



Flaumsonekartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune



Sunnfjord Geo Center



Prosjektinformasjon og status		
Dokumentnr.:	Dokumenttittel:	
2020-09-196B	Flaumsonekartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Revisjon:	Skildring:	Leveransedato:
0	Godkjent rapport	03.03.2021
Kontraktør:		
 <p>Sunnfjord Geo Center</p>		Kontaktinformasjon: Sunnfjord Geo Center AS Småbakkane 19 6984 Stongfjorden Tlf: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA
Kundeinformasjon:		
Stryn kommune v/ Geirmund Dvergsdal Tonningsgata 4 6783 Stryn		
Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:
Hydrologi	Rapport	Oldedalen og Lodalen, Stryn kommune
HMS-risikovurdering før feltarbeid:	Dato for risikovurdering	Hending/avvik meldt:
Oppgi risikogruppe 1	25.10.2020	Nei
Feltarbeid utført av:	Dato for feltarbeid:	
Torkjell Ljone Anders Haaland	26.10.2020-30.10.2020	
Rapport utarbeidd av:	Dato for ferdigstilling:	Signatur:
Rev 0: Anders Haaland	01.03.2020	Anders Haaland (sign.)
Rapport kvalitetssikra av:	Godkjend, dato:	Signatur:
Rev 0: Torkjell Ljone	01.03.2021	Torkjell Ljone (sign.)
Rev 0: Atle Nesje	02.03.2021	Atle Nesje (sign.)

Samandrag

Sunnfjord Geo Center AS har på oppdrag av Stryn kommune utført flaumsonekartlegging for delar av Oldenvassdraget og Loenvassdraget. Flaumsonekarta er gjort i samsvar TEK17, og er delt inn etter tryggleiksklassane F1, F2 og F3. Det kartlagde området i Loenvassdraget er den om lag 3 km lange strekninga frå Lovatnet til utløpet i Lobukta. I Oldenvassdraget er strekninga mellom Floen og Oldebukta, strekninga mellom Oldevatnet og Floen, og i tillegg heile elvestrekninga frå Briksdalen til utløpet i Oldevatnet kartlagt.

Flaumberekningane er i hovudsak gjort med bakgrunn i flaumfrekvensanalysar på måleseriar frå stasjon 88.30 Nordre Oldevatn og stasjon 88.4 Lovatn som dekker kring 90 % av kvar sine respektive vassdrag. Begge stasjonane har måleseriar attende til byrjinga av 1900-talet tilgjengeleg, og representerer flaumtilhøva svært bra i området. I tillegg er det utført flaumfrekvensanalysar på seriar frå samanliknbare felt i nærleiken, mellom anna frå stasjon 88.11 Strynsvatn. For sideelver der målestasjonane i vassdraget ikkje representerer flaumtilhøva like bra, er det også utført flaumberekningar med *Nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt* (NIFS) og *Regional flaumfrekvensanalyse* (RFFA 2018).

For å berekne vasstandar og flaumutbreiing er det hydrauliske modelleringsprogrammet HEC-RAS nytta. Programmet kan utføre modelleringar både som 1D og 2D, og i dette prosjektet er begge metodar forsøkt for å få det beste resultatet. Det er utarbeida 2D-modell for Loenvassdraget, Oldeelva og nedre deler av Dalelva i Oldedalen og 1D-modell for kartleggingsområdet på Eide, øvre deler av Dalelva og Briksdalselva. Ved alle trafikkerte bruer er det modellert vasshøgder ved 200-årsflaum. Modelleringa ved bruene er utført som 1D.

Det er inkludert eit klimapåslag på 40 % i alle flaumsonekarta. Flaumsonekarta viser at Loelva og Oldeelva har generelt god kapasitet, og at det hovudsak er jordbruksareal som vil verte flauma over. I nedre deler av Dalelva i Oldedalen, ligg elva enkelte stader høgare enn flaumslettene på sidene av elva. Dette gjer at når vatnet fyrst går over elvekantane, så kan store areal potensielt verte flauma over. Flaumsonekarta viser at allereie ved ein 20-årsflaum vil store areal verte råka av flaum.

Det vert tilrådd å legge til ein tryggleiksmargin på 30 cm for dei berekna vasstandane i Loen, Olden og nedre deler av Dalelva der det er utført 2D-modellering. For kartleggingsområdet i øvre deler av Dalelva, Volefossen, Melkevollelva, Briksdalselva og på Eide tilrår vi ein sikkerheitsmargin på 50 cm.



Innholdsliste

1. Innleiing	5
1.1 Tryggleikskrav	5
1.2 Avgrensing av analyseområde.....	6
2. Skildring av vassdraga	9
2.1 Felteigenskapar Oldenvassdraget	9
2.2 Felteigenskapar Loenvassdraget.....	12
3. Klima og havnivå	15
3.1 Klimapåslag for flaumar.....	15
3.2 Havnivå	16
4. Hydrometiske målestasjonar	17
5. Flaumberekningar	18
5.1 Flaumfrekvensanalysar.....	18
5.2 Regional flaumfrekvensanalyse (RFFA 2018) og Nasjonalt formelverk (NIFS).....	20
5.3 Dimensjonerande flaumstorleikar	22
5.4 Usikkerheit	23
6. Hydrauliske modellar	24
6.1 Metode og bakgrunnsmateriale	24
7. Resultat	29
7.1 Flaumsonekart	29
7.2 Kalibreringsdata og modellsensitivitet	29
7.3 Lågpunkt	31
8. Referansar	32
Vedlegg	I
1. Flaumfrekvensanalysar	II
2. Bruer	V
2.1 Oldenvassdraget	V
2.2 Loenvassdraget.....	XIV
3. Faresonekart	XVIII
4. Modellerte vasshøgder	XLV

1. Innleiing

Sunnfjord Geo Center AS er engasjert av Stryn kommune for å vurdere flaumfaren for utvalde område av Lodalen og Oldedalen. Vurderinga er gjort i samsvar med TEK17 og NVE sine retningsliner for vurdering av flaum- og skredfare i arealplanar (retningsliner 2/2011).

1.1 Tryggleikskrav

Akseptkriterium for flaumfare er gjeve i §7-2 i Byggteknisk forskrift (TEK17). Tryggleikskrava i TEK17 gjeld for nye byggverk. Krava vil òg gjelde ved utvidingar og nybygg knytte til eksisterande byggverk, jf. temarettleiaren «Utbygging i fareområder» frå Direktoratet for byggkvalitet (DiBK).

Byggverk der konsekvensane av skred er særleg store skal plasserast utanfor flaumutsett område. Dette gjeld til dømes byggverk som er viktig for regional og nasjonal beredskap og krisehandtering, samt byggverk som er omfatta av storulykkeforskrifta.

For byggverk i flaumutsett område skal kommunen alltid fastsette tryggleiksklasse. Kommunen må sjå til at byggverk vert plassert trygt nok i høve til dei tre tryggleiksklassane F1 - F3.

Tabell 1: I byggteknisk forskrift vert byggverk kategorisert i tre tryggleiksklassar, som definerer akseptnivå for flaum.

Tryggleiksklasse for flaum	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn	Døme
F1	Liten	1/20	Lager med lite personopphald, garasje
F2	Middels	1/200	Bustad, skule, barnehage, industribygg
F3	Stor	1/1000	Sjukeheim, brannstasjon, sjukehus, avfallsdeponi med forureiningsfare

Tryggleiksklasse F1 inngår byggverk med lite personopphald og små økonomiske eller ander samfunnsmessige konsekvensar.

Tryggleiksklasse F2 omfattar dei fleste byggverk som er berekna for personopphald. Dei økonomiske konsekvensane ved skadar på byggverk kan vere store, med kritiske samfunnsfunksjonar vert ikkje sett ut av spel. I delar av flaumutsette områder kan ved vere større flaumfare enn elles. I områder der det under flaum vil vere stor djupne eller sterk straum, bør det vere same tryggleiksnivå som tryggleiksklasse F3. Dette gjeld områder der djupna er større enn 2 meter og der produktet av djupne og vasshastigheit (m/s) er større enn 2 m²/s.

Tryggleiksklasse F3 omfattar byggverk for sårbare samfunnsfunksjonar og byggverk der overfløyning kan gje stor forureining på omgjevningane. Byggverk som inngår i F3 er byggverk får særleg sårbare grupper av befolkninga (t.d. sjukeheim), byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjonar og avfallsdeponi der overfløyning kan gje forureiningsfare.

Føresegna om flaum omfattar også stormflo. Det betyr at dei same tryggleiksnivåa gjeld.

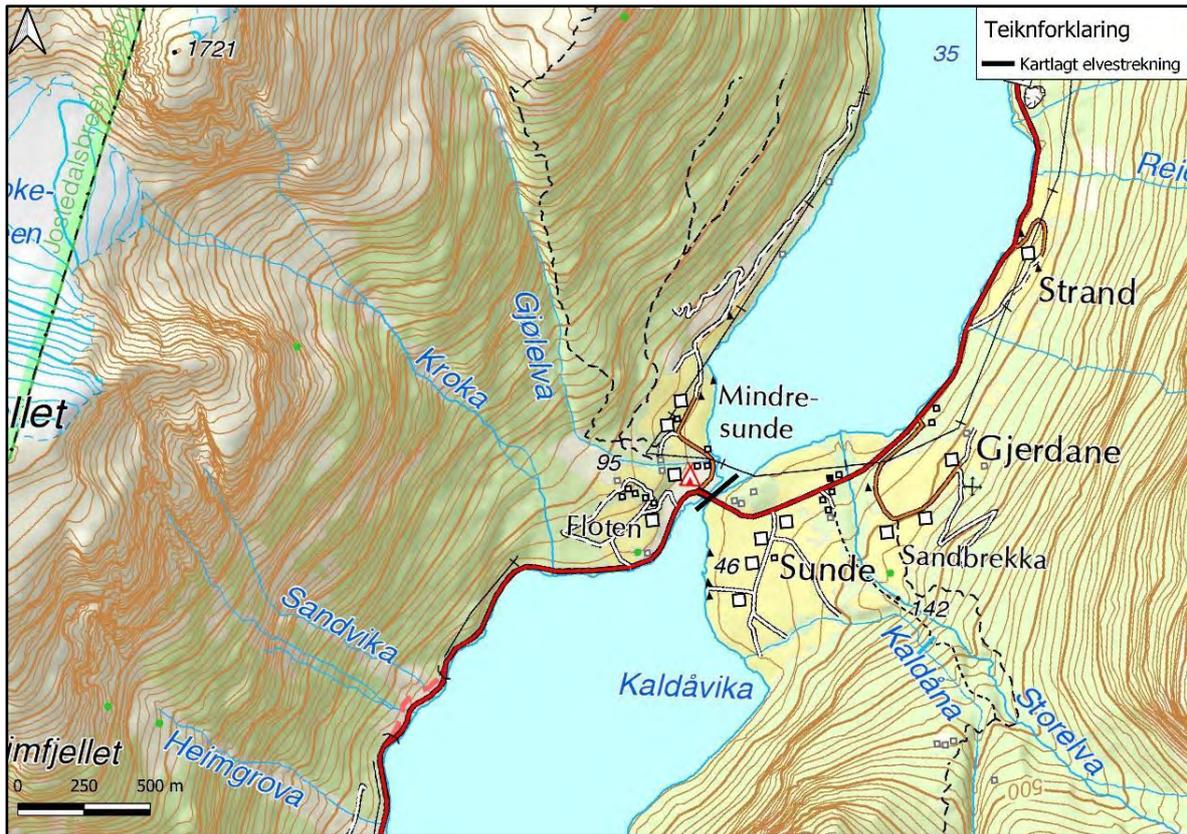
TEK17 opnar for at byggverk i F1 - F3 kan oppnå naudsynt tryggleik ved at det vert gjennomført sikringstiltak

1.2 Avgrensning av analyseområde

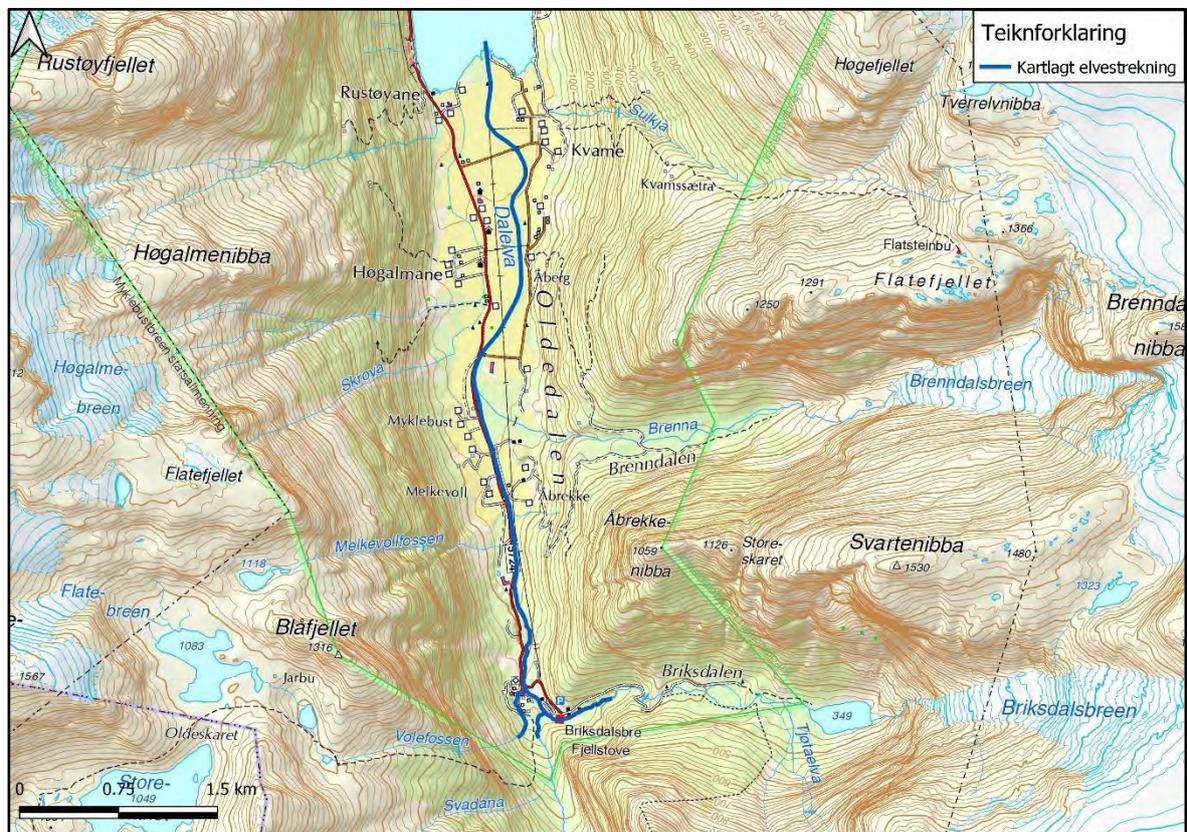
Områda som er kartlagt for flaumfare ligg i Olden, Oldedalen og Lodalen i Stryn kommune. I Olden er strekninga frå Olden sentrum til Floen, og strekninga mellom Floen og Nordre Oldevatn vurdert. I Oldedalen er Daleva frå Briksdalen til utløpet i Oldevatnet vurdert, i tillegg til strekninga mellom nordre og søndre Oldevatnet som ligg ved Sunde. Dei vurderte områda langs Oldenvassdraget er vist i Figur 1 - Figur 3. I Loen er strekninga frå Lovatnet til utløpet i Lobukta kartlagt. I tillegg er deler av Glennegrova, som renn ut i Lobukta om lag 300 m sør for Loelva, vurdert. Områda som er vurdert i Loen er vist i Figur 4.



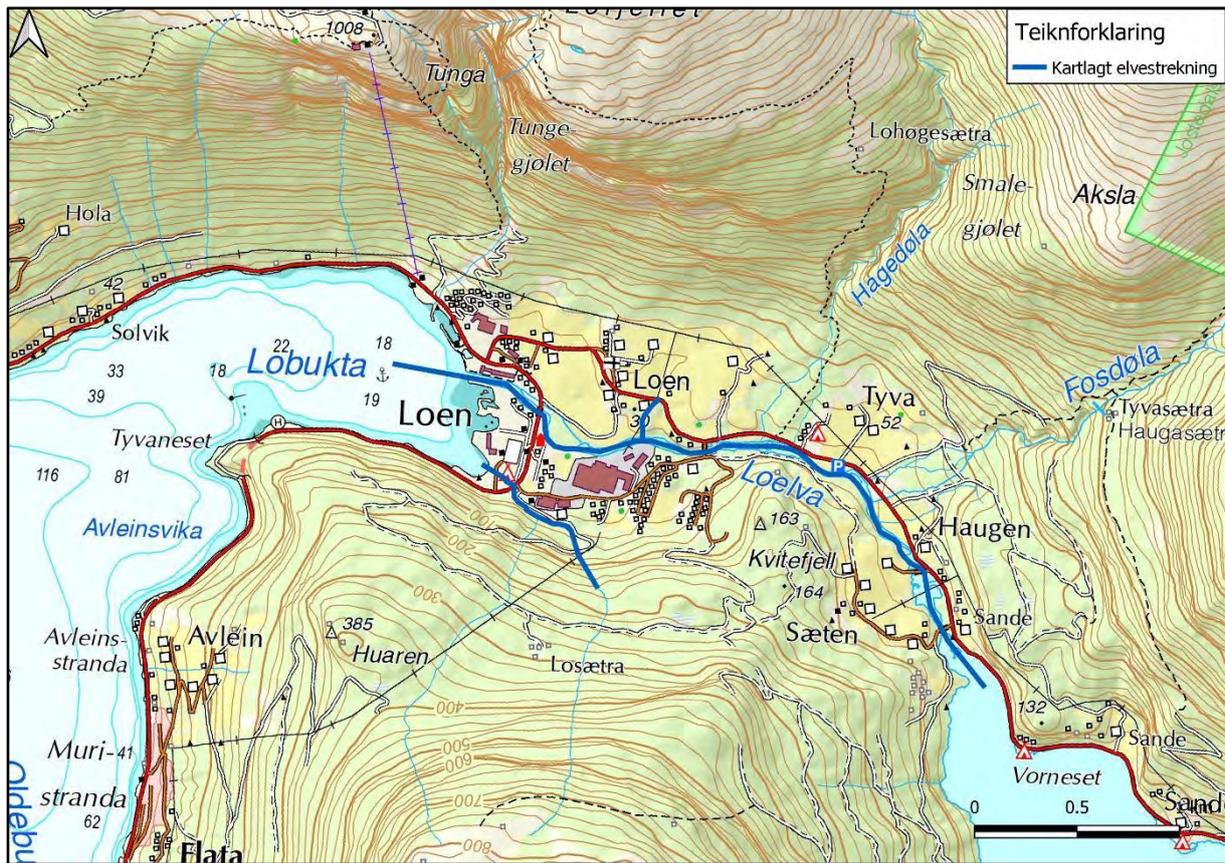
Figur 1: Vurdert elvestrekning i Olden. Strekninga mellom Olden sentrum og Floen, og mellom Floen og Nordre Oldevatn er vurdert.



Figur 2: Strekinga mellom nordre og sørlege Oldevatn er vurdert.



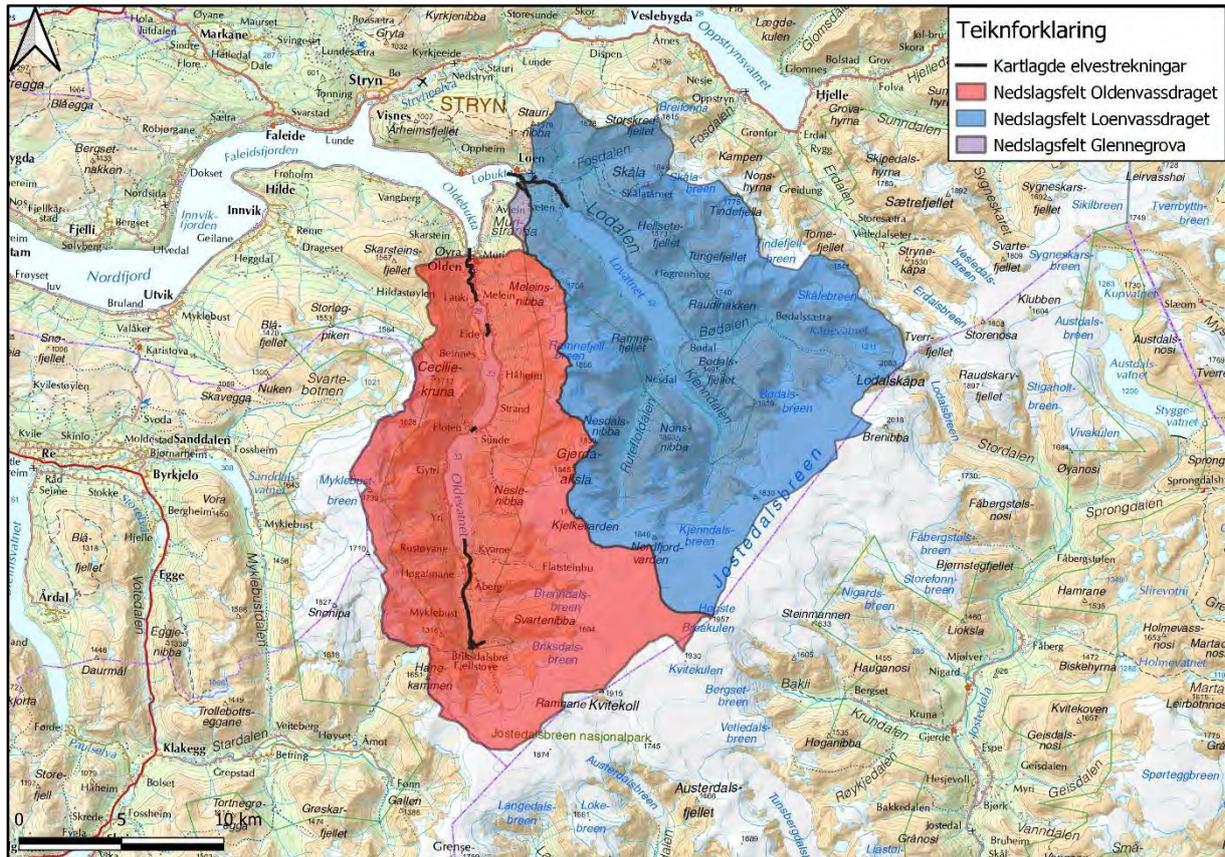
Figur 3: Det vurderte området sør i Oldedalen strekk seg frå der Volefossen, Melkevollen og Brikdsalselva møtest til utløpet i Oldevatnet.



Figur 4: Det vurderte området i Loen strekk seg frå Lovatnet til utløpet i Lobukta. I tillegg er nedre deler av Glennegrova vurdert.

2. Skildring av vassdraga

Loenvassdraget og Oldenvassdraget grensar til kvarandre og er to av hovudvassdraga i Stryn kommune. Begge vassdraga er omkransa av høge fjellområde på opptil 2000 moh. Jostedalsbreen dekker delar av kjeldeområda, og saman med Myklebustbreen og Skålabreen bidreg Jostedalsbreen til at vassdraga kan karakteriserast som brevassdrag. Brevassdrag har gjerne høg vassføring om sommaren grunna smeltevatn, og låg avrenning om vinteren grunna snølagring. Loenvassdraget er noko større enn Oldenvassdraget (høvesvis 260 og 225 km²), men vassdraga har relativt like felteigenskapar. Figur 5 viser nedslagsfelta til vassdraga. Sjå Kapittel 2.1 og 2.2 for ytterlegare skildringar av felteigenskapane.



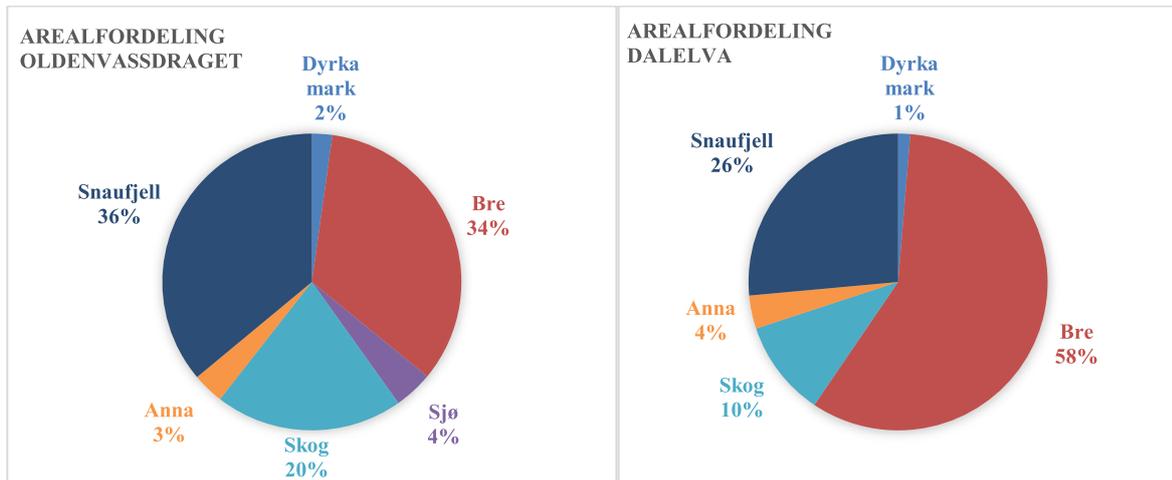
Figur 5: Nedslagsfelta til Oldenvassdraget, Loenvassdraget og Glennegrova. I Oldenvassdraget er to elvestrekningar kartlagte.

2.1 Felteigenskapar Oldenvassdraget

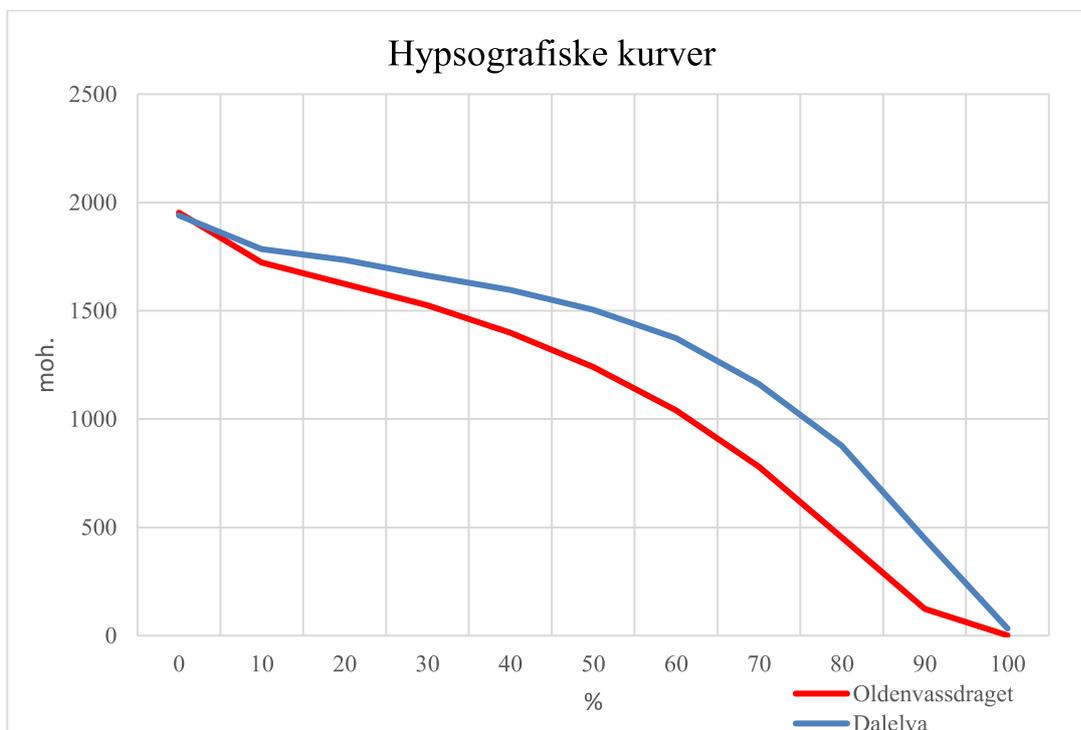
Ved utløpet i Oldebukta er nedslagsfeltet til Oldenvassdraget 225 km² stort og ved kartleggingsområdet langs Dalelva i Oldedalen er nedslagsfeltet 89,2 km² stort. Store deler av vassdraget er dekkja av bre, og består elles hovudsakleg av skog og snauffjell. Det langstrakte Oldevatnet bidreg til demping av flaumar, og har ved utløpet i fjorden 3 % effektiv sjøprosent. Den kartlagde strekninga langs Dalelva i Oldedalen har ingen innsjøar og er vesentleg brattare enn Oldeelva lenger nede i vassdraget, noko som gjer at Dalelva reagerer hurtigare på flaumar. Vassdraget er eit høgtliggande vassdrag der ca. 40 % av feltet ligg over 1500 moh. og 67 % ligg over 1000 moh. Figur 6 viser arealfordelinga til vassdraget, Figur 7 viser hypsografiske kurver for feltet, medan Tabell 2 summerer opp dei viktigaste felteigenskapane.

Oldenvassdraget er eit brevassdrag som er utsett for smeltevassflaumar om sommaren. Det er henta ut oversikt over dei ti største flaumane frå stasjon 88.30 Nordre Oldevatn (Tabell 3).

Denne stasjonen dekker store deler av vassdraget og representerer flaumtilhøva svært godt. Oversikta viser at størsteparten av desse flaumane har vore i juli, men store flaumar i august og oktober er også registrert. Den største flaumen som er registrert var 14. juli 1941 og hadde ei vassføring på 138 m³/s (døgnmiddel). Dette representerer om lag ein 100-årsflaum. Figur 8 viser ei flaumrose som syner kva tid på året storflaumar har oppstått. Flaumrosa viser at det oftast er flaum i juli/byrjinga av august. Flaumar i september og oktober opptrer sjeldnare. Resten av året, frå november-mai, er det ikkje registrert flaumar som er større enn årsmiddelflaumen.



Figur 6: Arealfordeling i Oldenvassdraget.



