

Beregnet til

Bø og Sauherad kommune

Dokument type

Flomsonekartlegging

Dato

20.12.2017

FLOMANALYSE, BØELVA

FLOMSONEKARTLEGGING

FLOMANALYSE, BØELVA FLOMSONEKARTLEGGING

Revisjon **20.12.2017**
Dato **04.12.2017**
Utført av **Sigrid Bjørneng Sagen**
Kontrollert av **Bjørnar Nordeidet og Kai Fjelstad**
Godkjent av **Bjørnar Nordeidet**
Beskrivelse **Flomsonekartlegging av Bøelva**

Ref.

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	SAMMENDRAG	1
2.	INNLEDNING	3
2.1	Bakgrunn	3
2.2	Målsetning	3
2.3	Avgrensning av prosjektet	3
2.4	Flomsonekart og klimaendringer	3
2.5	Prosjektgjennomføring	4
3.	RETNINGSLINJER, KRAV OG METODE	5
3.1	Krav til flomsikkerhet	5
3.2	Metode	5
4.	HYDROLOGISKE DATA	6
4.1	Nedbørfeltet	6
4.2	Hydrometriske stasjoner	6
4.2.1	Hagadrag	6
4.2.2	Hørte	7
4.3	Flomberegning	8
4.4	Klimaframskriving	12
4.5	Observerte flommer	12
5.	TOPOGRAFISKE DATA	13
5.1	Tverrprofiler	13
5.2	Terrengmodellen	14
6.	HYDRAULISKE BEREKNINGER	16
6.1	Topografiske data	16
6.2	Modellering	16
6.2.1	HEC-RAS 1D	16
6.2.2	HEC-RAS 2D	19
6.3	Grensevilkår - vannstand i Seljordsvatn og Norsjø ved flom i Bøelva	19
6.3.1	Øvre grensevilkår	20
6.3.2	Nedre grensevilkår i modellen	20
6.4	Kalibrering	20
6.5	Vannlinje	22
6.6	Særskilt om bruer	28
6.6.1	Sanda bru	28
6.6.2	Oterholt bru	29
6.6.3	Gamle Folkestad bru	29
6.6.4	Gåra bru, Beverøy camping og Åsgrav familiecamping	30
6.6.5	Mannebru	31
6.6.6	Brenna industriområde	32
6.6.7	Jernbanebrua	32
6.6.8	Gvarvelva bru	33
7.	FLOMSONEKART	35
7.1	Resultater fra flomanalysen	35

7.1.1	20 årsflommen	40
7.1.2	200 årsflommen (uten klima)	40
7.1.3	200 årsflom (inkludert klimapåslag)	40
7.1.4	1000 årsflommen	40
7.1.5	Kartplott	40
7.2	Lavpunkt	43
8.	USIKKERHET	45
8.1	Flomberegning	45
8.2	Hydrauliske beregninger	45
8.3	Flomsonen	45
9.	VEILEDNING FOR BRUK	46
9.1	Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart	46
10.	KONKLUSJONER/ANBEFALINGER	47
10.1	Konklusjoner	47
10.2	Videre arbeid, anbefalinger	47
11.	REFERANSER OG KILDER	48

Vedlegg 1

- G100 Flomutbredelse som følge av 20 årsflom
- G101 Flomutbredelse som følge av 200 årsflom
- G102 Flomutbredelse som følge av 200 årsflom inkludert klimapåslag
- G103 Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom
- G104 Flomutbredelse som følge av utvalgte flomhendelser, priområde 1 del 1
- G105 Flomutbredelse som følge av utvalgte flomhendelser, priområde 1 del 2
- G106 Flomutbredelse som følge av utvalgte flomhendelser, priområde 1 del 3
- G107 Flomutbredelse som følge av utvalgte flomhendelser, priområde 1 del 4
- G108 Flomutbredelse som følge av utvalgte flomhendelser, priområde 1 del 5
- G109 Flomutbredelse som følge av utvalgte flomhendelser, priområde 1 del 6

1. SAMMENDRAG

Bø og Sauherad kommune ønsker felles kunnskapsgrunnlag blant annet for å kunne utarbeide en felles kommuneplan. På bakgrunn av dette har Rambøll, med underleverandør Hydrateam, blitt engasjert for å utføre flomsonekartlegging av Bøelva på strekningen mellom Seljordsvatn og Norsjø.

Det er utarbeidet flomsonekart for 20-, 200-, og 1000 årsflom, samt 200 årsflom som hensyntar et endret klima i år 2100. Flomsonekartene viser oversvømt areal som følge av flom i vassdraget. Alle topografiske data er oppgitt i UTM-sone 32N og høydereferanse NN2000.

Målsetning

Hovedmålet med dette prosjektet har vært å utarbeide klimatilpassende flomsonekart for Bøelva, og derav bidra til forbedret arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap i flomutsatte områder.

Avgrensning av prosjektet

Det er beregnet flomvannstander for Bøelva på strekningen mellom Seljordsvatn og Norsjø. Vannstander i sidevassdrag og bekker er ikke beregnet og flomfaren der er ikke beregnet. Som følge av at Bø og Sauherad kommune måtte redusere opprinnelig budsjett, ble det valgt ut noen prioriterte områder langs Bøelva, se figur 2.1. Det er kun foretatt oppmåling av elveprofiler innenfor prioritetsområde 1.

Hydrauliske beregninger/flomsonekart

Fremtidig 200 årsflom (inkludert klimapåslag):

For utbygginger med lang levetid skal økning i flomvannføring som følge av endret klima tas med i beregningene. Byggverk med personopphold skal sikres mot fremtidig forventet 200 årsflom. Resultatene viser at ingen av bruene i vassdraget oversvømmes, men det oppstår oppstuvninger oppstrøms bruene. Sett opp mot Statens Vegvesens krav om 0,5 m klaring mot overbygning ved beregnet vannstand har flere av bruene for dårlig kapasitet. Se delkapittel 6.6 for detaljer om bruene i prioritet 1 områder.

Både opp- og nedstrøms Gåra bru vil store områder med bygninger bli oversvømt. Hele Beverøy camping ligger innenfor flomsone og alle bygninger på camping er flomutsatte. Videre ligger mesteparten av Åsgrav camping innenfor flomsone og omtrent alle bygg på camping er flomutsatte. Størsteparten av Brenna industriområde vil ligge i flomsone og flere av industribyggene vil være flomutsatte.

20 årsflom:

Figurene viser at det forekommer store oversvømmelser allerede ved 20 årsflommen. Ved beregnet 20 årsflom vil trolig få bygg på Beverøy camping være flomutsatte, men ettersom mesteparten av camping ligger i et lavpunkt område må dette område undersøkes nærmere. Videre vil mesteparten av byggene og «småveger» på Åsgrav camping være flomutsatte. I Sauherad kommune vil 2 av byggene på Brenna industriområde være flomutsatt ved beregnet 20 årsflom.

200 årsflom:

Ved 200 årsflom ligger hele Beverøy camping innenfor flomsone og alle bygninger på camping vil være flomutsatte. Tilsvarende vil oversvømmelsen ved Brenna industriområde øke betraktelig og mesteparten av bygningene vil være flomutsatte. Ved Åsgrav camping vil flomvannet utbre seg noe mer, men ingen flere bygg vil oversvømmes.

1000 årsflom:

Ved 1000 årsflom vil et betydelig større område oversvømmes og mange flere bygninger og veier vil være flomutsatte. Eksempelvis vil Gåra bru oversvømmes samt deler av Oterholtvegen.

Veiledning og råd for bruk av flomsonekartene:

En sikkerhetsmargin bør legges til ved praktisk bruk av beregnede vannstander. For dette prosjektet anbefaler Rambøll et påslag på de beregnede vannstandene på 30 cm for lilla områder (Prioritet 1), 50 cm for grønne områder (Prioritet 2) og 70 cm for uprioriterte områder, se figur 2.1. Sikkerhetsmarginen dekker opp usikkerheter i grunnlagsmateriale og beregninger.

I kommuneplanarbeidet kan flomsoneene benyttes direkte for å identifisere områder som ikke bør legges ut som byggeområder, uten nærmere vurdering av fare og mulige tiltak. Ved detaljplanlegging og i dele- og byggesaker, må kommunen ta hensyn til at flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. I områdene nær grensen for faresonen er det særlig viktig at høyden på terrenget blir kontrollert mot beregnede flomvannstander. Det er også viktig å huske at for å unngå flomskade, må dreneringen til et bygg utformes slik at avløpet også fungerer under flom.

Områder som er utsatt for flomfare skal avsettes som hensynssone – flomfare på arealplankart, og tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Dette kan gjøres ved at det ikke tillattes etablering av ny bebyggelse lavere enn nivå for en fremtidig 200-årsflom, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom.

Hensynssonene for flom må innarbeides når kommuneplanen for kommunene Bø og Sauherad rulleres, eventuelt for felles fremtidig kommuneplan etter sammenslåing. Flomsoneene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak, som evakuering og bygging av voller.

Videre arbeid, anbefalinger:

Som følge av at Bø og Sauherad kommune måtte redusere opprinnelig budsjett for kartleggingen, ble det valgt ut noen prioriterte områder langs Bøelva. Det er kun på områder markert med lilla (prioritet 1) at det ble foretatt oppmåling av tverrprofiler, se figur 2.1. Dersom kommunene ønsker mer nøyaktig beregning på områder utenfor prioritetsområde 1, anbefaler vi at det suppleres med oppmåling av karakteristiske tverrprofiler i området.

Videre er det kun ved Oterholt bru blitt supplert med en 2D modell ettersom dette området var så komplekst at det ble besluttet som nødvendig. Vi anbefaler videre å supplere med 2D modellberegninger der elva deler seg samt for flate områder hvor flommen går utover sine breddekanter. Dette fordi resultatene fra 1D modell vil ha usikkerhet i disse områdene.

Det har ikke vært et tilfredsstillende kalibreringsgrunnlag for modellen. Modellen er blitt kalibrert mot oppmålte vannstander ved lav vannføring, men den bør også kalibreres etter oppmålte vannstander ved høye flomhendelser. Tidligere storflommer og tilhørende kjente vannmerker har blitt vurdert og delvis hensyntatt i denne kartlegging (blant annet storflom i 1927), men usikkerheter knyttet til vannmerker og endringer i vassdraget gjør at disse målingene ikke kan brukes direkte til kalibrering. Vi anbefaler derfor at kommunene måler inn flomnivåer ved fremtidige flomhendelser (spesielt på prioriterte områder) slik at man i ettertid kan justere og kalibrere modellen etter reelle flomhendelser.

2. INNLEDNING

2.1 Bakgrunn

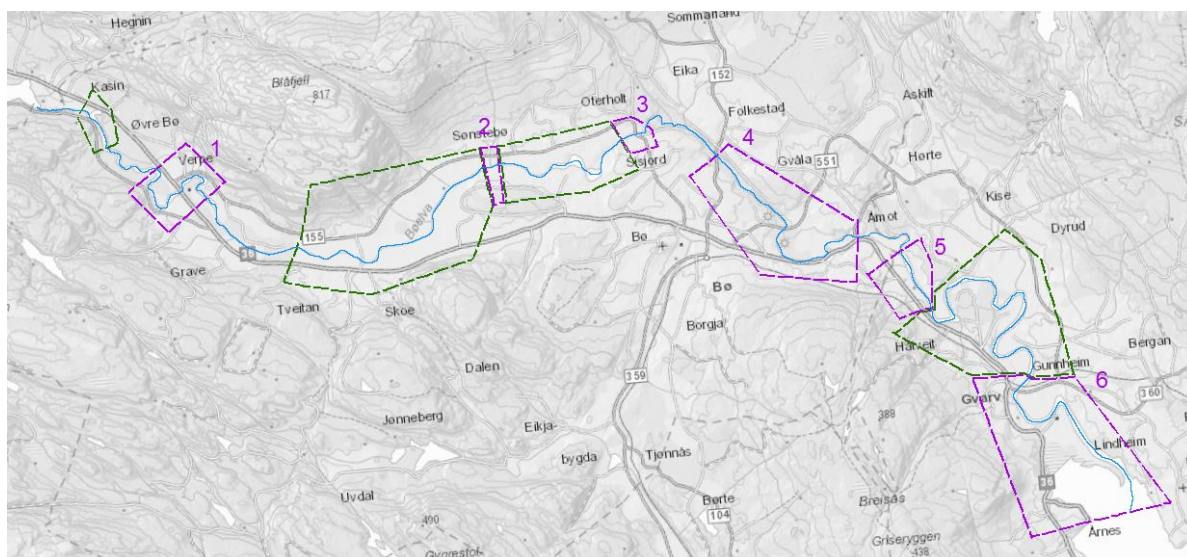
Bø og Sauherad kommune ønsker felles kunnskapsgrunnlag blant annet for å kunne utarbeide en felles kommuneplan. På bakgrunn av dette har Rambøll og Hydrateam blitt engasjert for å utføre flomsonekartlegging av Bøelva på strekningen mellom Seljordsvatn og Norsjø.

2.2 Målsetning

Hovedmålet med dette prosjektet er å utarbeide klimatilpassede flomsonekart for Bø/Gvarvelva og derav bidra til forbedret arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap i flomutsatte områder..

2.3 Avgrensning av prosjektet

Det er beregnet flomvannstander for Bøelva på strekningen mellom Seljordsvatn og Norsjø. Som følge av at Bø og Sauherad kommune måtte redusere opprinnelig budsjett, ble det valgt ut noen områder langs Bøelva som ble prioritert. Det er kun foretatt oppmåling av elveprofiler innenfor prioritetsområde 1. Figur 2.1 viser Bøelva med markerte områder etter prioritet. Områder innenfor lilla polygon har første prioritet og områder innenfor grønn polygon har andre prioritet. Områder uten markering er ikke prioritert.



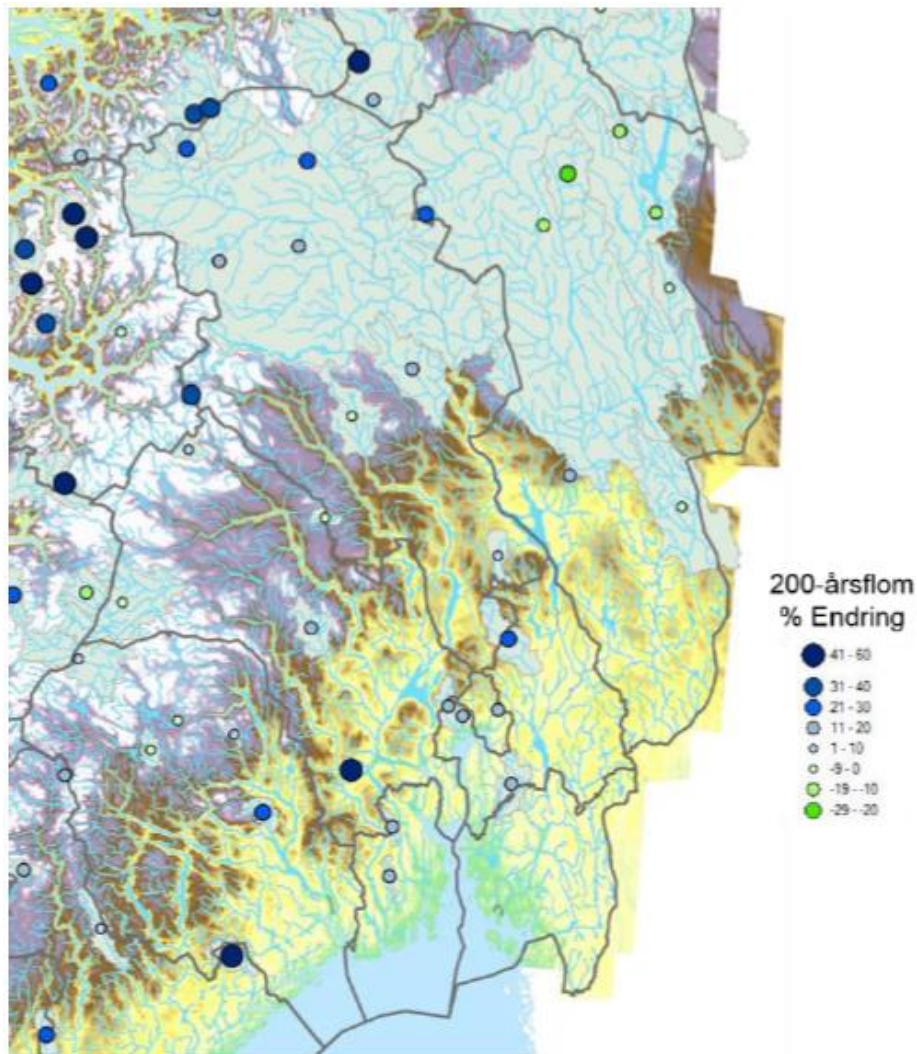
Figur 2.1: Bøelva med markerte områder etter prioritet. Områder innenfor lilla polygon har første prioritet og områder innenfor grønn polygon har andre prioritet. Områder uten markering er ikke prioritert. Blå linje viser senterlinjen til Bøelva.

Det er kun flom som følge av naturlig høy vannføring som beregnes, under forutsetning at elvens geometri ikke endres og uten massetransport (blokkering av lysåpninger). Vassdragsrelaterte faremoment som erosjon, skred og farer relatert til is (for eksempel isoppstuvning) er ikke hensyntatt i beregningene. Andre faremoment som heller ikke er hensyntatt er flom i sideelver/bekker, grunnforhold og grunnvannstand som for eksempel kan medføre vann i kjellere.

2.4 Flomsonekart og klimaendringer

NVE har utarbeidet en rapport om klimaendring og framtidige flommer i Norge. I rapporten gis det anbefalinger for klimapåslag i seks regioner i Norge som er basert på detaljert hydrologisk modellering for 115 uregulerte nedbørfelt fordelt over hele landet. Figur 2.2 viser NVEs generelle anbefalinger og regionskart med prosentvis endring i flomstørrelse for nedbørfelt på Østlandet (NVE 81/2016). For området rundt Bøelva anbefales et klimapåslag på 21-30 %. Ettersom Bøelva er et stort vassdrag der høstflommer dominerer (med liten margin) bør det tillegges et klima-

påslag av moderat størrelse. I foreliggende beregningen for Bøelva er det valgt å anvende et klimapåslag på 20 % ved beregnet 200 årsflom.



