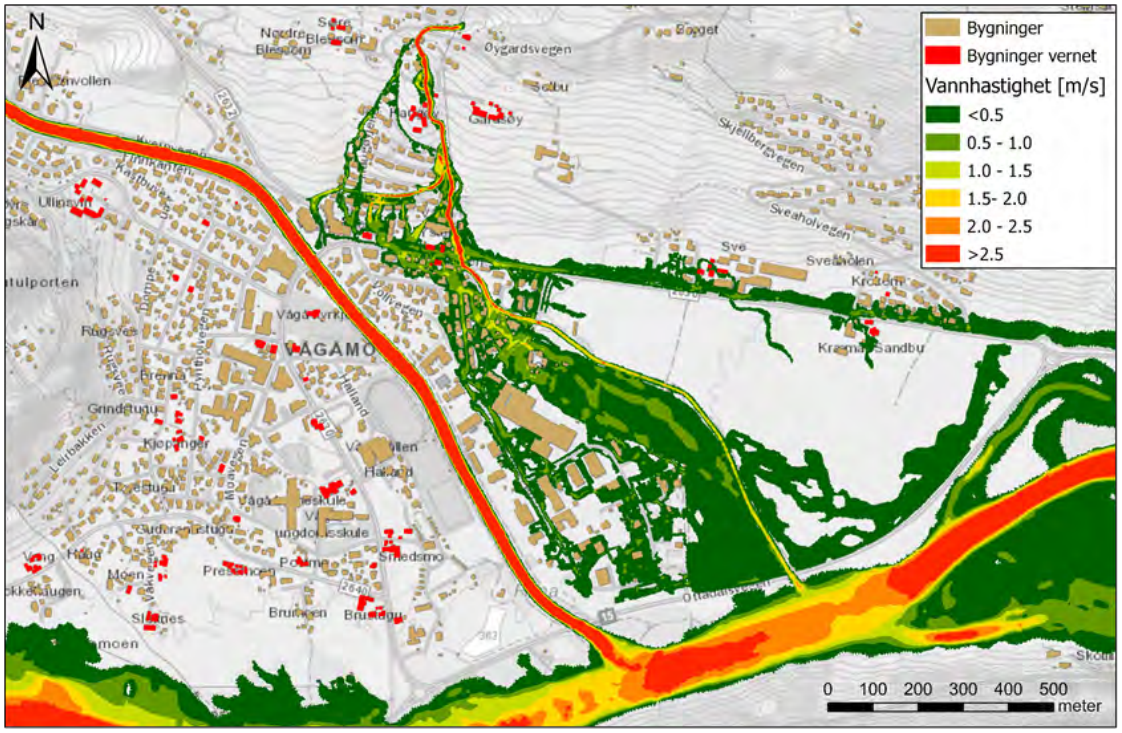
I det følgende presenteres kart som viser modellerte vannhastigheter for en serie forskjellige flomscenarier i Vågåmo. Kartene svarer til kart som viser vanndyp for de samme scenariene i hovedrapporten, og er referert til i hovedrapportens Kapittel 3. Vannhastighetene i dette vedlegget er alle uten bunnheving i Finna, da dette er noe av grunnlaget for å beregne erosjon og avsetning i elvene. Estimert bunnheving er imidlertid tatt med i farekartene og i beregning av DV-tall i hovedrapportens kapittel 6. Vannhastighetene er viktige i forhold til erosjonspotensialet ved flommene, samt for skadepotensialet ellers. I kombinasjon med vanndyp vil de også gi mål for flommens intensitet, det så kalte DV-tallet, som er produktet av hastighet og vanndyp og angis i m^2/s. I henhold til TEK 17 bør sikkerhetsklasse F3 benyttes hvis DV overstiger $2m^2/s$. Dette diskuteres mer i kapittel 6.3 i hovedrapporten. DV > $2m^2/s$ forekommer i elveløpet, samt langs enkelte veier i sentrum ved 200-års flom i Finna, med klimapåslag og 1 m bunnheving (Figur 6-14 i hovedrapporten). Ved en 1000-års flom i Finna, med klimapåslag og 1,5 m bunnheving vil noen flere områder ha DV-tall > $2m^2/s$, men fortsatt i hovedsak langs veier i tillegg til i elveløpet (Figur 6-15 i hovedrapporten).