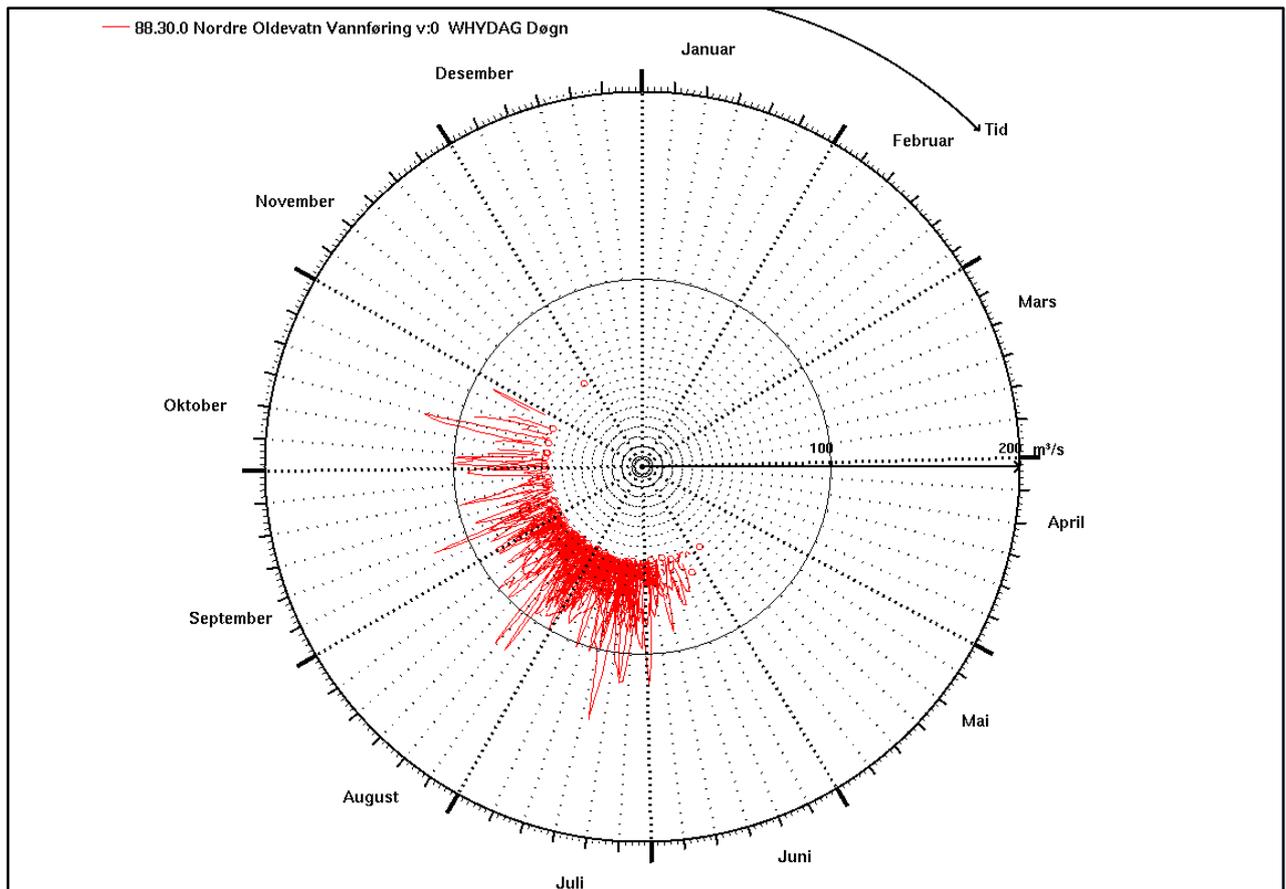
Figur 7: Hypsografiske kurver for dei to elvestrekningane som er kartlagt. Kurvene viser kor stor del av nedslagsfeltet som ligg over ein gitt høgd over havet. Om lag 67 % av nedslagsfeltet til Oldenvassdraget som heilskap ligg over 1000 moh. 80 % av nedslagsfeltet til Dalelva ligg over 1000 moh.

Tabell 2: Viktigaste felteigenskapar til Oldenvassdraget ved dei kartlagde elvestrekningane.

Elv	Feltstorleik (km ²)	Effektiv sjø (%)	Feltlengd (km)	Elvegradient (m/km)	Normalavrenning (l/s*km ²)	Bre (%)	Snaufjell (%)	H _{min} - H _{max} (moh.)
Oldenvassdraget	224	2.98	24.4	49.6	72.8	33.7	36.0	1 - 1953
Dalelva	89	0	12,2	118.0	86,9	57,8	26,3	33-1940

Tabell 3: Dei ti største flaumane som er registrert ved stasjon 88.30 Nordre Oldevatn.

Dato	Flaumstorleik (m ³ /s)	Gjentakingsintervall (år)
14.07.1941	137.6	100
08.08.1939	122.1	20
08.09.1966	119.2	20
15.10.2018	118.3	10-20
30.06.2011	116.8	10-20
08.07.1914	116.0	10-20
22.07.2010	103.2	5
18.07.1955	102.4	5
02.10.1985	101.1	5



Figur 8: Flaumrose frå stasjon 88.30 Nordre Oldevatn som syner kva tid på året dei største flaumane har vore. Mesteparten av dei største flaumane har vore i juli, men det har også vore fleire store flaumar i august, september og oktober.

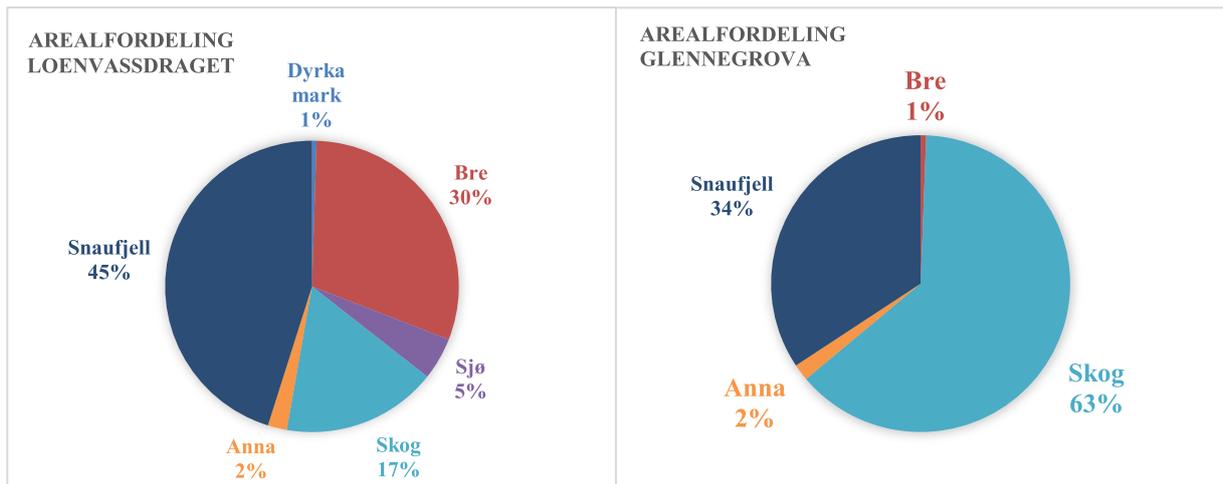
2.2 Felteigenskapar Loenvassdraget

Ved utløpet i Lobukta har Loenvassdraget eit 260 km² stort nedslagsfelt. 30 % av nedbørsfeltet består av bre, medan resterande del består hovudsakleg av snaufjell og skog. Nedslagsfeltet er høgtliggande der ca. 40 % ligg over 1500 moh. og 70 % ligg over 1000 moh. Lovatnet bidreg til demping, og gjev ein effektiv sjøprosent på 3,7.

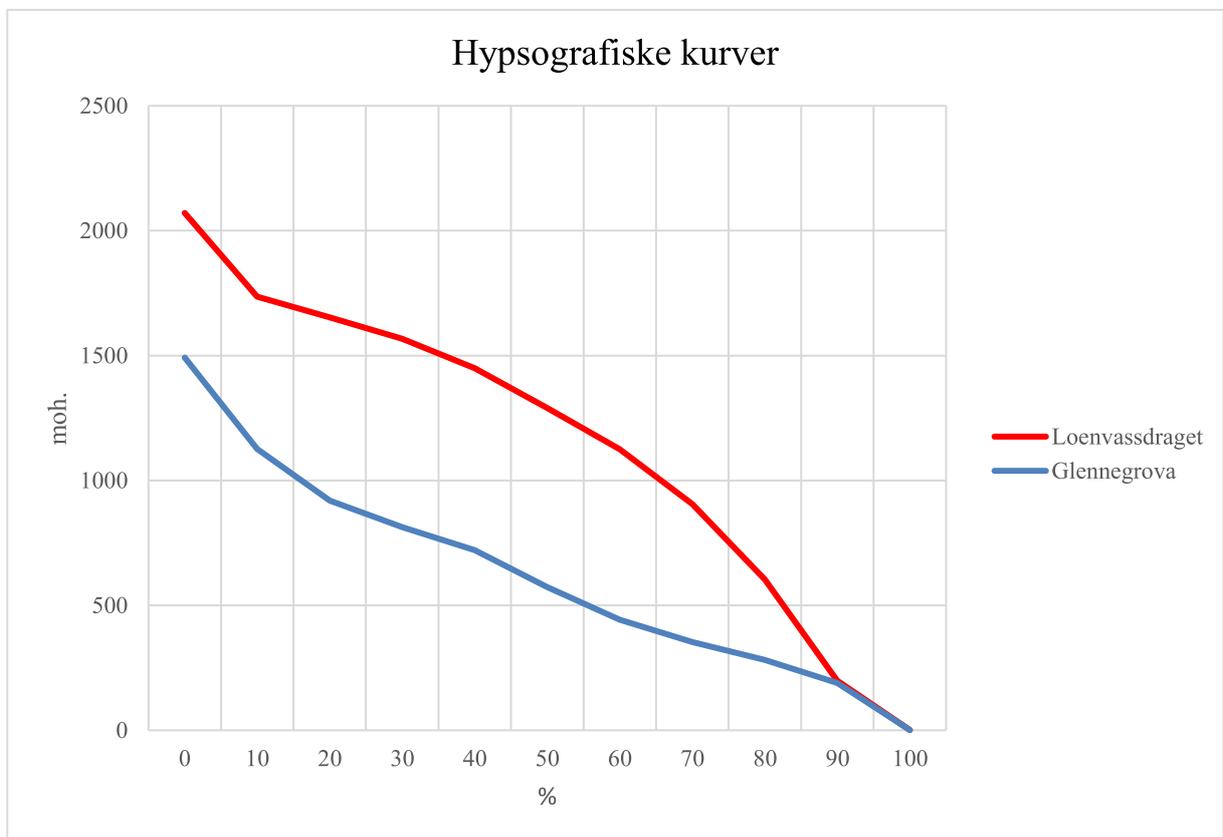
Ved enden av Lovatnet ligg stasjon 88.4 som dekker store deler av nedbørsfeltet. Frå denne stasjonen er det henta ut statistikk som syner dei største flaumhendingane (Tabell 5). Den største flaumen som er registrert er, som ved Nordre Oldevatn, 14.07. 1941 kor det vart registrert ei vassføring på 145 m³/s. Dette svarar til om lag ein 100-årsflaum. Flaumrosa frå stasjonen viser at det som oftast er flaum i juli, men det er også flaumar i august, september og oktober (Figur 11).

Glennegrova drenerer den bratte fjellsida opp mot Alveinsfjellet (1496 moh.) og er eit typisk Vestlandsk bratt sidedebørsfelt som reagerer raskt på nedbør og gjev korte, men intense flaumar. Grova renn i bratt terreng ned til om lag kote 25, før den renn vidare i slakt terreng til utløpet i Lovik. Nedslagsfeltet har ingen vatn og består hovudsakleg av skog og snaufjell. Det er ingen målestasjonar i feltet.

Figur 9 viser arealfordelinga i nedslagsfeltet, Figur 10 viser hypsografiske kurver, medan Tabell 4 summerer opp dei viktigaste felteigenskapane.



Figur 9: Arealfordeling i Loenvassdraget.



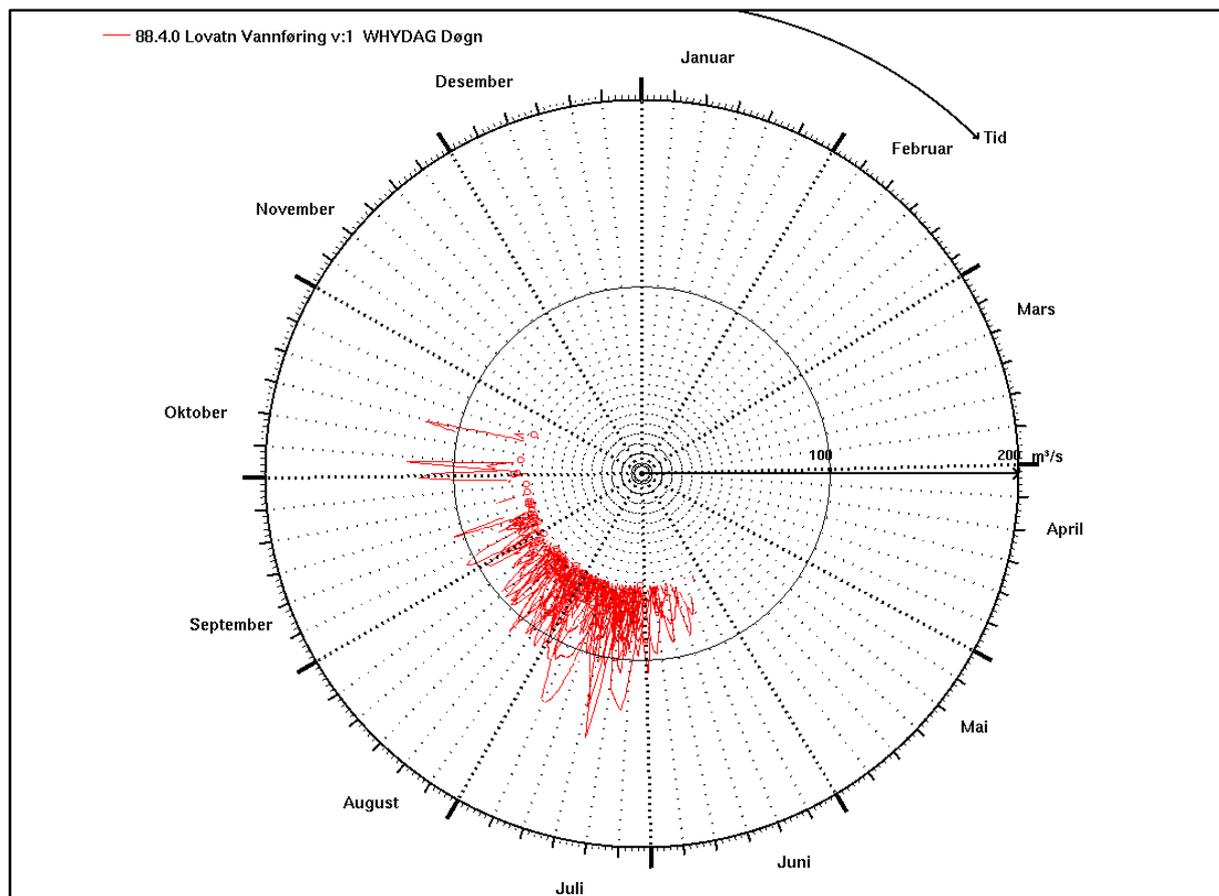
Figur 10: Hypsografisk kurve for Loenvassdraget og Glennegrova. Om lag 70 % av feltet til Loenvassdraget ligg over 1000 moh.

Tabell 4: Feltkarakteristikkar for Loelva og Glennegrova ved utløpet i Lobukta.

Elv	Feltstorleik (km ²)	Effektiv sjø (%)	Feltlengd (km)	Elvegradient (m/km)	Normalavrenning (l/s*km ²)	Bre (%)	Snau fjell (%)	H _{min} - H _{max} (moh.)
Loelva	260.0	3.66	23.5	63.3	63.9	30.4	45.1	1 - 2071
Glennegrova	2.2	0	3.4	331.0	43.5	1	34.2	3 - 1492

Tabell 5: Dei ti største flaumane som er registrert ved stasjon 88.4 Lovatn.

Dato	Flaumstorleik (m ³ /s)	Gjentakingsintervall (år)
14.07.1941	144.8	100
25.07.1901	133.1	20
07.07.1914	127.3	20
04.10.1908	124.5	10-20
15.10.2018	117.6	10-20
11.08.1939	110.06	10-20
27.07.1925	109.9	5
03.08.1927	109.0	5
02.10.1985	101.1	5



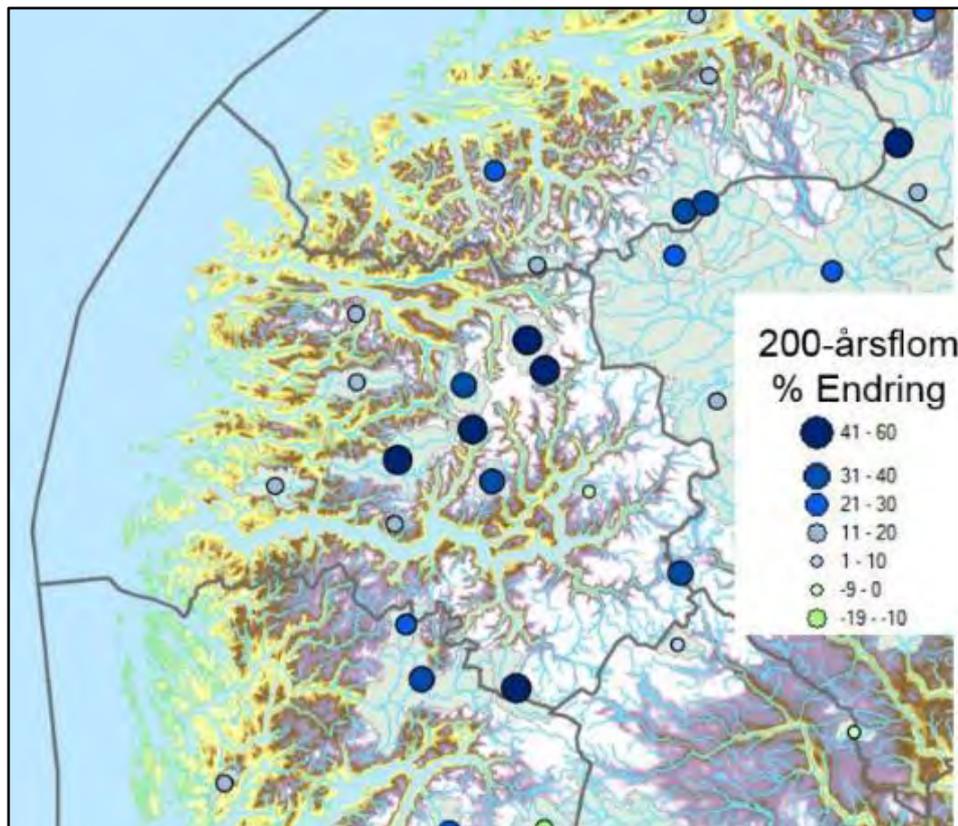
Figur 11: Flaumrose frå stasjon 88.4 Lovatn som syner kva tid på året dei største flaumane har vore. Mesteparten av dei største flaumane har vore i juli, men det har også vore fleire store flaumar i august, september og oktober.

3. Klima og havnivå

3.1 Klimapåslag for flaumar

Dei fleste klimamodellane byrjar å gje rimeleg pålitelege data om global vêr- og klimautvikling, men modellane har framleis store uvisser, spesielt på regional og lokal skala. Likevel bør ein ta høgde for dei mange resultatane som peikar mot ei global oppvarming, med påfølgjande lokale klimatiske endringar. Hausten 2015 vart den siste *Klima i Norge 2100*-rapporten publisert av Norsk klimaservicesenter (NKSS). Hovudfunna i denne rapporten er at ein i Noreg må forvente høgare temperaturar, meir nedbør og meir ekstremnedbør. Ei følgje av dette vil vere at ein må ta høgde for at flaumane vert større og kjem hyppigare, og at skredfrekvensen vil auke i Noreg.

Med mellom anna denne rapporten som bakgrunn utarbeidde NVE i 2016 rapporten *Klimaendring og framtidige flommer i Norge* (Ref-4), som gjev ei meir grundig presentering av resultatane. I denne rapporten er det gjevne tilrådingar på kor mykje klimapåslag ein eventuelt bør legge til. I Sogn og Fjordane er det tilrådd å legge til 40 % aukiing i flaumar for alle elver som ligg i nærleiken av og har hovuddelen av nedbørsfeltet i område der resultatane gjev ei auke på 41-60 %. Loenvassdraget og Oldenvassdraget ligg om lag midt mellom område som viser 11-20 % og område som viser 41-60 %. Det er vidare gjort ei berekning direkte på ein av målestasjonane i Loenvassdraget, 88.4 Lovatn. Her viser berekningane at ein forventar ei auke på 59 % i klimaperioden 2071-2000. I følgje tilrådingane bør ein då legge til 40 % på dei berekna flaumstorleikane. Sidan Loenvassdraget og Oldenvassdraget er nabovassdrag med like felteigenskapar, antar vi ei liknande auke i Oldenvassdraget. Vi legg derfor til eit klimapåslag på 40 % på alle berekna flaumstorleikar.



Figur 12: Prosentvis endring i 200-årsflaum for nedbørsfelt i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland.

3.2 Havnivå

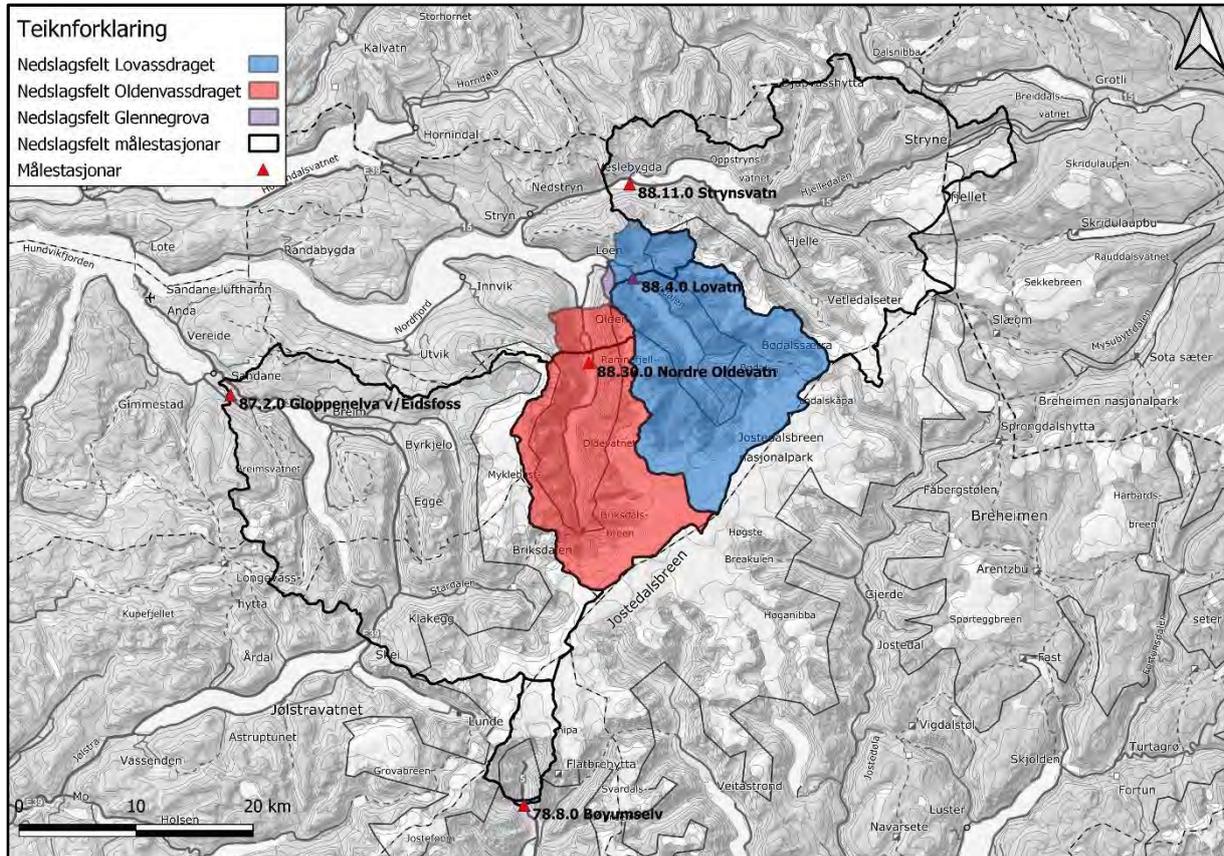
I nedre deler av kartleggingsområda renn elvene ut i Lobukta eller Oldebukta, og her vil stormflo og framtidige havnivåendringar vere dimensjonerande for flaumhøgden. Direktoratet for samfunnsikkerheit og beredskap (DSB) gjev råd til korleis havnivåendring og stormflo skal handsamast i planleggingsarbeid. Tabell 6 viser tilrådde vasstandar for dei ulike sikkerheitsklassane i samsvar med TEK17. Tala gjeld for Stryn kommune og er basert på DSB sin rettleiar *Havnivåstigning og stormflo – samfunnsikkerheit i kommunal planlegging* (Ref-6).

Tabell 6: Tilrådde vasstandar for sikkerheitsklassar i samsvar med TEK17.

Sikkerheitsklasse 1	222 cm over NN2000
Sikkerheitsklasse 2	235 cm over NN2000
Sikkerheitsklasse 3	243 cm over NN2000

4. Hydrometiske målestasjonar

I både Loenvassdraget og Oldenvassdraget er det målestasjonar med lange måleseriar, noko som gjev eit godt grunnlag for estimering av flaumverdiar. Det er det også målestasjonar i Strynevassdraget som er nabovassdraget i nord, Gloppenelv og Bøyumselv som også ligg i nærleiken. Desse stasjonane er nytta som samanlikningsgrunnlag.



Figur 13: Plassering av samanlikningsstasjonar med tilhøyrande nedslagsfelt. Nedslagsfeltene til dei kartlagde områda er vist med skravur.

I nordenden av Oldevatnet ligg stasjon 88.30 Nordre Oldevatn. Stasjonen dekker om lag 90 % av nedslagsfeltet til Oldenvassdraget og har tilgjengeleg data attende til 1902. Stasjonen har blitt flytta fleire gongar og erstatta stasjon 88.2 i 1987. Stasjonen er vurdert til å ha middels kvalitet på vassføringskurva.

88.4 Lovatn ligg i vestenden av Lovatnet og har vore aktiv sidan 1900. Stasjonen dekker om lag 90 % av vassdraget, og er dermed svært godt eigna for dette prosjektet. Stasjonen har måleseriar frå tre periodar. I siste periode frå 1951 til i dag er kurvekvaliteten på stor vassføring vurdert til å vere svært bra. For periodane 1900-1936 og 1936-1951 er kurvekvaliteten på stor vassføring vurdert til å vere høvesvis middels og bra.

88.11 Strynsvatn er ein aktiv stasjon og har data frå 1903. Stasjonen har blitt flytta tre gongar, og vart i perioden 2001-2006 erstatta av 88.12 med same nedbørsfelt og vassføringskurve. NVE utførte ei flaumberekning av Strynevassdraget i 2005 (Ref-1), og vassføringskurvene vart vurdert til å vere relativt gode på flaumvassføringar. Ein valde likevel å ikkje nytte perioden fram til 1924 på grunn av ein signifikant avtakande trend i årsmaksimum i denne perioden.

87.10 Gloppenelv v/Bergheim er ein aktiv stasjon, som vart sett opp i 2006 då den erstatta stasjon 87.3 Gloppenelv v/Teita bru. Vassføringskurva vart overført på grunnlag av to år med samanlikningsdata. Data frå Teita bru er arealskalert og stasjonen har derfor tilgjengeleg måleserie som strekk seg attende til 1970. Kurvekvaliteten er vurdert til middels på stor vassføring.

78.8 Bøyumselv ligg på sørsida av Jostedalsbreen og har data attende til 1982. Bøyumselv har som dei andre stasjonane høg breprosent, men har mindre feltareal. Kurvekvaliteten er vurdert til bra.

Tabell 7: Målestasjonar med feltparameter.

Stasjon	Måleperiode	Feltareal (km ²)	Normalavrenning (l/s *km ²)	Effektiv sjøprosent	Breprosent	Høgdeintervall (moh.)
88.30 Nordre Oldevatn	1902-dd	203,1	75,7	3,4	36,7	33-1953
88.4 Lovatn	1900-dd	234,9	64,8	4,5	33,2	52-2071
88.11 Strynsvatn	1903-dd	482,0	60,5	4,8	16,2	29-1933
87.10 Gloppenelv v/Bergheim	1970-dd	218,6	79,3	0,26	16,5	138-1823
78.8 Bøyumselv	1982-dd	40,5	108,4	0,15	41,4	40-1731

5. Flaumberekningar

Målestasjonane ved Nordre Oldevatn og Lovatn har lange måleseriar og dekker store deler av områda som skal kartleggast. Flaumberekningane vil i hovudsak verte berekna utifrå vassføringsdata frå desse stasjonane. I Glennegrova er det ikkje målestasjonar, og her vil andre berekningsmetodar verte nytta. I øvre Oldedalen er det heller ingen målestasjonar, men stasjon 88.30 Nordre Oldevatn ligg lenger nedstrøms i vassdraget og vil til ein viss grad kunne nyttast. I tillegg vil det verte utført flaumfrekvensanalysar på samanliknbare stasjonar og utført berekningar med nasjonale og regionale formelverk for flaumberekningar.

5.1 Flaumfrekvensanalysar

I ei flaumfrekvensanalyse vert flaumfrekvensfordelinga bestemt utifrå ein eller fleire flaumseriar. For å estimere sannsynet for flaumar som er større enn dei som er observert, vert data tilpassa ein statistisk fordelingsfunksjon. For å få eit best mogeleg bilete av det regionale flaummønsteret og for å minimere risikoen for at enkeltseriar gjev for høge eller for låge fordelingar, er det naudsynt å utføre flaumfrekvensanalysane på fleire stasjonar. Olden- Loen- og Strynevassdraga er tre nabovassdrag med like felteigenskapar. Dei tre målestasjonane i desse vassdraga har alle måleseriar på meir enn hundre år, og er vurdert til å gje eit godt grunnlag for analysane.

Alle vassdraga som er nytta er brevassdrag der flaumar ofte opptrer på sommaren som resultat av bresmelting, gjerne kombinert med regn, noko som også er vist på statistikken. Men av dei største flaumane som er registrert ved målestasjonane, er det likevel fleire store haustflaumar. Ein må derfor også forvente at både haust- og smelteflaumar om sommaren vil kunne opptre i vassdraga. Flaumfrekvensanalysane er derfor gjort på årsflaumar, noko som også er den mest brukte metoden i Norge (Ref-3).

5.1.1 Berekning av døgnmiddelflaum

Flaumfrekvensanalysane er gjort med programma flaumanalyse og ekstrem, som er tilgjengeleg gjennom Hydra II. Resultat funne i Ref-2 indikerer at ved serielengder på meir enn 50 år, gjev ei GEV-fordeling best resultat. Det er også tilrådd å bruke ei Bayesiansk tilpassing dersom ein har meir enn 10 år med data. I denne analysen vart det prøvd fleire fordelingsfunksjonar, og sett på kva funksjon som gav den best tilpassa kurva. Resultata viste at ved alle målestasjonane, så gav ei GEV-fordeling med ei Bayesiansk tilnærming best resultat. Vidare ser vi godt samsvar i flaumfrekvensfaktorar for mindre flaumar, men at ved større flaumar viser Lovatn noko større frekvensfaktor. Skilnaden er likevel ikkje større enn kva ein kan forvente innan same region. Tabell 8 viser resultatata frå flaumfrekvensanalysane. Vekstkurvene er vist i vedlegg 1.

Tabell 8: Frekvensanalysar for dei aktuelle målestasjonane. Analysane er gjort på årsflaumar.