Figur 2.2 Prosentvis endring i flomstørrelse for nedbørfelt på Østlandet.

2.5 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført med Bø og Sauherad kommune som oppdragsgiver. Rambøll med underleverandør Hydrateam har gjennomført flomsonekartleggingen. Hydrateam har utført oppmåling av alle tverrprofiler i elva, samt bistått Rambøll i utarbeidelsen av terrengmodellen for området, 2D modellen for Oterholt bru og kalibrering/kontroll av flom- og vannlinjeberegninger. Bø og Sauherad kommune har foretatt innmålinger av bruer/veger med mer. Rambøll har deltatt på befaring, utført flom- og vannlinjeberegninger, utarbeidet flomsonekart og rapport.

3. RETNINGSLINJER, KRAV OG METODE

NVE har etter 2004 utgitt flere nye relevante retningslinjer, veiledninger og rapporter knyttet til flomsikkerhet. De nyeste og mest relevante retningslinjer er «Flaum og skredfare i arealplanar» (2011, rev. 2014), «Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein» (2009), «Retningslinjer for flomberegninger» (2011, rev. 2013) og «Klimaendringer og fremtidige flommer i Norge» (2016). Rambøll har som en del av sitt kvalitetssikringssystem, laget en intern sjekkliste for internkontroll av flomberegninger og flomsikringstiltak.

3.1 Krav til flomsikkerhet

Dagens krav til sikkerhet i forhold til flom, både fra elv og stormflo, er gitt i byggeteknisk forskrift (TEK 17) § 7-2. Kravene er differensiert i forhold til type flom og type byggverk/infrastruktur.

Byggeteknisk forskrift:

TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo angir 3 ulike sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område.

Sikkerhetsklasse F1 inkluderer bygninger som garasjer og lagerbygg med lite personopphold der oversvømmelse har liten konsekvens. 20-årshendelse er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter bebyggelse med personopphold og gjelder for områder der oversvømmelse får middels konsekvens. **200-årshendelse** er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter bygg for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk som under flom kan forårsake stor forurensning på omgivelsene. Sikkerhetsklasse F3 gjelder områder der oversvømmelse får store konsekvenser. 1000-årshendelse er dimensjonerende.

Basert på ovenstående blir dimensjonerende flomhendelse for byggverk med personopphold langs Bøelva 200-årsflom + klimapåslag.

Krav til utforming av bruer

I henhold til Statens vegvesens håndbok N400 skal vannstandsregninger for bruer over vassdrag gjennomføres med utgangspunkt i beregnet vannstand for 200 årsflom. Fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200 årsflom (Vegdirektoratet, 2015).

3.2 Metode

Flomberegningen er en statistisk analyse av hvor store og hyppige flommer en kan forvente i gjeldende vassdrag. Ved bruk av flomfrekvensanalyse bestemmes flomfrekvensfordelingen av en eller flere flomserier, fra samme region og med sammenlignbare karakteristika. Ved estimering av sannsynligheten for større flommer enn de som er observert tilpasses dataene til en statistisk fordelingsfunksjon. Hydra II programvare (NVE) er anvendt for å innhente målerdata og vurdere fordelingsfunksjon for gjeldende vassdrag.

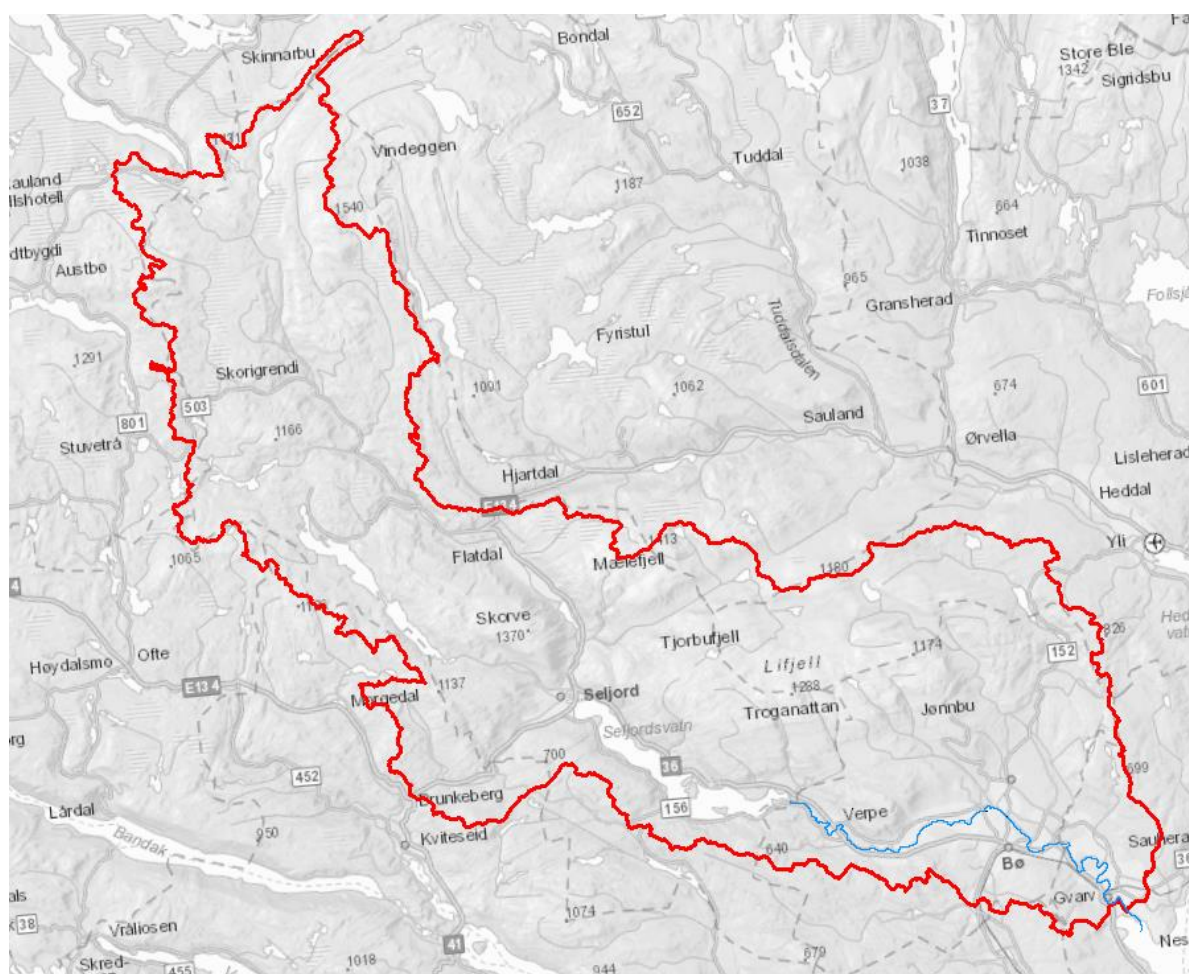
Estimerte vannføringer og terrengdata blir benyttet i en hydraulisk modell utarbeidet i HEC-RAS, som beregner flomvannstander og hastigheter for hver vannføring. I utgangspunktet skal modellen kalibreres basert på vannmerker fra tidligere flommer. I dette vassdraget er det kun vannmerker fra 1927 flommen der tilhørende vannføring er grovt estimert. Ettersom det er stor usikkerhet i vannføring og det har skjedd mange endringer i vassdraget siden 1927 er disse vannmerkene kun anvendt til sammenligning. Det er foretatt innmålinger av vannstand i utvalgte tverrprofiler som brukes til å kalibrere modellen med utgangspunkt i tilhørende verdier av vannstand og vannføring.

Basert på vannlinjeberegninger i HEC-RAS er det gjennomført en GIS-analyse som viser hvilke arealer som blir oversvømt langs vassdraget. Oversvømmelse langs kantene til elva fremkommer der den etablerte terrengmodell viser at terrenget ligger lavere enn vannlinjen.

4. HYDROLOGISKE DATA

4.1 Nedbørfeltet

Det er generert nedbørfelt ved utløp i Norsjø ved bruk av Nevina (NVE, nedbørfelt-vannføring-indeks-analyse). Vassdraget til Bøelva (ned til utløp i Norsjø) har et beregnet nedbørfelt på totalt 1053,1 km². Feltet er dominert av skog og har to store innsjøer, Sundsbarmvatn og Seljordsvatn. Seljordsvatn har en dempende effekt på vannføringen til Bøelva videre nedstrøms. Nedbørfeltet ligger i et høydeterrang på 16 – 1536 moh og har en middelvrenning på 17,2 l/s* km². Figur 4.1 viser kart over nedbørfeltet til Bøelva ned til utløp i Norsjø.



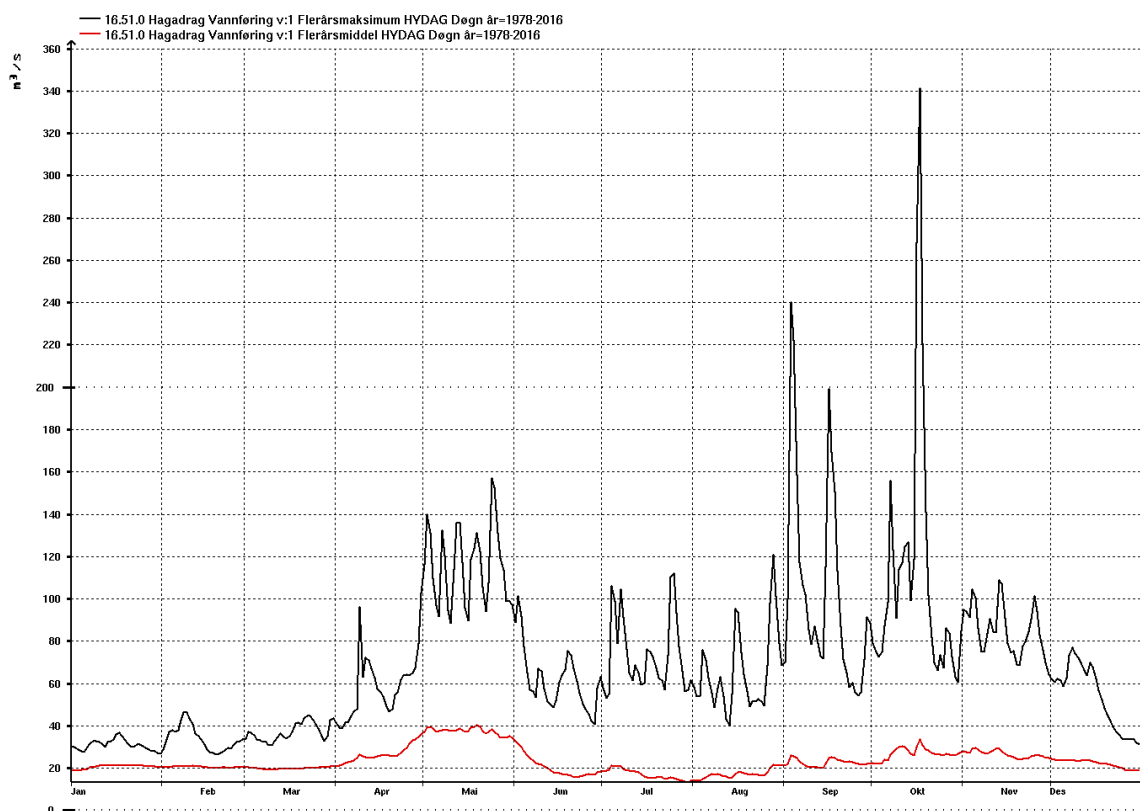
Figur 4.1: Kart over nedbørfeltet til Bøelva ned til utløp i Norsjø. Blå linje viser elvemodellens utstrekning.

4.2 Hydrometriske stasjoner

Flomberegningen for Bøelva er basert på frekvensanalyser av observerte flommer fra NVEs målestasjon 16.51 Hagadrag. For sammenligning og vurdering av vannføringer med ulike gjentakintervall er målestasjon 16.193 Hørte også undersøkt.

4.2.1 Hagadrag

Målestasjon 16.51 Hagadrag ligger i Bøelva, rett nedstrøms Seljordsvatn, og er av den grunn betraktet som den mest representative stasjonen for beregning av vannføringer med ulike gjentakintervall i Bøelva. Figur 4.1 viser flerårsstatistikk med middelerverdier (flerårsmiddel) og de største (flerårsmaksimum) observerte vannføringer per døgn i perioden 1978-2016.



Figur 4.1: Flerårsstatistikk for observerte vannføringer ved 16.51 Hagadrag med flerårsmaksimum og flerårsmiddel per døgn i perioden 1978-2016.

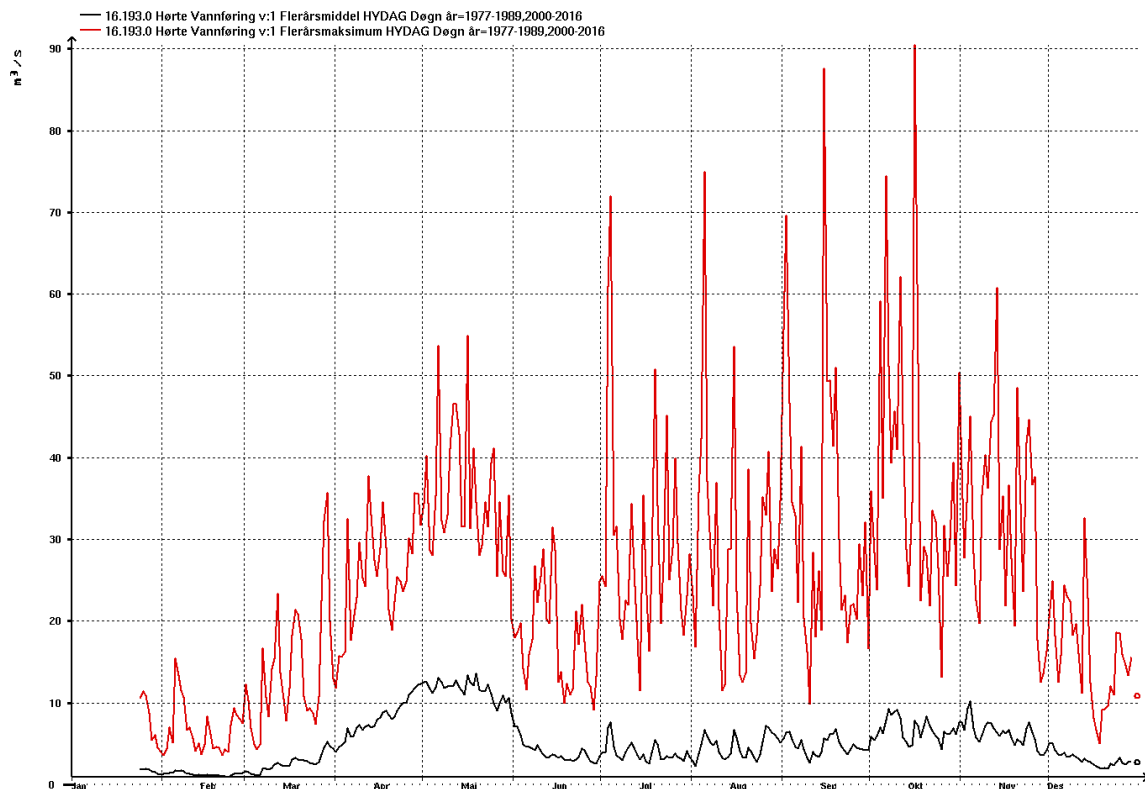
Det har skjedd en del endringer i Bøelvavassdraget siden Hagadrag målestasjon ble etablert. Stasjonen hadde stasjonsnummer 16.33 og fungerte som avløpsstasjon for Seljordsvatnet fra 1884-1944. I 1944 ble det bygget en fangdam og stasjonen kunne ikke lenger brukes som avløpsstasjon. Stasjon 16.51 Hagadrag ble derfor etablert ca. 1 km nedenfor utløp for måling av avløp i Bøelva. I 1959 ble Heiaaifeltet (39,6 km²) fraført Seljordfeltet og i 1970 ble Morgedalsaifeltet (180,8 km²) tilført Seljordfeltet (NVE, Hydra II).

For at de beregnede flommene skal være mest mulig representative for fremtiden er perioden før og etter endringene i vassdraget evaluert separat. For flommer med gjentakintervall opp til og med 200 år er det valgt å betrakte perioden etter 1972, dvs. perioden etter de viktigste reguleringsene fant sted. Perioden 1972-2016 er på 45 år og kan betraktes som en lang måleserie med gode karakteristiske år der største observerte flom er ca. 80 årsflom. For 500- og 1000 årsflom er det valgt å betrakte hele måleperioden, dvs. perioden 1944-2016, grunnet lengre tidsserie og flere høye flomtopper. Det vil være naturlig at de største flommene blir noe mer dempet med nyere tidsregulering og derfor er denne perioden mer representativ for de største flommene sammenlignet med perioden etter 1972.

4.2.2 Hørte

Målestasjon 16.193 Hørte ligger i nedre del av Hørte, ca. 650 m oppstrøms elvemunningen der Hørte renner ut i Bøelva. Figur 4.2 viser flerårsstatistikk med middelverdier (flerårsmiddel) og de største (flerårsmaksimum) observerte vannføringer per døgn i perioden 1977-1989 og 2000-2016.