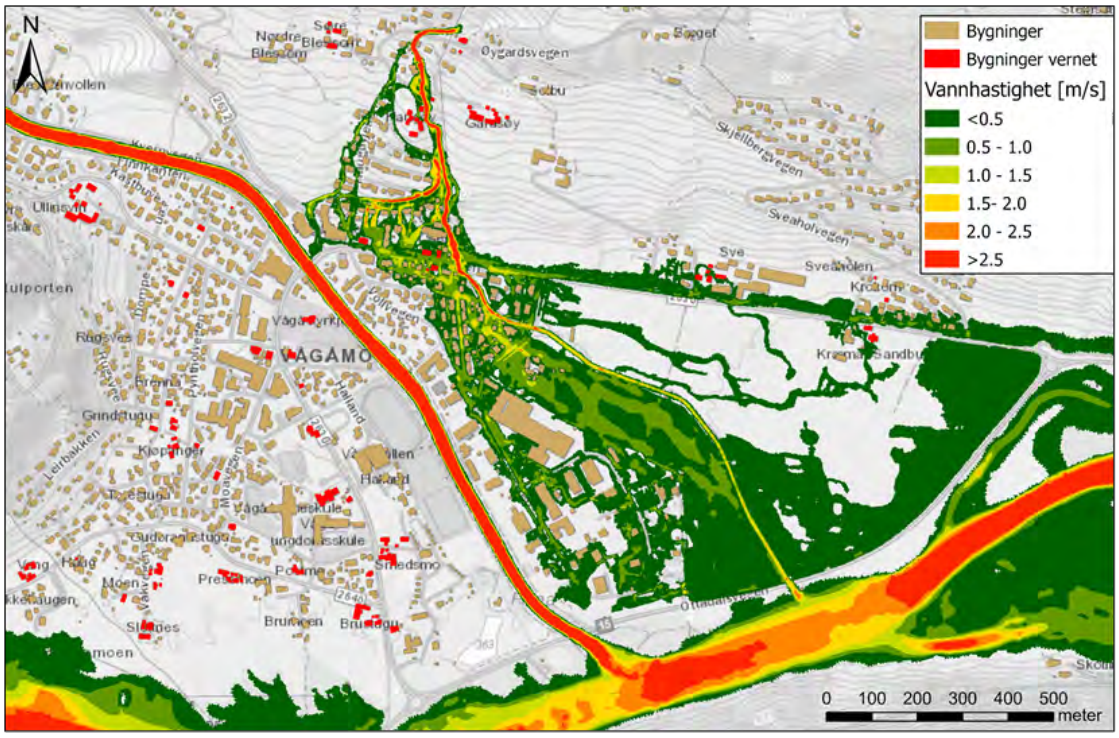
Figur C- 1 Maksimale hastigheter ved 200-årsflom med klimapåslag i Finna, uten bunnheving, middelflom med klimapåslag i Otta. Ingen flom i Nugga. Maksimale vanndyp vises i hovedrapportens Figur 3-5.



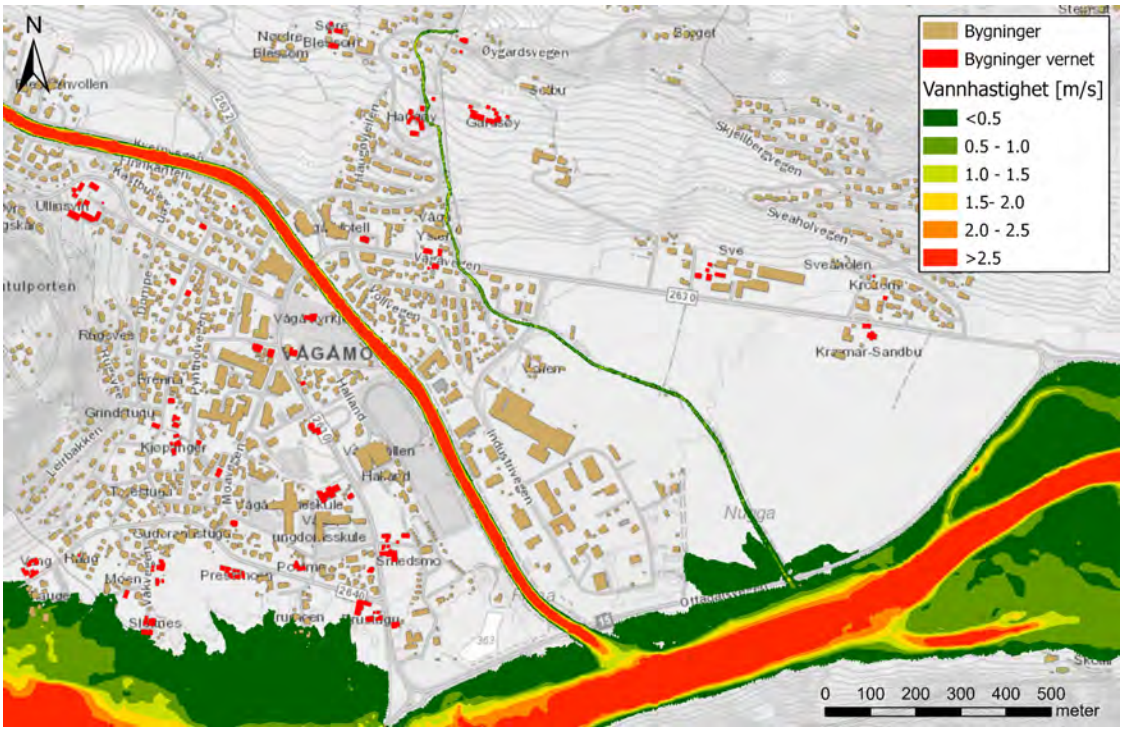
Figur C- 2 Maksimale hastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag i Finna uten bunnheving, middelflom med klimapåslag i Otta. Ingen flom i Nugga. Maksimale vanndyp vises i hoved-rapportens Figur 3-6.