Stasjon	Periode	Feltareal (km ²)	Q _M		Q ₅ / Q _M	Q ₂₀ / Q _M	Q ₅₀ / Q _M	Q ₁₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₅₀₀ / Q _M	Q ₁₀₀₀ / Q _M
			m ³ /s	l/s*km ²							
88.30 Nordre Oldevatn	1902-2019	203,1	77	379	1,21	1,45	1,57	1,66	1,73	1,83	1,90
88.4 Lovatn	1936-2019	234,9	81	345	1,18	1,43	1,57	1,70	1,80	1,95	2,07
88.11 Strynsvatn	1924-2019	482,0	125	259	1,19	1,48	1,57	1,67	1,77	1,93	2,06
87.10 Gloppenelv	1970-2019	218,6	129,2	591	1,19	1,60	1,88	2,10	2,33	2,65	2,92
78.8 Bøyumselv	1982-2019	40,5	24,1	599	1,20	1,56	1,80	1,98	2,22	2,45	2,68

5.1.2 Berekning av kulminasjonsflaum

Berekningane ovanfor er gjeve som døgnmiddelvassføringar. I flaumsonkartleggingar legg ein til grunn flaumtoppen, også kalla kulminasjonsflaumen. I vassdrag som dette der målestasjonane er i enden av store vatn som fungerer som ei demping, vil ein forvente liten skilnad mellom døgnmiddelflaum og kulminasjonsflaum. Både Lovatn og Nordre Oldevatn har tilgjengeleg flaumdata med timesoppløysing, og for finne forholdet mellom kulminasjonsvassføringa og døgnmiddelvassføringa (Q_{mom}/Q_{mid}), er det sett på dei ti største observerte flaumane i vassdraget der det er tilgjengeleg både døgnvassføringar og kulminasjonsvassføring.

Ved Lovatn varierer forholdstalet frå 1,01-1,07, med eit gjennomsnitt på 1,03. Det største forholdstalet gjeld haustflaumen som var i oktober 2018. Nordre Oldevatn viser eit gjennomsnitt på 1,06. At det er høgare forholdstal ved Nordre Oldevatn skuldast truleg at det er fleire haustflaumar blant dei ti største flaumane. Det er også noko større feltareal og effektiv sjøprosent ved Lovatn, noko som gjev meir demping og mindre skilnad mellom døgnmiddelflaum og kulminasjonsflaum. Ved Nordre Oldevatn er største forholdstal på 1,1 og er også frå oktoberflaumen i 2018. I framtida er det forventta at haustflaumar kan førekome oftare. For å ta høgde for fleire haustflaumar i framtida, legg vi til grunn høgste forholdstal for berekning av kulminasjonsflaum. Forholdstalet ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$) for Lovatn vert dermed 1,07 og 1,1 for Nordre Oldevatn.

5.2 Regional flaumfrekvensanalyse (RFFA 2018) og Nasjonalt formelverk (NIFS)

I Glennegrova i Loen og i Dalelva i Oldedalen er det ingen målestasjonar. Stasjonen i Nordre Oldevatn kan til ein viss grad brukast for Daleva, men større feltareal og effektiv sjøprosent, gjer at denne stasjonen ikkje er direkte samanliknbar. For desse elvestrekningane er det derfor brukt tilgjengeleg formelverk til å berekne flaumstorleikar.

5.2.1 Regional flaumfrekvensanalyse (RFFA 2018)

NVE utarbeidde i 2020 ein rapport som gjev tilrådingar kring berekning av flaumstorleikar i felt utan målestasjonar (Ref-2). I felt større enn 60 km² utan måledata, er det tilrådd å bruke regional flaumfrekvensanalyse (RFFA 2018). Metoden tek utgangspunkt i regionale flaumfrekvensanalysar som baserer seg på samanhengen mellom dimensjonerande flaum og felteigenskapar. RFFA 2018 er basert på indeksflaum-metoden, der indeksflaumen vert berekna basert på felteigenskapar, og så vert ei standard vekstkurve nytta for å finne ynskt flaumstorleik (Ref-2).

RFFA 2018 er nytta for å finne flaumstorleikar ved Dalelva i Oldedalen. Ved utløpet i Oldevatnet har elva eit nedslagsfelt på 89,2 km², og ligg dermed innanfor gyldighetsintervallet. Strekninga som er kartlagt langs Dalelva er om lag 6 km lang. Flaumstorleikane er derfor berekna ved to punkt langs strekninga; nedstrøms for samløpet mellom Volefossen og Melkevollelva og ved utløpet i Oldevatnet.

Ein bør alltid vurdere resultat opp mot samanliknbare felt med målestasjonar eller andre metodar. Vi har nytta flaumfrekvensanalysar frå 88.30 Nordre Oldevatn, som ligg lenger nedstrøms i vassdraget, 87.10 Gloppenelv v/Bergheim og 78.8 Bøyumselv som samanlikningsgrunnlag. Nordre Oldevatn viser vesentleg lågare middelflaum og vekstfaktorar, noko som er forventta sidan stasjonen ligg i enden av Oldevatnet som fungerer som demping på flaumar. Gloppenelv og Bøyumselv har lite demping, og representerer felteigenskapane til Dalelva betre. Middelflaumen samsvarar bra med desse to stasjonane, men vekstfaktorane ved samanlikningsstasjonane er noko høgare, spesielt ved Gloppenelv. Begge desse stasjonane representerer dei regionale flaumtilhøva bra, og resultatane frå RFFA 2018 er derfor truleg noko underestimert. Med omsyn til feltareal og effektiv sjøprosent, vil nok Bøyumselv representere flaumtilhøva ved Dalelva best. Flaumkurva til Bøyumselv er vurdert til å vere bra på høg vassføring, medan Gloppenelv er vurdert til middels. Det er derfor knytt større usikkerheit til berekningane ved Gloppenelv. Med omsyn til feltareal og effektiv sjøprosent, er Bøyumselv i tillegg vurdert til representere flaumtilhøva ved Dalelva best, og flaumfrekvensfaktorane frå Bøyumselv vil derfor verte nytta som grunnlag ved Dalelva.

Tabell 9: Middelflaum og vekstfaktorar berekna med RFFA 2018. Middelflaumen er gjeve som kulminasjonsflaum. Skalerte resultat frå flaumfrekvensanalysen ved stasjon 88.30 Nordre Oldevatn og resultat frå andre samanliknbare stasjonar er teke med som samanlikning.

Lokalitet langs Dalelva	Feltareal (km ²)	Effektiv sjøprosent	Kulminasjonsfaktor	Q _M (l/s*km ²)	Q ₂₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₅₀₀ /Q _M	Q ₁₀₀₀ /Q _M
Nedstraums for samløpet med Volefossen /Melkevollelva	49.3	0.10	1.66	1030	1.52	2.02	2.22	2.38
Utløpet i Oldevatnet	89.1	0.03	1.57	890	1.51	1.99	2.19	2.35
FFA 87.10 Gloppenelv*	218.6	0.26	1.48	874	1.60	2.33	2.65	2.92
FFA 88.30 Nordre Oldevatn*	203.1	3.40	1.57	594	1.45	1.73	1.83	1.90
FFA 78.8 Bøyumselv*	40.5	0.15	1.54	922	1.56	2.22	2.45	2.68

5.2.2 Nasjonalt formelverk for flaumberekningar i små felt (NIFS)

For Glennegrova i Loen og ved Volefossen og Melkevollelva i Oldedalen, er nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt nytta (Ref-3). Formelverket bereknar middelflaum og vassføringar med høgare returperiodar, direkte på kulminasjonsverdiar for små (< ca. 50 km²) uregulerte felt i Norge og er basert på regresjonsanalysar. Formelverket er testa på meir enn 4000 nedbørsfelt. Inngåande parameter er feltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. I følgje formelverket er middelflaumen (Q_M) gitt ved:

$$(1) \quad Q_M = 18.97 Q_N^{0.864} e^{-0.251 \sqrt{A_{SE}}}$$

der Q_N er nedbørsfeltets normalavrenning (m³/s), henta frå NVE sitt avrenningskart i perioden 1961 – 90, A_{SE} er den effektive sjøprosenten og *e* er eit grunntal.

Vekstkurva er gitt ved:

$$(2) \quad Q_T/Q_M = 1 + 0.3808 \times q_N^{-0.137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k$$

der q_N er normalavrenninga (l/s × km²) i perioden 1961-1990 henta frå avrenningskartet, Γ er gammafunksjonen, T er gjentakingsintervall og k er ein konstant som er gitt ved:

$$(3) \quad k = -1 + 2 / [1 + e^{0.391 + 1.54 \cdot A_{SE} / 100}]$$

Tabell 10 viser resultatata frå flaumberekning ved bruk av nasjonalt formelverk for små felt.

Tabell 10: Resultat frå flaumberekning ved nasjonalt formelverk for små felt.

Elv/lokalitet	Q _M		Q ₂₀		Q ₂₀₀		Q ₁₀₀₀	
	m ³ /s	l/s*km ²	m ³ /s	Q _M /Q _T	m ³ /s	Q _M /Q _T	m ³ /s	Q _M /Q _T
Glennegrova	2.5	1135	4.2	1.67	6.6	2.63	9.1	3.60

Volefossen	6.4	1165	10.4	1.63	16.6	2.59	23.1	3.60
Melkevollrelva	2.,5	1614	39.3	1.60	60.7	2.47	82.1	3.35

5.3 Dimensjonerande flaumstorleikar

Tabell 11 og Tabell 12 summerer opp dimensjonerande flaumstorleikar for middelflaum, 20-, 200-, og 1000-årsflaum ved ulike lokalitetar i analyseområda i Olden og Loen.

Tabell 11: Berekna flaumstorleikar ved ulike lokalitetar i analyseområdet i Olden og Oldedalen. Flaumstorleikane er gjeve som kulminasjonsflaum og er inkludert klimapåslag på 40 %.

Lokalitet i Oldenvassdraget	Feltareal (km ²)	Kulminasjonsfaktor	Q _M (m ² /s)	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₁₀₀₀ m ³ /s
Melkevollrelva	15.2	-	34.3	55.1	85.0	115.0
Volefossen	5.5	-	9.0	14.6	23.2	32.3
Daleva nedstraums Volefossen	49.3	1.66	71.1	108.1	143.6	169.2
Dalelva utløp i Oldevatnet	89.1	1.57	111.0	167.6	220.9	260.9
88.30 Nordre Oldevatn	203.1	1.1	118.5	171.9	205.1	225.2
Oldevatnet (vasstand)		31,911	3.87 (35.78)	4.37 (36.3)	4.65 (36.56)	5.1 (37)
Oldeelva v/Eide	202.0	1.1	117.9	171.0	204.0	224.0
Oldeelva nedstraums Floen	211.0	1.1	123.2	178.6	213.1	234.0
Oldeelva v/Bruvoll	221.0	1.1	129.0	187.0	223.2	245.1
Oldeelva utløp	224.0	1.1	130.7	189.6	226.2	248.4

Tabell 12: Berekna flaumstorleikar ved ulike lokalitetar i analyseområdet i Loen. Flaumstorleikane er gjeve som kulminasjonsflaum og er inkludert klimapåslag på 40 %.

Lokalitet i Lovassdraget	Feltareal (km ²)	Kulminasjonsfaktor	Q _M (m ² /s)	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₁₀₀₀ m ³ /s
Loelva v/Vassenden	235	1.07	121.5	173.7	218.6	251.4
Loelva nedstraums Hagedøla	258	1.07	133.3	190.7	240.0	276.0
Loelva utløp	260	1.07	134.4	192.1	241.9	278.1
Glennagrova	2.2		3.5	5.9	9.2	12,7

5.4 Usikkerheit

For flaumberekningane i Loelva og Oldeelva kan datagrunnlaget karakteriserast som godt. Begge elvene har målestasjonar med meir enn hundre års data tilgjengeleg. Det er utført flaumfrekvensanalysar på aktuelle stasjonar, der data er basert på vasstandsobservasjonar og omrekning til vassføring basert på vassføringskurver. Vassføringskurva for 88.4 Lovatn er vurdert til å vere svært god på høg vassføring, medan for 88.30 Nordre Oldevatn er kurva vurdert til å vere middels godt på høg vassføring. Men profilet er rekna for å vere stabilt, og stasjonen har generelt høg kvalitet på data. Desse to stasjonane, saman med stasjon 88.11 Strynsvatn som ligg i nabovassdraget i nord, gjev eit svært godt grunnlag for dei regionale flaumtilhøva i området.

I Dalelva i Oldedalen er det ingen måledata, utanom 88.30 Nordre Oldevatn som ligg lenger nedstraums i Vassdraget. Det er også samanlikna med data frå liknande brevassdrag i området. Flaumberekninga i Dalelva er vurdert til å vere relativt gode.

Glennegrova, Volefossen og Melkevollelva er mindre og bratte felt utan måledata. For desse felte er det også få gode samanlikningsstasjonar. I desse felte er det relativt stor usikkerheit i dei berekna flaumverdiane.

6. Hydrauliske modellar

6.1 Metode og bakgrunnsmateriale

For å rekne ut vasstanden og areal som vert flauma over langs elvene i undersøkingsområda ved ulike flaumstorleikar, er det hydrauliske modelleringsverktøyet HEC RAS 5.0.7 nytta. Programmet er utvikla av det amerikanske forsvarsdepartementet og fyrste versjon vart gitt ut i 1996.

Programmet kan modellere både 1-dimensjonalt (1D) og 2-dimensjonalt (2D). Ein 1D-modell bereknar vasstandar og vasshastigheitar basert på forenkla elvegeometri ved tverrprofil over elva, medan ein 2D-modell bereknar vassdjup og vasshastigheiter i horisontale retningar.

Det er utarbeida terrengmodell basert på tilgjengeleg laserdata. I dette prosjektet, er det nytta laserdata frå:

- Luster-Stryn 2012 med ein punktettleik på 2 pkt/m². Koordinatsystem: Euref1989 UTM sone 32. Høgdesystem NN2000.
- FKB-data (veg, elv og bygningar) tilsendt frå Stryn kommune
- Oppmåling av elveprofil utført av Nordplan AS. Det er målt opp totalt 12 profil i dei mest utbygde områda i Olden og Loen

I kartleggingsområdet i Loen omfattar den hydrauliske modellen den ca. 3 km lange strekninga frå Lovatnet til utløpet i Lobukta. Her er det utarbeidd ein 2D modell med varierende cellestorleik på «meshet» (*adaptiv mesh*), der modellen bereknar den optimale storleiken på cellene. I områder med store terrengendringar vil modellen generere større oppløysing, medan i områder med mindre terrengendringar, som t.d. store flater, vil modellen tillate mindre oppløysing. I tillegg er det lagt inn «*breaklines*» langs elver, elvekantar og andre større terrengendringar med fast cellestorleik på 2 eller 3 m. Som oppstraums grensevilkår er vasstanden i Lovatnet nytta, medan som nedre grensevilkår er vasstand ved 1-årsstormflo nytta. Det er også utarbeida ein tilsvarende 2D-modell for Glennegrova i Loen. Her er terrenggradienten nytta som oppstraums grensevilkår, og 1-årsstormflo nytta som nedstraums grensevilkår.

I Olden er det utarbeida ein 2D-modell for strekninga frå Floen til utløpet i Oldebukta. Strekninga er om lag 2,6 km lang. Også her er *adaptive mesh* nytta. Som oppstraums og nedstraums grensevilkår er høvesvis vasstanden i Floen og 1-årsstormflo nytta. Langs kartleggingsområdet på Eide, strekninga mellom Oldevatnet og Floen, er det utarbeidd ein 1D-modell. Her er vasstanden i Oldevatnet og Floen nytta som grensevilkår.

I kartleggingsområdet i Oldedalen er strekninga frå Briksdalselva til Oldevatnet kartlagt. Her er det utarbeidd ein 1D-modell i strekninga frå Briksdalen til Åbrekke. Nedstraums for Åbrekke er det utarbeidd ein 2D-modell. På denne strekninga er det utført fleire utbetringar av elveløpet opp gjennom åra, slik at elv no enkelte stader ligg høgare enn terrenget rundt. Det var derfor vanskeleg i få eit akseptabelt resultat med 1D-modellering. Ein 2D-modell gjev betre resultat langs elvestrekningar der elva kan bryte ut og ta andre flaumvegar. I 2D-modellen langs denne strekninga er det nytta eit kvadratisk mesh med 5 m oppløysing. Langs elva og elvekantane er det lagt inn *breaklines* med høgare oppløysing. Som oppstraums grensevilkår er terrenggradienten nytta, og som nedstraums grensevilkår er vasstanden i Oldevatnet nytta.

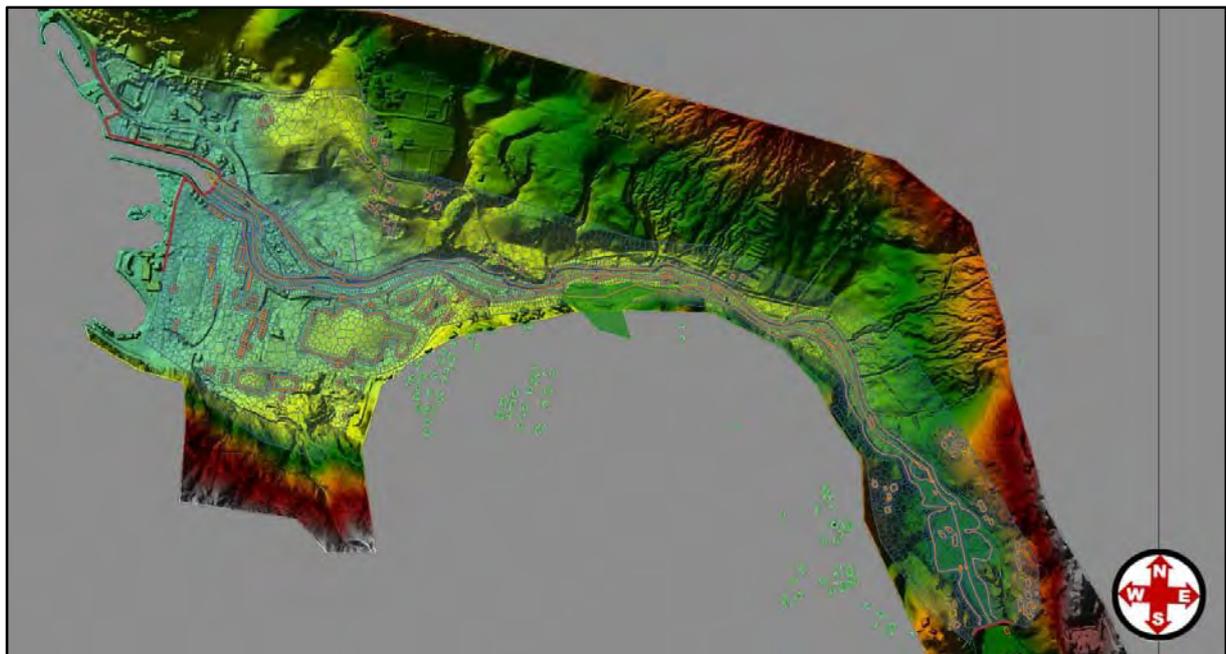
Figur 14-Figur 17 viser utstrekninga til 2D-modellane, medan Figur 18- Figur 20 viser plassering av elveprofil for strekningane der det er utført 1D-modellering.

2D-modellane som er utarbeidd tek ikkje omsyn til bruer og kulvertar. Det er derfor laga egne 1D-modellar for alle bilvegbruer og kulvertar i dei kartlagde områda.

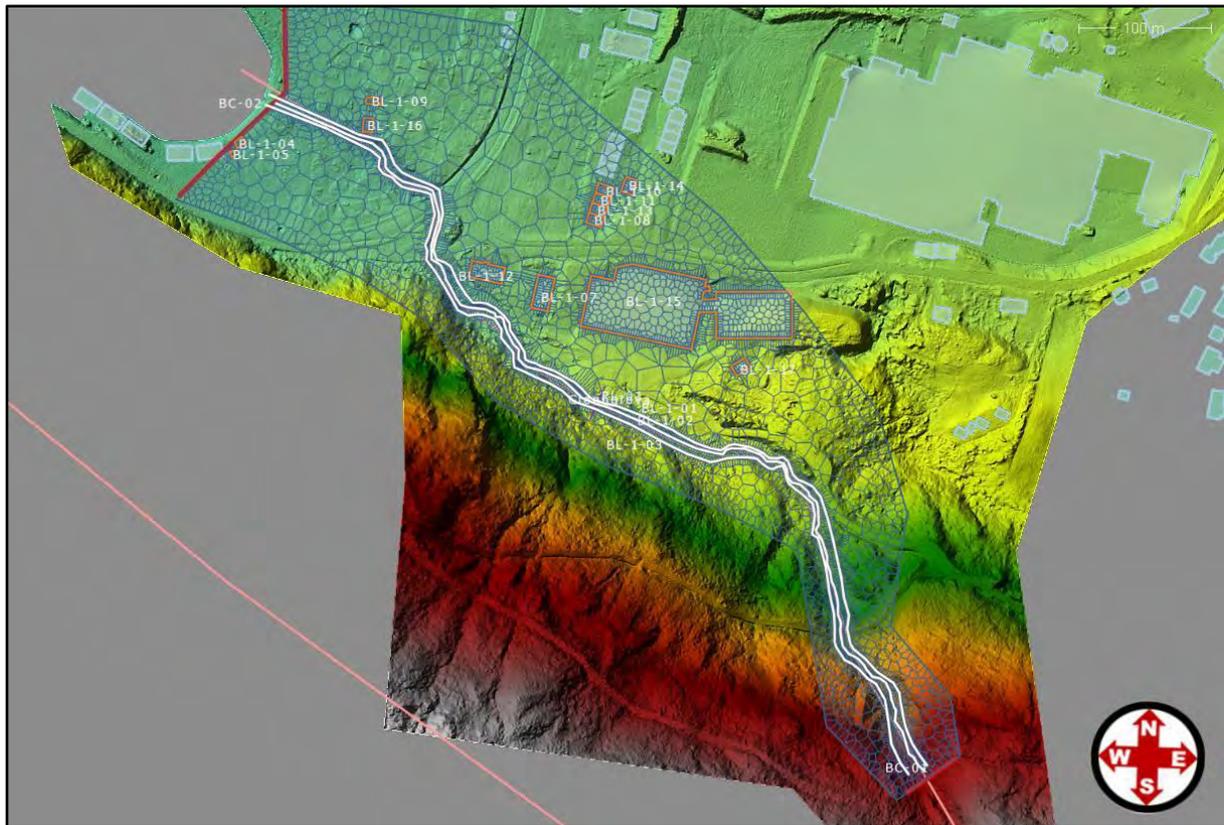
Ein viktig parameter i modellane, er elvene og dei omkringliggande terrenga si ruheit som vert gjevne som Manningstal. Verdiane som er nytta er basert på litteraturverdiar (Ref-5), overflatetypar henta frå FKB-data og flybilete. Tabell 13 viser manningstala som er nytta.

Tabell 13: Manningstal nytta i dei hydrauliske modellane.

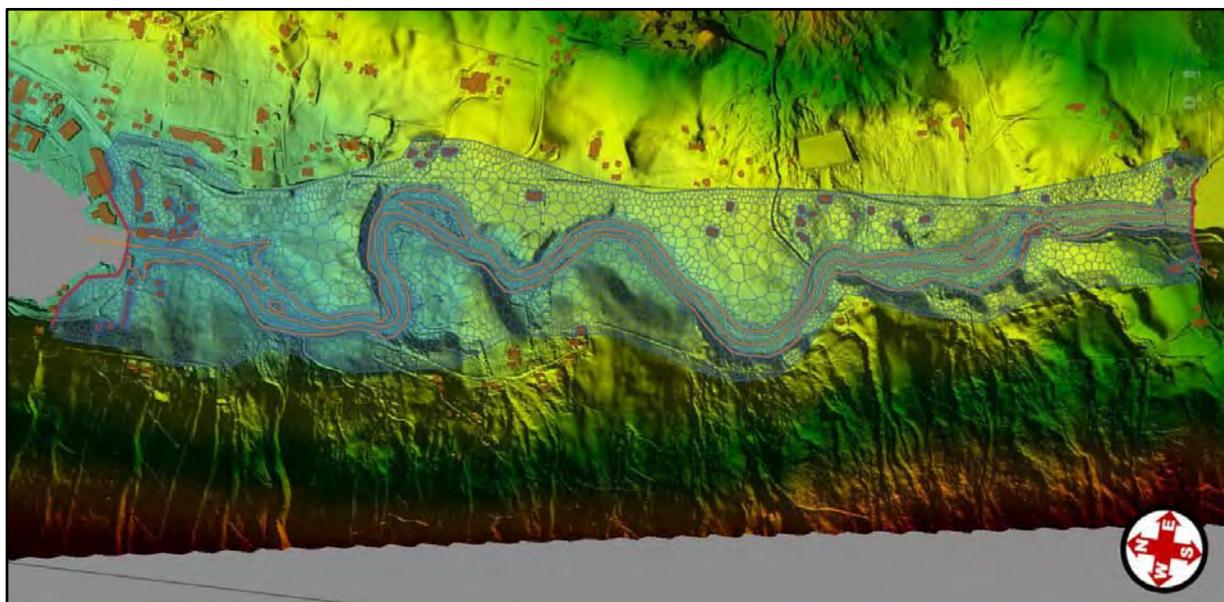
Overflate	Manningstal
Elveløp	0.03-0.05
Dyrka mark	0.02-0.03
Skog	0.05-0.07
Bebyggd område	0.025-0.035
Urban	0.01-0.02



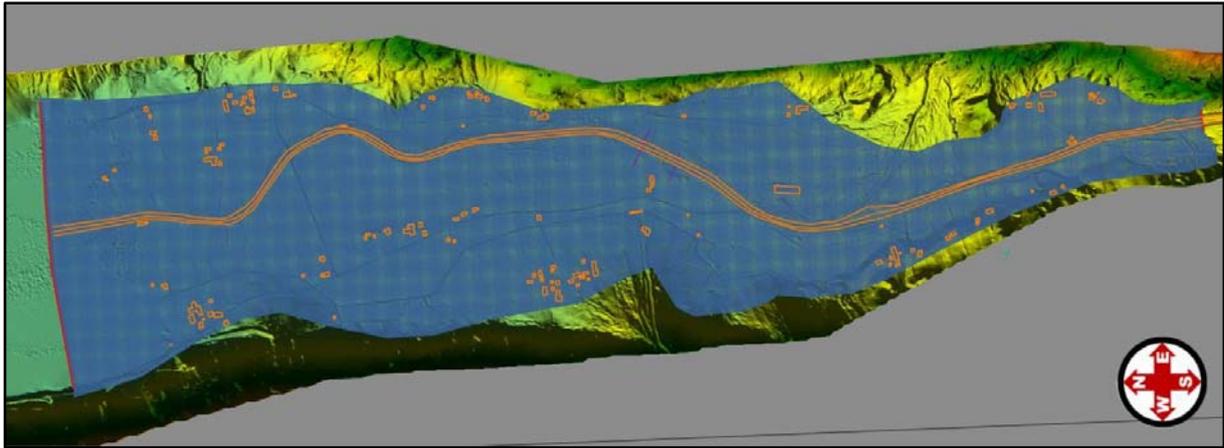
Figur 14: 2D-modell for Loelva mellom Vassenden ved utløpet av Lovatnet (nede til høgre) og Lobukta i Loen.



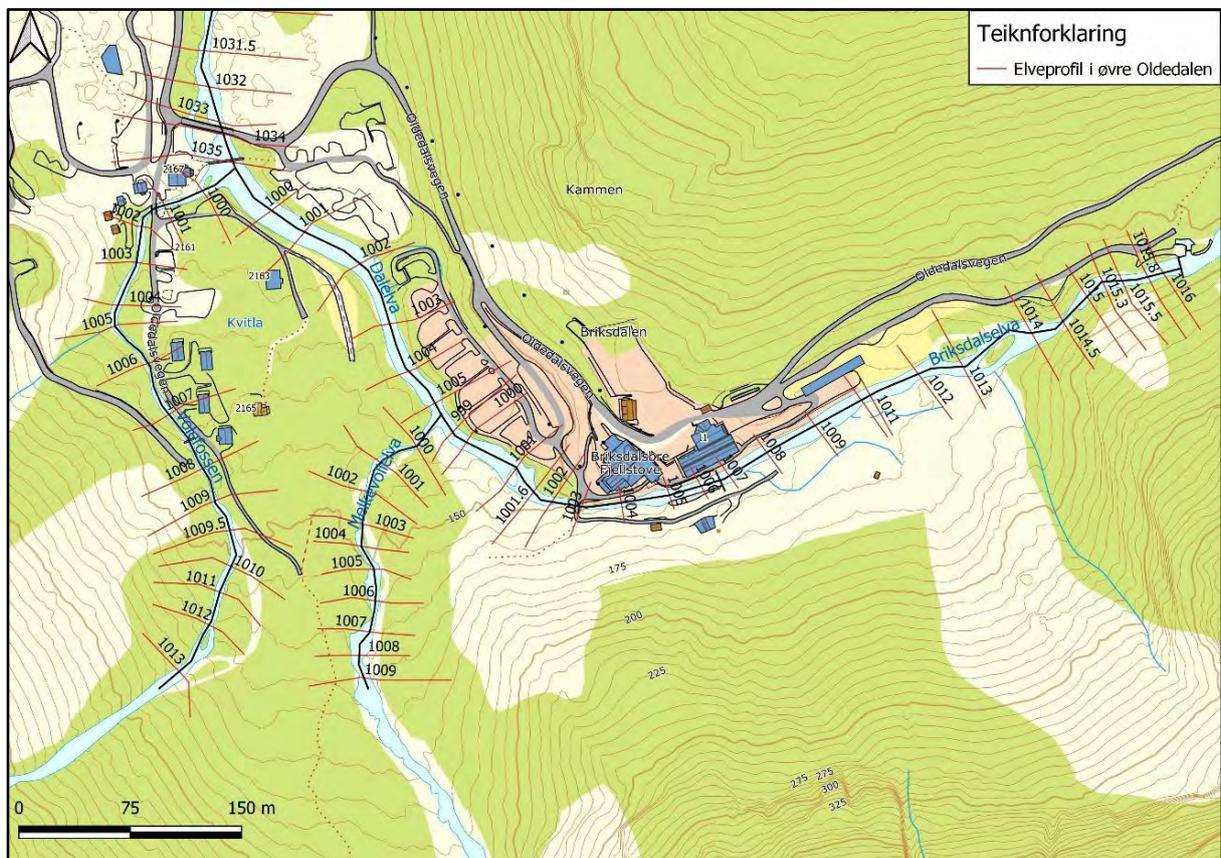
Figur 15: 2D-modell for Glennegrova i Loen.