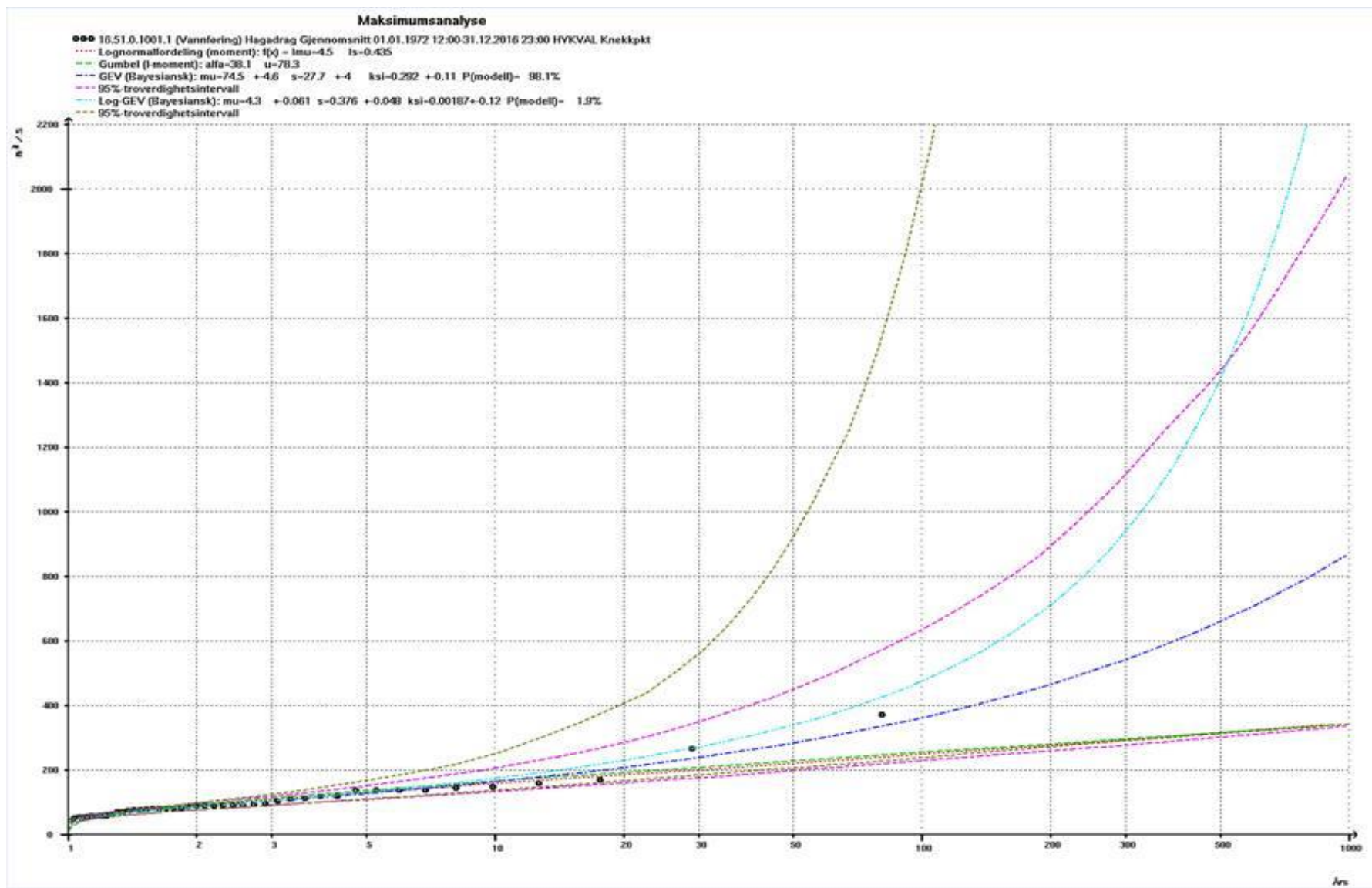
Flomfrekvensanalysen for Hørte er basert på en måleserie på 40 år. Det er ikke rapportert noen endring i Hørtevassdraget i den perioden, men det er observert vinterproblemer med is som utgjør en usikkerhet knyttet til flomberegningen for Hørte.



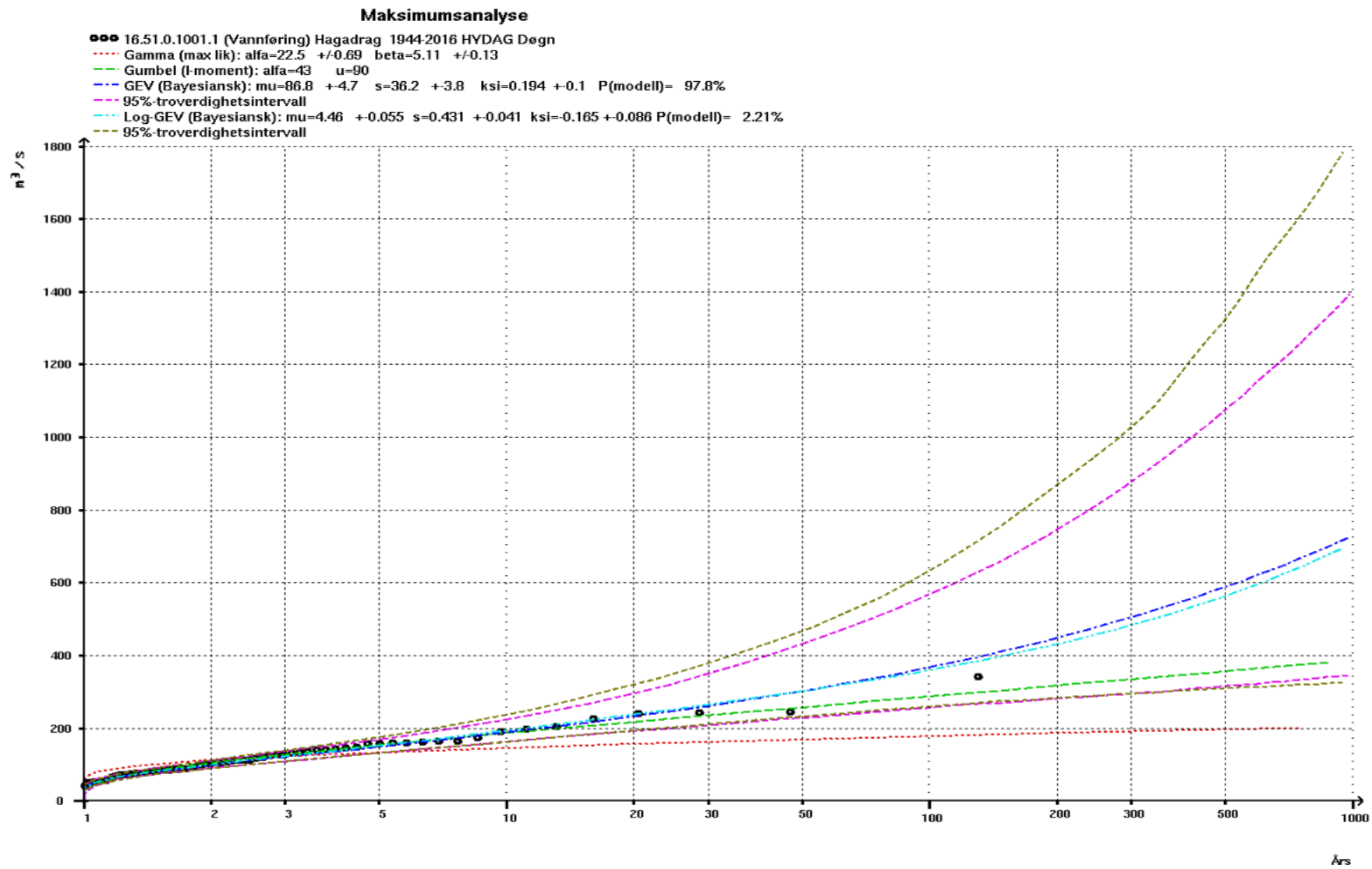
Figur 4.2: Flerårsstatistikk for observerte vannføringer ved 16.193 Hørte med flerårsmaksimum og flerårsmiddel per døgn i perioden 1977-1989 og 2000-2016.

4.3 Flomberegning

Flomberegningen for Bøelva er utført ved frekvensanalyse (ekstremverdianalyse) av målestasjon 16.51 Hagadrag. Som nevnt i delkapittel 4.2.1 er det anvendt data fra to perioder som er vist i figur 4.3 og 4.4. Figur 4.3 viser en maksimumsanalyse basert på findata med de 4 forskjellige fordelingskurvene som er vurdert for flommer med gjentaksintervall til og med 200 år. Figur 4.4 viser en maksimumsanalyse basert på døgndata (som ved bruk er omregnet til kulminasjonsverdier) med de 4 forskjellige fordelingskurvene som er vurdert for 500- og 1000 årsflom. GEV-fordelingen er vurdert som den mest representative fordelingen og er valgt for begge periodene.



Figur 4.3: Maksimumsanalyse basert på findata med de 4 forskjellige fordelingskurvene som er vurdert for flommer med gjentaksintervall til og med 200 år.



Figur 4.4: Maksimumsanalyse basert på døgndata (som ved bruk er omregnet til kulminasjonsverdier) med de 4 forskjellige fordelingskurvene som er vurdert for 500- og 1000 årsflom.

Ettersom Bøelva er et stort vassdrag vil det være stor forskjell på tilsiget øverst og nederst i vassdraget. Av den grunn er det laget 5 «påslippspunkter» i HEC-RAS-modellen slik at vannføringen øker nedover i vassdraget. Graderingen av flomvannmengder i vassdraget er beregnet basert på areal. Tabell 4.1 viser beregnede kulminasjonsverdier for Bøelva, der fremtidig 200 årsflom (inkludert klimapåslag) er uthevet.

Tabell 4.1 Beregnede kulminasjonsverdier for Bøelva.

Sted	Profil	Areal	Faktor	Kal 1	Kal 2	Qn	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Q200+klima
Seljordsvatn	34657	727	1.00	4.5	15	18.1	101	129	166	209	285	361	463	634	787	555
Olledalen	22347	769	1.06	4.8	15	19.1	107	136	175	221	301	382	489	670	832	587
Helle	17502	822	1.13	5.1	15	20.5	114	145	187	236	322	408	523	716	889	627
Hørte	12196	1010	1.39	6.3	15	25.2	140	179	230	291	396	502	643	881	1093	771
Oppstrøms Norsjø	4157	1053	1.45	6.6	15	26.2	146	186	240	303	413	523	670	918	1140	804

4.4 Klimaframskriving

Framskrivinger av klimaet viser at Bøelvavassdraget får 20 % økning i vannføring for 200 års-flommen fram mot år 2100, jf. kapittel 2.4.

4.5 Observerte flommer

Det er få registreringer av flomnivå i Bøelva. NVE har registrert to flommer fra flommen 29.06.1927, men det er usikkerhet rundt tilhørende flomhendelse. Tabell 4.2 viser målt vannlinjenivå og estimert gjentaksintervall.

Tabell 4.2: Vannmerker etter flommen 29.06.1927.

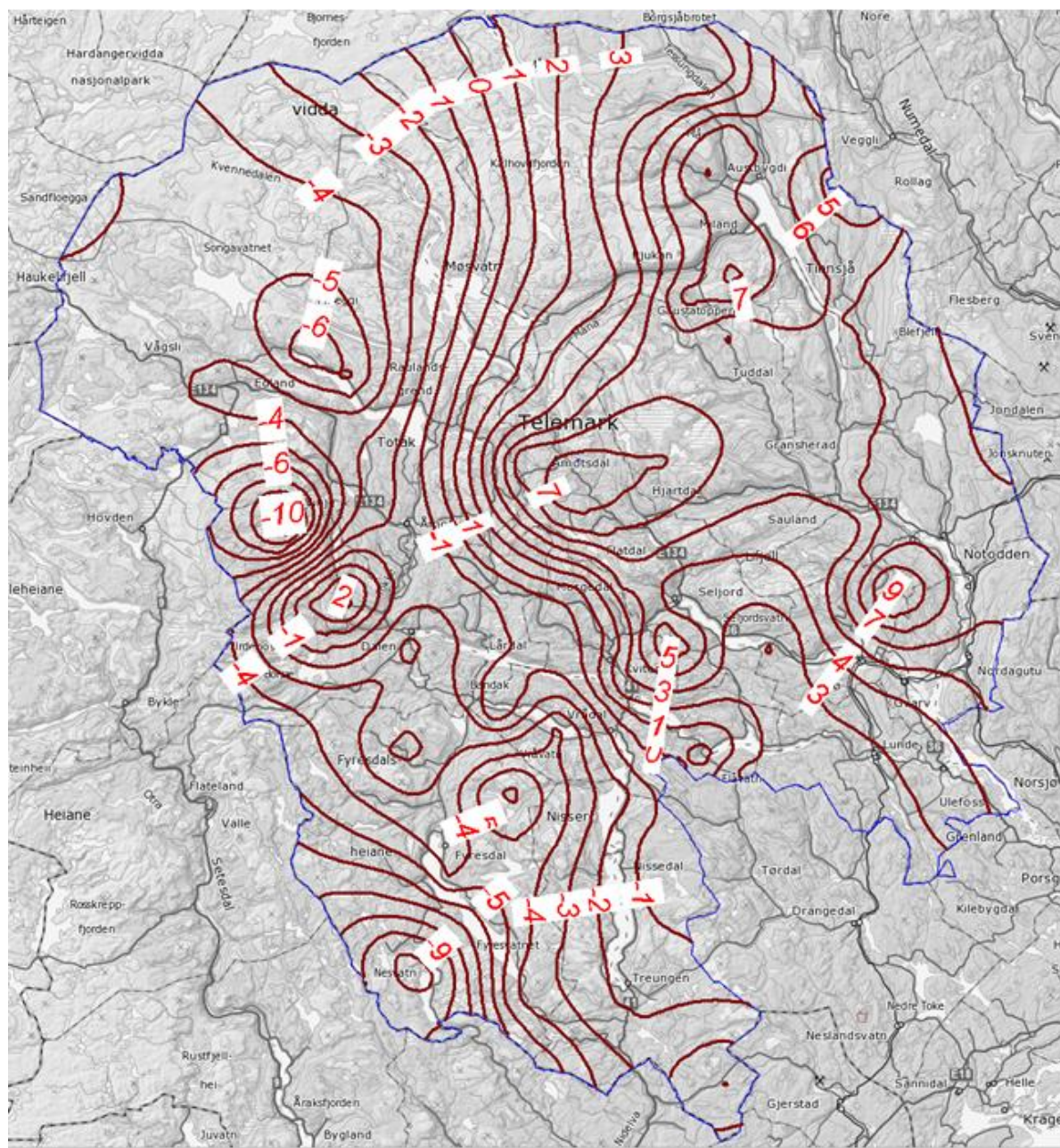
Antatt lokasjon	Estimert vannføring	NVE høyder	NN1954	NN2000
Mellom Soterud og Sanda bru	> 500 årsflom i Seljordsvatn	103,82	104,0	104,02
Gvarv	> 500 årsflom i Seljordsvatn			20,13

I NVE notat fra befaring 5. juli 2017 (NVE, notat 2017) er det skrevet følgende:

«Vassdragsnivellelementet viser at det er et flommerke (huggen linje i fjell) fra flommen 29/6 1927 på kote 103,82 (største observerte flommen i Seljordvatnet – i følge en grov analyse av dataene for vannet var dette mer enn en 500-årsflom, se dokulive 200707533-17). Merket ligger i følge vassdragsnivellelementet nedenfor Skrabekken, mellom Soterud og Sandabru».

5. TOPOGRAFISKE DATA

Alle topografiske data er oppgitt i UTM sone 32N og med høydereferanse NN2000. Alle høydedata benyttet til kalibrering og grensebetingelser er konvertert fra NN1954 til NN2000 ved å legge til 3-5 cm (basert på beliggenhet), se kart over endringer i Telemark i figur 5.1.



Figur 5.1: Kart som viser endring i kotehøyder ved overgang fra NN1954 til NN2000 i Telemark (Kartverket, 2017).

5.1 Tverrprofiler

Det er i beregningene benyttet totalt 189 tverrprofiler, hvorav 84 er innmålt av Hydrateam i 2013 og 2017. Vedlegg 1 viser en oversikt over de innmålte profilene. Ved utarbeidelse av en hydraulisk modell er de innmålte profilene utvidet av Rambøll. For å utvide profilene er laserdata for terrenget benyttet. Rambøll har i tillegg til de innmålte profilene supplert med 105 profiler som er basert på KUN laserdata. I elveløpet (ved de prioriterte områdene) der det ikke er foretatt innmålinger er bunnen justert ned med et konservativt estimat etter beste skjønn.