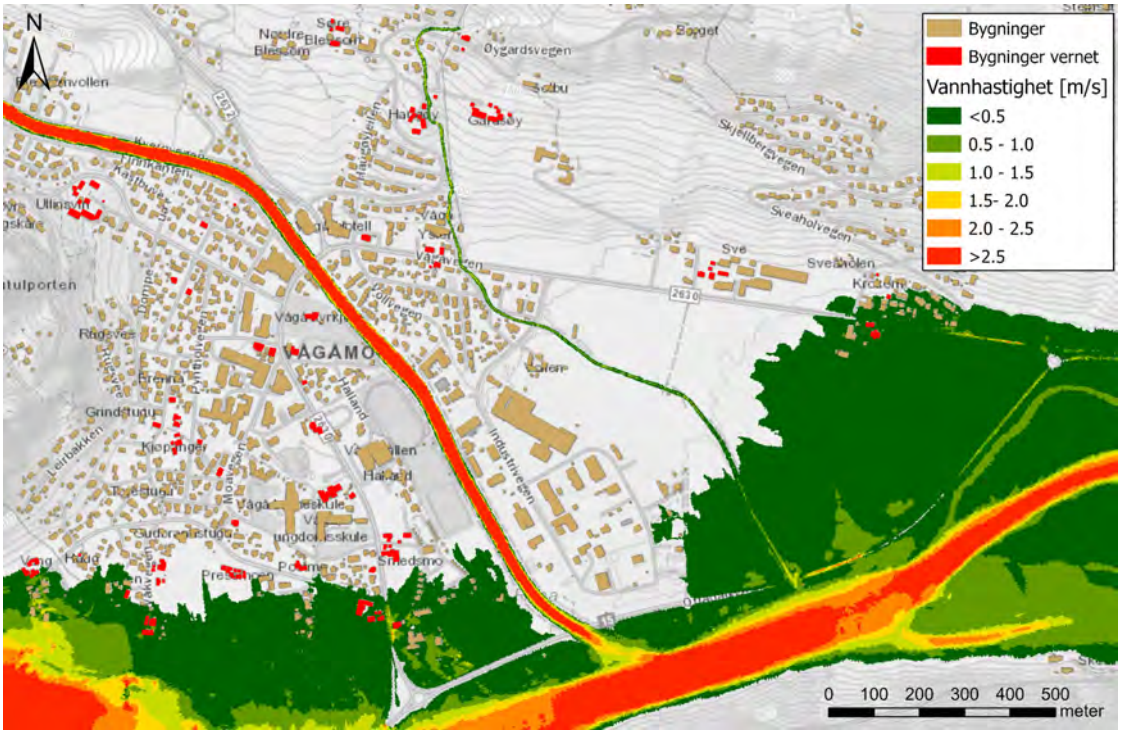
Figur C- 3 Maksimale hastigheter ved 200-årsflom med klimapåslag i Nugga, middelflom med klimapåslag i Otta og Finna. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale vanndyp vises i hoved-rapportens Figur 3-8.