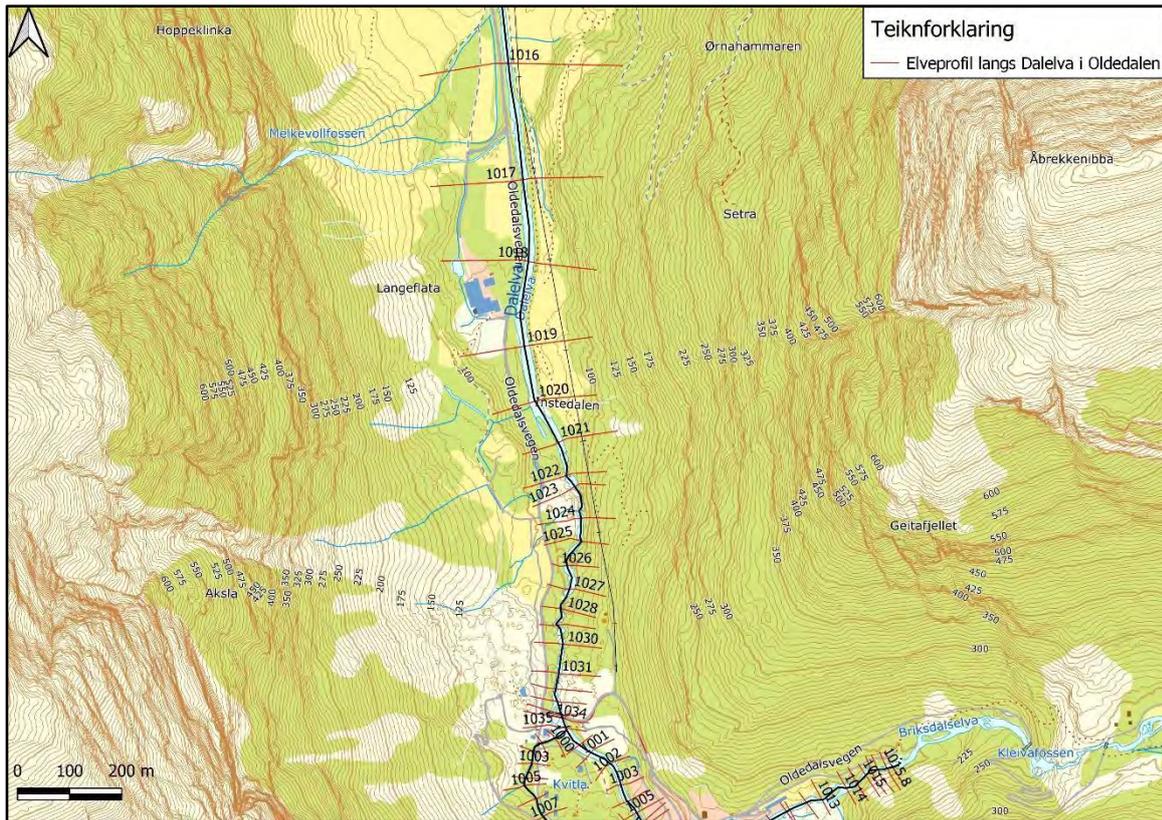
Figur 16: 2D-modell for strekna mellom Floen (til høgre) og Oldebukta i Olden.



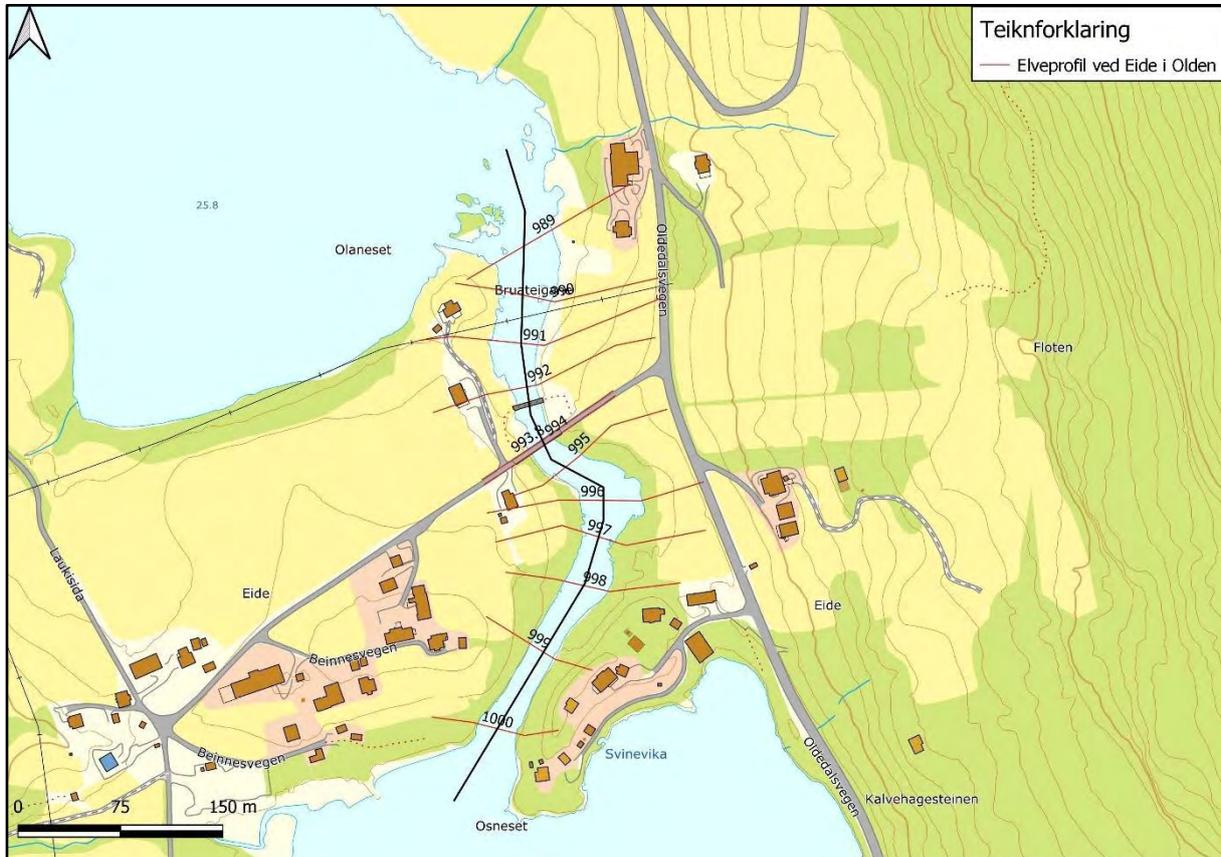
Figur 17: 2D-modell langs Dalelva i Oldedalen.



Figur 18: Elveprofil for 1D-modellering langs Briksdalselva, Melkevøllelva, Volefossen og øvre del av Dalelva i Oldedalen.



Figur 19: Plassering av elveprofil langs Dalelva i Oldedalen.



Figur 20: Plassering av elveprofil på Eide i Olden.

7. Resultat

7.1 Flaumsonekart

Det er utarbeida flaumsonekart for flaumar med gjentakingsintervall på 20, 200 og 1000 år. Alle flaumstorleikane i faresonekarta er inkludert klimapåslag for endra klima fram mot 2100.

Loelva, Glennegrova og Oldeelva renn ut i høvesvis Lobukta og Oldebukta. I nedre deler av elvene vil derfor auka vasstand og stormflo gje dimensjonerande vasstand. Denne vasstanden er teke med i flaumsonekartet, og flaumsonekartet vil vise den vasstanden som er høgast av elveflaum og stormflo.

Langs Loelva i Loen har elva generelt god margin i øvre deler, og elva vil hovudsakleg flaume over jordbruksareal. I Loen sentrum har også elva generelt god kapasitet, og vil ikkje flaume over på sørlege elvebreidd. På nordsida av elva, på motsett side for Nordfjord kjøt, viser flaumsonekarta at både 20-, 200- og 1000- årsflaum vil gå over elvesidene og flaume over den dyrka marka her.

Oldeelva i Olden har eit relativt djupt elveløp der det ikkje er større elvesletter før i nedre deler av elva. Flaumsonekarta viser at det er desse områda som er mest utsett for flaum. Langs strekinga som knyter Oldevatnet og Floen saman, ved Eide, har elva også god kapasitet, og ingen større areal vil verte flauma over.

I nedre deler av Dalelva i Oldedalen er det store elve-/flaumsletter som stadvis ligg lågare enn sjølve elveløpet. Når elva fyrst bryt ut av elveløpet, vil store areal potensielt verte flauma over. Flaumsonekarta viser at både 20-, 200 og 1000-årsflaum vil kunne flaume over store areal på begge sider av elva. I øvre deler, frå Briksdalen og ned til dalen opnar seg meir opp, har elva betre kapasitet, slik at mindre areal er utsett for flaum.

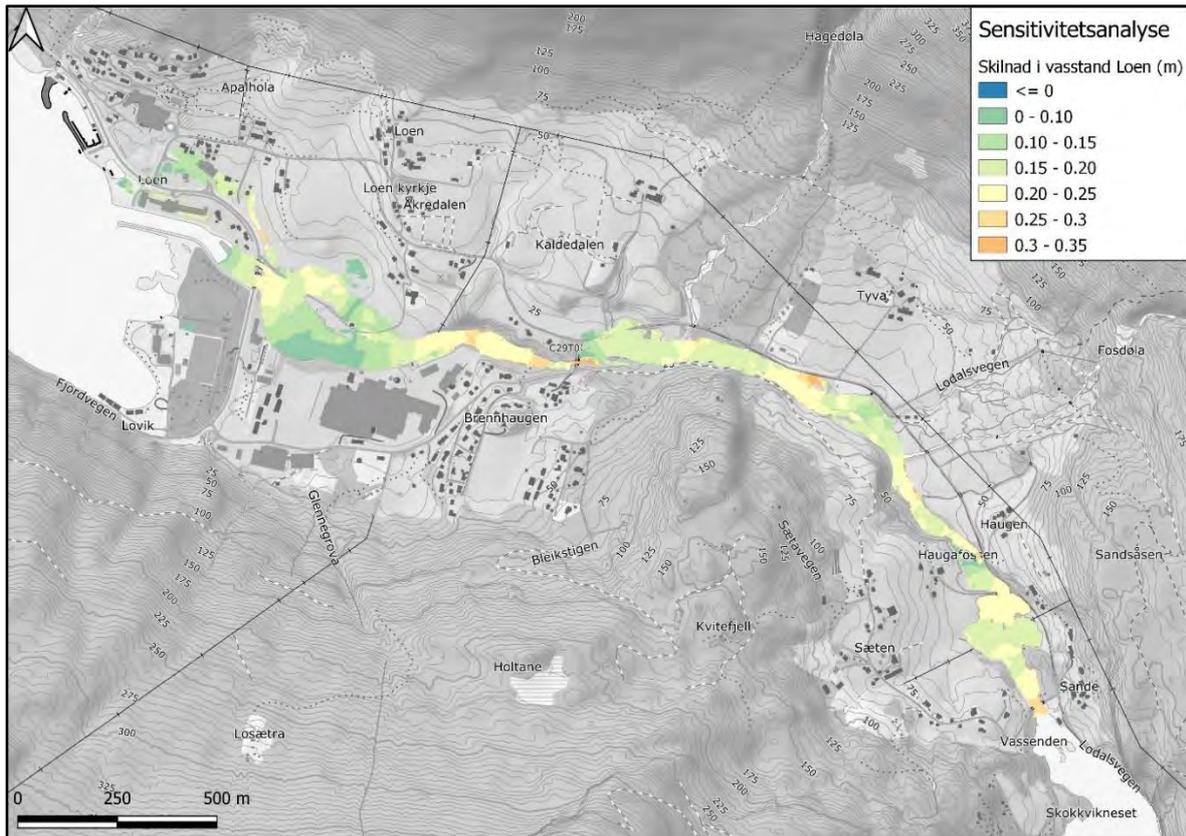
Flaumsonekarta og resultatata frå vasstandsberakingane er vist i Vedlegg 3 og 4.

7.2 Kalibreringsdata og modellsensitivitet

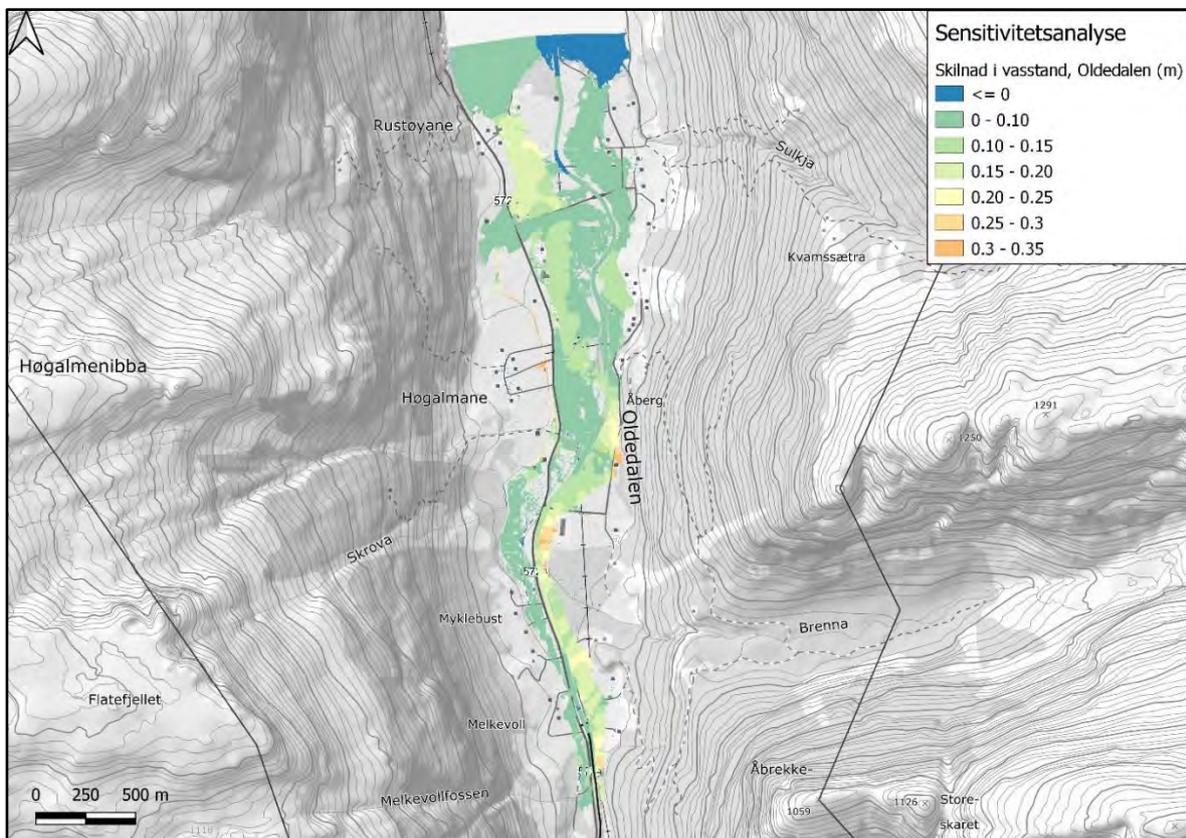
Fleire ulike inngangsparameter er blitt testa for å finne dei mest realistiske resultatata. Det er diverre lite gode kalibreringsdata frå kjende flaumar i området. Etter det vi kjenner til, er det ikkje gjort oppmålingar under flaumar i nokon av undersøkingsområda. Modellane er derfor kalibrert etter bilete frå flaumar og uttale frå kjentfolk om utbreiing av flaumar.

Det er generelt knytt ein del usikkerheit til utarbeiding av flaumsonekart, og det er fleire parametarar som er avgjerande for resultatet. Dette gjeld hovudsakleg flaumberekningar, val av ruheitstal (manningstal) og kartgrunnlag. I dette prosjektet er det utført ei sensitivitetsanalyse ved å auke ruheitstalet og flaumstorleikane med 15 %. For Loen, Olden og nedre deler av Dalelva der det er utarbeidd 2D-modellar, viser sensitivitetsanalysa at endringar i ruheitstalet gjev størst endringar i vasstanden. I Loen og Olden er det hovudsakleg ei auke på 0-25 cm, med enkelte stader opp mot 35 cm. I nedre deler av Dalelva i Oldedalen har elva større areal til å fordele vatn under flaumar på, og sensitivitetsanalysen viser noko lågare auke her. Analysen viser hovudsakleg ei auke på 0-20 cm, og opp mot 30 cm enkelte stader. I øvre deler av Oldedalen, der det er utført 1D-modellering, viser sensitivitetsanalysen ei gjennomsnittleg auke på 15 cm, med ei største auke på 37 cm for alle profila.

På bakgrunn av sensitivitetsanalysen og tilgangen av kalibreringsdata, tilrår vi å legge til ein sikkerheitsmargin på 30 cm for dei berekna vasstandane i Loen, Olden og nedre deler av Dalelva der det er utført 2D-modellering. For kartleggingsområdet i øvre deler av Dalelva, Volefossen, Melkevollelva, Briksdalselva og på Eide tilrår vi ein sikkerheitsmargin på 50 cm.



Figur 21: Skilnad i vasstand som følgje av ei auke på 15 % i ruheit (manningstal) i modellingsområdet langs Loelva i Loen.



Figur 22: Skilnad i vasstand som følgje av ein auke på 15 % i ruheit (manningstal) i modellingsområdet i Oldedalen.

7.3 Lågpunkt

Enkelte stader i langs elvene i analyseområda er det areal som ligg lågare enn dei berekna vasstandane, men som ikkje har noko direkte forbinding til elva. Dette er typisk areal som ligg bak flaumvern eller vegar. Desse områda vil ha eit anna sannsyn for overfløyning og er derfor markert med skravur i flaumsonekartet. Slike stader er spesielt utsett for intens nedbør, ved flaum i sidebekkar eller tette kulvertar, og kan verte flauma over uavhengig av flaumar i elva.

8. Referansar

Ref-1: *Flomberegning i Strynevassdraget*, NVE-rapport 14/2005

Ref-2: *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE-rapport 10/2020

Ref-3: *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE-veileder 7/2015

Ref-4: *Klimaendring og framtidige flaumar i Norge*. NVE-rapport 81/2016

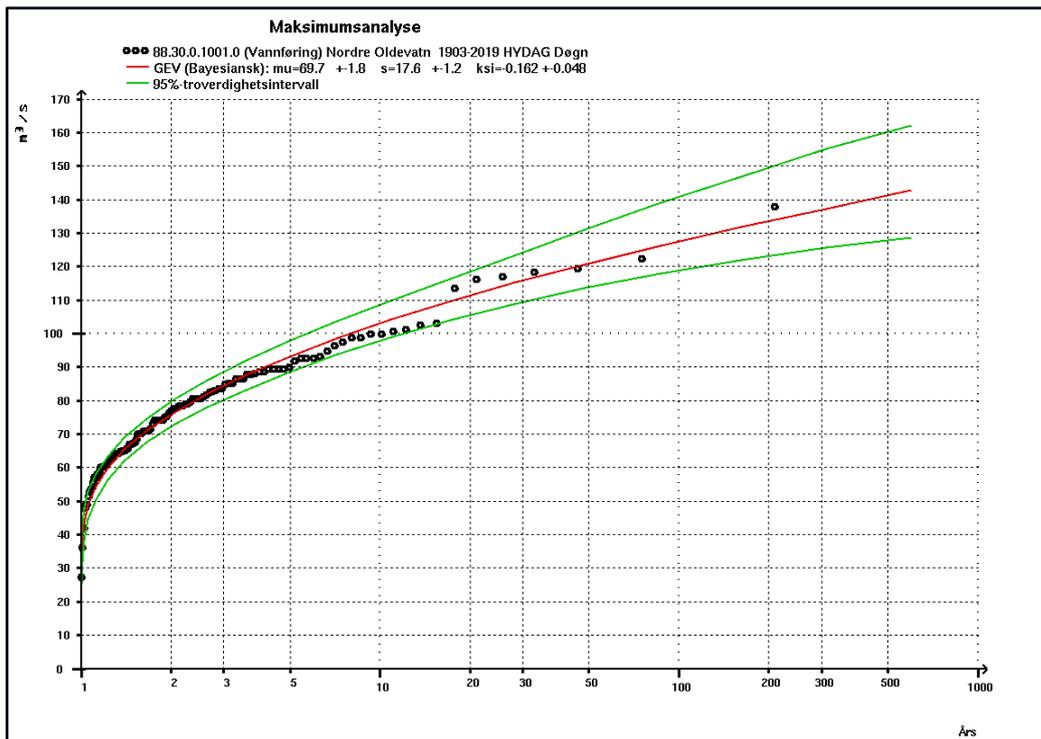
Ref-5: *Open Channel Hydraulics*. Chow, V.T., 2009

Ref-6: *Havninåstigning og stormflo – samfunnsikkerhet i kommunal planlegging*. DSB-retteljar, 2016

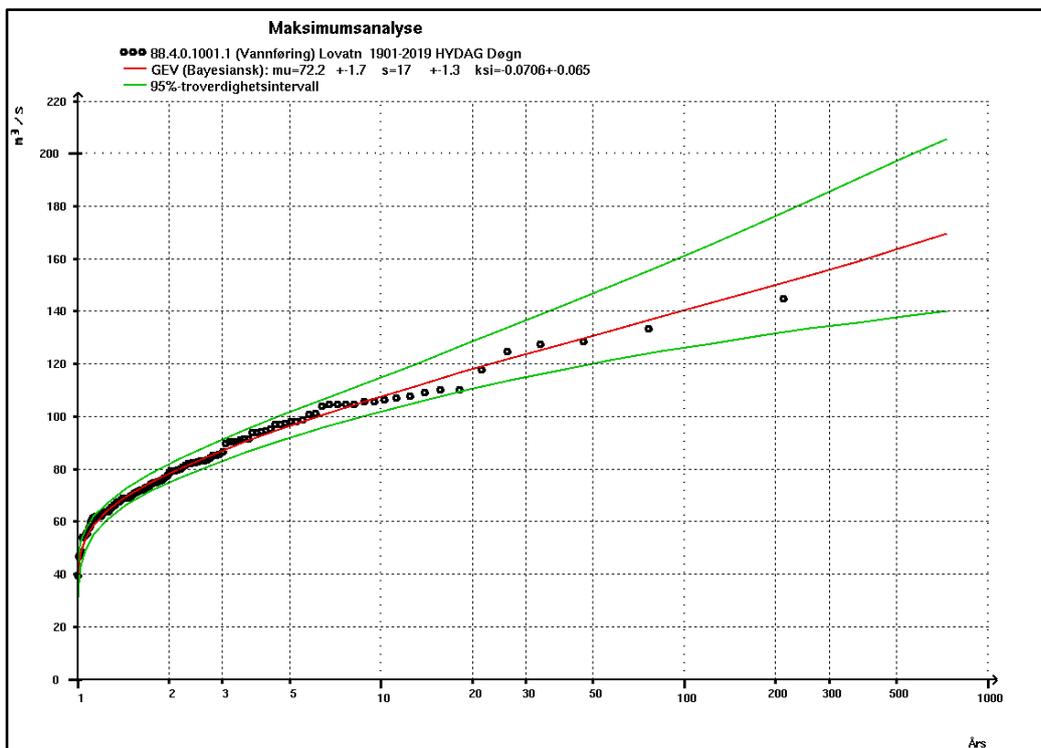
Ref-7: *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, Version 5.0*, U.S. Army Corps of engineers, 2017

Vedlegg

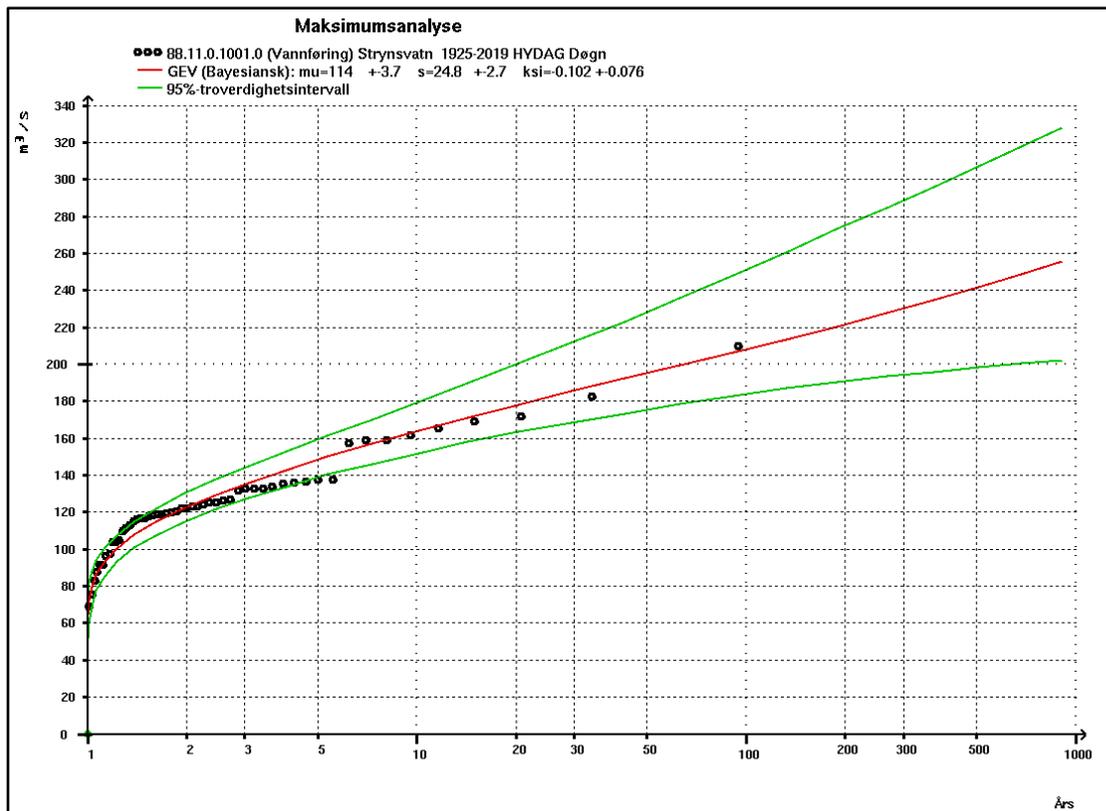
1. Flaumfrekvensanalysar



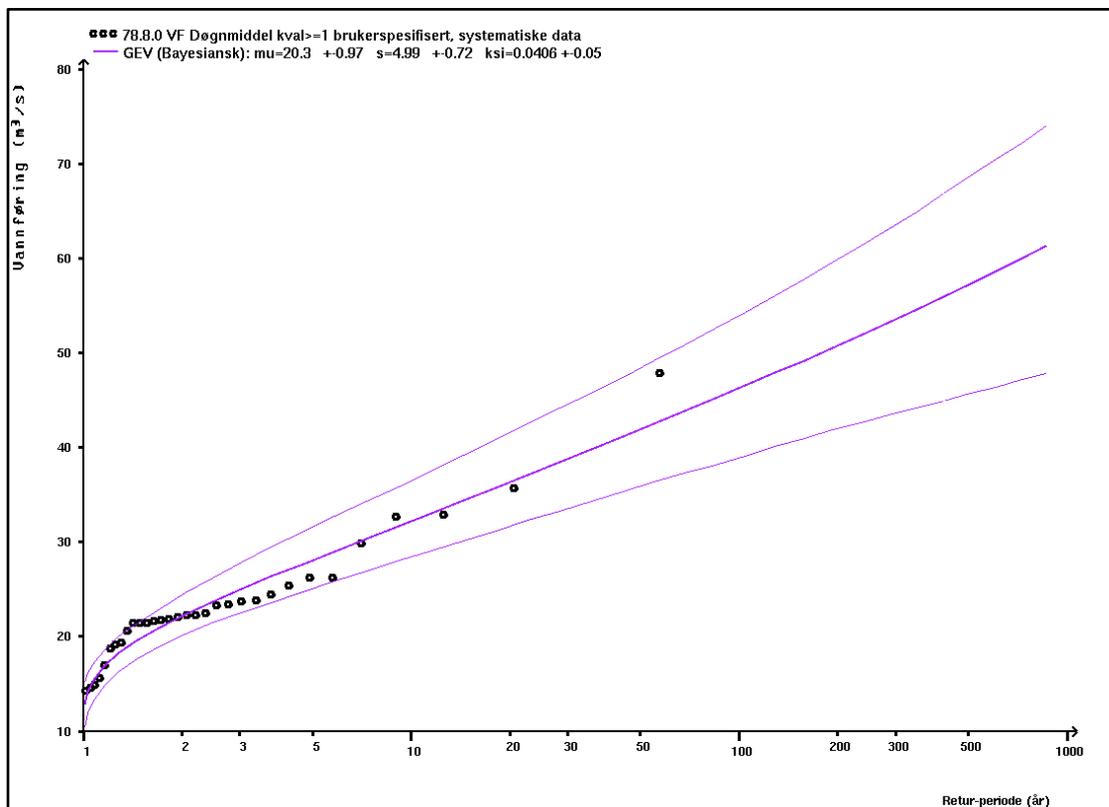
Figur 23: Vekstkurve for vassføring for stasjon 88.30 Nordre Oldevatn.



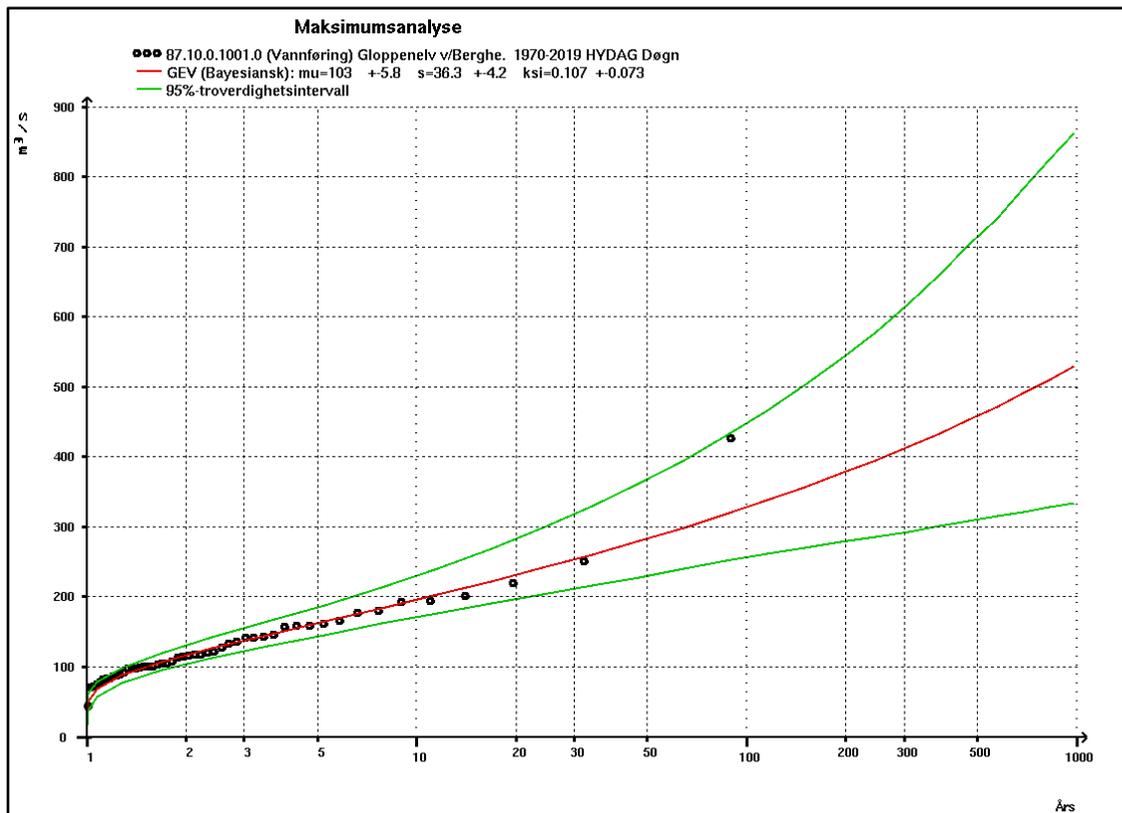
Figur 24: Vekstkurve for vassføring frå stasjon 88.4 Lovatn.



Figur 25: Vekstkurve for vassføring frå stasjon 88.11 Strynsvatn



Figur 26: Vekstkurve for vassføring frå stasjon 78.8 Bøyumselv.