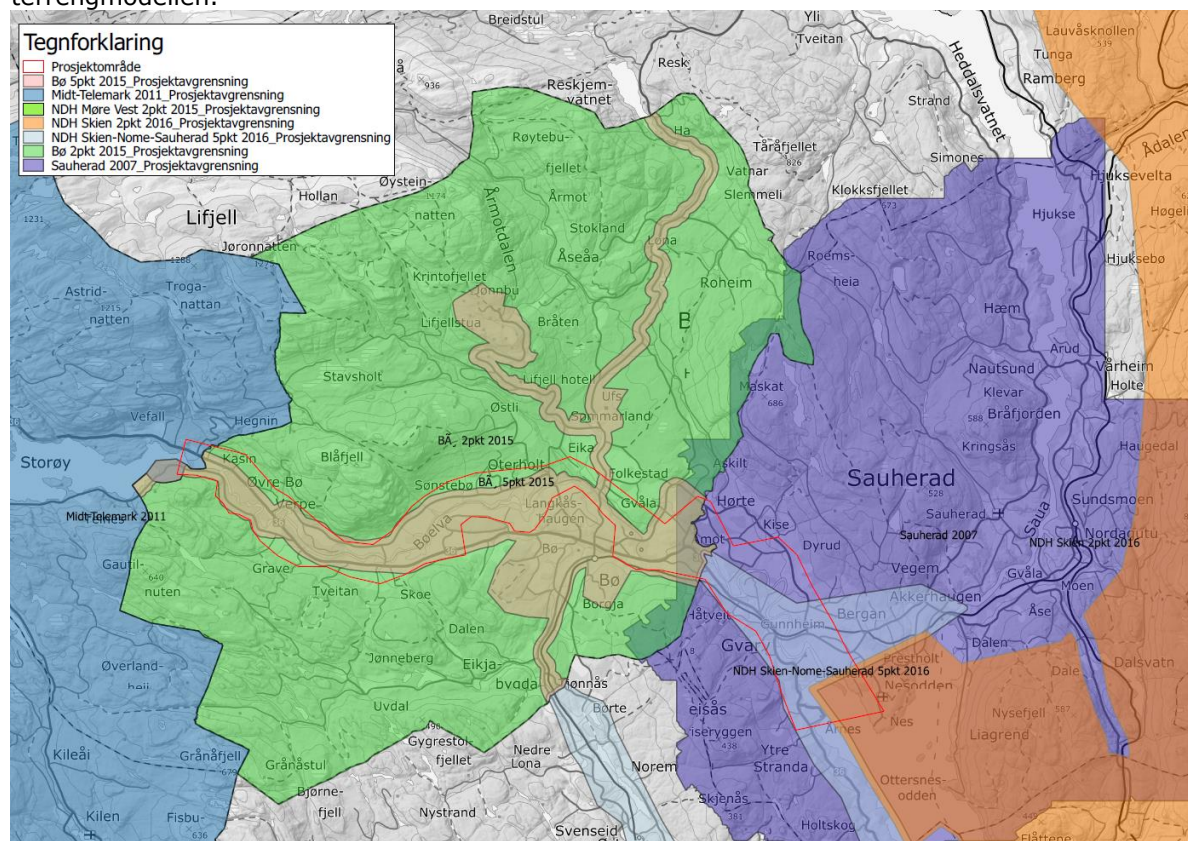
5.2 Terrengmodellen

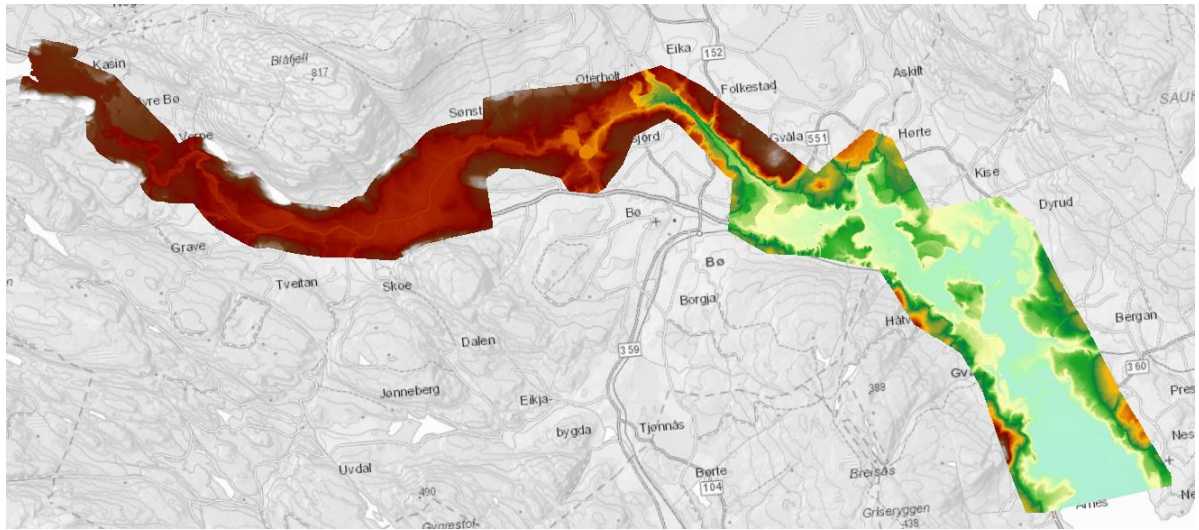
Laserdata fra flere prosjekt ble kombinert for å generere en terrengmodell av Bøelva. Punkttskyene fra hvert prosjekt ble kuttet til aktsomhetssonen til NVE ved Bøelva, og videre kombinert til en punktsky. Videre ble punktskyen filtrert for vegetasjon før den ble brukt til å generere en terrengmodell med Inverse Distance Weighted (www.saga-gis.org). I områder hvor laserdata fra to eller flere prosjekt overlappet, ble alle punkt inkludert i modellen. Tilslutt ble innmålinger av elveprofiler, samt innmålinger av nytt terreng ved Beverøy camping (innmålt av Bø kommune etter at det ble fylt opp masser ved Beverøy camping) integrert inn i terrengmodellen. Tabell 5.1 viser oversikt over laserdata-prosjekt brukt i terrengmodellen med punkttetthet, og figur 5.2a viser et oversiktskart over hvilke laserdata som er brukt i de forskjellige områdene i terrengmodellen. Figur 5.2b viser den sammensatte terrengmodellen (innmålinger og laserdata) som er anvendt i flomanalysen.

Tabell 5.1: Oversikt over laserdata-prosjekt brukt i terrengmodellen.

Prosjektnavn	År	Punkttetthet pr m ²
Bø	2015	2
Bø	2015	5
NDH-Skien	2016	2
NDH-Skien-Nome-Sauherad	2016	5
Sauherad	2007	1,2
Midt-Telemark	2011	1

Figur 5.2a: Oversiktskart som viser hvilke laserdata som er brukt i de forskjellige områdene i terrengmodellen.





Figur 5.2b: Terrengmodellen for Bøelva for strekningen mellom Seljordsvatn og Norsjø (flomanalyseens utstrekning).

6. HYDRAULISKE BEREGNINGER

6.1 Topografiske data

For beregning av vannlinje i Bøelva er programmet HEC-RAS 4.1.0 (1D) og 5.0.1 (2D) benyttet. Det er utført en stasjonær 1D beregning for Bøelva. Ved en 1-dimensjonal beregning vil det for hvert tverrsnitt beregnes kun en hastighet og en vannstand. Vertikale hastigheter og hastigheter på tvers av strømrretningen blir ikke beregnet. Disse er som regel så lave at de kan ses bort i fra. For Bøelva mener vi at en 1D-modell vil gi de beste resultatene på grunn av alle bruene som finnes i vassdraget. Vi anbefaler å supplere med 2D der elva deler seg og i flate områder hvor flommen går utover sine breddekanter ettersom resultatene vil ha stor usikkerhet i disse områdene. Grunnet kutt i opprinnelig budsjett er det kun laget en 2D modell ved Oterholt bru, ettersom dette var et komplisert område med flomløp som krevde supplering med 2D.

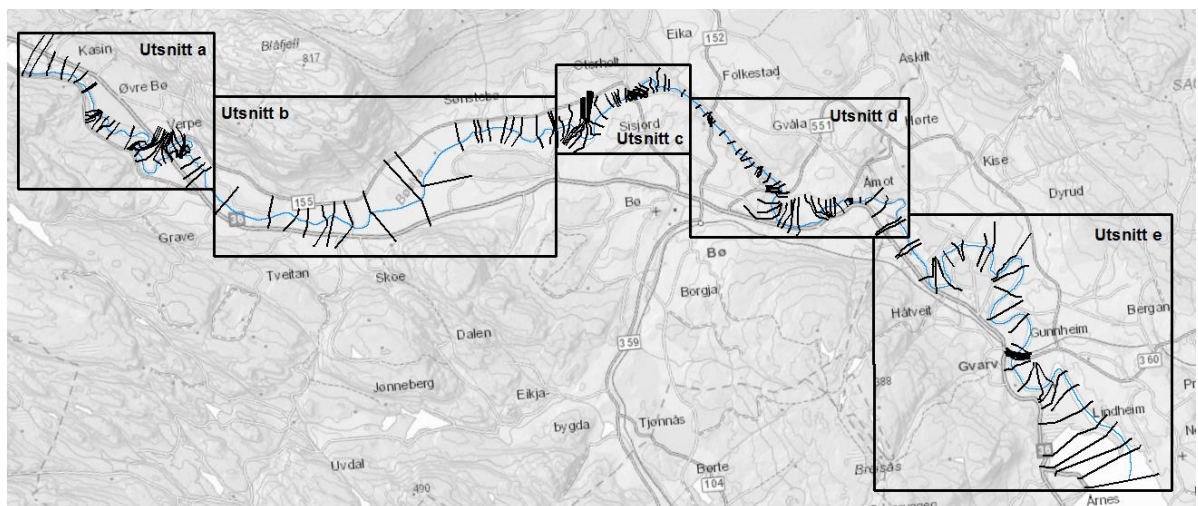
6.2 Modellering

6.2.1 HEC-RAS 1D

Modellen i HEC-RAS 4.1.0 er basert på innmålinger og laserdata. Totalt er det benyttet 189 profiler på hele strekningen som er i underkant av 35 km lang. Friksjonstapet i modellen (ruhet) er hensyntatt ved bruk av Mannings n på mellom 0,03 og 0,045 i selve elveløpet, og 0,035 og 0,055 langs elvebreddene og på flomsletter. Ruheten er estimert basert på observasjoner ved befaring/oppmåling og fra flyfoto.

Det er flere bruer på strekningen og modellering av disse er utført ved bruk av HEC-RAS-verktøyene brudekke (Deck/roadway) og pilarer (Pier). Kontraksjons- og ekspansjonskoeffisient opp- og nedstrøms bruer er satt til henholdsvis 0,3 og 0,5 (anbefalt i HEC-RAS manual) for å kompensere for brå endring i tverrsnitt.

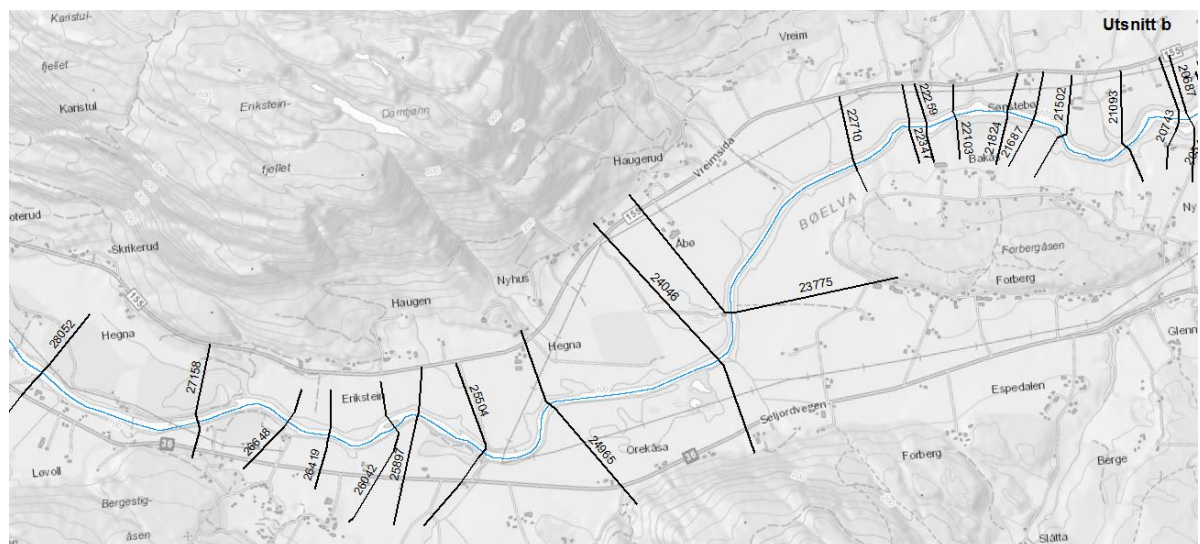
Figur 6.1 viser modellens utstrekning og tverrprofiler. Figur 6.2 – 6.6 viser utsnitt med nummererte profiler.



Figur 6.1: Modellens utstrekning og tverrprofiler. Figur 6.2 – 6.6 viser utsnitt a – utsnitt e med nummererte profiler.



Figur 6.2: Utsnitt a – elvemodellens utstrekning mellom profil 34658 – 28803.



Figur 6.3: Utsnitt b – elvemodellens utstrekning mellom profil 28052 – 20687.



Figur 6.4: Utsnitt c - elvemodellens utstrekning mellom profil 20545 – 17502.



Figur 6.5: Utsnitt d - elvemodellens utstrekning mellom profil 17130 – 11086.



Figur 6.6: Utsnitt e - elvemodellens utstrekning mellom profil 10655 - 0

6.2.2 HEC-RAS 2D

I et område i elven, ved Oterholt, ble HEC-RAS 2D benyttet for å modellere vannlinjene. 2D ble benyttet for å lettere modellere det komplekse elveløpet, hvor flomløp og stryk gjorde 1D beregninger utfordrende. Dammen mellom flomløp og hovedløp i elven ble modellert som stengt. Modelleringen benyttet terrengmodellen generert for Bøelva.

Modellen ble satt opp med 2 m mesh-grid; 1 s beregningsintervall; og 1 time initial-forholds-tid. Øvre grensebetingelse ble satt til 0,1 helning og nedre til 0,01 etter en skjønnsmessig vurdering av topografien ved de respektive grensene. Nedre grensebetingelse ble satt til normalvannstand.

6.3 Grensevilkår - vannstand i Seljordsvatn og Norsjø ved flom i Bøelva

Den strekningen av Bøelva som er kartlagt i denne rapporten ligger mellom to innsjøer; Seljordsvatn i nord og Norsjø i sør. Store flommer i Bøelva og i Seljordsvatn eller Norsjø faller ofte sammen i tid, men det er ikke alltid at vannstanden i innsjøene kulminerer samme dag som vannføringen i Bøelva. Det er heller ikke gitt at de samtidige flommene har samme gjentakintervall. Det kan være rimelig å anta at de aller største samtidige flommene har samme gjentakintervall, men dette er mindre sannsynlig for mindre flommer. Ved denne flomberegningen antas det allikevel at flommer med samme gjentakintervall kulminerer samtidig i Bøelva og i innsjøene.

6.3.1 Øvre grensevilkår

Det er utført flomberegning i Hydra II for stasjon 16.123 Seljordsvatn for å se på vannstand i Seljordsvatn ved flom med ulike gjentaksintervall. NVE har utarbeidet estimat for vannstand for Seljordsvatn for middelflom, 5 årsflom, 10 årsflom og 50 årsflom basert på referanseperiode 1983 – 2013 (NVE, 2017). 100- og 200 årsflom er basert på GEV fordeling av tilgjengelig data for perioden 1973 – 2000, mens 500- og 1000 årsflom er basert på HEC-RAS sin egen beregning av øvre grensebetingelse samt vurdering av Seljordsvatnets utløpstverrsnitt. Tabell 6.1 viser de øvre grenseverdier som er anvendt i HEC-RAS modellen ved ulike gjentaksintervall.

Tabell 6.1: Flomverdier for Seljordsvatn, vannstander oppgitt i NN2000.

Gjentaksintervall	Vannkote (NN2000)
1	117,5
5	117,8
10	118
20	118,10
50	118,4
100	119,06
200	119,51
500	119,7
1000	120

6.3.2 Nedre grensevilkår i modellen

I flomberegningsrapporten for Skienselva ble flomverdier for Norsjø beregnet. Frekvensanalyse for flomvannstander ved 16.15 Norsjø ved Løveid ble utført for forskjellige perioder (Pettersson, 2001). Resultatet av flomfrekvensanalysen for perioden 1960-1999 ble antatt å være representative for flommer opp til og med gjentaksintervall 50 år, mens resultatet av flomfrekvensanalysen for perioden 1937-1959 ble antatt å være representative for flommer med gjentaksintervall fra 100 til og med 500 år. Resultatet er vist i tabell 6.2.

Tabell 6.2: Flomverdier for Norsjø, vannstander oppgitt i NN1954 (Pettersson, 2001) og konvertert til NN2000 ved å legge til 4 cm.

Gjentaksintervall	Vannstand moh (NN1954)	Vannstand moh (NN2000)
Middelflom	16,27	16,31
5	16,64	16,68
10	16,94	16,98
20	17,22	17,26
50	17,59	17,63
100	18,64	18,68
200	18,95	18,99
500	19,37	19,41

6.4 Kalibrering

Alle hydrauliske modeller bør kalibreres etter observerte høyder med tilhørende vannføring. Kalibreringen foregår ved at man justerer bl.a. ruhetkoeffisienten (Mannings tall) i modellen slik at simulert vannstand blir best mulig tilpasset observerte høyder i tverrprofilen.

Det har gått flere store flommer i Bøelva de siste årene, men det er ikke registrert eller gjort noen oppmålinger som kan brukes til kalibrering av modellen. Den største flommen som har observasjoner, er helt tilbake til 1927. Vannføringen på 1927-flommen er usikker, men den er nevnt i notatet fra befaringen 5. juli 2016 med NVE. I notatet står det at basert på en grov analyse av dataene for Seljordsvatnet var dette mer enn en 500-årsflom.

To flommerker er brukt i modellen for å se om vannstanden passer noenlunde med en 500-års flom. Den ene er oppe ved Sanda Camping som ligger på kote 104,02 (NN2000) og viser ca. 32 cm avvik (beregnet til 103,7). Det andre flommerke er i Gvarv og ligger på kote 20,13. Beregningen viser 19,44, et avvik på hele 69 cm. Modellen er ikke kalibrert etter disse da det er stor usikkerhet i vannføringen på 1927-flommen. Samtidig kan betingelsene i utløpet av Nordsjø være endret pga. reguleringsdammen.

Under oppmåling ble det nivellert vannstander i prioriterte områder. Vannføringen var veldig lav, og varierte fra 4,5 til 6,2 m³/s. I tillegg er det gjort observasjoner ved Oterholt fra tidligere oppmåling fra 2013 på 15 m³/s.

Modellen er kalibrert etter observasjonene ved å justere ruhetskoeffisienten (Mannings tall). Manningstallet for kanalene varierer mellom 0,03 til 0,045. Langs elvebreddene og på flomsletter er Manningstallet satt inn etter type vegetasjon fra tabeller, og variere mellom 0,035 og 0,055. Tabell 6.3 viser resultatet fra kalibreringen i prioriterte områder.

Tabell 6.3: Kalibrering av modellen med observasjoner og simulerte vannstander.