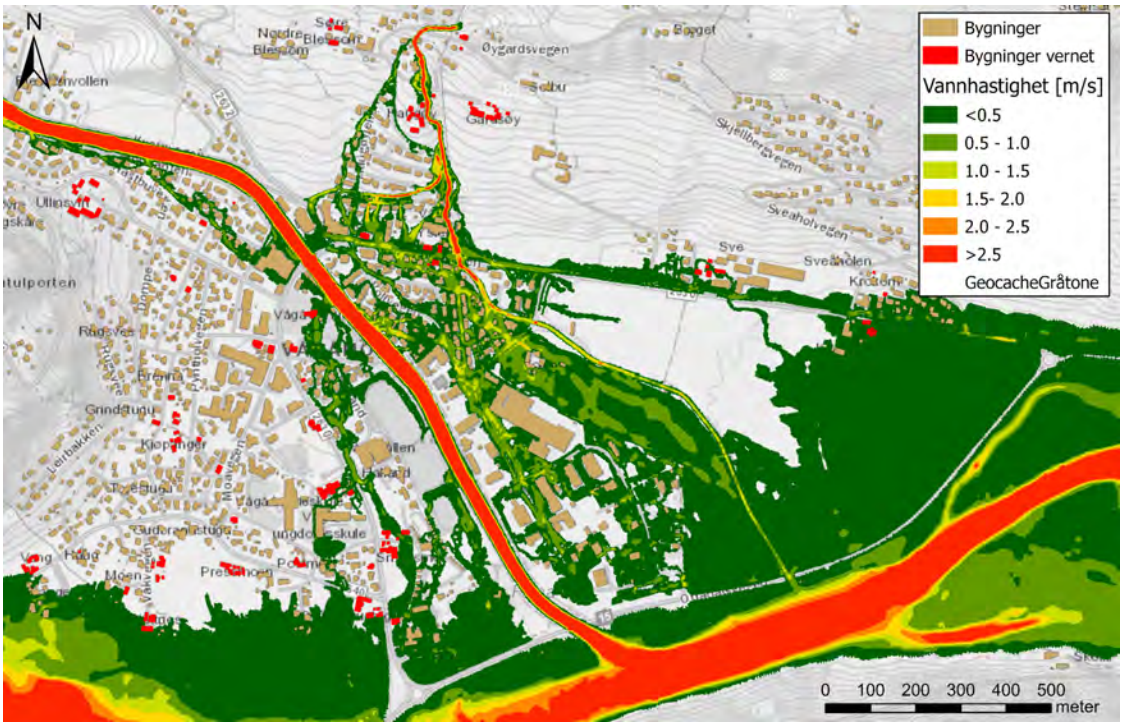
Figur C- 4 Maksimale hastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag i Nugga, middelflom med klimapåslag i Otta og Finna. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale vanndyp vises i hoved-rapportens Figur 3-9.



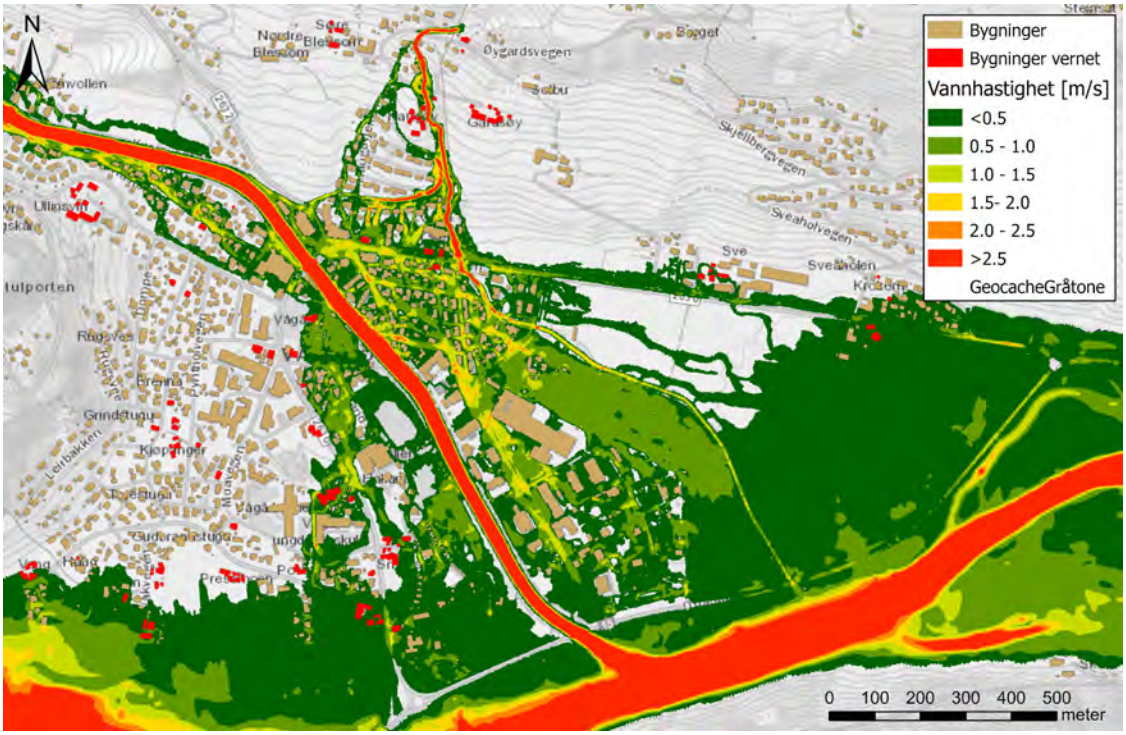
Figur C- 5 Maksimale hastigheter ved 200-årsflom med klimapåslag i Otta, middelflom med klimapåslag, men uten bunnheving, i Finna. Maksimale vanndyp vises i hovedrapportens Figur 3-12.