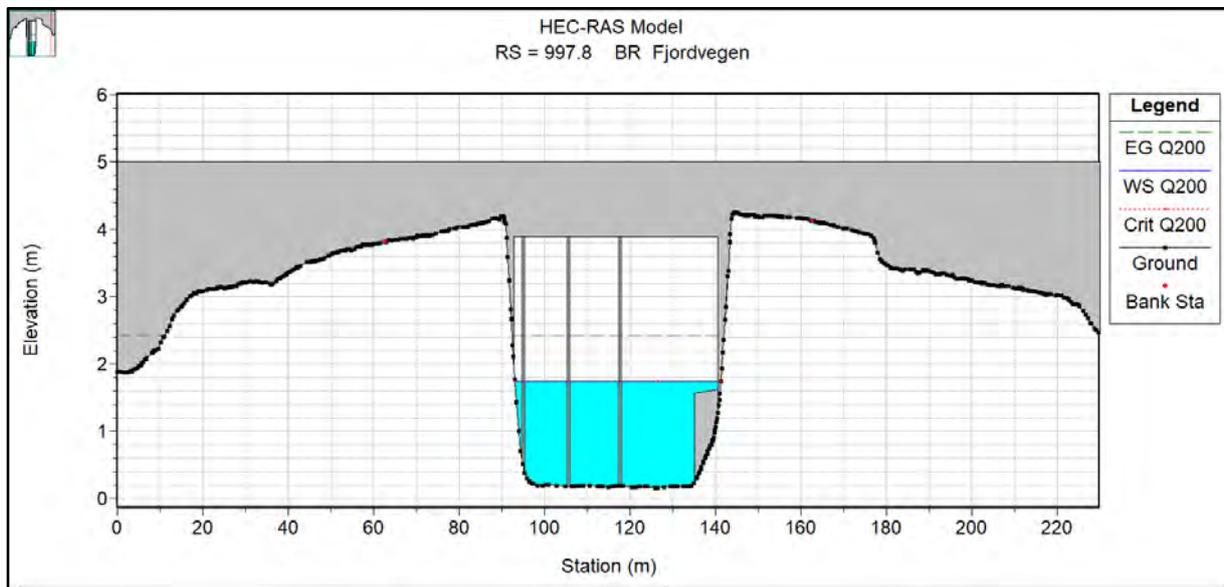


Figur 27: Vekstkurve for vassføring frå stasjon 87.10 Gloppenelv.

2. Bruer

2.1 Oldenvassdraget

2.1.1 Fjordvegen Olden sentrum

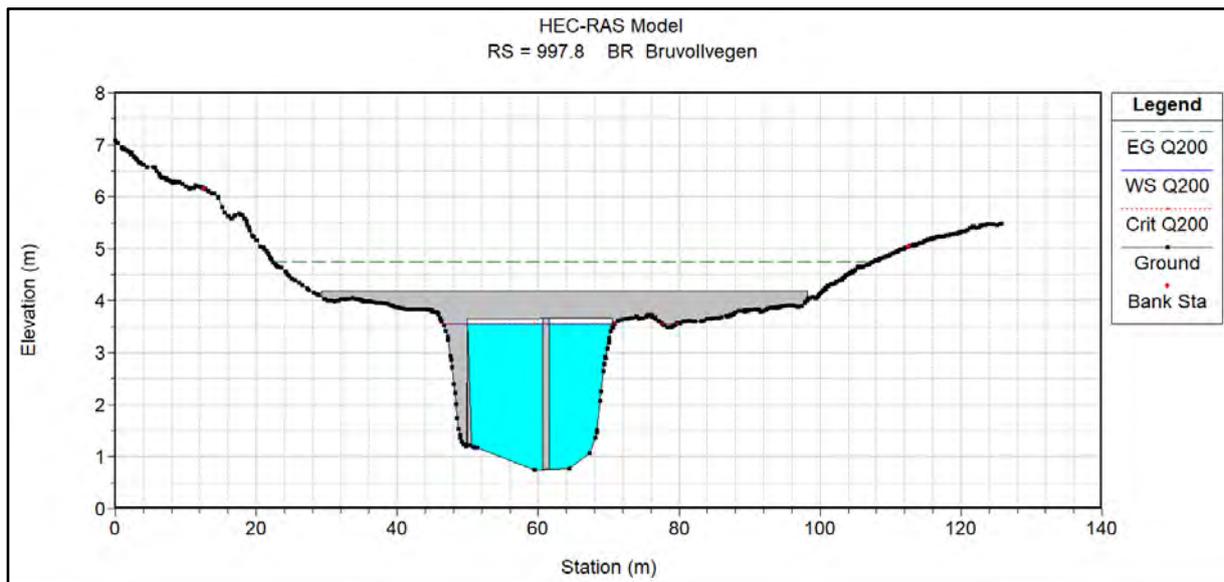


Figur 28: Modellert vassline for 200-årsflaum ved Fjordvegen i Olden sentrum.

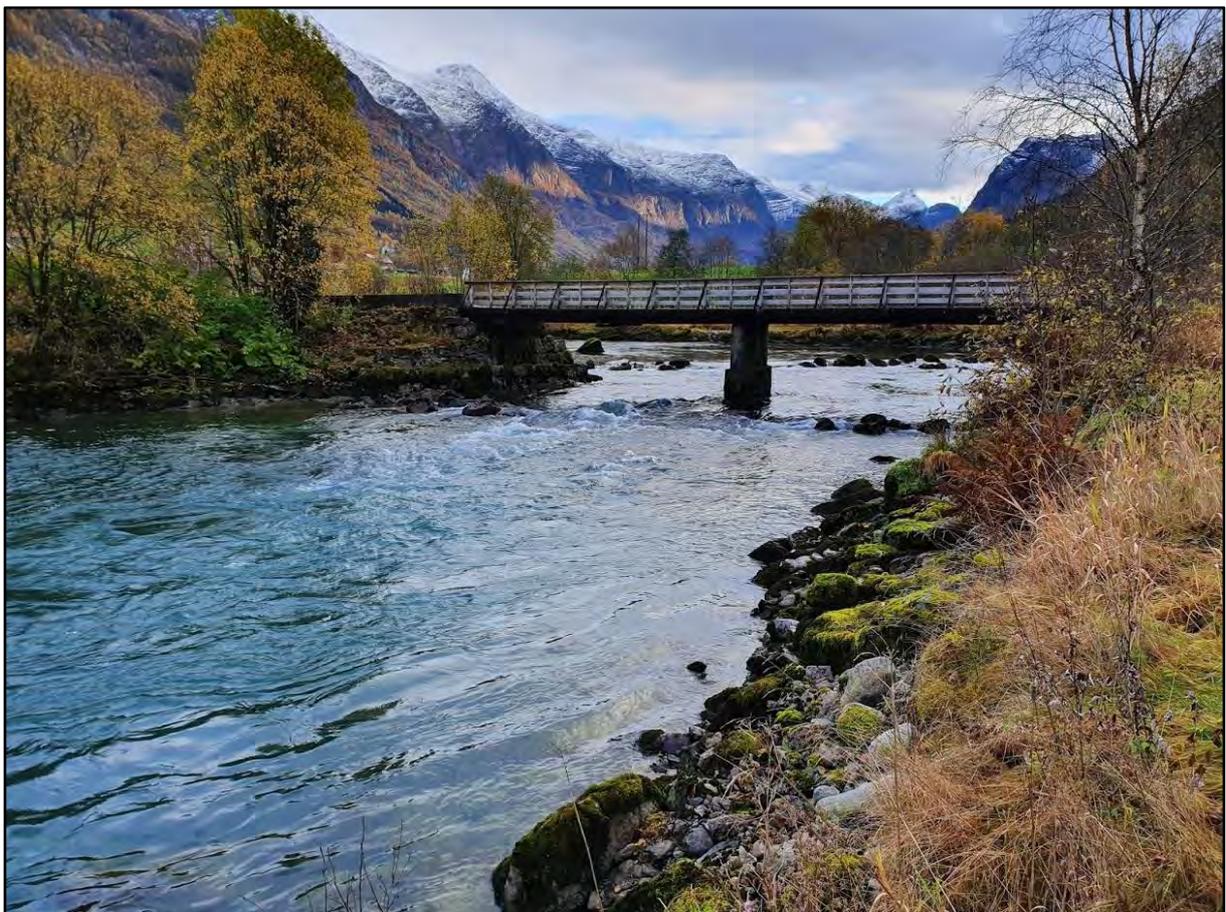


Figur 29: Bru over Oldeelva nær utløpet ved Fjordvegen i Olden sentrum.

2.1.2 Bruvollsvegen

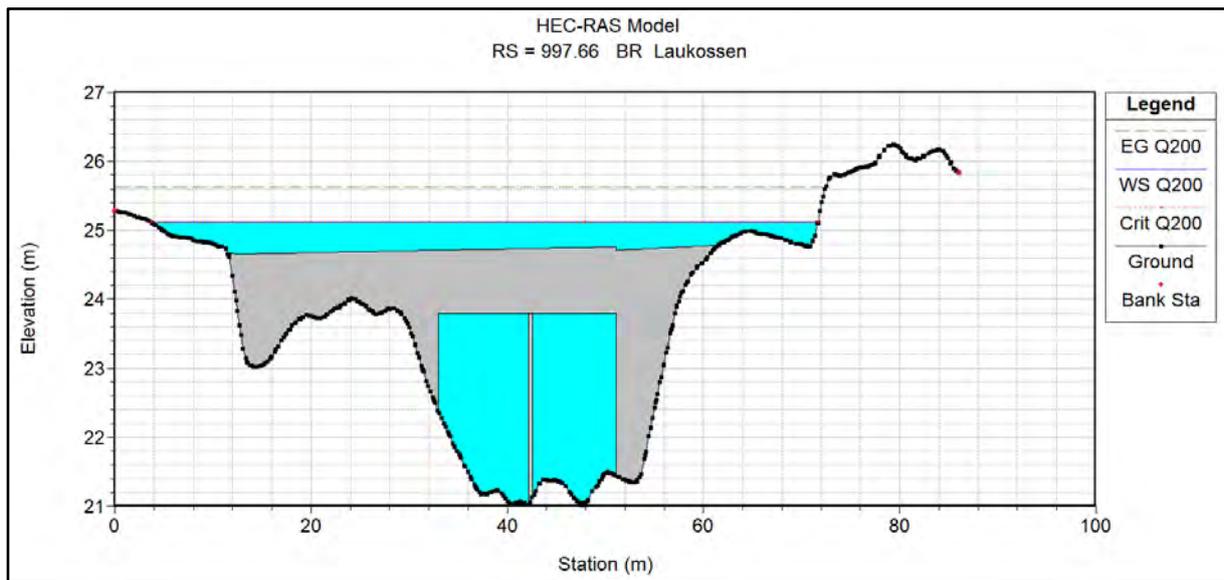


Figur 30: Modellert vassline for 200-årsflaum ved Bruvollsvegen i Olden.



Figur 31: Bru ved Bruvollsvegen i Olden.

2.1.3 Laukifossen

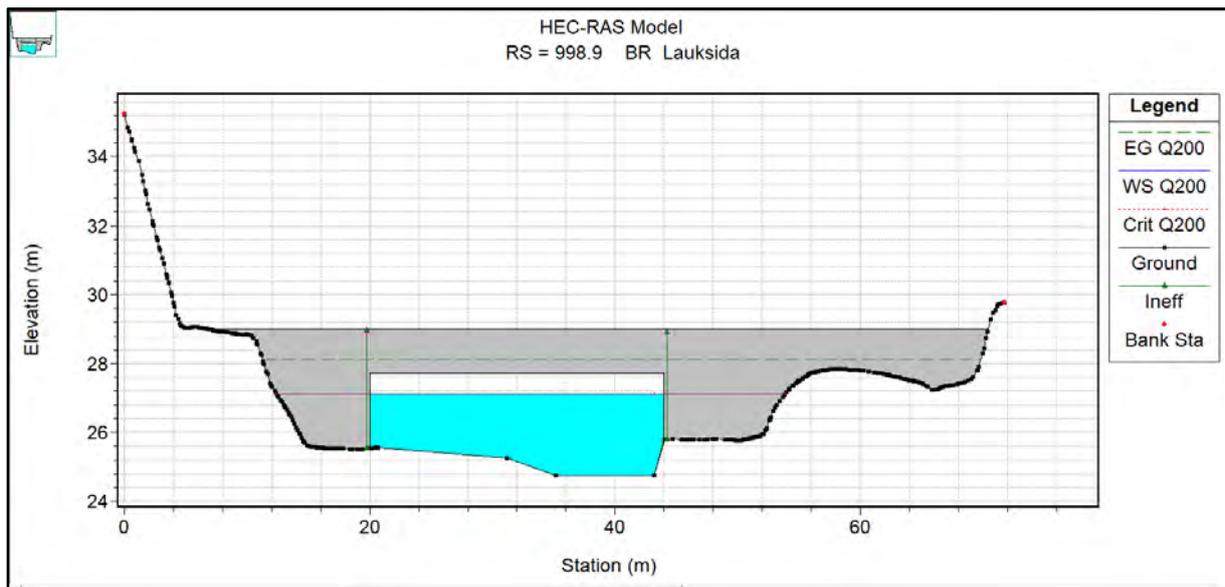


Figur 32: Modellert vassline for 200-årsflaum ved brua like oppstrøms for Laukifossen i Olden.



Figur 33: Bru like oppstrøms for Laukifossen i Olden.

2.1.4 Floen

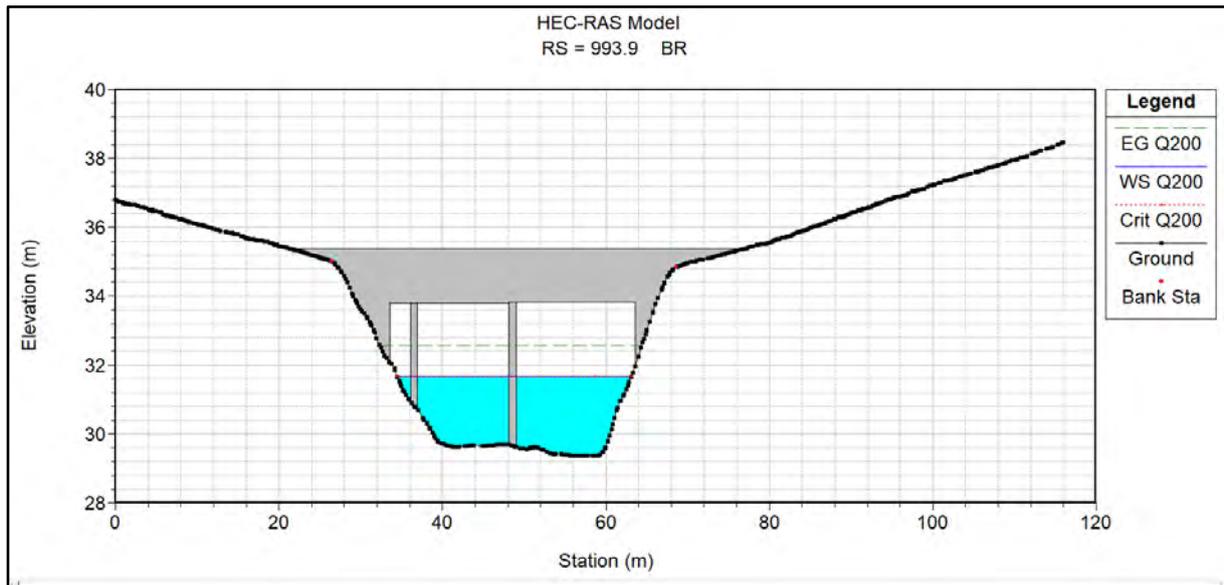


Figur 34: Modellert vassline for 200-årsflaum ved brua som ligg ved enden av Floen i Olden.



Figur 35: Bru like nedstrøms for utløpet av Floen i Olden.

2.1.5 Eide

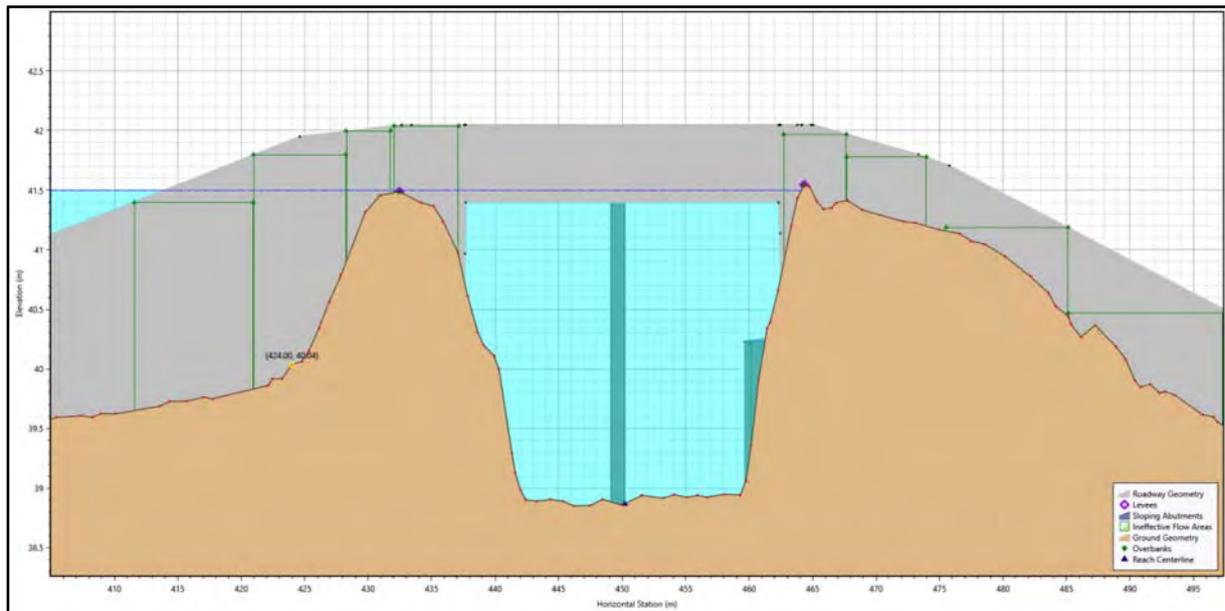


Figur 36: Modellert vassline for 200-årsflaum ved Eide som ligg mellom Floen og Oldevatnet.

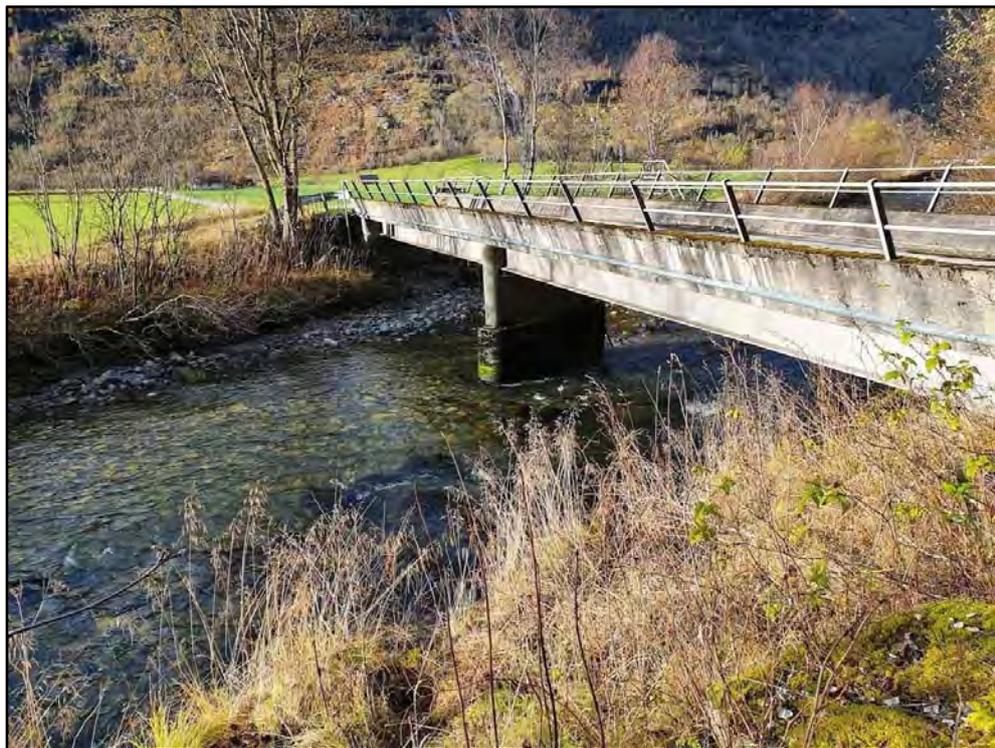


Figur 37: Bru over elva ved Eide i Olden.

2.1.6 Oldedalen – Kvamsbrua

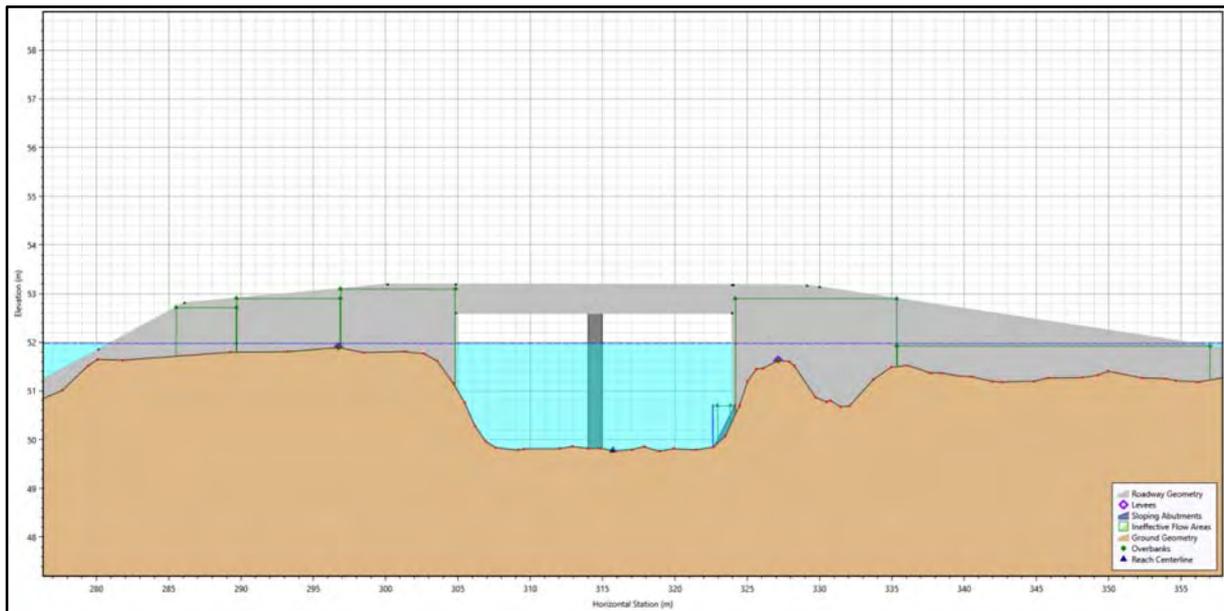


Figur 38: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved Kvamsbrua ved Kvame i Oldedalen.



Figur 39: Kvamsbrua over Dalelva i Oldedalen.

2.1.7 Oldedalen – Tungøybrua

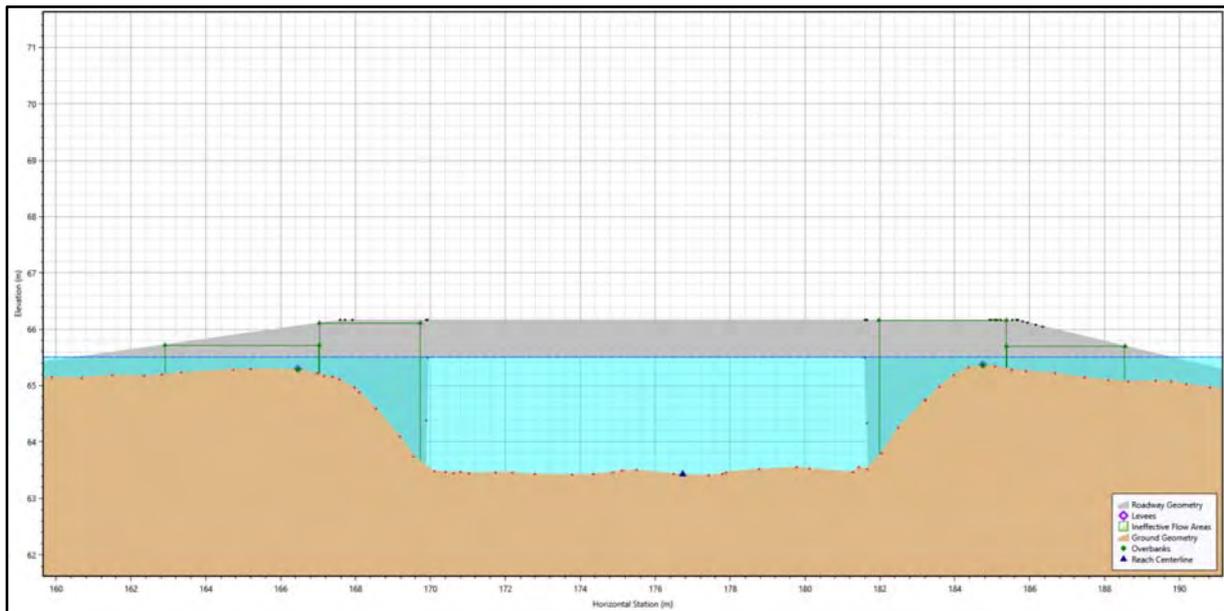


Figur 40: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved Tungøybrua i Oldedalen.



Figur 41: Tungøybrua over Dalelva i Oldedalen.

2.1.8 Oldedalen – Åbrekkebrua

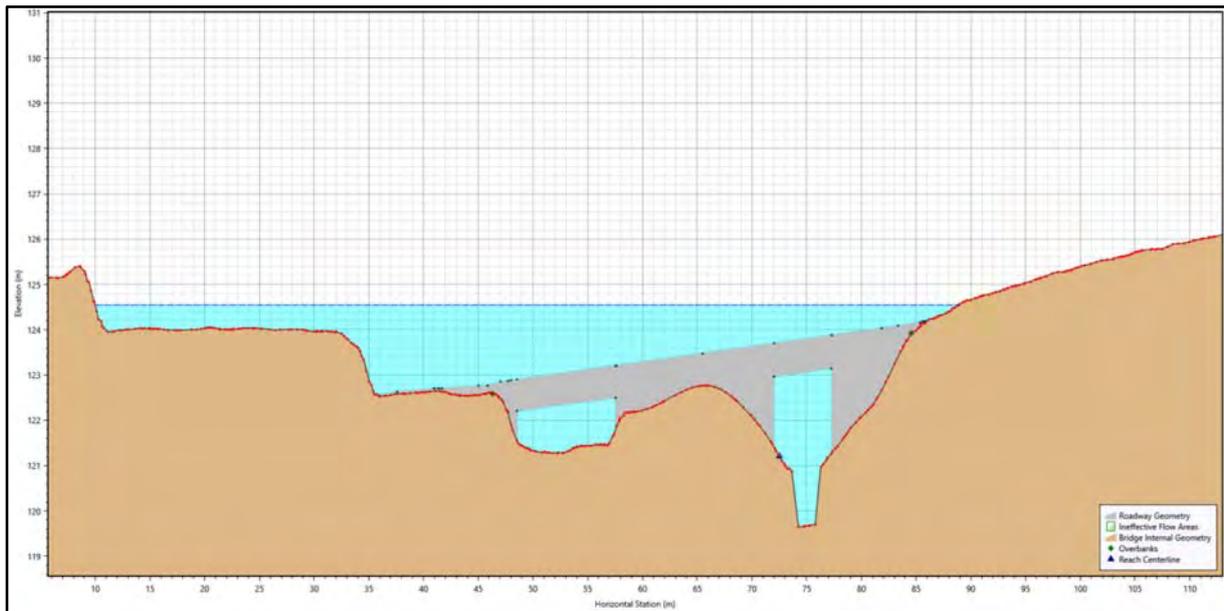


Figur 42: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved Åbrekkebrua i Oldedalen.



Figur 43: Åbrekkebrua over Daelva i Oldedalen.

2.1.9 Oldedalen - Briksdalen



Figur 44: Modellert vassline ved brua ved Melkevoll Bretun i Oldedalen.

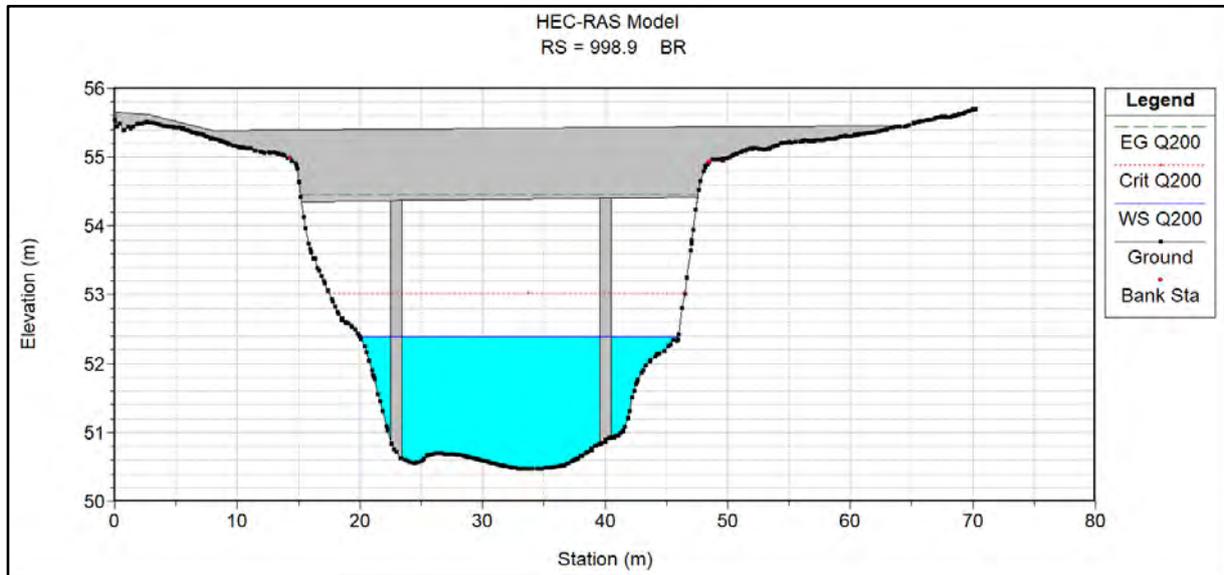


Figur 45: Vestre bruløp ved Melkevoll Bretun er nesten tetta igjen av lausmassar.

2.2 Loenvassdraget

2.2.1 Vassenden

Brua ligg i enden av Lovatnet, og her er vasstanden i Lovatnet vurdert til å vere dimensjonerande for brua.