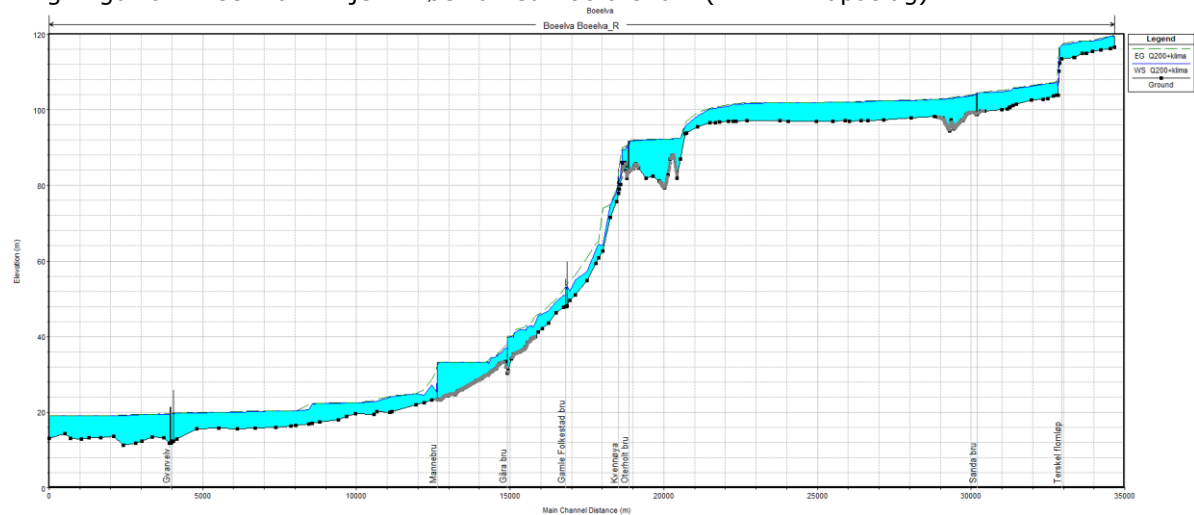
VST. (NN2000)	VF. (m ³ /s)	År	Profil HEC	Beregnet kote	differanse
100.14	4,6 m ³ /s	2017	30187	99.94	-0.20
99.20	4,6 m ³ /s	2017	29729	98.68	-0.52
98.70	4,6 m ³ /s	2017	29436	98.66	-0.04
98.70	4,6 m ³ /s	2017	29354	98.66	-0.04
98.70	4,6 m ³ /s	2017	29300	98.66	-0.04
89.21	15,0 m ³ /s	2013	20545	89.06	-0.15
89.12	15,0 m ³ /s	2013	20436	89.07	-0.05
89.21	15,0 m ³ /s	2013	20213	89.07	-0.14
86.89	15,0 m ³ /s	2013	20022	86.82	-0.07
86.89	15,0 m ³ /s	2013	19849	86.82	-0.07
86.85	15,0 m ³ /s	2013	19642	86.82	-0.03
86.86	15,0 m ³ /s	2013	19427	86.82	-0.04
86.85	15,0 m ³ /s	2013	19179	86.8	-0.05
86.78	15,0 m ³ /s	2013	19088	86.76	-0.02
86.78	15,0 m ³ /s	2013	19045	86.73	-0.05
86.70	15,0 m ³ /s	2013	19010	86.73	0.03
86.71	15,0 m ³ /s	2013	18893	86.72	0.01
86.70	15,0 m ³ /s	2013	18857	86.72	0.02
86.68	15,0 m ³ /s	2013	18786	86.72	0.04
86.74	15,0 m ³ /s	2013	18754	86.7	-0.04
86.68	15,0 m ³ /s	2013	18731	86.67	-0.01
34.30	5,3 m ³ /s	2017	14936	34.2	-0.10
34.30	5,3 m ³ /s	2017	14913	34.2	-0.10
15.75	6,2 m ³ /s	2017	4158	15.76	0.01
15.75	6,2 m ³ /s	2017	3921	15.75	0.00
15.75	6,2 m ³ /s	2017	3721	15.75	0.00

Avvikene mellom observert og simulert vannstand ligger innenfor et akseptabelt nivå med kun få cm. avvik. Størst avvik er merket med rødt. Generelt kan avviket skyldes flere forhold, bl.a. unøyaktig avlesning i terrenget pga. pendling av vannstanden, eller avvik som skyldes store hastighetshøyder/fallhøyder ved sterk strøm. Det er spesielt ved Sanda Camping hvor kun ett profil avviker mye. Dette kan skyldes at på lite vann meandrerer elven i løsmassene forbi campingen

som blir vanskelig for modellen å kunne fange opp uten å måtte måle mye tettere med profiler. Ved en flomsituasjon vil forholdene bli annerledes og vannstanden vil bli bestemt av et bestemende profil nedstrøms. Det er derfor vanskelig å kunne si noe mer uten å ha observerte høyder fra større flommer for prosjektet.

6.5 Vannlinje

Resultatene fra vannlinjeberegningene ved 200 årsflom (inkludert klimapåslag) er vist under. Det er i hovedsak underkritisk strømning langs beregningsstrekningen. Ved Herrefoss og mellom Oterholt bru og Folkestad bruene går strømmingen vekselvis mellom over- og underkritisk strømning. Figur 6.7 viser vannlinjen i Bøelva ved 200 årsflom (inkl. klimapåslag).



Figur 6.7: Vannlinje ved 200 årsflom (inkl. klimapåslag) i Bøelva.

Ved Oterholt (fra og med profil 18021 til og med 18786) er beregnet vannlinje fra 1D modellen byttet ut med beregnet vannlinje fra 2D modellen. Dette kommer frem i resultat-tabell 6.4 og i flomsonekartene. Beregnede vannlinjer i Bøelva ved ulike gjentaksintervall er vist i tabell 6.4. Oppgitte vannlinjer er uten sikkerhetsmargin.

Tabell 6.4: Beregnede vannstander for Bøelva.

Tv. Profil	Sted	Q20	Q200	Q200+klima	Q1000
34658	Utløp Seljordsvatn	118.62	119.35	119.54	120.00
34521		118.50	119.20	119.39	119.83
34216		117.97	118.46	118.63	119.17
33949		116.97	117.91	118.25	118.98
33754		116.55	117.76	118.10	118.85
33612		116.53	117.75	118.11	118.86
33371		116.24	117.33	117.63	118.24
33352		116.22	117.32	117.62	118.23
32954		115.82	116.87	117.15	117.70
32879		115.12	116.00	116.22	116.77
32857		110.06	110.79	110.98	111.37
32831		105.27	105.84	106.03	106.50
32777		105.94	106.98	107.26	107.94
32668		105.68	106.61	106.87	107.59
32501		105.67	106.61	106.87	107.57
32350		105.59	106.52	106.78	107.49
31958		104.91	106.01	106.25	107.10
31461		103.80	105.18	105.69	106.79
31348		103.64	105.11	105.59	106.74
31262		103.23	104.49	104.91	105.91
31247		103.29	104.66	105.12	106.22
31170		103.16	104.44	104.89	105.91
31003		102.88	104.32	104.82	105.92
30717		102.68	104.19	104.72	105.84
30431		102.47	104.06	104.61	105.76
30299		102.33	103.97	104.52	105.70
30187	Sanda bru (innløp)	102.20	103.71	104.24	105.38
30176	Sanda bru (utløp)	102.14	103.55	103.98	104.74
30108		102.07	103.44	103.86	104.87
29930		101.82	103.19	103.64	104.52
29843		101.61	103.02	103.40	104.24
29729		101.59	103.02	103.42	104.28
29706		101.55	102.98	103.39	104.26
29571		101.46	102.80	103.16	104.04
29436		101.42	102.71	103.05	103.93
29354		101.33	102.60	102.96	103.73
29300		101.37	102.67	103.04	103.83
29079		101.22	102.37	102.68	103.30
28924		101.19	102.37	102.69	103.38
28803		101.14	102.35	102.69	103.39
28052		100.96	102.14	102.47	103.17
27158		100.89	102.08	102.41	103.12
26648		100.80	101.96	102.29	102.99

26419		100.69	101.78	102.10	102.81
26042		100.64	101.69	102.00	102.69
25897		100.61	101.68	101.99	102.71
25504		100.57	101.64	101.95	102.67
24965		100.51	101.60	101.92	102.64
24046		100.49	101.57	101.90	102.62
23775		100.47	101.56	101.89	102.61
22710		100.25	101.39	101.72	102.45
22347		99.78	101.03	101.38	102.15
22259		99.87	101.08	101.43	102.19
22103		99.67	100.62	100.87	101.37
21824		99.44	100.28	100.52	101.03
21687		99.35	100.13	100.37	100.88
21502		98.97	99.88	100.14	100.73
21093		97.28	98.11	98.35	98.81
20743		95.33	95.84	96.00	96.40
20687		94.83	95.44	95.63	95.92
20545		90.28	91.72	92.36	93.77
20436		90.31	91.75	92.39	93.80
20321		90.18	91.62	92.27	93.70
20276		90.02	91.53	92.21	93.66
20213		89.34	91.39	92.10	93.61
20142		89.42	91.49	92.19	93.66
20022		89.43	91.50	92.20	93.68
19935		89.42	91.49	92.19	93.67
19849		89.41	91.48	92.18	93.66
19642		89.38	91.41	92.10	93.57
19427		89.36	91.38	92.07	93.54
19179		89.11	91.18	91.91	93.43
19088		89.11	91.15	91.88	93.43
19045		89.05	91.10	91.83	93.39
19010		88.91	90.91	91.76	93.36
18893		88.82	90.73	91.59	93.24
18857	Oterholt bru (innløp)	88.48	89.75	90.36	92.87
18848	Oterholt bru (utløp)	88.40	89.17	89.45	90.52
18786*		88.85	89.74	90.00	90.53
18754*		88.79	89.64	89.88	90.40
18731*		88.70	89.51	89.74	90.23
18701*		88.52	89.27	89.49	89.94
18659*		88.07	88.71	88.87	89.30
18644**		87.70	88.39	88.50	88.98
18602**		85.88	84.12	85.16	85.17
18559**		80.64	81.34	81.35	81.90
18536**	Kvennøya bru (innløp)	79.78	80.59	80.66	81.11
18531**	Kvennøya bru (utløp)	79.61	80.36	80.46	80.88

18465**		77.25	77.84	78.00	78.35
18255**		74.19	75.42	75.53	75.79
18021*		64.92	66.19	66.55	67.31
17876		62.38	63.91	64.50	65.78
17789		61.14	62.56	62.97	63.92
17502		56.53	57.04	57.19	57.51
17130		53.36	54.60	54.94	55.66
16938		50.86	51.65	51.92	55.09
16860	Nye Folkestad bru (innløp)	51.18	53.03	53.62	55.24
16844	Nye Folkestad bru (utløp)	51.15	53.00	53.60	55.23
16821		50.27	51.93	52.65	54.51
16807	Gamle Folkestad bru (innløp)	50.30	51.97	52.65	54.49
16797	Gamle Folkestad bru (utløp)	50.23	50.43	50.64	51.07
16748		49.74	50.66	51.00	51.94
16495		47.94	48.81	49.11	49.66
16254		45.47	46.64	46.90	47.60
16048		43.89	45.42	45.94	47.15
15924		43.34	44.99	45.50	46.67
15821		42.23	43.41	43.83	44.69
15697		41.27	42.50	42.95	44.05
15565		40.47	42.09	42.61	43.78
15521		40.12	41.20	41.57	42.19
15492		40.14	41.30	41.70	42.25
15311		40.08	41.31	41.77	42.46
15117		38.59	39.98	40.00	40.69
15045		36.39	38.86	40.01	40.60
14936		36.52	38.56	39.82	40.27
14913	Gåra bru (innløp)	36.49	38.52	39.78	40.24
14899	Gåra bru (utløp)	36.12	37.25	37.10	37.68
14843		35.90	37.18	36.94	37.37
14656		34.70	35.39	35.45	35.94
14543	Beverøya camping	33.75	34.39	34.82	35.85
14406	Beverøya camping	33.06	34.18	34.42	35.77
14340		32.56	33.37	33.78	35.74
14273		32.05	32.55	33.14	35.71
14186		31.56	32.36	33.25	35.71
14058		31.07	32.27	33.23	35.70
13908		30.55	32.23	33.21	35.70
13666		29.79	32.22	33.21	35.70
13424		29.02	32.20	33.20	35.70
13295	Åsgrav familiecamping	28.95	32.19	33.19	35.69
13209	Åsgrav familiecamping	28.93	32.18	33.19	35.69
13132	Åsgrav familiecamping	28.89	32.18	33.18	35.68
13049	Åsgrav familiecamping	28.87	32.17	33.18	35.68
12972		28.86	32.17	33.17	35.68

12941		28.86	32.17	33.18	35.68
12911		28.86	32.17	33.18	35.68
12817		28.85	32.17	33.17	35.68
12722		28.84	32.16	33.16	35.67
12632	Mannebru (innløp)	28.03	31.08	32.03	35.05
12625	Mannebru (utløp)	26.68	28.25	28.64	29.30
12600		26.59	25.27	25.48	25.92
12453		25.63	26.88	27.22	27.82
12324		25.28	26.26	26.53	27.02
12196		24.23	24.41	24.47	24.62
11941		23.77	24.58	24.81	25.30
11545		23.43	24.25	24.48	24.95
11148		23.09	23.92	24.14	24.59
11086		22.96	23.79	24.03	24.47
10655	Brenna indrustriområde	22.21	22.80	22.92	23.68
10567	Brenna indrustriområde	22.03	22.39	22.66	23.58
10265		21.45	22.20	22.56	23.57
9962		20.87	22.00	22.46	23.56
9676		20.41	21.94	22.42	23.53
9546		20.41	21.94	22.42	23.53
9417		20.40	21.93	22.42	23.53
8801		20.20	21.83	22.33	23.46
8560		20.04	21.66	22.15	23.34
8442		19.09	20.28	20.62	21.21
8030		18.87	20.04	20.29	21.01
7877		18.86	20.06	20.31	21.04
7500		18.85	20.05	20.30	21.03
7372		18.84	20.04	20.29	21.02
6695		18.72	19.94	20.18	20.89
6129		18.57	19.82	20.04	20.76
6000		18.50	19.79	20.01	20.74
5530		18.42	19.75	19.97	20.71
5000		18.26	19.70	19.92	20.66
4800		18.09	19.65	19.87	20.61
4500		17.99	19.59	19.80	20.53
4158		17.89	19.52	19.72	20.45
4049	Jernbanebrua (innløp)	17.86	19.43	19.60	20.24
4034	Jernbanebrua (utløp)	17.86	19.42	19.57	20.21
4011		17.86	19.44	19.60	20.26
3982		17.86	19.44	19.60	20.26
3960	Gvarvelva bru (innløp)	17.85	19.37	19.50	20.06
3921	Gvarvelva bru (utløp)	17.83	19.34	19.46	20.02
3721		17.78	19.31	19.42	19.97
3359		17.69	19.27	19.37	19.93
3021		17.64	19.24	19.34	19.88

2816		17.59	19.22	19.31	19.85
2600		17.53	19.13	19.18	19.66
2419		17.46	19.03	19.05	19.46
2108		17.44	19.08	19.12	19.58
1900		17.43	19.08	19.12	19.58
1684		17.41	19.07	19.11	19.57
1299		17.40	19.07	19.10	19.56
1051		17.40	19.07	19.10	19.56
690		17.40	19.07	19.10	19.56
508	Utløp Norsjø	17.26	18.99	18.99	19.41
0	Norsjø	17.26	18.99	18.99	19.41

*Tall med mørkeblå skrift (tv 18786 – 18021) er verdier fra HECRAS 2D-modellen.

**Oppgitte vannlinjer 2D i tabell gjelder kun hovedelveløpet.

6.6 Særskilt om bruer

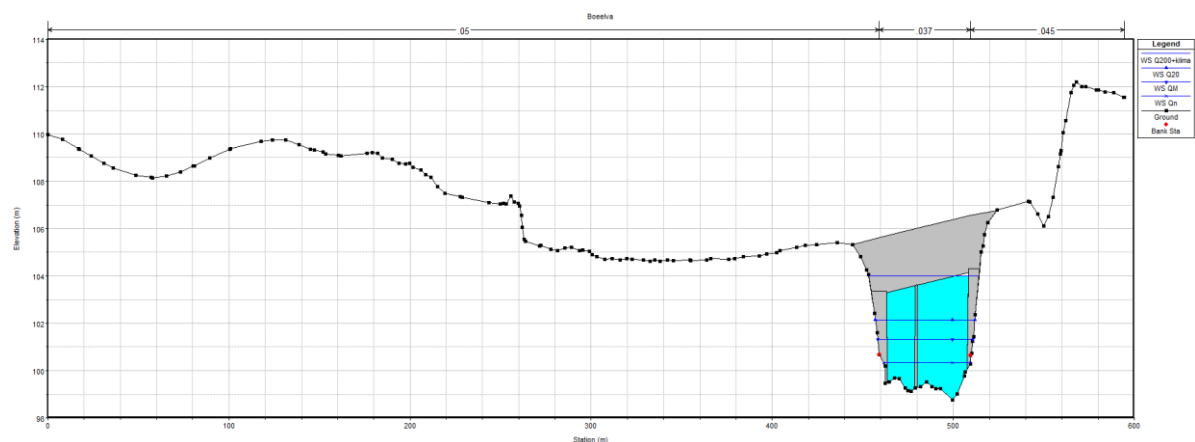
Alle bruer i modellen er lagt inn etter beste evne basert på innmålinger, bilder og mottatte tegninger. I etterfølgende beskrivelse er det vektlagt forholdende ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag) og beregnede vannlinjer er oppgitt uten sikkerhetsmargin. Det er kun bruer i prioritert 1 områder som er omtalt i denne rapport.

6.6.1 Sanda bru

Seljordvegen krysser Bøelva via Sanda bru. Ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag) vil flomvannet stuves opp i forkant av brua. Underkant bru ligger rett under beregnet vannlinjenivå og vil derfor påvirkes av flommen som ligger på ca. 104 moh. Seljordvegen vil ikke oversvømmes ved beregnet 200 flom (inkl. klimapåslag). Figur 6.9 viser beregnede vannlinjer under Sanda bru ved middelvannføring, årsflom, 20 årsflom og 200 årsflom (inkl. klimapåslag).