Figur C- 6 Maksimale hastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag i Otta, middelflom med klimapåslag, men uten bunnheving, i Finna. Maksimale vanndyp for samme situasjon vises i hovedrapportens Figur 3-13.



Figur C- 7 Maksimale hastigheter ved 200-årsflom med klimapåslag, samtidig kulminasjon alle vassdrag. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale vanndyp vises i hovedrapportens Figur 3-14.



Figur C- 8 Maksimale hastigheter ved 1000-årsflom med klimapåslag, samtidig kulminasjon alle vassdrag. Ingen bunnheving i Finna. Maksimale vanndyp vises i hovedrapportens Figur 3-15.

Vedlegg D

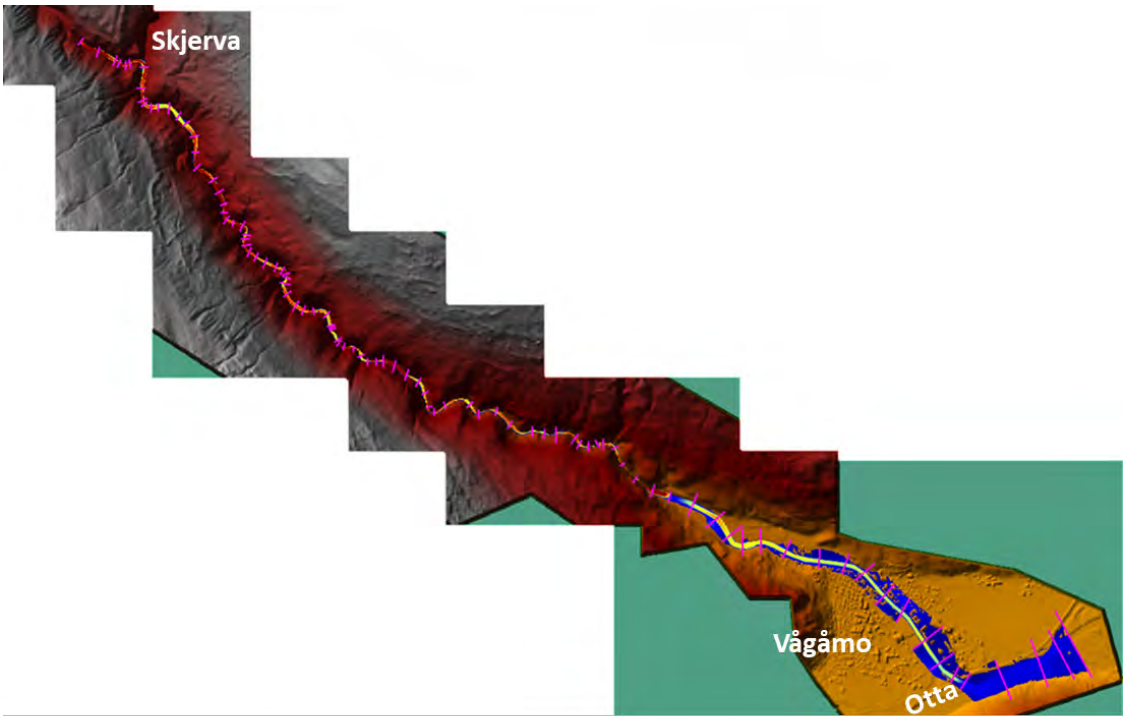
OPPSETT AV HEC-RAS

Innhold

D1 Område **2**
D2 Sedimenter og massetransport **3**
D3 Referanser **4**

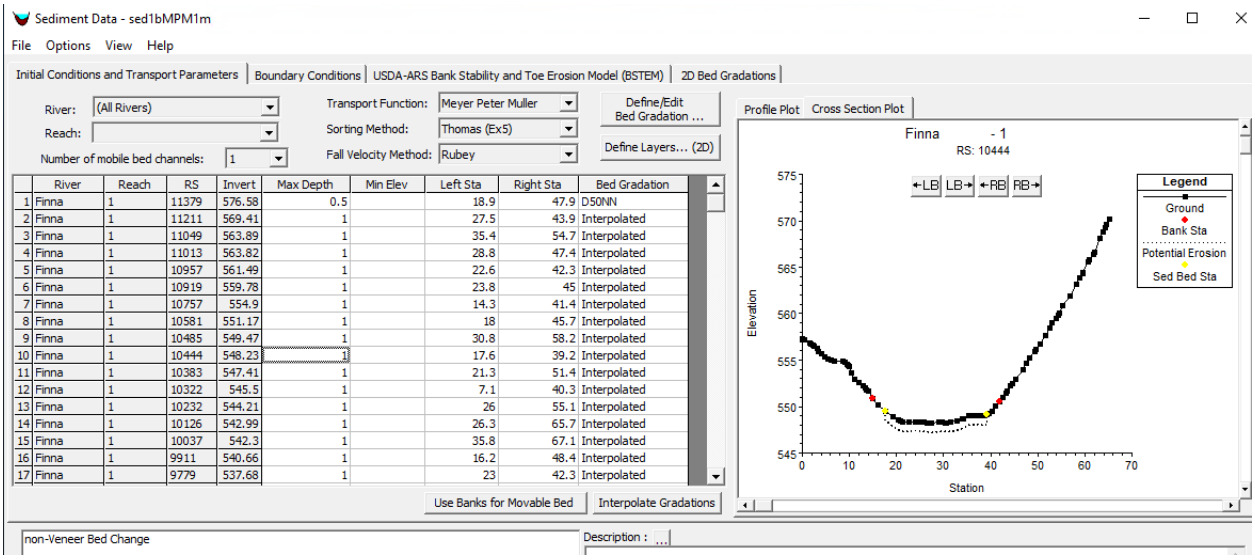
D1 Område

Den hydrauliske modellen for kjøringer med HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, 2016) i Finna er satt opp fra noe oppstrøms samløpet med Skjerva, og til noe ned i Otta (Figur C- 1). Det ble gjort forsøk å sette opp modellen til å starte enda lenger inn i Finndalen, men terrenget og stabilitetsproblemer i modellen gjorde dette vanskelig og ville ført til en dårligere modell.