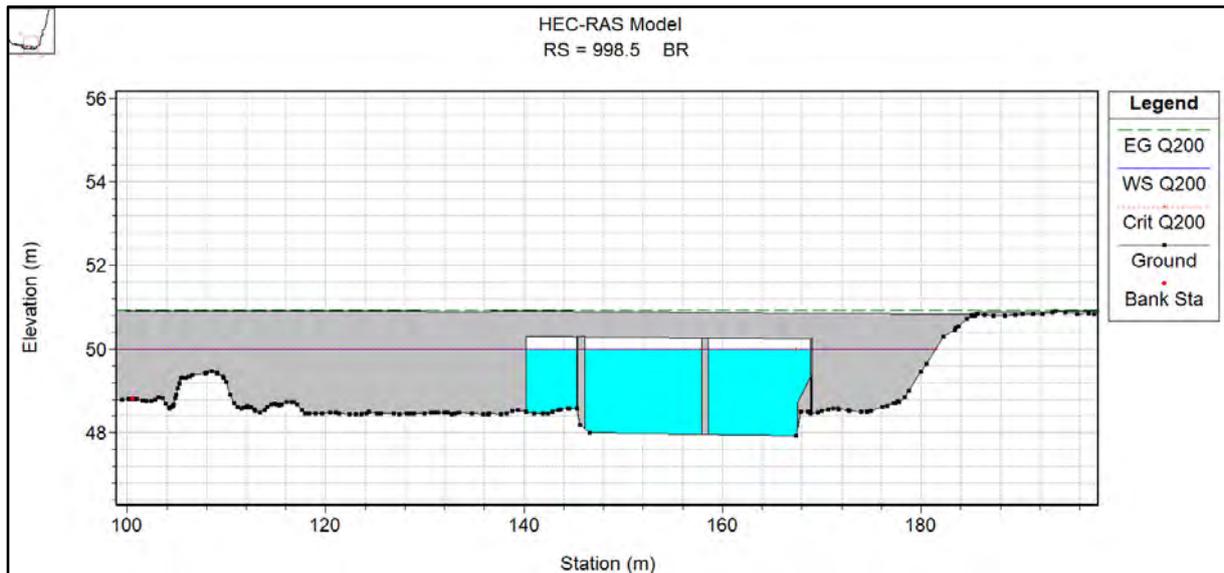


Figur 46: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved Vassenden ved utløpet av Lovatnet i Loen.



Figur 47: Bru ved Vassenden ved utløpet i nordvestenden av Lovatnet.

2.2.2 Haugafossen

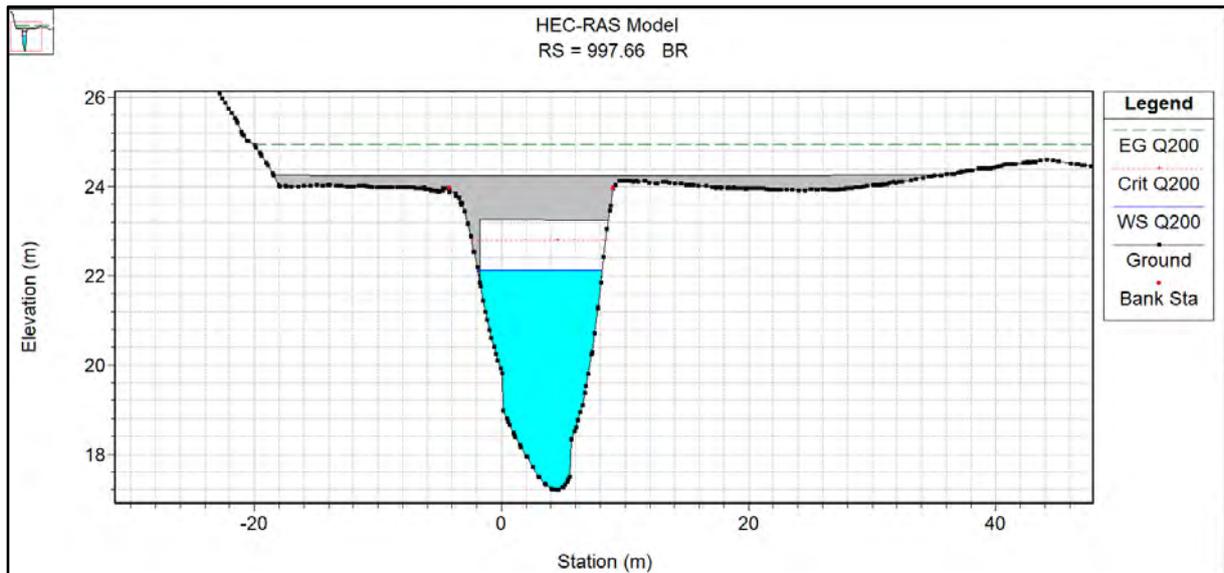


Figur 48: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved Haugen i Loen, like oppstrams for Haugafossen.



Figur 49: Like oppstrams for Haugafossen.

2.2.3 Lofossen

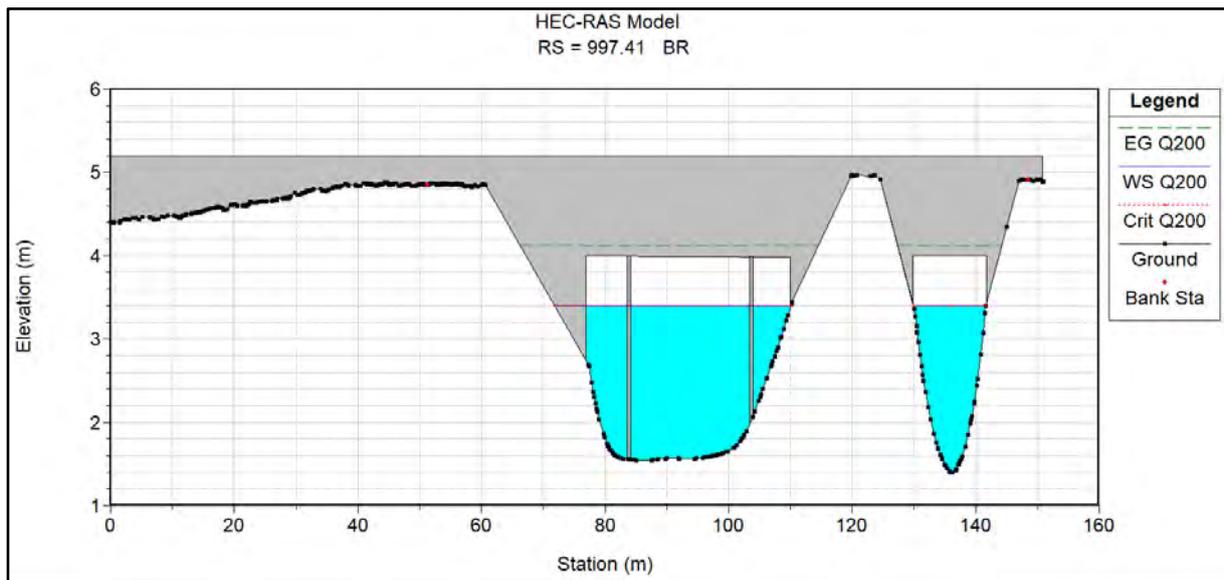


Figur 50: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved Lofossen i Loen.



Figur 51: Bru ved Lofossen i Loen.

2.2.4 Fjordvegen Loen sentrum



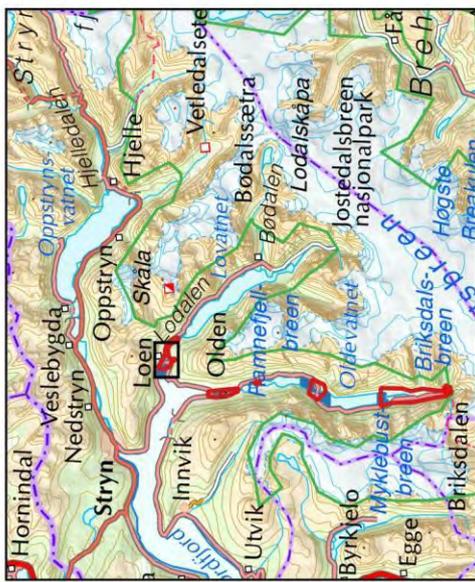
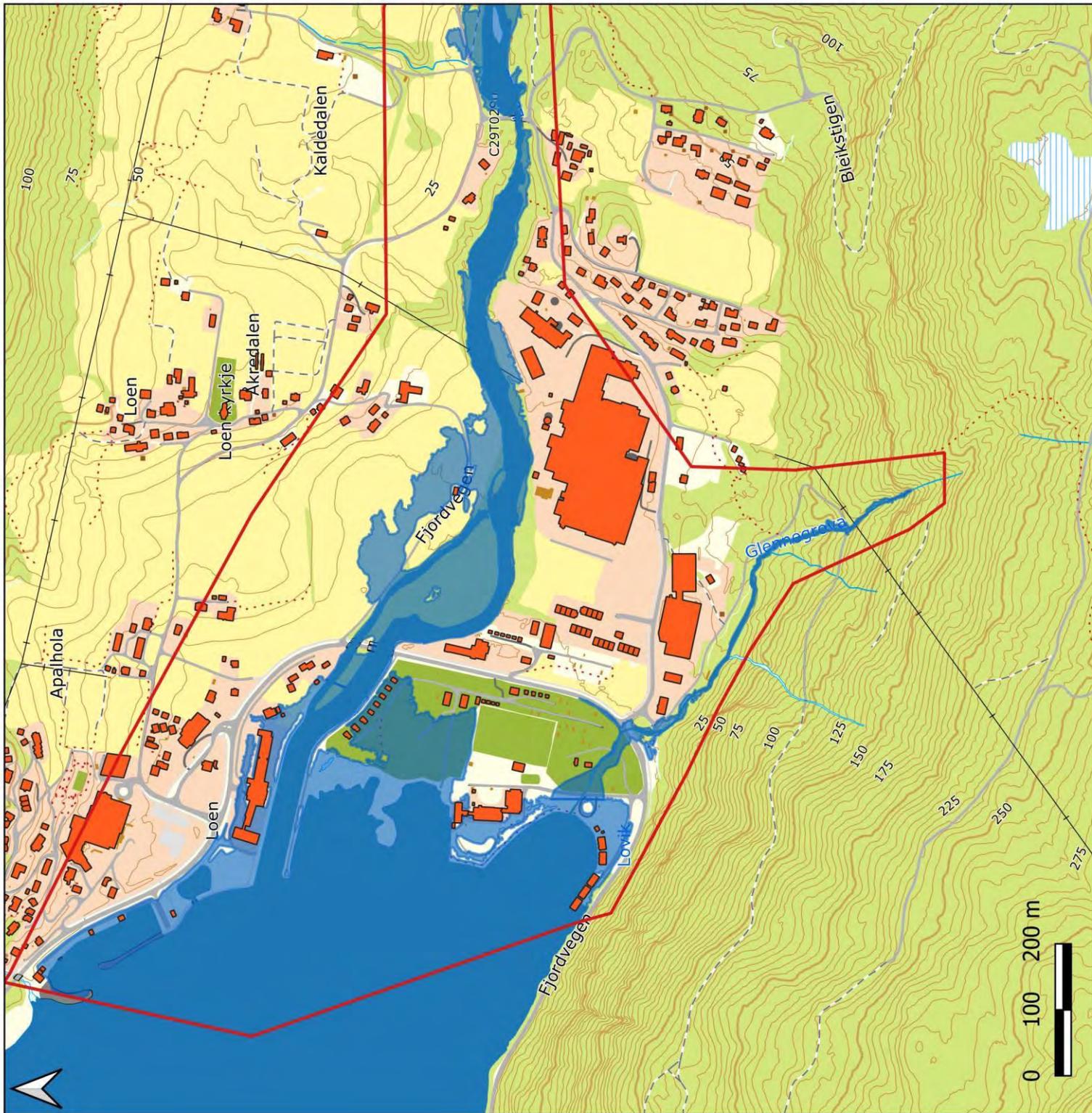
Figur 52: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved brua under Fjordvegen nær Loen sentrum.



Figur 53: Hovudveløpet til Loelva ved brua langs Fjordvegen nær Loen sentrum.



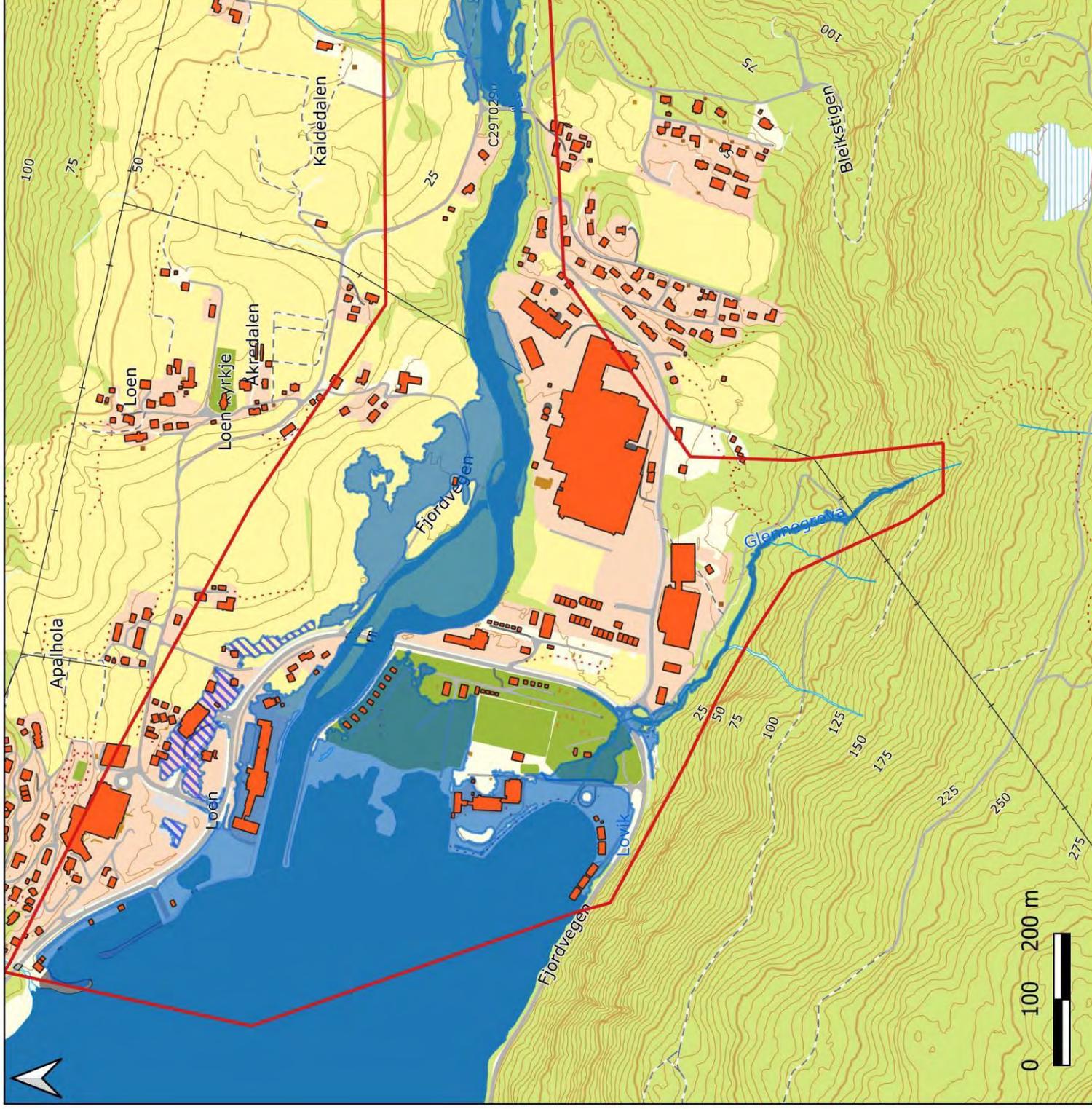
Figur 54: Sideelveløpet av Loelva under brua ved Fjordvegen nær Loen sentrum.



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/20
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

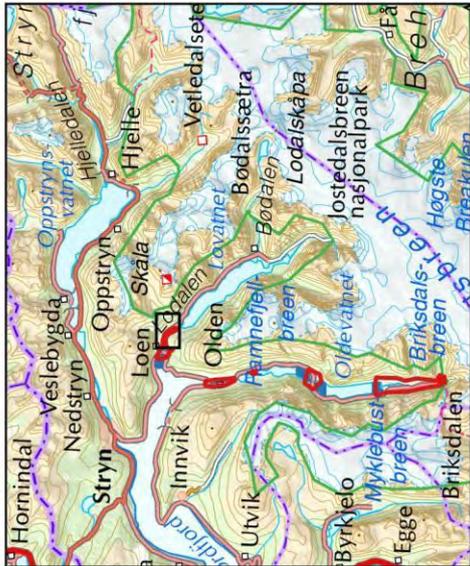
Vedlegg 3 Flaumsonekart Loen vest	
Oppdrag: 2020-09-1986 Flaumsonelartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
Kontrollert av: AN	 Sunnfjord Geo Center



Teiknforklaring

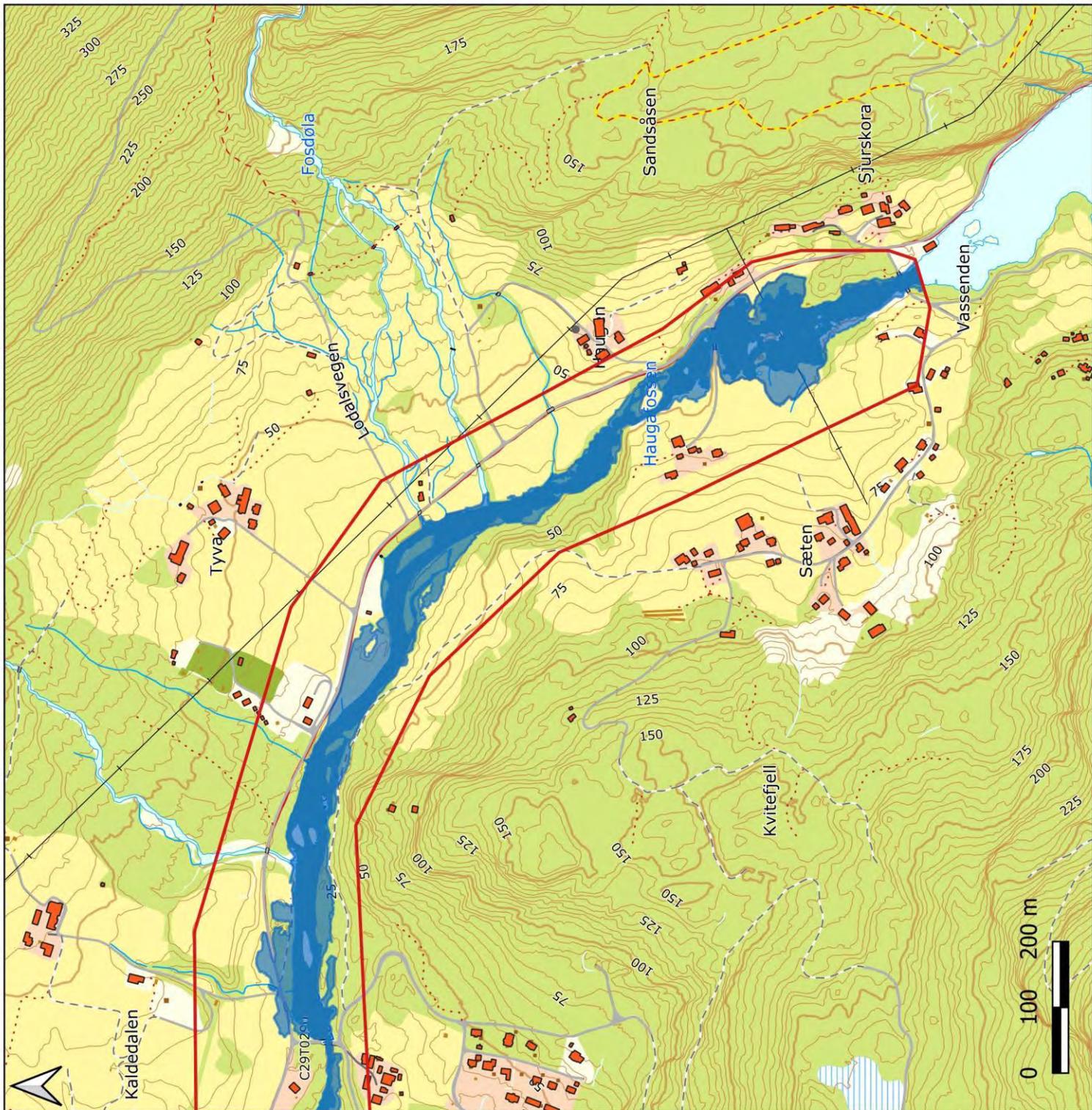
- Gjentakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

Vedlegg 3	
Flaumsoneskart	
Loen vest	
Oppdrag: 2020-09-196B Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
	Kontrollert av: AN
	Sunnfjord Geo Center

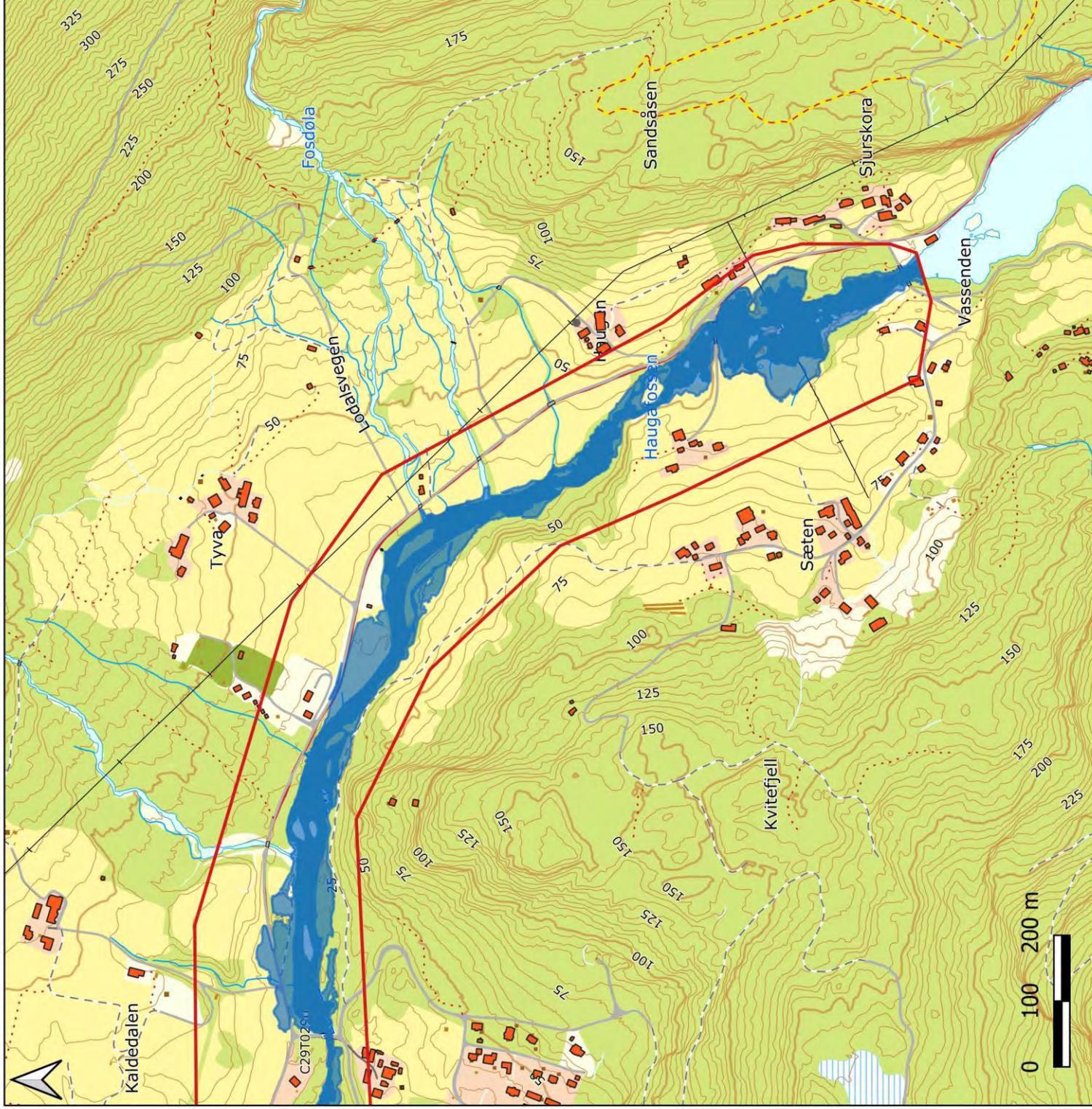


Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



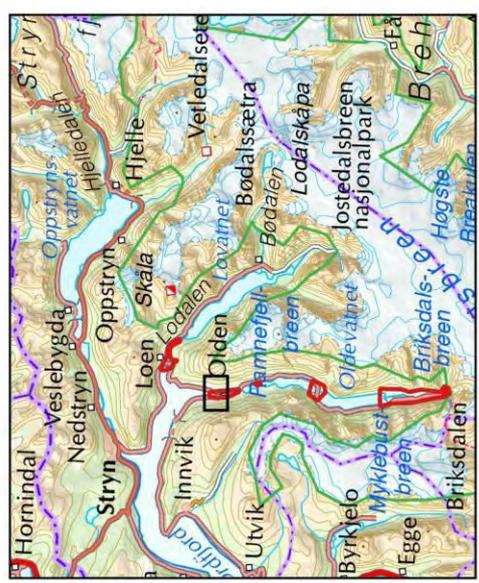
Vedlegg 3 Flaumsoneskart Loen aust
Oppdrag: 2020-09-1968: Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune
Koordinatsystem: Eurnef 1989 UTM Sone 32N
Dato: 2020-02-26
Utarbeida av: AH
Kontrollert av: AN
Sunnfjord Geo Center



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/1000
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

Vedlegg 3 Flaumsoneskart Loen aust	
Oppdrag: 2020-09-196B Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Kontrollert av: AN
Utarbeida av: AH	
Sumfjord Geo Center	



Teiknforklaring

- Gjertakingsintervall 1/20
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



Vedlegg 3	Flaumsonekart	Olden nord
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsonekartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N		
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH	Kontrollert av: AN
		Sunnfjord Geo Center



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/20
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



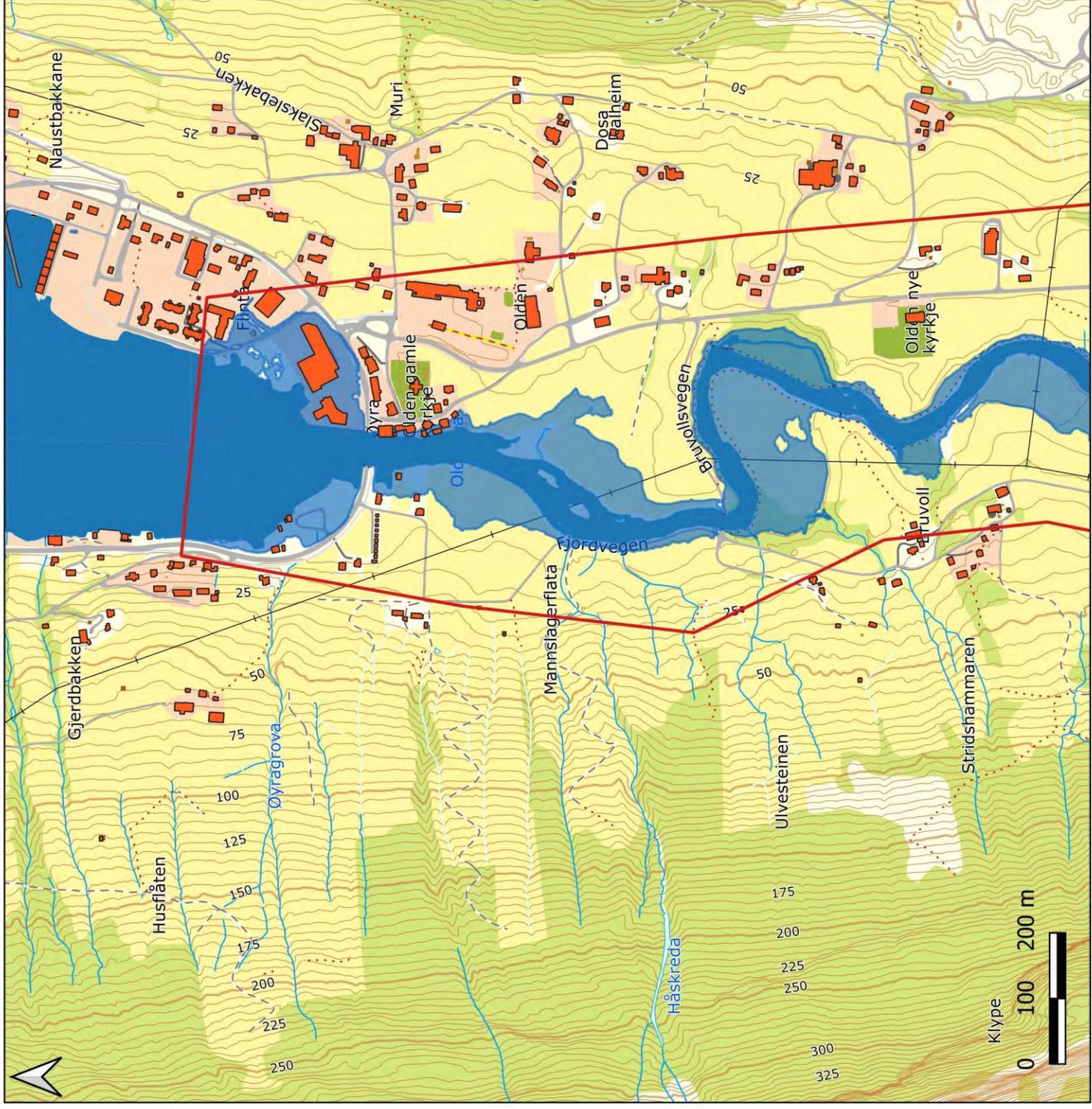
Vedlegg 3	Flaumsonekart
Olden sør	
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsonekartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Kontrollert av: AN
Utarbeida av: AH	
Sunnfjord Geo Centre	



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

Vedlegg 3	
Flaumsonekart	
Olden nord	
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsonekartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
Kontrollert av: AN	
Sunnfjord Geo Center	