Figur 6.8: Bilde av Sanda bru mottatt fra Bø kommune.



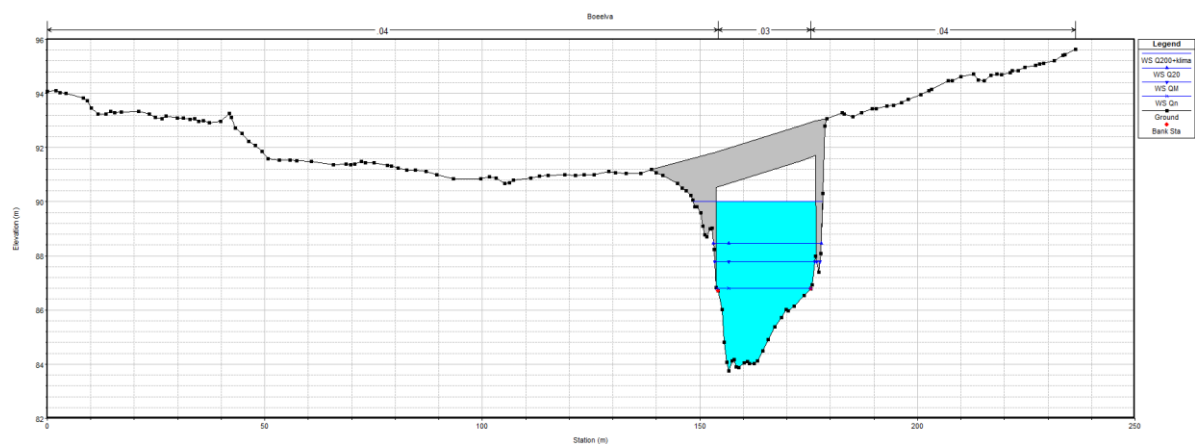
Figur 6.9: Vannstand ved Sanda bru ved middelvannføring (Q_n), årsflom (Q_M), Q_{20} og Q_{200} (inkl. klimapåslag).

6.6.2 Oterholt bru

Oterholtvegen krysser Bøelva via Oterholt bru. Ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag) vil flomvannet stuves opp i forkant av brua. Vannlinjenivået under Oterholt bru ligger på ca. 90 moh, og det er ca. 50 cm avstand fra beregnet vannlinjenivået og til laveste punkt på underkant bru. Oterholtvegen vil ikke oversvømmes ved 200 årsflom (inkl. klimapåslag), det vil derimot Ryevegen. Figur 6.11 viser beregnede vannlinjer under Oterholt bru ved middelvannføring, årsflom, 20 årsflom og 200 årsflom (inkl. klimapåslag).



Figur 6.10: Bilde av Oterholt bru mottatt fra Bø kommune.



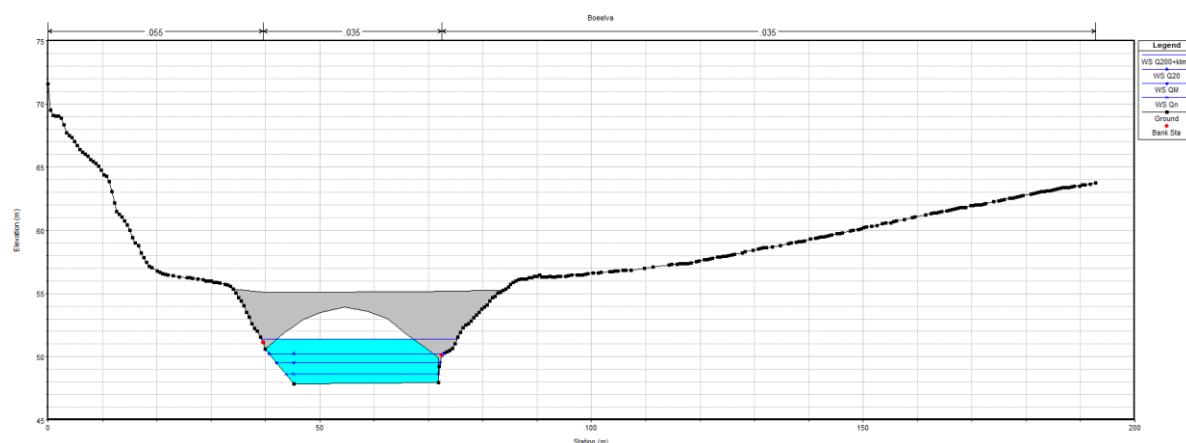
Figur 6.11: Vannstand ved Oterholt bru ved middelvannføring (Q_n), årsflom (Q_M), Q20 og Q200 (inkl. klimapåslag).

6.6.3 Gamle Folkestad bru

Rett nedstrøms Folkestadvegen (og nye Folkestad bru) renner Bøelva under gamle Folkestad bru. Vannlinjenivået under brua ligger på ca. 51,4 moh ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag) og medfører at nedre del av buebroen blir påvirket av flomvannet. Avstand fra vannlinjenivå til underkant bru er midt under brua på ca. 2,5 m. Folkestadvegen vil ikke berøres av flomvannet ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag).



Figur 6.12: Bilde av gamle Folkestad bru mottatt fra Bø kommune.



Figur 6.13: Vannstand ved gamle Folkestad bru ved middelvannføring (Q_n), årsflom (QM), Q20 og Q200 (inkl. klimapåslag).

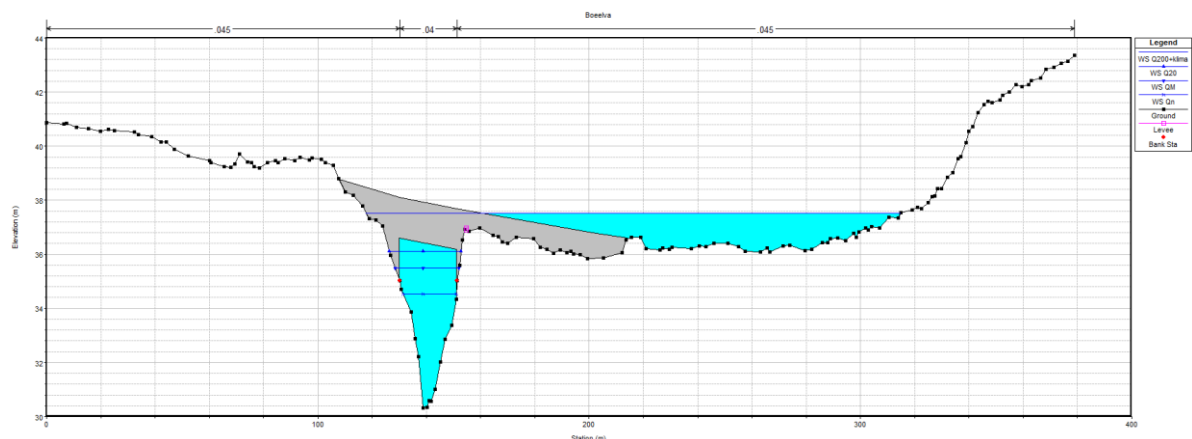
6.6.4 Gåra bru, Beverøy camping og Åsgrav familiecamping

Valenvegen krysser Bøelva via Gåra bru. Ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag) vil vannlinjenivået staves opp til kote 39,8 moh oppstrøms Gåra bru. I følge beregningene vil det forekomme et vannstandssprang ved brua som medfører oversvømmelse av deler av Valenvegen. Flomvannet vil imidlertid ikke renne over topp brudekke.

Både opp- og nedstrøms Gåra bru vil store områder med boliger bli oversvømt. Hele Beverøy camping ligger innenfor flomsone til beregnet 200 årsflom (inkludert klimapåslag) og alle bygninger på campingen er flomutsatte. Videre ligger mesteparten av Åsgrav camping innenfor flomsone til beregnet 200 årsflom (inkludert klimapåslag) og omtrent alle bygg på campingen er flomutsatte.



Figur 6.14: Bilde av Gåra bru mottatt fra Bø kommune.



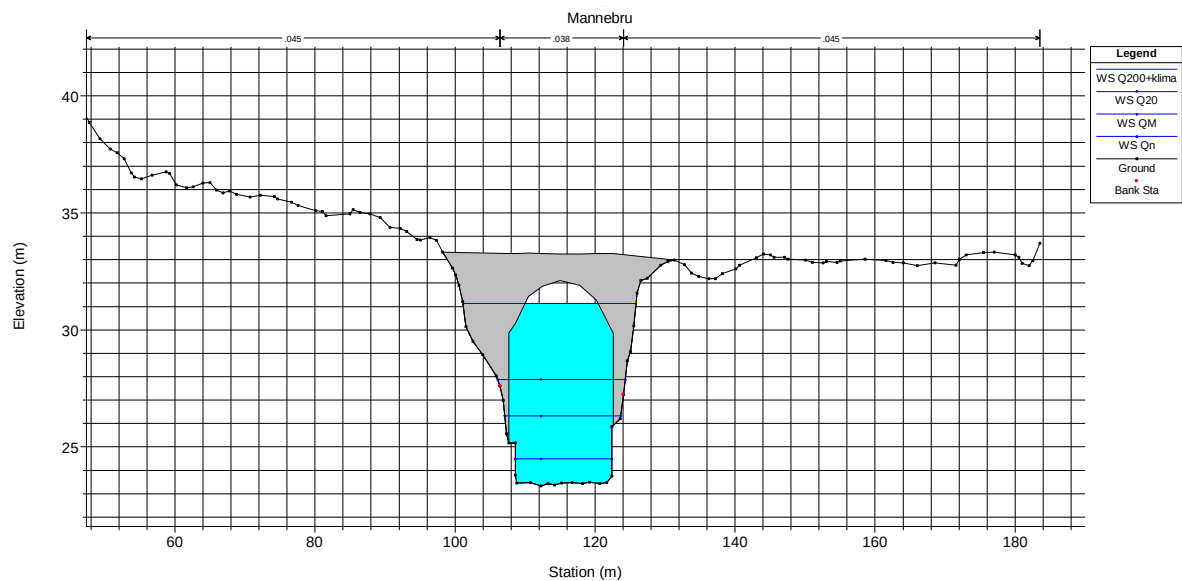
Figur 6.15: Vannstand ved Gåra bru ved middelvannføring (Q_n), årsflom (Q_M), Q20 og Q200 (inkl. klimapåslag).

6.6.5 Mannebru

Mannebruvegen krysser Bøelva via Mannebru. Ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag) vil vannlinjenivået staves opp til ca. 33,2 moh oppstrøms Mannebru, mens vannlinjenivået under brua vil ligge på ca. 31,1 moh som medfører at nedre del av buebroen blir påvirket av flomvannet. Avstand fra vannlinjenivå til underkant brua er midt under brua på ca. 1 meter. Mannebruvegen vil ikke berøres av flomvannet ved beregnet 200 årsflom (inkl. klimapåslag).



Figur 6.16: Bilde av Mannebru mottatt fra Bø kommune.



Figur 6.17: Vannstand ved Mannebru ved middelvannføring (Q_n), årsflom (Q_M), Q_{20} og Q_{200} (inkl. klimapåslag).

6.6.6 Brenna industriområde

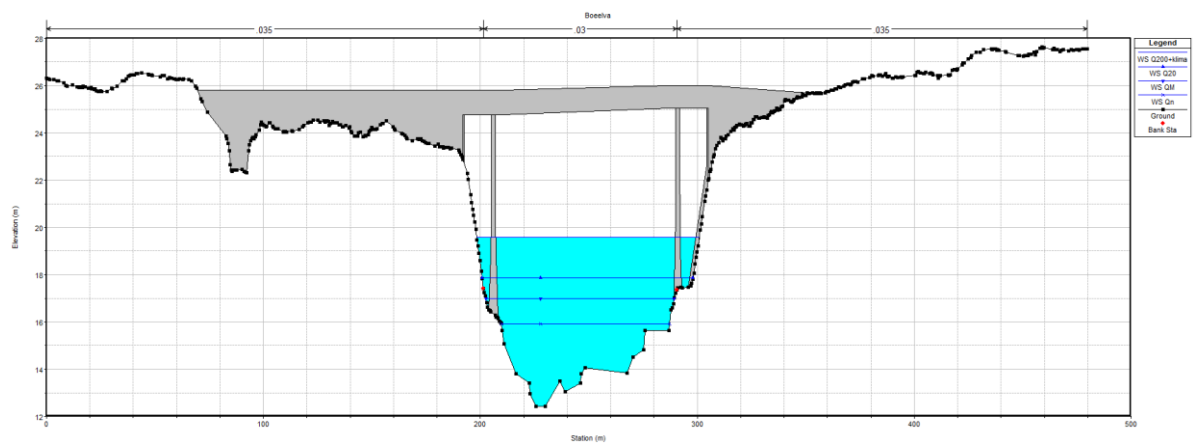
Ved beregnet 200 årsflom (inkludert klimapåslag) vil størsteparten av Brenna industriområde ligge i flomsone og flere av industribyggene vil være flomutsatte.

6.6.7 Jernbanebrua

Jernbanebrua i Gvarv krysser Bøelva rett oppstrøms Gvarvgata. Jernbanebrua har meget god kapasitet, og avstand fra beregnet vannlinje ved 200 årsflom (inkludert klimapåslag) til underkant bru er på over 5 meter.



Figur 6.18: Bilde av jernbanebrua mottatt fra Sauherad kommune.



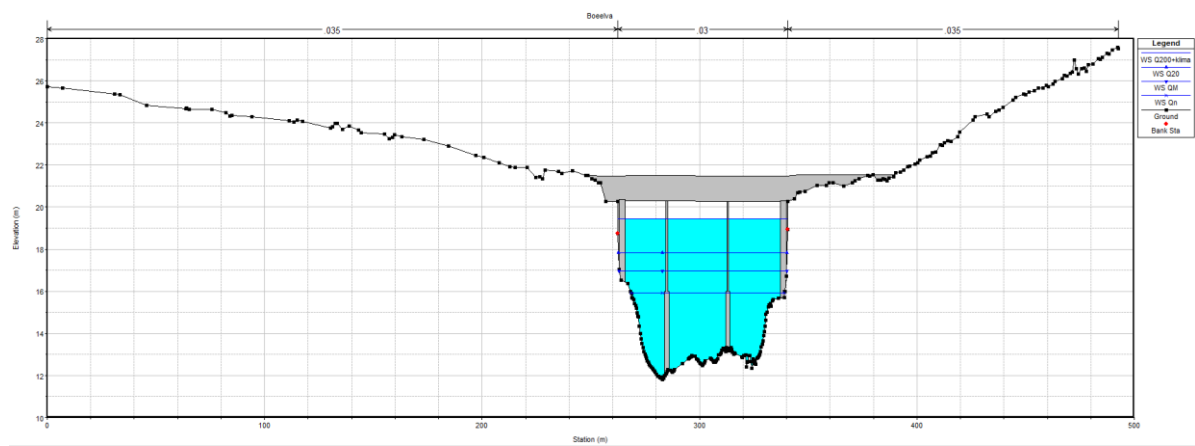
Figur 6.19: Vannstand ved jernbanebrua ved middelvannføring (Q_n), årsflom (Q_M), Q20 og Q200 (inkl. klimapåslag).

6.6.8 Gvarvelva bru

Gvarvelva bru ligger rett nedstrøms jernbanebrua. Ved beregnet 200 årsflom (inkludert klimapåslag) ligger vannlinjenivået under brua på ca. 19,5 moh, og avstand fra beregnet vannlinje til underkant bru er på ca. 80 cm. Gvarvgata og Strannavegen ligger utenfor flomsonen, men flommen brer seg langt utover elvas breddekanter og forårsaker flomfare for bygg.



Figur 6.20: Bilde av Gvarvelva bru mottatt fra Sauherad kommune.



Figur 6.21: Vannstand ved Gvarvelva bru ved middelvannføring (Q_n), årsflom (Q_M), Q20 og Q200 (inkl. klimapåslag).

7. FLOMSONEKART

Flomsonekartene presenterer de høyeste vannstandene for et gitt gjentaksintervall, uavhengig av om de skyldes flom i elva eller ekstremvannstand i innsjø. Terrengmodellen er basert på innmålinger og filtrert laserdata og vil derfor i selve elveløpet kunne avvike fra reelt terrengnivå. Videre er anvendt modell en 1 dimensjonal modell som ikke beregner faktisk flomutbredelse dersom flomvannet går utover elvas normale bredder og følger nye sideløp.

Formålet med flomsonekartlegging er å gi et grunnlag for vurdering av flomfare til bruk i arealplanlegging. Flomsoneene kan benyttes til å identifisere områder som ikke bør bebygges eller hvilke tiltak som kan være aktuelle dersom utbygging ikke kan unngås.

7.1 Resultater fra flomanalysen

Flomsoneer viser arealer som oversvømmes ved ulike flomstørrelser (gjentaksintervall). Resultatene fra vannlineberegningene i HEC-RAS er digitalisert i ArcGIS 10.2.1 i form av en digital flomsone som inneholder flater (polygon) som viser om et areal oversvømmes eller ikke. Figur 7.1 – 7.4 viser utklipp fra flomsone for 20-, 200-, 1000- og 200 (inkludert klimapåslag) årsflom. De fire flomsonekartene finnes i vedlegg G100 – G103.

Som følge av at det er anvendt en 1D-modell er det flere områder som kan være lavpunkt, men som er markert som flomsone grunnet stor usikkerhet. Dette er stort sett områder der terrengkotene som eventuelt avgrenser et område (som defineres som et lavpunktsområde) er tilnærmet lik beregnet vannlinje. Følgende områder har vært utfordrende å vurdere og kan være lavpunkt:

- Beverøy camping og Rotebergmoen (fra om med profil 14656 til og med 14273).
- Området på vestre breddekant inklusive Torshølvegen (fra om med profil 11148 til og med 10655).
- Brenna industriområde (fra om med profil 10567 til og med 9976).



Figur 7.1 Flomsonekart for Bøelva ved 20 årsflom.



Figur 7.2 Flomsonekart for Bøelva ved 200 årsflom.



Figur 7.3 Flomsonekart for Bøelva ved fremtidig 200 årsflom inkludert klimapåslag.