Figur D- 1 Oppsettet av den hydrauliske 1D modellen i HEC-RAS, med tverrprofiler

D2 Sedimenter og massetransport



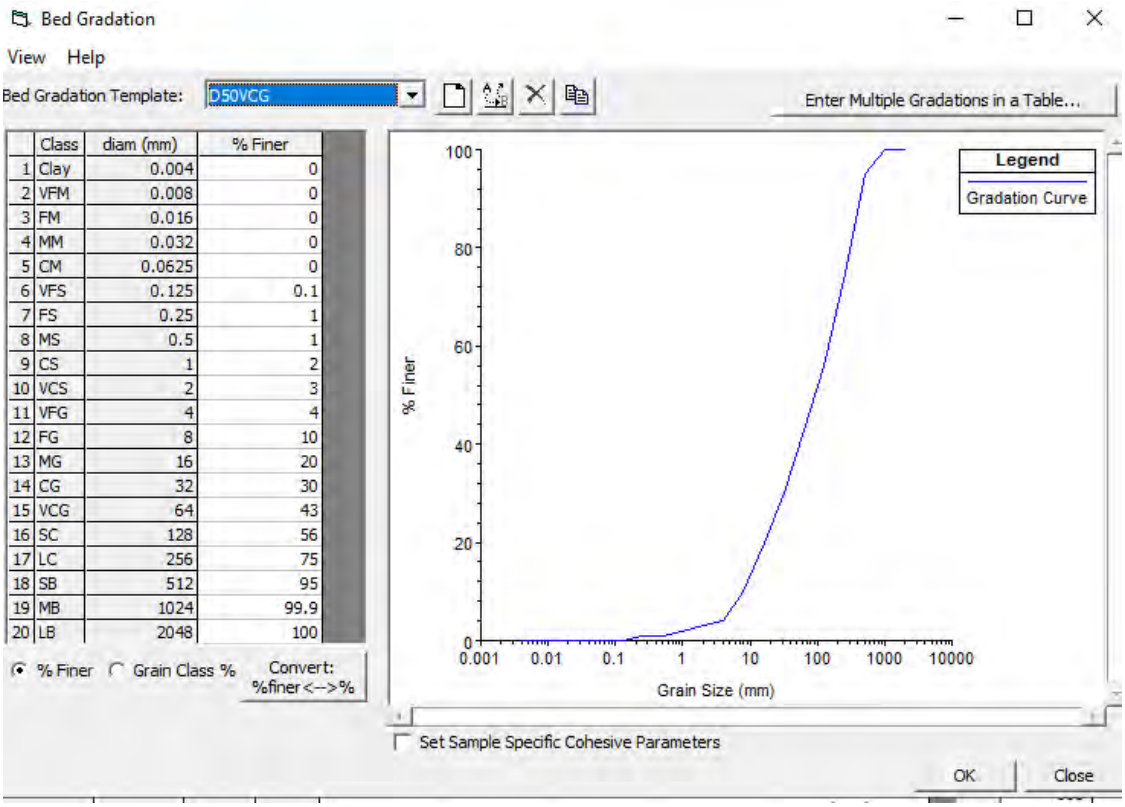
	River	Reach	RS	Invert	Max Depth	Min Elev	Left Sta	Right Sta	Bed Gradation
1	Finna	1	11379	576.58	0.5		18.9	47.9	D50NN
2	Finna	1	11211	569.41	1		27.5	43.9	Interpolated
3	Finna	1	11049	563.89	1		35.4	54.7	Interpolated
4	Finna	1	11013	563.82	1		28.8	47.4	Interpolated
5	Finna	1	10957	561.49	1		22.6	42.3	Interpolated
6	Finna	1	10919	559.78	1		23.8	45	Interpolated
7	Finna	1	10757	554.9	1		14.3	41.4	Interpolated
8	Finna	1	10581	551.17	1		18	45.7	Interpolated
9	Finna	1	10485	549.47	1		30.8	58.2	Interpolated
10	Finna	1	10444	548.23	1		17.6	39.2	Interpolated
11	Finna	1	10383	547.41	1		21.3	51.4	Interpolated
12	Finna	1	10322	545.5	1		7.1	40.3	Interpolated
13	Finna	1	10232	544.21	1		26	55.1	Interpolated
14	Finna	1	10126	542.99	1		26.3	65.7	Interpolated
15	Finna	1	10037	542.3	1		35.8	67.1	Interpolated
16	Finna	1	9911	540.66	1		16.2	48.4	Interpolated
17	Finna	1	9779	537.68	1		23	42.3	Interpolated

Figur D- 2 Eksempel på oppsett av HEC-RAS i ett av tverrprofilene.

Sedimentmodulen i 1D er kjørt med Meyer-Peter & Müllers (1948) transportligning, Thomas (1982) (Ex5) som sorterings metode og Rubeys (1933) metode for å beregne fall hastighet (Figur C- 2). Med utgangspunkt som i "bank stations" er "sediment stations" generert og deretter individuelt vurdert for hvert tverrprofil (Figur C- 2). Eksempelvis er det tatt hensyn til steder der det er bratt på sidene og berg. Erosjonsdypet er satt til 1m.