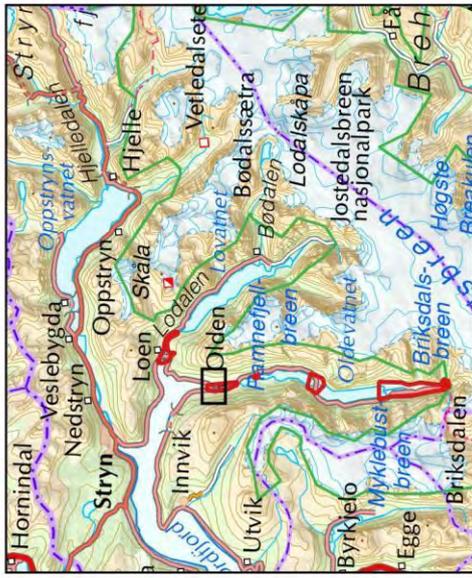


Teiknforklaring

- Gjertakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

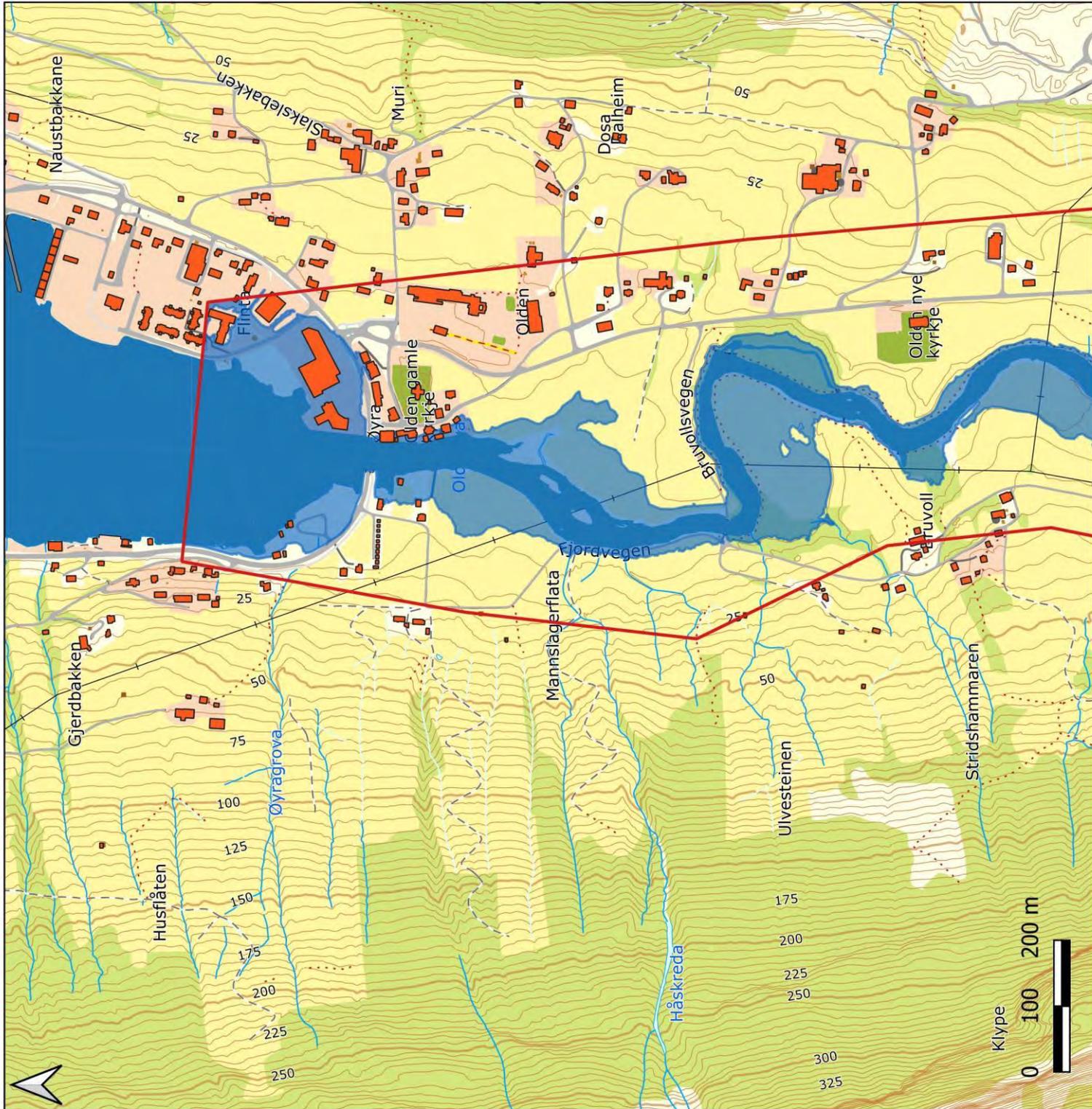


Vedlegg 3	
Flaumsonkart	
Olden sør	
Oppdrag: 2020-09-196B Flaumsonkartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Kontrollert av: AN
Utarbeida av: AH	Sumfjord Geo Center



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/1000
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



Vedlegg 3	Flaumsonkart	Olden nord
Oppdrag: 2020-09-196B Flaumsonkartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune		
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N		
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH	Kontrollert av: AN
		Sumfjord Geo Center

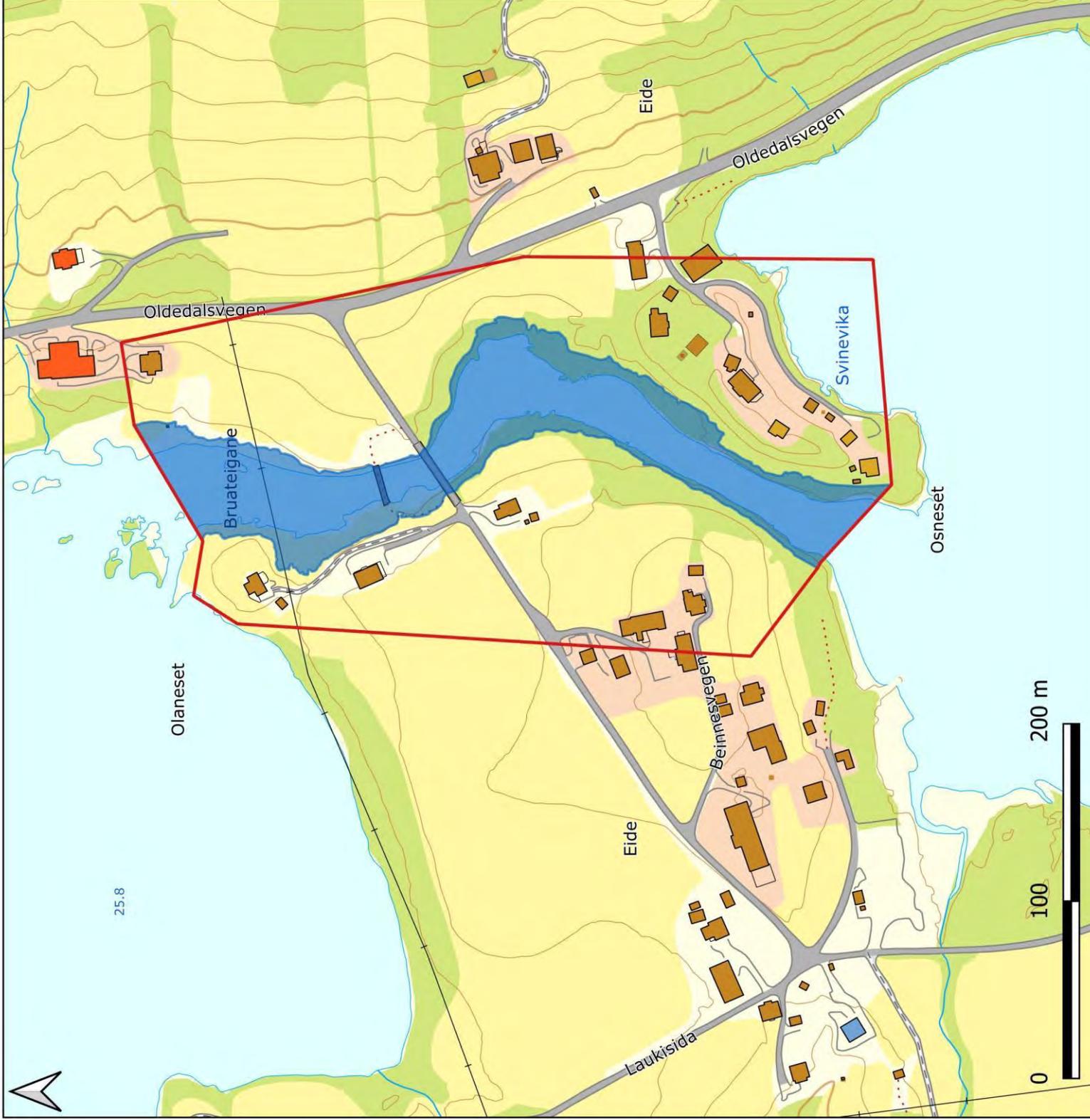


Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/1000
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



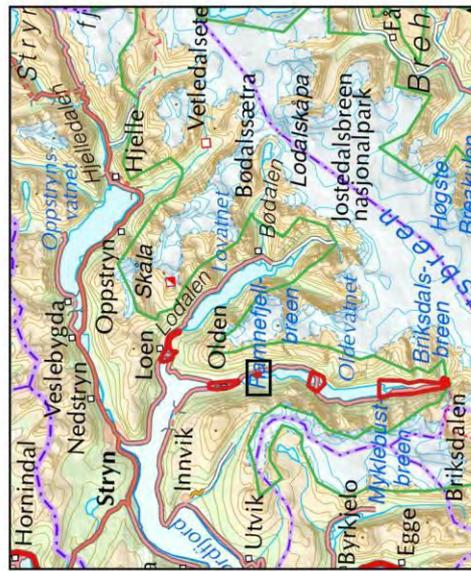
Vedlegg 3 Flaumsoneskart Olden sør
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N
Dato: 2020-02-26
Utarbeida av: AH
Kontrollert av: AN
Sunnfjord Geo Center



Teiknforklaring

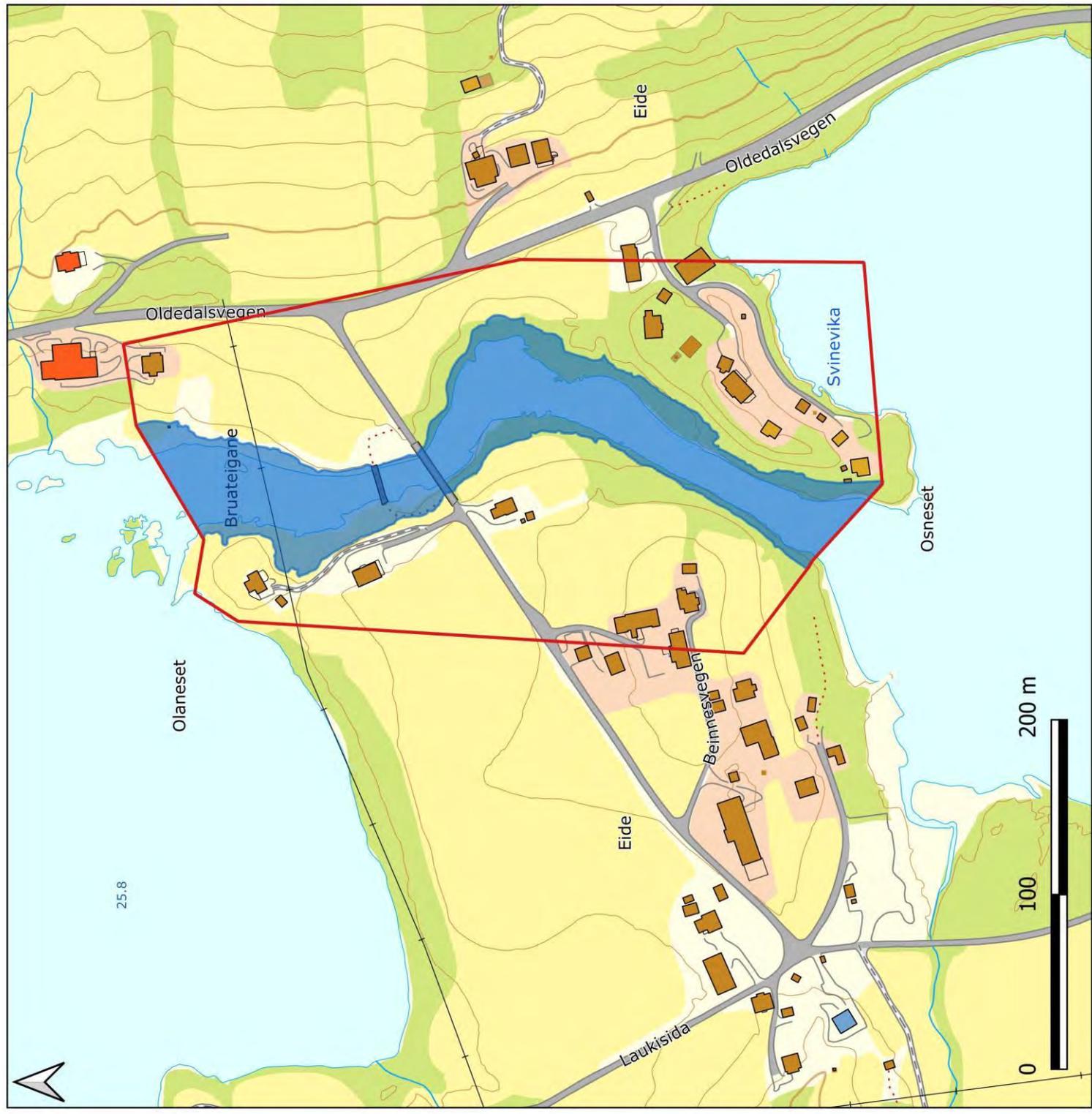
- Gjentakingsintervall 1/20
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

Vedlegg 3	
Flaumsoneskart	
Eide	
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato:	Kontrollert av:
2020-02-26	AH
Utarbeida av:	AN
Sunnfjord Geo Center	



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



Vedlegg 3	Flaumsoneskart
Eide	
Oppdrag: 2020-05-19cB Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AN
	Kontrollert av: AN
Sunnfjord Geo Center	

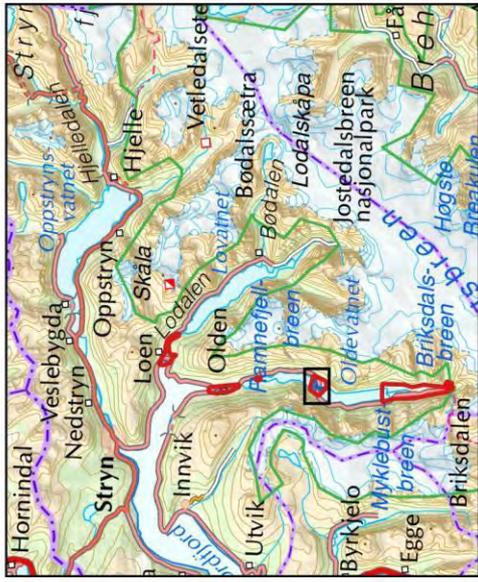
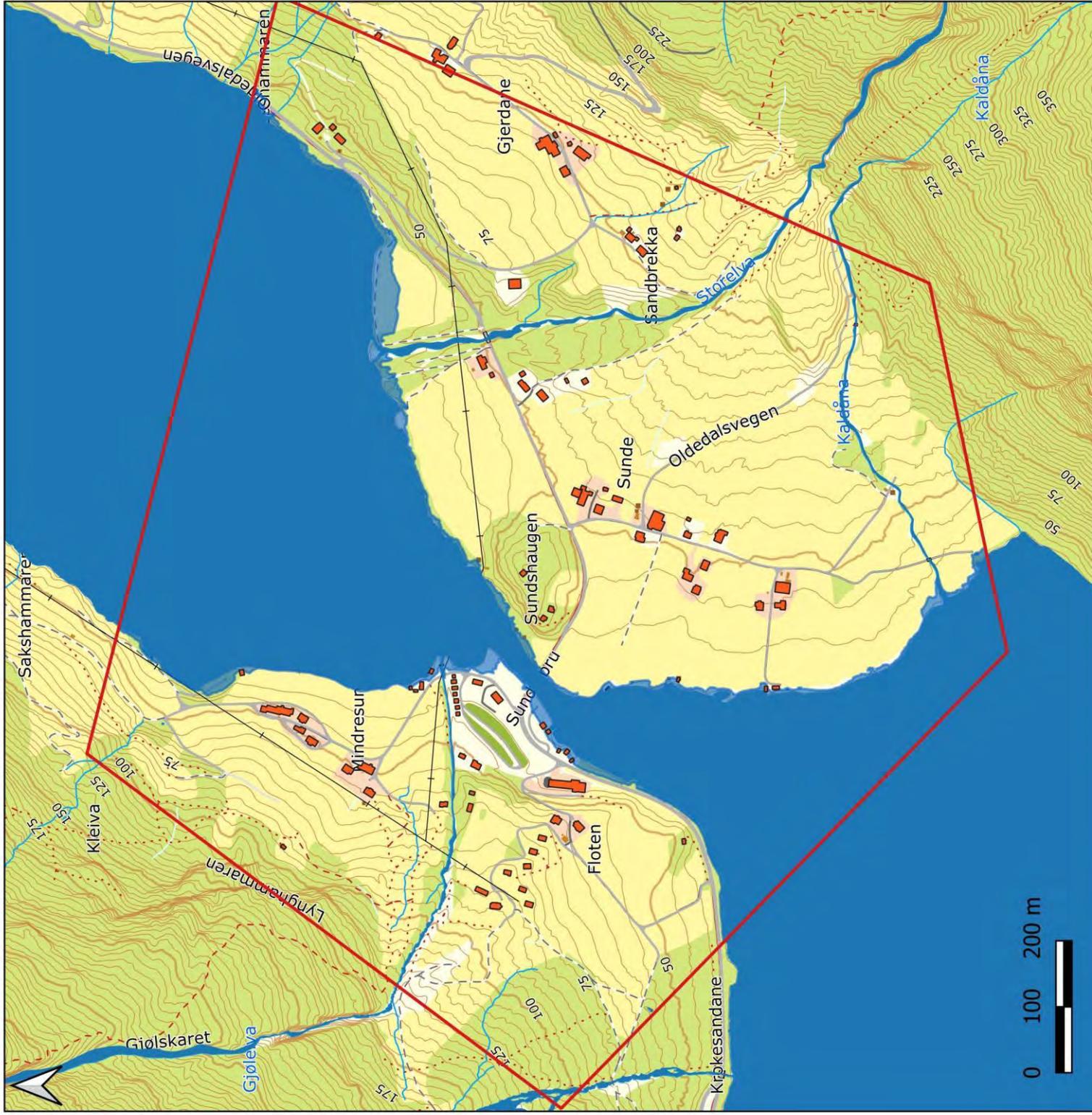


Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/1000
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



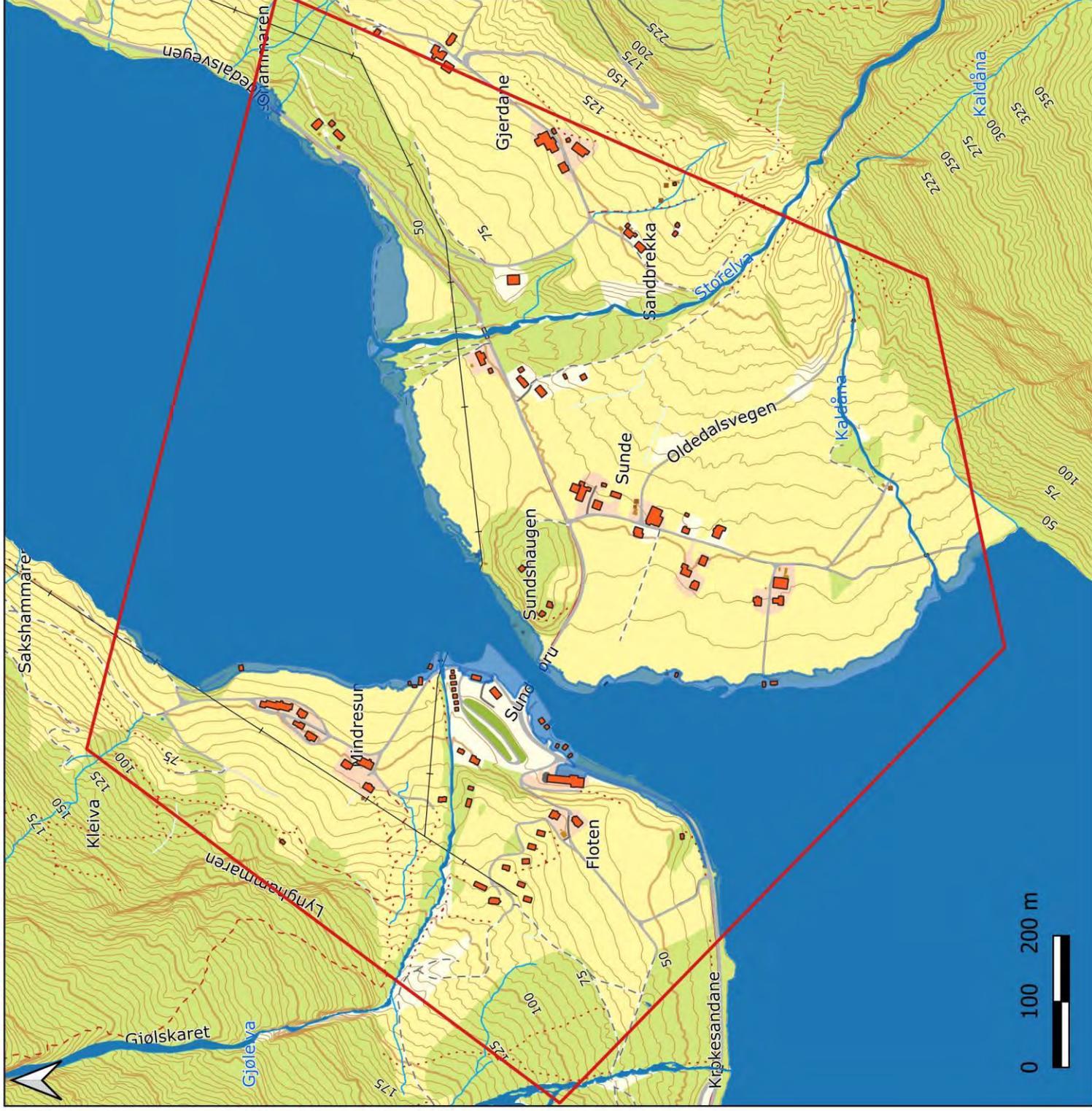
Medlegg 3	
Flaumsoneskart	
Eide	
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: JAH
	Kontrollert av: JAH
Sunnfjord Geo Center	



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/20
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

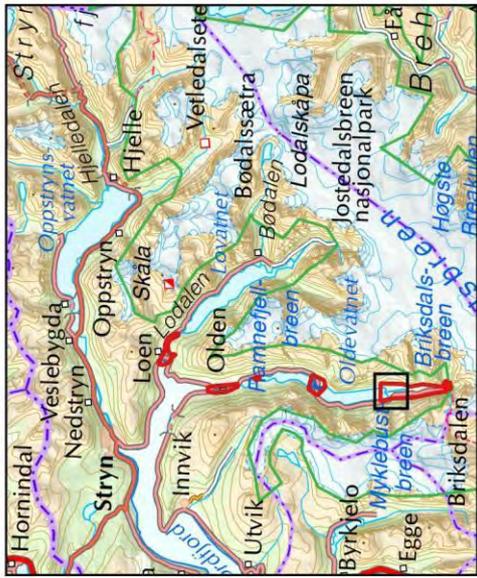
Vedlegg 3 Flåmsonekart Mindresunde	
Oppdrag: 2020-09-1968 Flåmsonekartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Kontrollert av: AH AN
Sumnfjord Geo Center	



Teiknforklaring

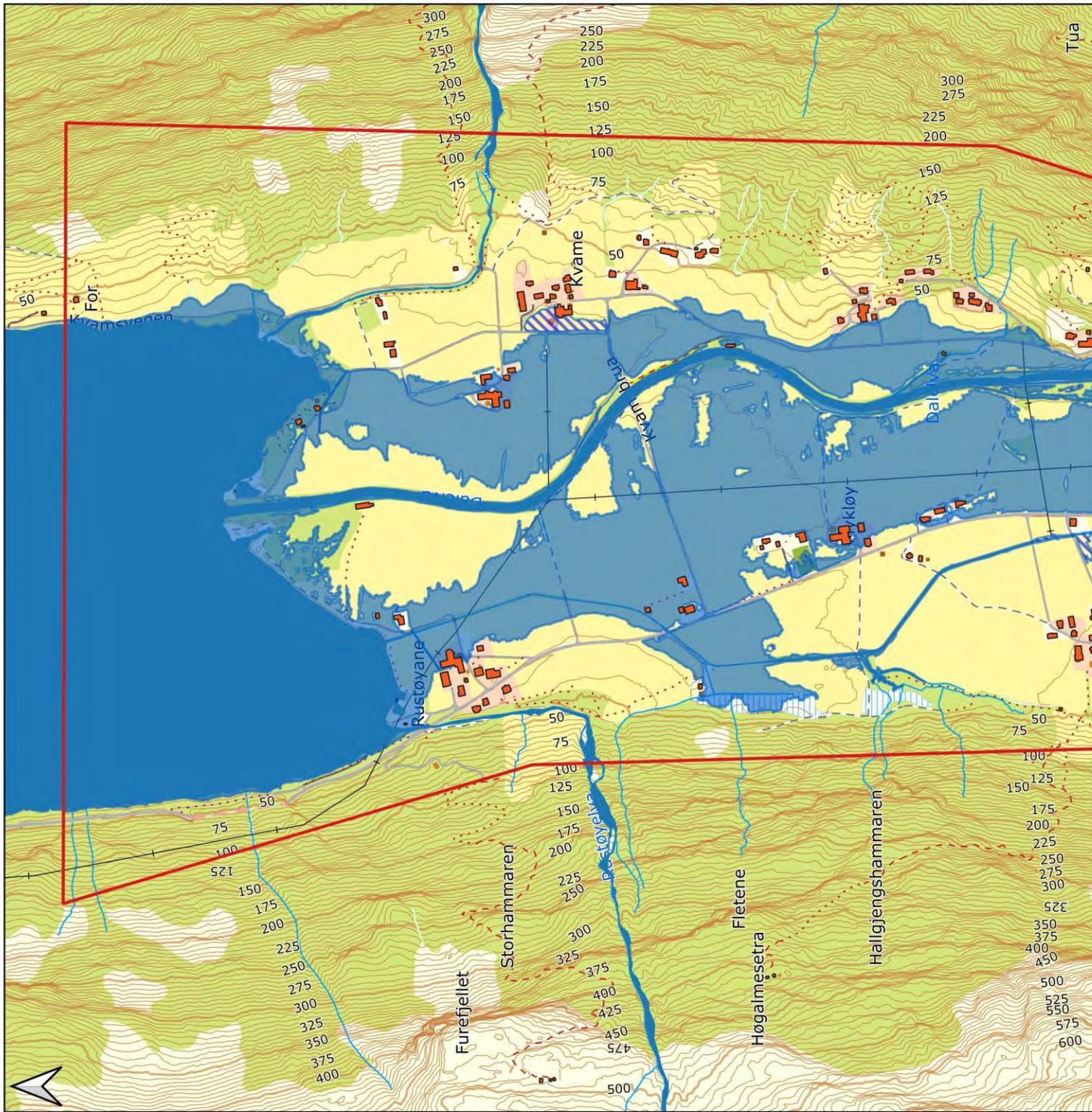
- Gjentakingsintervall 1/1000
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

Vedlegg 3	
Flåmsonekart	
Mindresunde	
Oppdrag: 2020-09-1968 Flåmsonekartlegging i Olden og Løen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Kontrollert av: AN
Utarbeida av: AH	
Sunnfjord Geo Center	

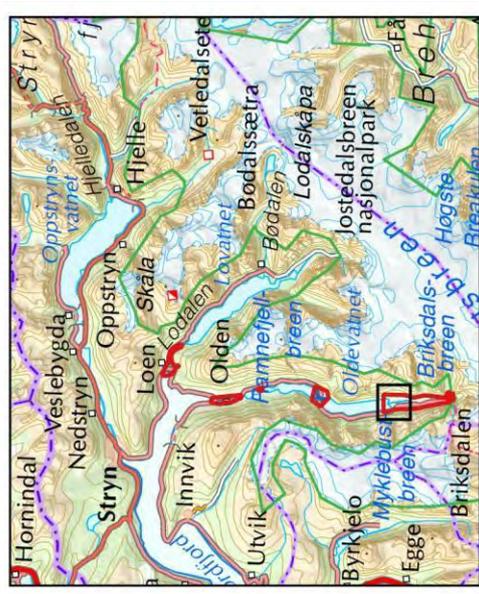
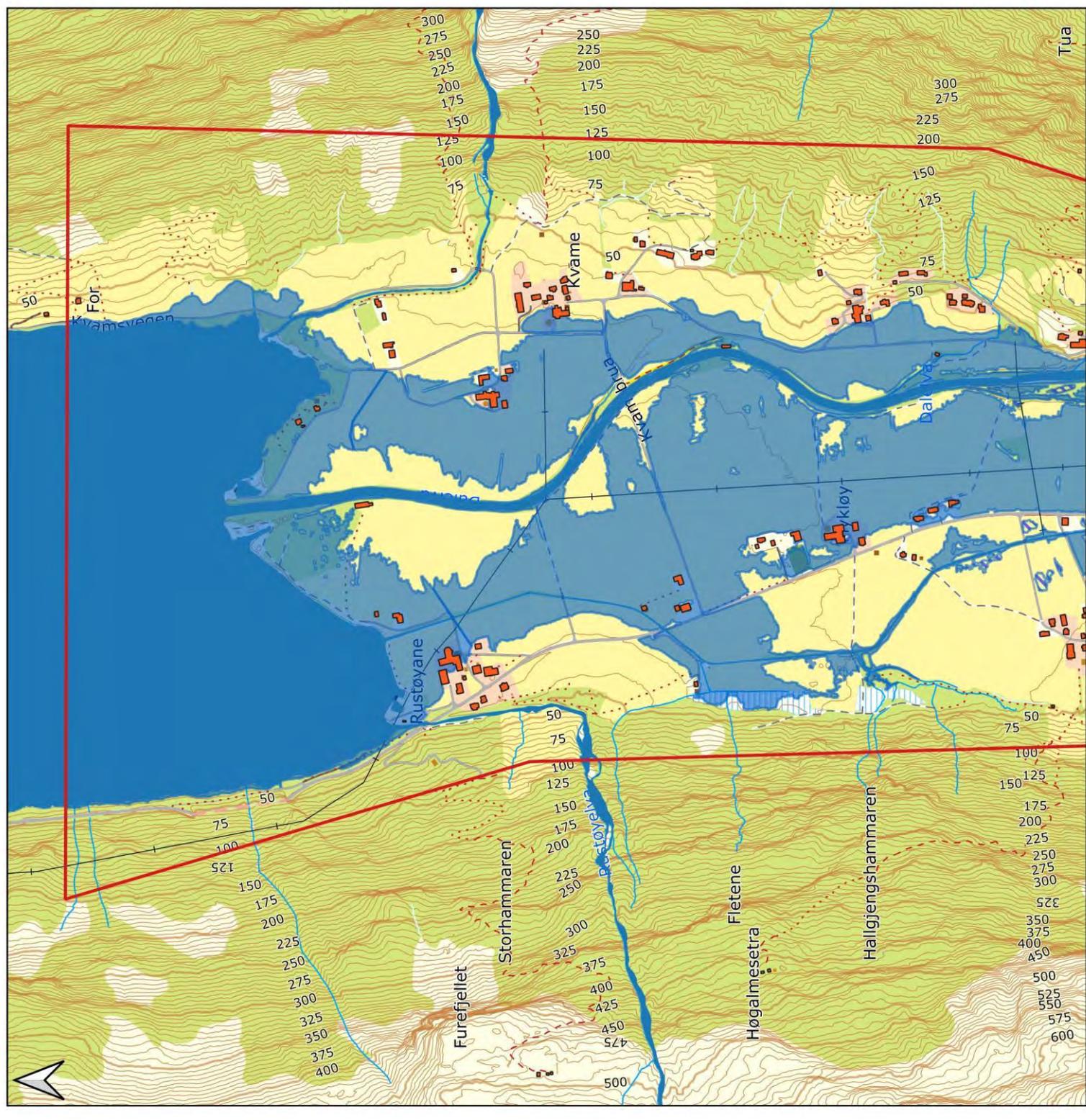


Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



Vedlegg 3	
Flaumsoneskart	
Oldedalen 1	
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
	Kontrollert av: AN
Sunnfjord Geo Center	