Figur 7.4 Flomsonekart for Bøelva ved 1000 årsflom.

7.1.1 20 årsflommen

Figurene viser at det forekommer store oversvømmelser allerede ved 20 årsflommen. Ved beregnet 20 årsflom vil trolig få bygg på Beverøy camping være flomutsatte, men ettersom mesteparten av campingen ligger i et lavpunktstrømme må dette område undersøkes nærmere. Videre vil mesteparten av byggene og «småveger» på Åsgrav camping være flomutsatte. I Sauherad kommune vil 2 av byggene på Brenne industriområde være flomutsatt ved beregnet 20 årsflom.

7.1.2 200 årsflommen (uten klima)

Ved 200 årsflom ligger hele Beverøy camping innenfor flomsonen og alle bygninger på campingen vil være flomutsatte. Tilsvarende vil oversvømmelsen ved Brenna industriområde øke betraktelig og mesteparten av bygningene vil være flomutsatte. Ved Åsgrav camping vil flomvannet utbre seg noe mer, men ingen flere bygg vil oversvømmes.

7.1.3 200 årsflom (inkludert klimapåslag)

Se beskrivelse av oversvømmelse ved 200 årsflom inkludert klimapåslag i delkapittel 6.6.

7.1.4 1000 årsflommen

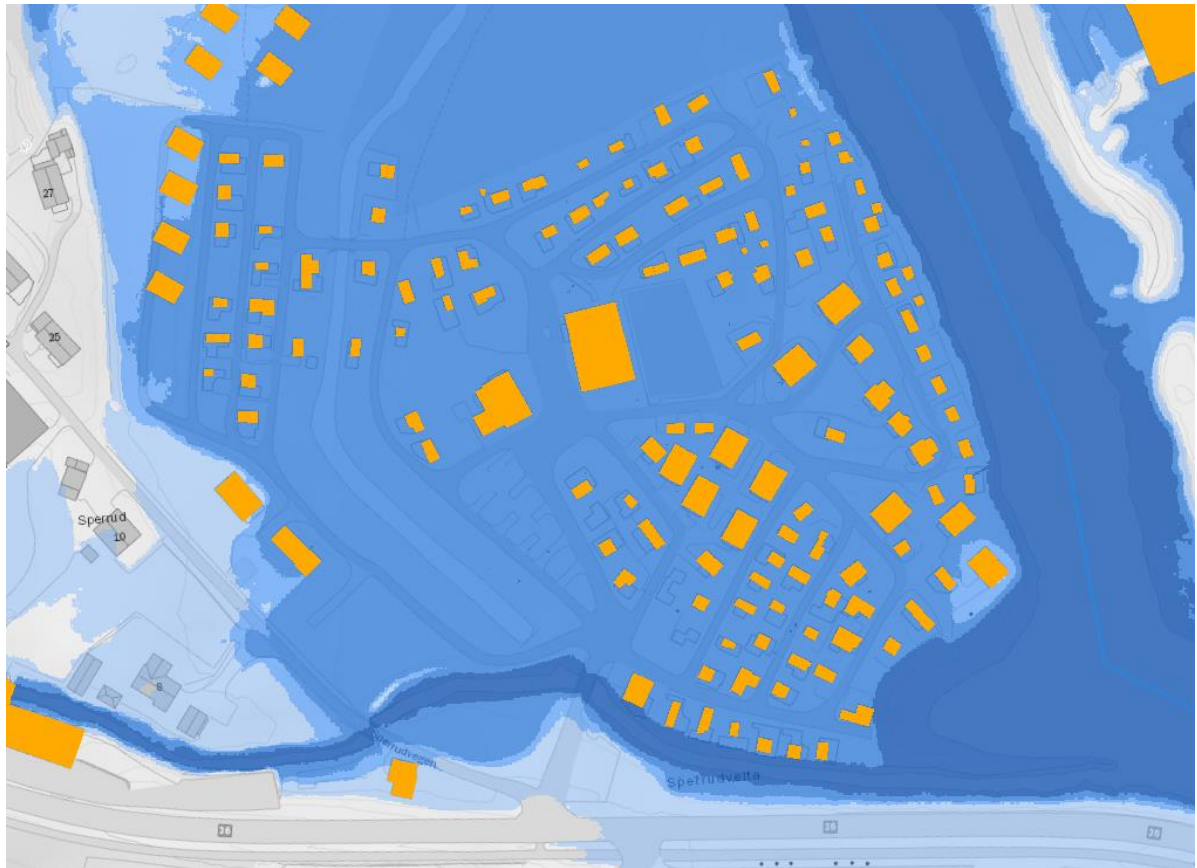
Ved 1000 årsflom vil et betydelig større område oversvømmes og mange flere bygninger og veier vil være flomutsatte. Eksempelvis vil Gåra bru oversvømmes samt deler av Oterholtveien.

7.1.5 Kartplott

Figur 7.5 – 7.7 viser oversvømmelse ved henholdsvis Beverøy camping, Åsgrav familiecamping og Brenna industriområde som følge av 20-, 200-, 1000- og 200 (inkludert klimapåslag) årsflom. Tegnforklaringen under gjelder for figur 7.5 – 7.7.

Tegnforklaring

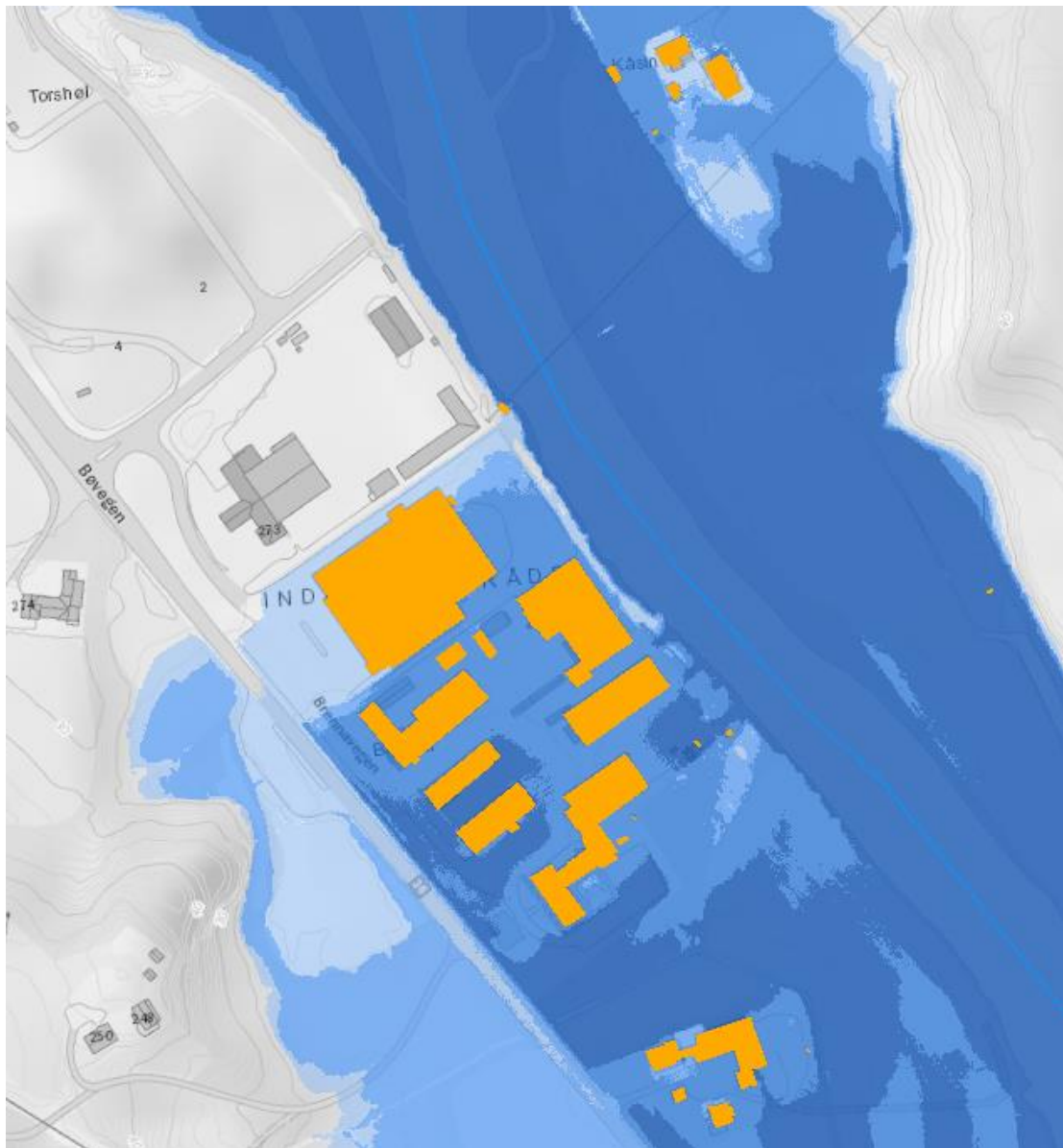
	Flomutsatte bygg Q200+klima
	Flomutbredelse som følge av 20 årsflom
	Flomutbredelse som følge av 200 årsflom
	Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom
	Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom



Figur 7.5: Oversvømmelse ved Beverøy camping som følge av 20-, 200-, 1000- og 200 (inkludert klimapåslag) årsflom. Flomutsatte bygg gjelder for 200 årsflommen (inkludert klimapåslag).



Figur 7.6: Oversvømmelse ved Åsgrav familiecamping som følge av 20-, 200-, 1000- og 200 (inkludert klimapåslag) årsflom. Flomutsatte bygg gjelder for 200 årsflommen (inkludert klimapåslag).

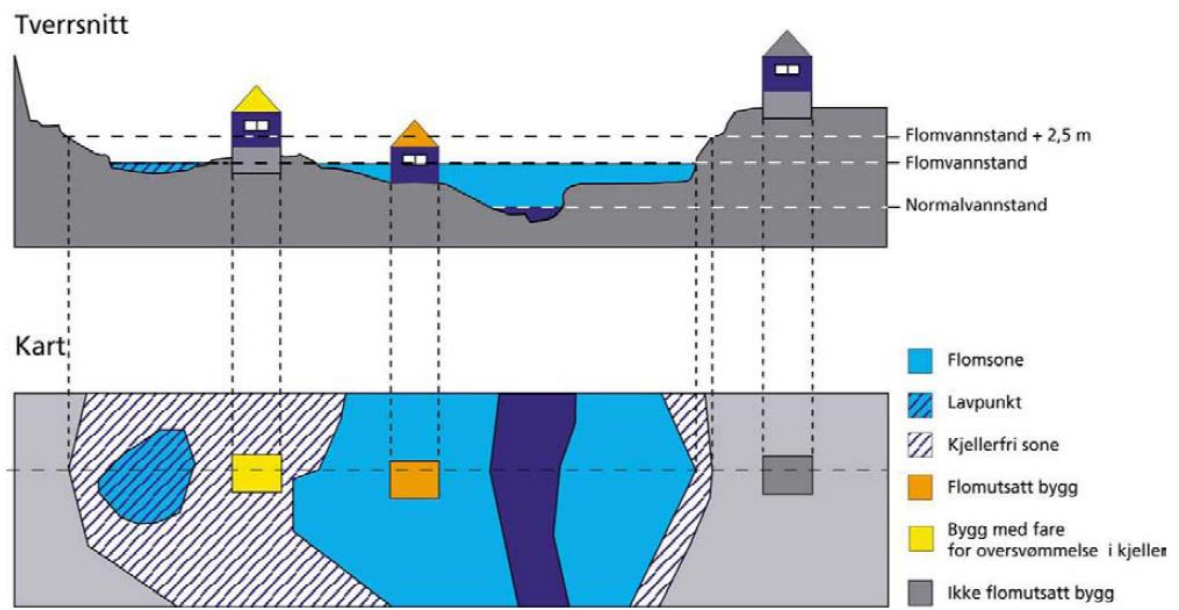


Figur 7.7: Oversvømmelse ved Brenna industriområde som følge av 20-, 200-, 1000- og 200 (inkludert klimapåslag) årsflom. Flomutsatte bygg gjelder for 200 årsflommen (inkludert klimapåslag).

7.2 Lavpunkt

En del steder vil det være areal som ligger lavere enn de beregnede flomvannstandene, men uten direkte forbindelse til elva, se Figur 7.8. Dette kan være områder som ligger bak flomverk, eller veier/fyllinger, men også lavpunkt som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet. Disse områdene er markert med egen skravur, fordi de vil ha en annen sannsynlighet for overflomming og må håndteres særskilt. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved tetting av kulverter.

I områder med lavpunkt (eksempelvis Beverøy camping ved 20 årsflom), må det utføres ytterligere vurderinger og en bør etablere en 2D modell.



Figur 7.8: Prinsippskisse av lavpunkt (hentet fra NVE, rapport 14/2006).

8. USIKKERHET

Som ved all beregning av denne typen er det usikkerhet knyttet til resultatene, samt at faktorer som nevnt i delkapittel 2.3 påvirker framtidige flomhendelser. Modellene bygger på forutsetninger som en mener er realistisk skal inntreffe i framtida. Disse forutsetningene er de en regner som mest sannsynlig, men det er ikke gitt at dette alltid stemmer. Det er derfor viktig å påpeke at flomsonekartene er et verktøy som bygger på best tilgjengelige kunnskap og data fra fortida og nåtida, for slik å kunne si hvordan en framtidig flom mest sannsynlig vil opptre.

8.1 Flomberegning

Det hydrologiske datagrunnlaget er hentet fra målestasjon 16.51 Hagadrag. Vannføringen beregnes ved hjelp av en kurve, som viser sammenhengen mellom vannstand og vannføring (vannføringskurve). Her ligger usikkerhet både i vannstandsavlesingen og i vannføringskurven. Usikkerheten i vannføringskurven øker normalt ved økende vannføring, da de fleste vannføringskurver er ekstrapolert (ukjente størrelser er anslagsvis beregnet ut fra sammenlignbare kjente størrelser) for å dekke sjeldne vannføringshendelser.

Datagrunnlaget for flomberegning av Bøelva kan karakteriseres som relativt godt da det måles vannføringer i vassdraget og målestasjon 16.51 Hagadrag har en lang måleserie. En svakhet ved dataene er endringene i vassdraget etter 1959, nevnt i delkapittel 4.2.1. Måleperioden etter at endringene fant sted er fortsatt relativt lang, men det er få observasjoner av høye flomhendelser fra denne perioden.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregningen er at datagrunnlaget er relativt godt og kan klassifiseres som klasse 2, på en skala fra 1 til 3 der 1 svarer til beste klasse.

8.2 Hydrauliske beregninger

Det har ikke vært et tilfredsstillende kalibreringsgrunnlag for modellen. Vi anbefaler derfor at kommunene måler inn flomnivåer ved fremtidige flomhendelser (spesielt på prioriterte områder) slik at man i ettertid kan justere og kalibrere modellen etter reelle flomhendelser.

Ved stasjonære beregninger i HEC-RAS vil modellen alltid være stabil. Hvis HEC-RAS ikke finner en løsning på ligningene som brukes for å finne vannstanden, vil programmet benytte kritisk dyp. Det er derfor viktig at det gjøres en vurdering om beregnet vannstand er riktig i modellen, og spesielt i tverrsnittene hvor det er beregnet kritisk dyp. For modellen av Bøelva er det i enkelt tverrsnitt beregnet kritisk dyp. Dette skjer imidlertid der man forventer en overgang mellom under- og overkritisk strømning og det er derfor ikke grunn til å mistro resultatene. Det kan være at overgangen mellom over- og underkritisk dyp i virkeligheten inntreffer mellom der modellen har tverrsnitt, men dette er vurdert til å ha liten betydning for resultatene.

8.3 Flomsonen

Nøyaktigheten til flomsonene er avhengig av usikre moment i hydrologiske data, flomberegningen og den hydrauliske modelleringen. I tillegg kommer usikkerheten i terrengmodellen.

For utarbeidelse av terrengmodellen er det benyttet høydedata fra laserdata. I åpne områder ligger nøyaktigheten på disse dataene antageligvis innenfor noen centimeter fra virkeligheten. I områder med tett vegetasjon (slik det er langs deler av Bøelva) er nøyaktigheten langt lavere.

Alle faktorer som er nevnt ovenfor, vil sammen påvirke usikkerheten i sluttresultatet, det vil si utbredelsen av flomsonen på kartet. Utbredelsen av flomsonen er derfor mindre nøyaktig bestemt enn vannlinjene. Dette må en ta hensyn til ved praktisk bruk.

9. VEILEDNING FOR BRUK

Stortinget har forutsatt at sikringsbehovet langs vassdragene ikke skal øke, som følge av ny utbygging. Derfor bør ikke flomutsatte områder tas i bruk, om det finnes alternative arealer. Sikkerhetskrav for byggverk i forhold til flom er gitt i byggeteknisk forskrift, TEK17, § 7-2. Kravene er differensiert i forhold til type flom og type byggverk/infrastruktur. NVEs retningslinje 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» beskriver hvordan sikkerhetskravene i TEK17 kan oppfylles i arealplanleggingen. Fortetting i allerede utbygde områder, skal heller ikke tillates før sikkerheten er brakt opp på et tilfredsstillende nivå, i henhold til TEK17.

9.1 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart

I kommuneplansammenheng kan en bruke flomsonekart direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Flomsonekartene skal avsettes som hensynsoner på plankartet jf. pbl. § 11-8.

Ved detaljplanlegging og ved dele- og byggesaksbehandling, må en ta hensyn til at også flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Primært må en ta utgangspunkt i de beregnede vannstander og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. En sikkerhetsmargin bør alltid legges til ved praktisk bruk. Områder som etter nærmere kontroll i felt er utsatt for flomfare, avsettes som hensynsoner på plankartet jf. pbl. § 12-6. For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom.

Rambøll anbefaler at det ved praktisk bruk legges til grunn en sikkerhetsmargin. For dette prosjektet anbefales et påslag på de beregnede vannstandene på 30 cm for lilla områder, 50 cm for grønne områder og 70 cm for uprioriterte områder, se figur 2.1 for oversikt over de ulike prioriteringsområdene. Sikkerhetsmarginen dekker opp usikkerheter i grunnlagsmateriale og beregninger.