Det er brukt forskjellige kornfordelingskurver for sedimenter i hhv. Finngjelet, Finna nedenfor Sælatunga og Otta. I kurven som er brukt i Finngjelet (Figur C- 3) har modellen 25% av massen større enn 25 cm diameter. Unntatt for topplaget vil det være slik at det mellom større stein vil ligge finere sedimenter. Modellen sorterer selv ut fraksjonene for transport. For de generelle kjøringene er sedimenter ikke tilført ovenfra (kun rent vann oppstrøms), slik at kilden kun er fra erosjon i bunnen og i fot langs elvebreddene. Generelt er det ofte antatt at det er transportkapasiteten som er begrensende for masse-transporten med elver inn på vifter (og at det er generelt overskudd av tilgjengelig masse i kildeområdet). Imidlertid er det også regnet med øvre grensebetingelse som likevekt av sedimenter, noe som betyr at transportert masse inn i modellen er lik transport-kapasiteten til det øverste tverrprofilet. En ser da at mengde sediment i omløp øker, men ikke dramatisk. Denne forskjellen vil bli diskutert og brukt for å vurdere usikkerhet.

Vurdering av avsatt masse gjøres ved å se på den totale mengden av de fraksjoner som felles ut. Det som har betydning er altså ikke totalt volum av masser som passerer et tverrsnitt, men endringen fra et profil til neste. Med de benyttede kornfordelingene vil betydelige mengder finere sedimenter transporteres ut med Finna og dels sedimentere i Otta.