Teiknforklaring

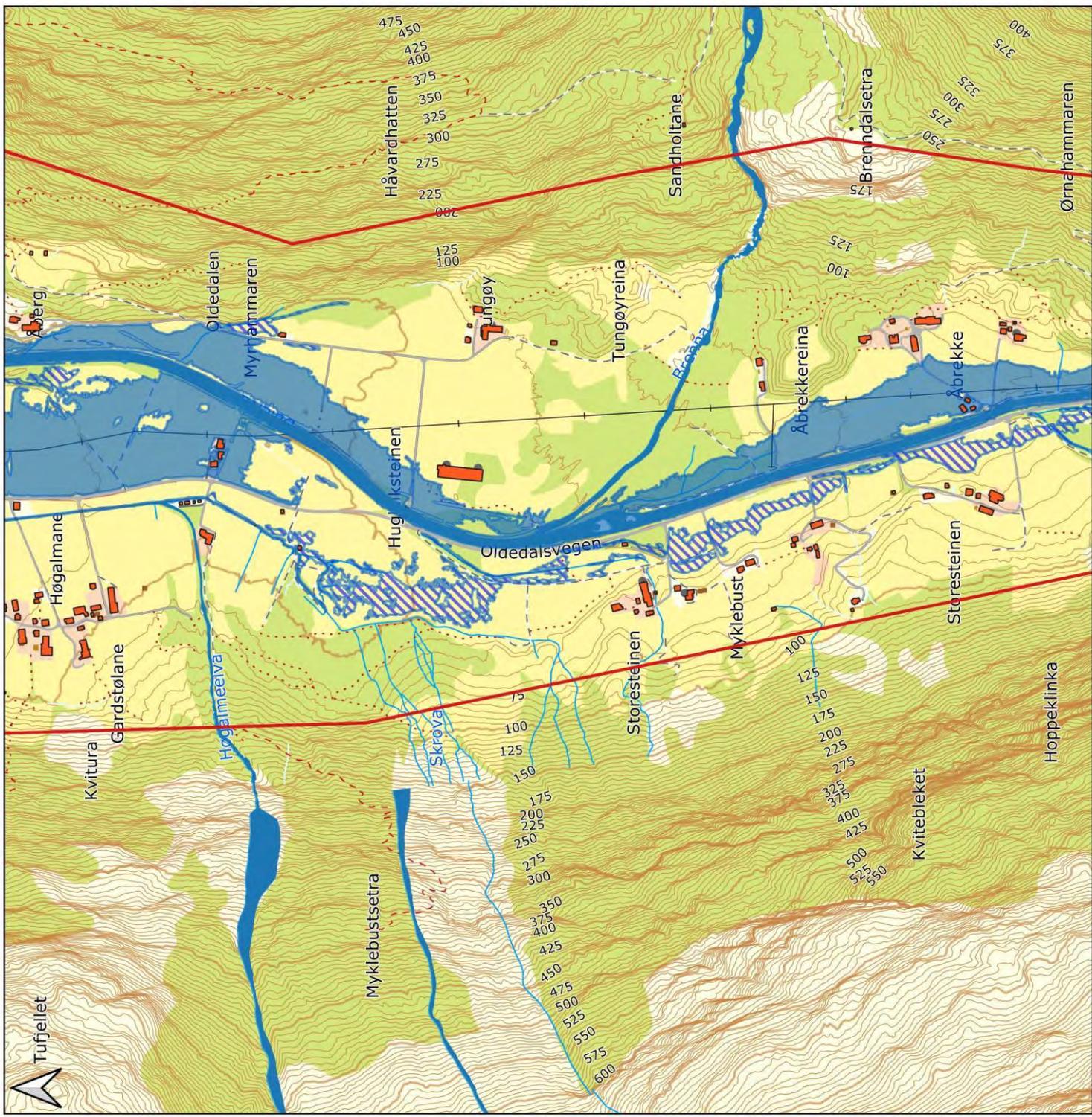
- Gjentakingsintervall 1/1000
- Låggpunkt
- Elv, vatn eller sjø

	Vedlegg 3	Flaumsoneskart
		Oldedalen 1
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune		
Koordinatsystem: Euresf 1989 UTM Sone 32N		
Dato:	Utarbeida av:	Kontrollert av:
2020-02-26	AH	AN
		 Sunnfjord Geo Center



Teiknforklaring

-  Gjentakingsintervall 1/20
-  Lågpunkt
-  Elv, vatn eller sjø

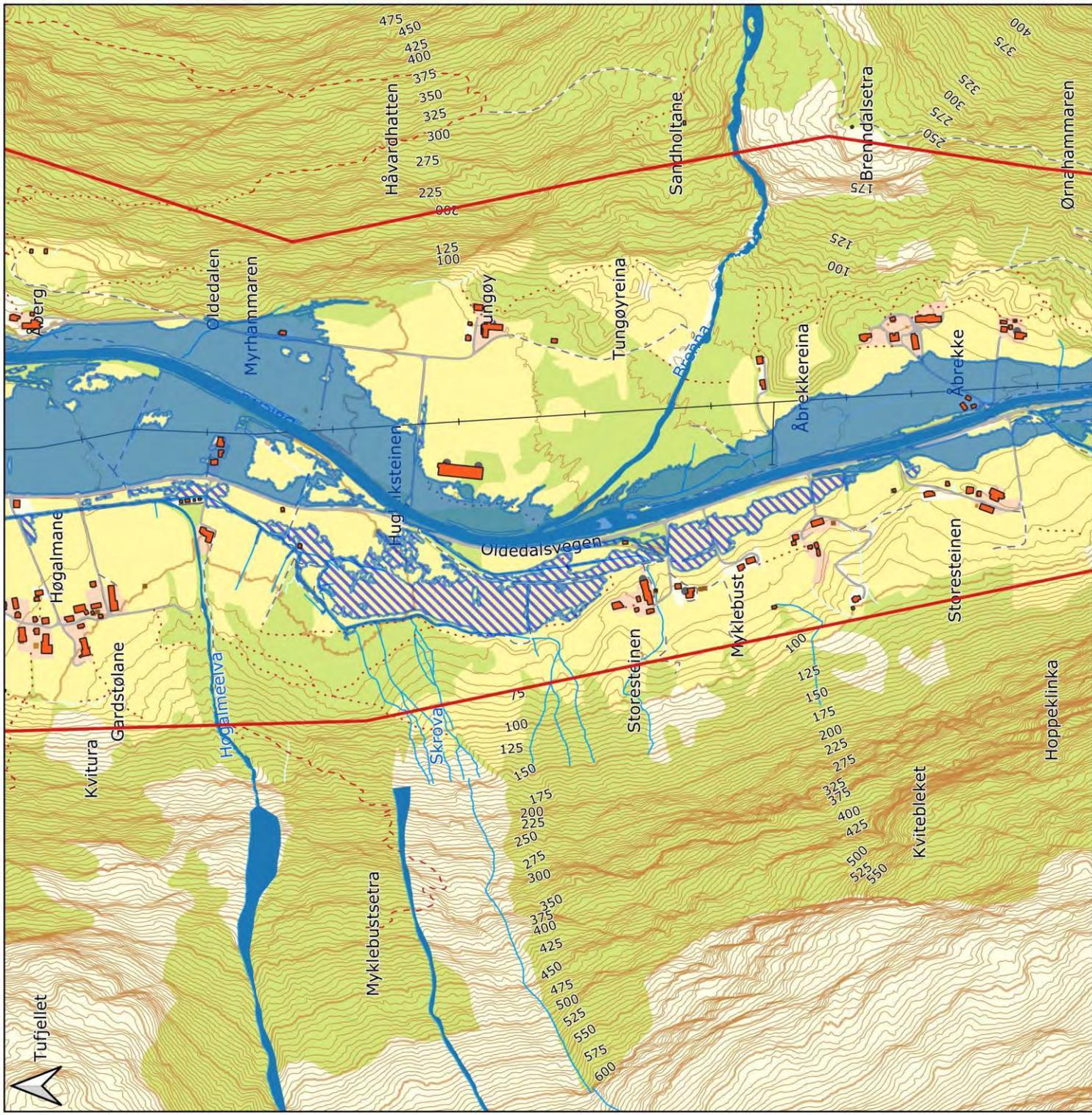


Vedlegg 3 Flaumsonekart Oldedalen 2	
Oppdrag: 2020-09-19&B Flaumsonekartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Date: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
Kontrollert av: AN	
 Sunnfjord Geo Center	

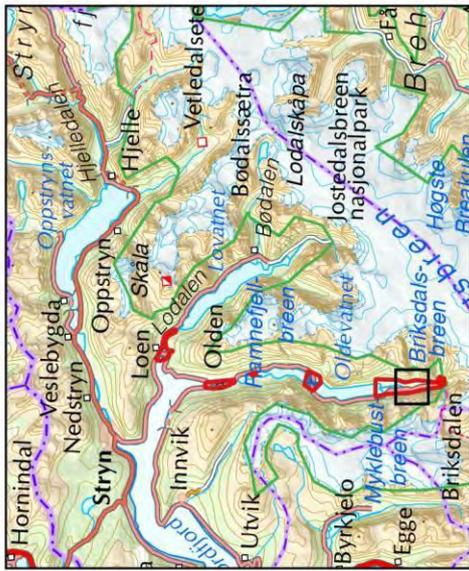


Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

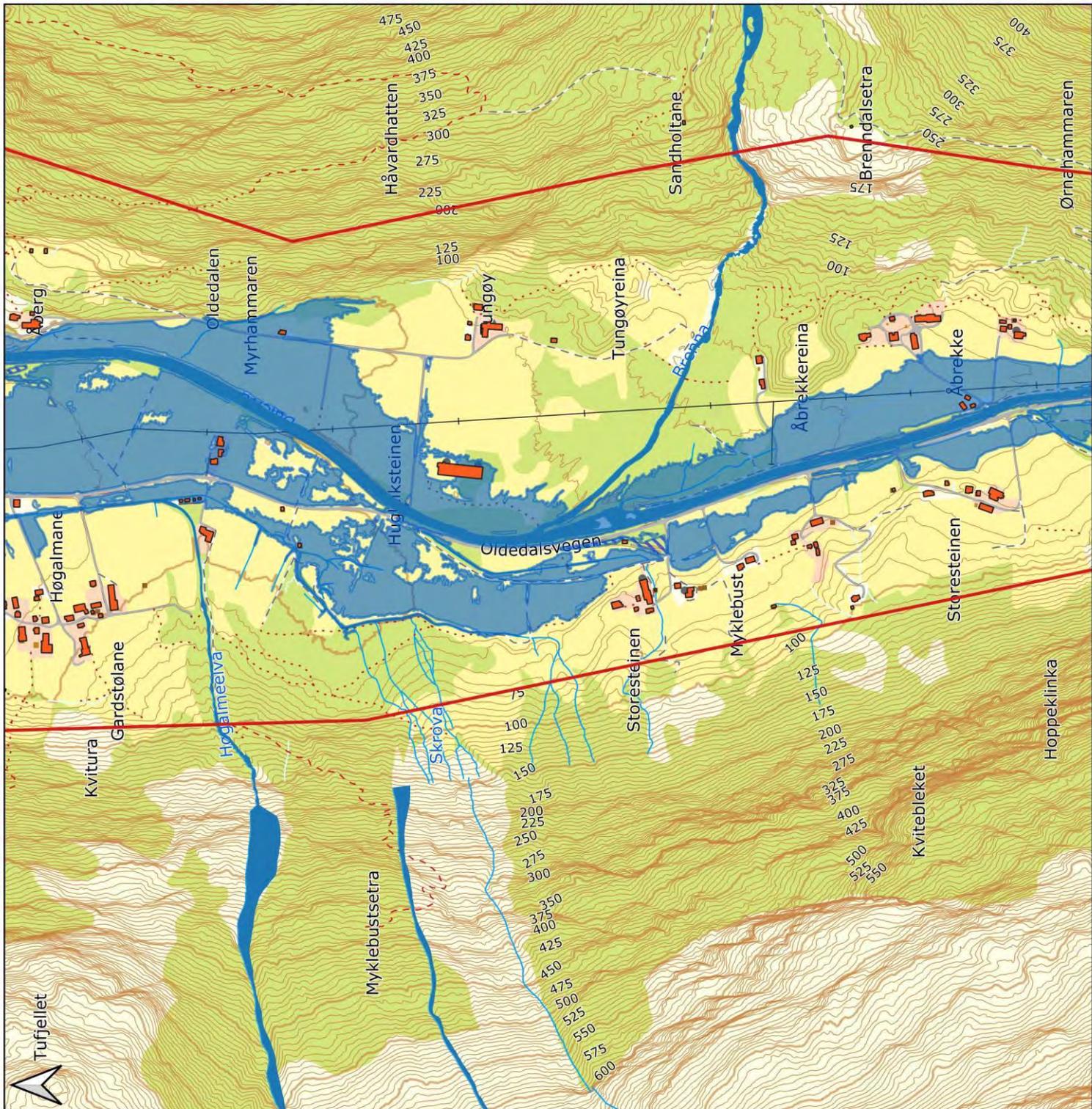


Vedlegg 3	Flaumsonkart
Oldedalen 2	
Oppdrag: 2020-05-1968 Flaumsonkartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Date: 2020-02-26	Utarbeida av: AN
Sunnfjord Geo Center	

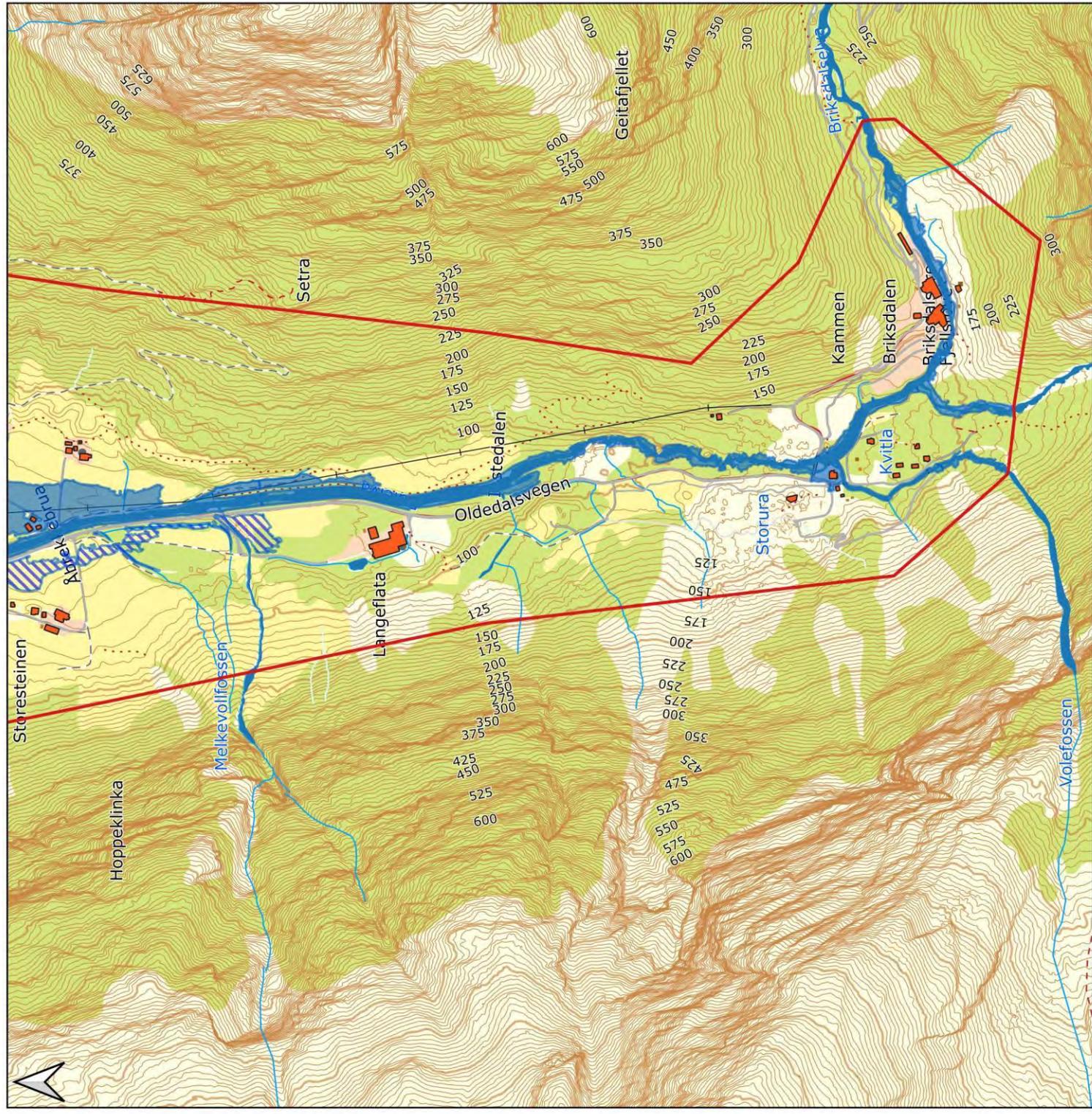


Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/1000
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



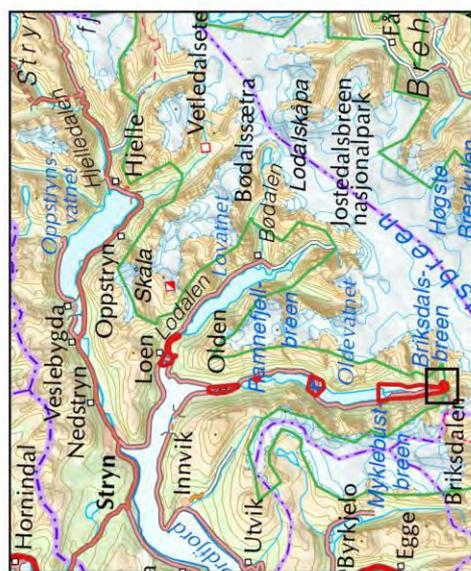
Vedlegg 3	Flaumsoneskart
Oldedalen 2	
Oppdrag: 2020-09-196B Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
	Kontrollert av: AN
Suniford Geo Center	



Teiknforklaring

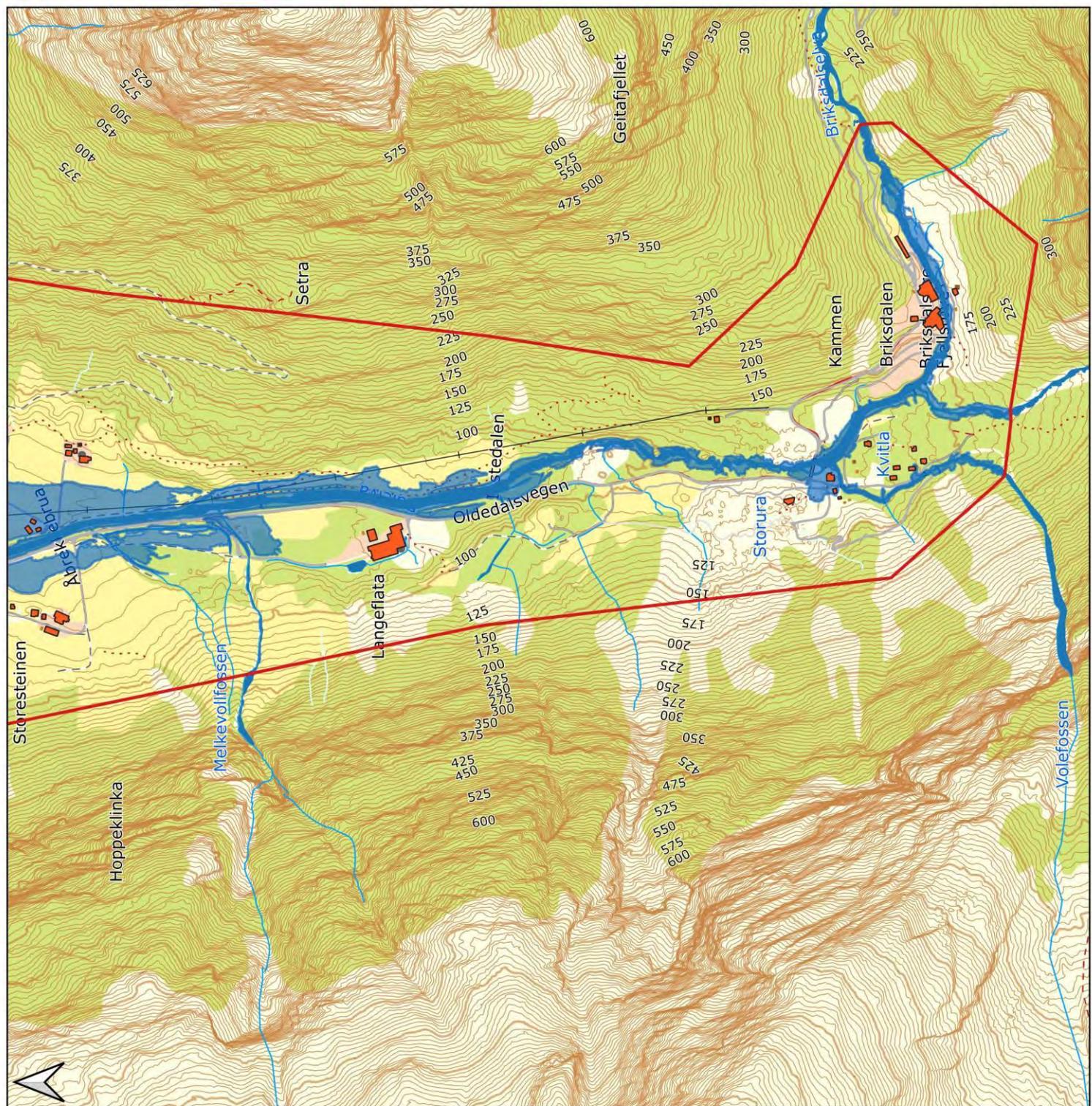
- Gjentakingsintervall 1/20
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

Vedlegg 3	Flaumsoneskart
Oldedalen 3	
Oppdrag: 2020-09-1968: Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Eurnef 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Kontrollert av: AN
Utarbeida av: AH	
Sunnfjord Geo Center	

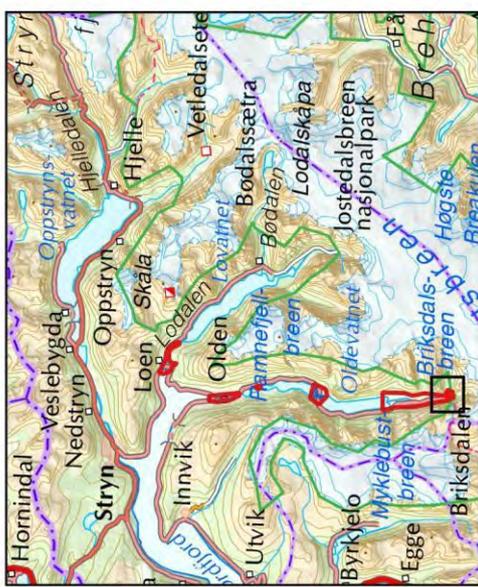


Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/200
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø

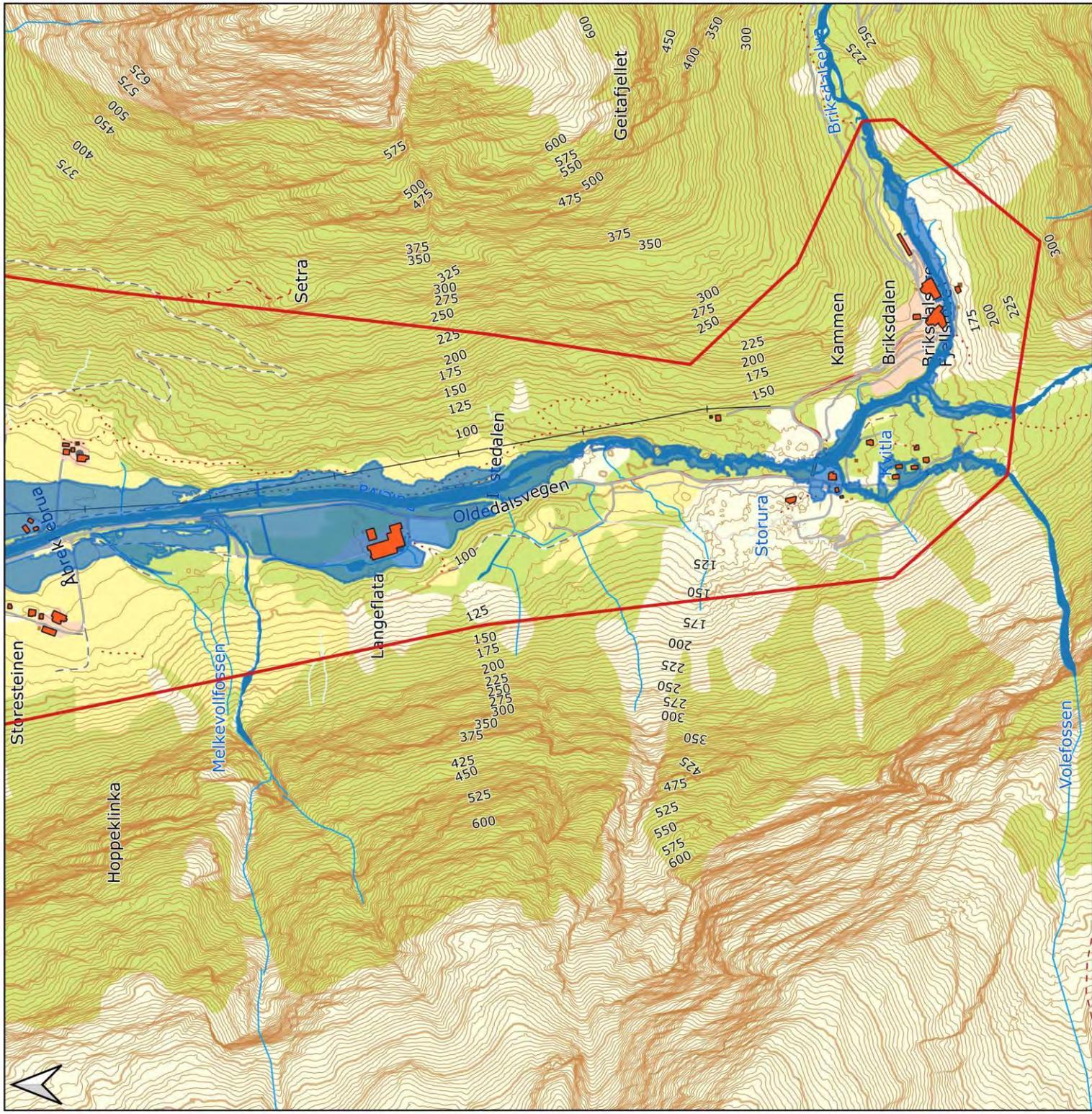


Vedlegg 3	Flaumsonkart Oldedalen 3
Oppdrag: 2020-05-1968 Flaumsonkartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: EUREF 1989 UTM Some 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
	Kontrollert av: AN
Sunnfjord Geo Center	



Teiknforklaring

- Gjentakingsintervall 1/1000
- Lågpunkt
- Elv, vatn eller sjø



	Vedlegg 3 Flaumsoneskart Oldedalen 3
Oppdrag: 2020-09-1968 Flaumsoneskartlegging i Olden og Loen, Stryn kommune	
Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N	
Dato: 2020-02-26	Utarbeida av: AH
	Kontrollert av: AN
	Sunnfjord Geo Center

4. Modellerte vasshøgder

Elv	Profil	Vasstand 20-årsflaum (moh.)	Vasstand 200-årsflaum (moh.)	Vasstand 1000-årsflaum (moh.)
Dalelva	1035	123.82	124.5	123.76
Dalelva	1034	123.86	124.55	124.8
Dalelva	1033	121.6	122.04	122.33
Dalelva	1032	120.86	122.19	122.94
Dalelva	1031.5	119.92	120.91	121.76
Dalelva	1031	116.94	117.42	117.76
Dalelva	1030	113.2	113.48	113.64
Dalelva	1029	105.57	106.23	106.64
Dalelva	1028	104.83	105.61	106.14
Dalelva	1027	100.12	100.53	100.79
Dalelva	1026	98.2	98.76	99.1
Dalelva	1025	94.34	95.01	95.39
Dalelva	1024	91.73	92.33	92.71
Dalelva	1023	87.23	87.8	88.18
Dalelva	1022	85.39	85.88	86.15
Dalelva	1021	83.52	84.13	84.47
Dalelva	1020	80.79	81.17	81.43
Dalelva	1019	78.73	79.31	79.81
Dalelva	1018	74.75	75.57	75.88
Dalelva	1017	71.3	71.55	71.9
Dalelva	1016	67.73	67.73	67.77
Dalelva	1005	135.01	135.58	135.95
Dalelva	1004	133.15	133.88	134.28
Dalelva	1003	130.99	131.74	132.15
Dalelva	1002	128.63	129.09	129.34
Dalelva	1001	126.26	126.81	127.07
Dalelva	1000	125.51	125.95	126.16
Volefossen				
Volefossen	1013	176.33	176.44	176.6
Volefossen	1012	161.71	161.87	162.02
Volefossen	1011	154.78	154.91	155.07
Volefossen	1010	151.21	151.32	151.44
Volefossen	1009.5	148.7	148.88	149.04
Volefossen	1009	145.46	145.61	145.79
Volefossen	1008	141.62	141.69	141.77
Volefossen	1007	137.91	138.19	138.36
Volefossen	1006	134.5	134.74	135.07
Volefossen	1005	132.18	132.28	132.35
Volefossen	1004	130.95	131.26	131.88
Volefossen	1003	128.08	128.26	128.47
Volefossen	1002	126.59	126.92	127.04
Volefossen	1001	125.95	126.11	126.28
Volefossen	1000	124.42	124.59	124.77
Melkevollrelva				
Melkevollrelva	1009	163.43	163.65	163.8
Melkevollrelva	1008	160.54	160.72	160.87
Melkevollrelva	1007	158.36	158.55	158.7

Melkevollelva	1006	155.26	155.47	155.66
Melkevollelva	1005	151.91	152.1	152.25
Melkevollelva	1004	149.76	150.04	150.22
Melkevollelva	1003	148.17	148.37	148.52
Melkevollelva	1002	145.07	145.29	145.47
Melkevollelva	1001	141.71	141.88	142.03
Melkevollelva	1000	138.29	138.45	138.56
Briksdalselva				
Briksdalselva	1016	193.36	193.67	193.93
Briksdalselva	1015.8	192.61	192.97	193.26
Briksdalselva	1015.5	191.54	191.78	191.98
Briksdalselva	1015.3	189.85	190.14	190.39
Briksdalselva	1015	189	189.3	189.54
Briksdalselva	1014.5	183	183.47	183.88
Briksdalselva	1014	178.85	179.09	179.27
Briksdalselva	1013	172.88	173.19	173.41
Briksdalselva	1012	169.91	170.31	170.65
Briksdalselva	1011	167.69	167.93	168.09
Briksdalselva	1010	167.5	167.73	167.91
Briksdalselva	1009	165.75	166.26	166.54
Briksdalselva	1008	164.28	164.54	164.8
Briksdalselva	1007	163.2	163.66	164.11
Briksdalselva	1006	163	163.69	164.15
Briksdalselva	1005	161.78	162.28	162.71
Briksdalselva	1004	157.22	157.85	158.39
Briksdalselva	1003	151.09	152.12	153.05
Briksdalselva	1002	147.87	148.12	148.36
Briksdalselva	1001.6	146.45	146.58	146.69
Briksdalselva	1001	142.98	143.28	143.51
Briksdalselva	1000	136.87	137.15	137.38
Briksdalselva	999	136.61	136.91	137.17
Eide				
Eide	1000	37.25	37.5	37.64
Eide	999	36.3	36.51	36.63
Eide	998	33.23	33.33	33.39
Eide	997	33.05	33.18	33.28
Eide	996	32.52	32.81	32.98
Eide	995	32.17	32.45	32.61
Eide	994	31.83	32.09	32.24
Eide	993.8	30.98	31.16	31.26
Eide	992	29.41	29.5	29.56
Eide	991	28.8	28.97	29.01
Eide	990	28.35	28.45	28.51
Eide	989	27.62	27.72	27.78