	Class	diam (mm)	% Finer
1	Clay	0.004	0
2	VFM	0.008	0
3	FM	0.016	0
4	MM	0.032	0
5	CM	0.0625	0
6	VFS	0.125	0.1
7	FS	0.25	1
8	MS	0.5	1
9	CS	1	2
10	VCS	2	3
11	VFG	4	4
12	FG	8	10
13	MG	16	20
14	CG	32	30
15	VCG	64	43
16	SC	128	56
17	LC	256	75
18	SB	512	95
19	MB	1024	99.9
20	LB	2048	100

Figur D- 3 Kornfordeling benyttet for Finna i Finngjelet.

D3 Referanser

Meyer-Peter, E. and Müller, R. (1948). Formulas for bed-load transport. In IAHSR 2nd meeting, Stockholm, appendix 2. IAHR.

Rubey, W.W. (1933) Settling velocities of gravel, sand, and silt particles. American Journal of Science, 5th Series, Vol. 25, No. 148, 325-338.

Thomas, W.A. (1982) Mathematical modelling of sediment movement. In Hey, R.D, Bathurst, J.C. & Thorne, C.R. (Eds.) 'Gravel Bed Rivers', John Wiley & Sons Ltd., 487-508.

U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC) (2016) HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual, Version 5.0, 538pp.

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page

Dokumentinformasjon/*Document information*		
Dokumenttittel/*Document title* Fase 1: presentasjon av kunnskapsgrunnlaget; nå-situasjonen		**Dokumentnr./*Document no.*** 20210082-01-R
Dokumenttype/*Type of document* Rapport / Report	**Oppdragsgiver/*Client*** Norges vassdrags- og energidirektorat	**Dato/*Date*** 2021-11-24
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ *Proprietary rights to the document according to contract* NGI		**Rev.nr.&dato/*Rev.no.&date*** 2 / 2022-03-07
Distribusjon/*Distribution* BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/*Keywords* Vågå, Vågåmo, sedimentkilder, massetransport, flom og flomskred		

Stedfesting/*Geographical information*	
Land, fylke/*Country* Innlandet	**Havområde/*Offshore area***
Kommune/*Municipality* Vågå	**Feltnavn/*Field name***
Sted/*Location* Vågmo	**Sted/*Location***
Kartblad/*Map*	**Felt, blokknr./*Field, Block No.***
UTM-koordinater/*UTM-coordinates* **Sone:** 32 **Øst:** 505084.04 **Nord:** 6860263.39	**Koordinater/*Coordinates*** **Projeksjon, datum: Øst: Nord:**

Dokumentkontroll/*Document control*

Kvalitetssikring i henhold til/*Quality assurance according to NS-EN ISO9001*

Rev/ Rev.	***Revisjonsgrunnlag/Reason for revision***	**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	2021-11-24 Ingar H. Steinholt / Øyvind A. Høydal / Christian Almestad/ Jon Museth / Nina Jærnes	2021-11-24 Carl B. Harbitz / Nils Roar Sælthun (kap. 2 og vedlegg B)		
1	Rapporten er revidert på bakgrunn av tilbake-meldinger fra NVE. Den viktigste endringen er flere flomkart og bedre argumentasjon for sediment-transport og bunnheving i Finna. I tillegg er faresoner for flom og skred nå adskilt.	2022-01-14 Ingar H. Steinholt	2022-01-13 Carl B. Harbitz		
2	Rapporten er revidert igjen på bakgrunn av tilbake-meldinger fra NVE. Den viktigste endringen er opprydning av en del tekst, samt at deler av rapporten er tatt ut og lagt i vedlegg. Farekartene i Kapittel 6 er nå alle med klimapåslag, samtidig kulminasjon i alle vassdragene og bunnheving i Finna.	2022-03-07 Anders Solheim	2022-03-06 Carl B. Harbitz		

Dokument godkjent for utsendelse/ *Document approved for release*	**Dato/*Date*** 7. mars 2022	**Prosjektleder/*Project Manager*** 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: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

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: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

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

OSLO
TRONDHEIM
HOUSTON
PERTH

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO

Hovedkontor Oslo
PB. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd. Trondheim
PB. 5687 Torgarden
7485 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48
NGI@ngi.no

BANK
KONTO 5096 05 01281
ORG.NR 958 254 318MVA

ISO 9001/14001
CERTIFIED BY BSI
FS 32989/EMS 612006