Til hensynssonene gis det bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken, f. eks ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse lavere enn nivå for en fremtidig 200 årsflom, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom. Med grunnlag i flomsonekartene, må det innarbeides hensynsoner med bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanene for Bø og Sauherad rulleres.

10. KONKLUSJONER/ANBEFALINGER

10.1 Konklusjoner

Fremtidig 200 årsflom (inkludert klimapåslag):

For utbygginger med lang levetid skal økning i flomvannføring som følge av endret klima hensyntas. Byggverk med personopphold skal sikres mot fremtidig forventet 200 årsflom. Resultatene viser at ingen av bruene i vassdraget oversvømmes, men det oppstår oppstuvninger oppstrøms bruene. Sett opp mot Statens Vegvesens krav om 0,5 m klaring mot overbygning ved beregnet vannstand har flere av bruene for dårlig kapasitet. Se delkapittel 6.6 for detaljer om bruene i prioritert 1 områder.

Både opp- og nedstrøms Gåra bru vil store områder med bygninger bli oversvømt. Hele Beverøy camping ligger innenfor flomsonen og alle bygninger på campingen er flomutsatte. Videre ligger mesteparten av Åsgrav camping innenfor flomsonen og omtrent alle bygg på campingen er flomutsatte. Størsteparten av Brenna industriområde vil ligge i flomsonen og flere av industribyggene vil være flomutsatte.

10.2 Videre arbeid, anbefalinger

Som følge av at Bø og Sauherad kommune måtte redusere opprinnelig budsjett for kartleggingen, ble det valgt ut noen prioriterte områder langs Bøelva. Det er kun på områder markert med lilla (prioritet 1) at det ble foretatt oppmåling av tverrprofiler, se figur 2.1. Dersom kommunene ønsker mer nøyaktig beregning på områder utenfor prioritetsområde 1, anbefaler vi at det suppleres med oppmåling av karakteristiske tverrprofiler i området.

Videre er det kun ved Oterholt bru blitt supplert med en 2D modell ettersom dette området var så komplekst at det ble besluttet som nødvendig. Vi anbefaler videre å supplere med 2D modellberegninger der elva deler seg samt for flate områder hvor flommen går utover sine breddekanter. Dette fordi resultatene fra 1D modell vil ha usikkerhet i disse områdene.

Det har ikke vært et tilfredsstillende kalibreringsgrunnlag for modellen. Modellen er blitt kalibrert mot oppmålte vannstander ved lav vannføring, men den bør også kalibreres etter oppmålte vannstander ved høye flomhendelser. Tidligere storflommer og tilhørende kjente vannmerker har blitt vurdert og delvis hensyntatt i denne kartlegging (blant annet storflom i 1927), men usikkerheter knyttet til vannmerker og endringer i vassdraget gjør at disse målingene ikke kan brukes direkte til kalibrering. Vi anbefaler derfor at kommunene måler inn flomnivåer ved fremtidige flomhendelser (spesielt på prioriterte områder) slik at man i ettertid kan justere og kalibrere modellen etter reelle flomhendelser.

11. REFERANSER OG KILDER

HEC-RAS. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. URL: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>

Kartverket, 2016. URL: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>

Kartverket, 2017. URL: <https://www.kartverket.no>
Kommunikasjon med Hilde Gro Kjeldby.

NVE Hydra II programvare (lisensbelagt)

NVE, 2017. Kartside for vannstand: URL: <http://www2.nve.no/h/hd/plotreal/H/0016.00123.000/>

NVE, notat 2017. «Oppsummering fra befaring 5. juli, vurdering av nye strekninger for flomsonekartlegging i Bø kommune, Telemark».

NVE, rapport 5/2006. Flomsonekartprosjektet - Flomberegning for Ulefoss.

NVE, 2013. Flomsonekartlegging: Intern veileder for vannlinjeberegning.

NVE, rapport 2/2011. Flaum- og skredfare i arealplanar.

NVE, rapport 4/2011. Retningslinjer for flomberegninger (versjon 3: NVEs flomsonekartlegging – retningslinjer for flomberegninger, godkjent 19.03.2013).

NVE, 2013. Flomsonekartlegging: Intern veileder for vannlinjeberegning.

NVE, rapport 3/2015. Flaumfare langs bekker.

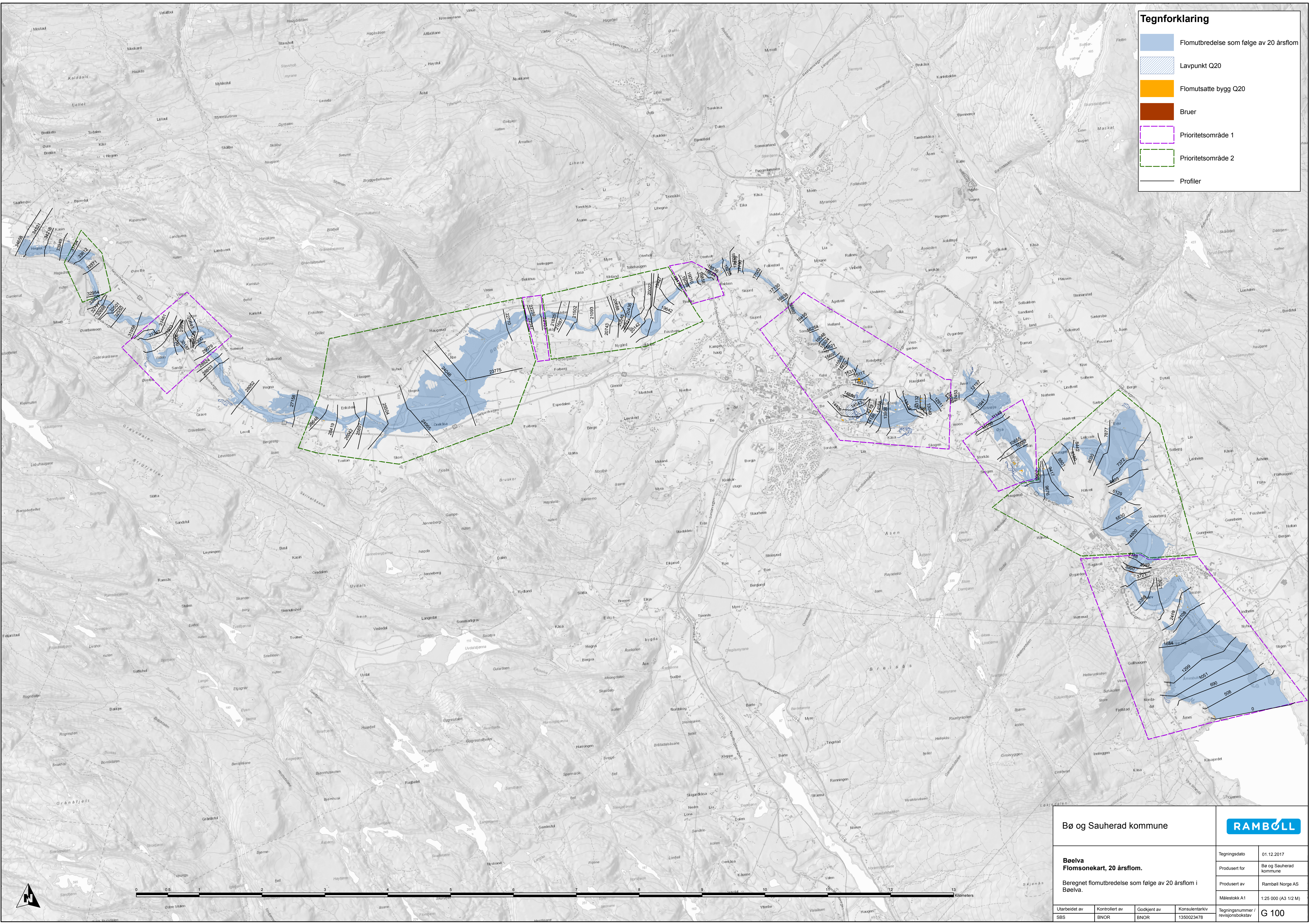
NVE, rapport 81/2016. Klimaendringer og framtidige flommer i Norge.

Pettersson, L.-E., 2001: Flomberegning for Skienselva. Flomsonekartprosjektet. NVEdokument nr. 16-2001.

Vegdirektoratet, 2015. Håndbok N400. Bruprosjektering – Prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner.

Foreløpig kilde for endring fra NN1954 til NN2000

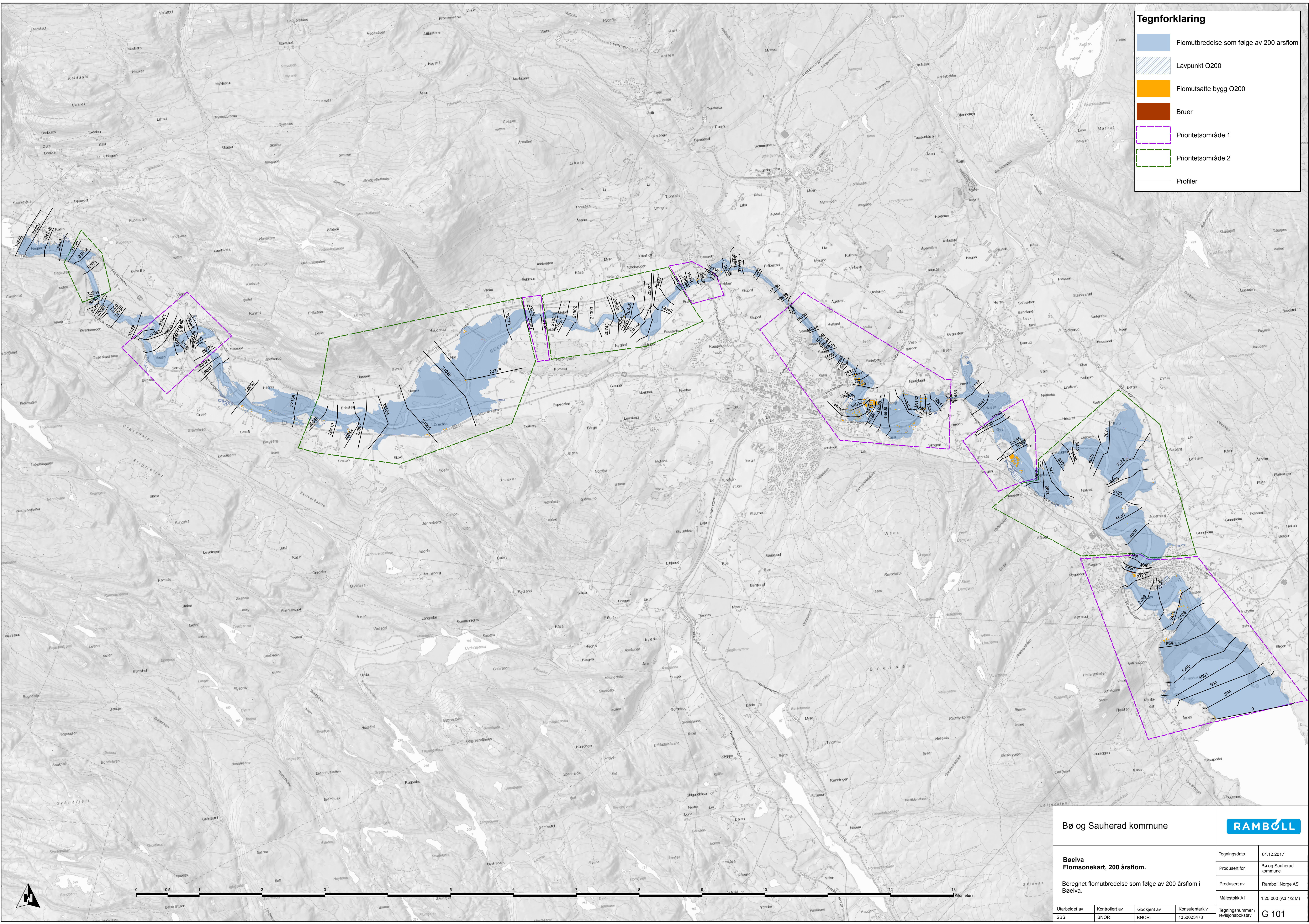
<https://www.kartverket.no/globalassets/om-kartverket/geovekst/nn2000-stort.pdf>



Tegnforklaring

- Flomutbredelse som følge av 20 årsflom
- Lavpunkt Q20
- Flomutsatte bygg Q20
- Bruer
- Prioritetsområde 1
- Prioritetsområde 2
- Profiler

Bø og Sauherad kommune		RAMBOLL	
Bøelva Flomsonekart, 20 årsflom. Beregnet flomutbredelse som følge av 20 årsflom i Bøelva.	Tegningsdato	01.12.2017	
	Produsert for	Bø og Sauherad kommune	
	Produsert av	Ramboll Norge AS	
	Målestokk A1	1:25 000 (A3 1/2 M)	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
SBS	BNOR	BNOR	1350023478
Tegningsnummer / revisjonsbokstav		G 100	



Tegnforklaring

- Flomutbredelse som følge av 200 årsflom
- Lavpunkt Q200
- Flomutsatte bygg Q200
- Bruer
- Prioritetsområde 1
- Prioritetsområde 2
- Profiler

Bø og Sauherad kommune



Bøelva
Flomsonekart, 200 årsflom.

Beregnet flomutbredelse som følge av 200 årsflom i Bøelva.

Utarbeidet av
SBS

Kontrollert av
BNOR

Godkjent av
BNOR

Konsulentarkiv
1350023478

Tegningsdato
01.12.2017

Produsert for
Bø og Sauherad kommune

Produsert av
Ramboll Norge AS

Målestokk A1
1:25 000 (A3 1/2 M)

Tegningsnummer /
revisjonsbokstav
G 101

Tegnforklaring

Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom

Lavpunkt Q200kl

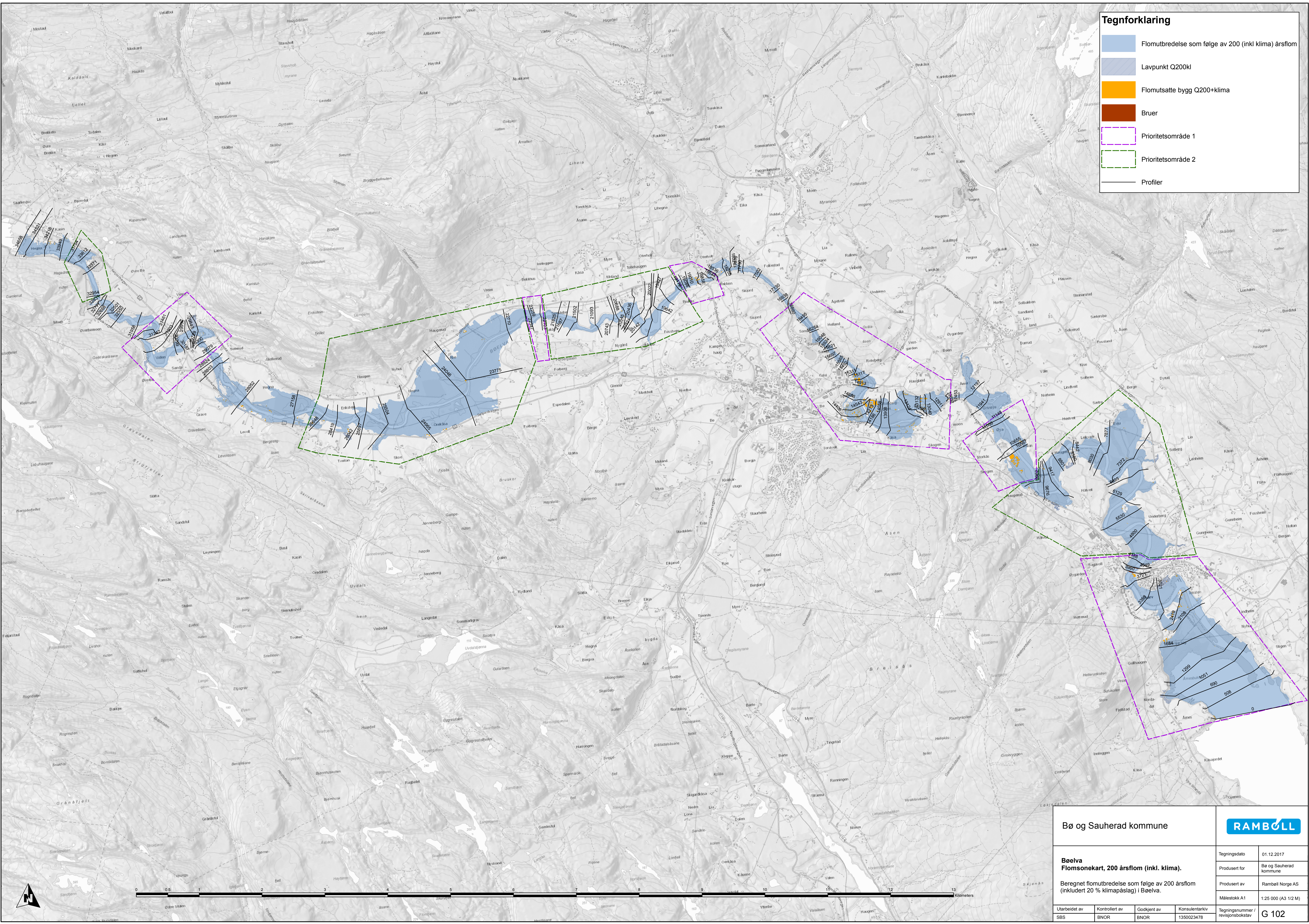
Flomutsatte bygg Q200+klima

Bruer

Prioritetsområde 1

Prioritetsområde 2

Profiler



Bø og Sauherad kommune		RAMBOLL	
Bøelva Flomsonekart, 200 årsflom (inkl. klima). Beregnet flomutbredelse som følge av 200 årsflom (inkludert 20 % klimapåslag) i Bøelva.	Tegningsdato	01.12.2017	
	Produsert for	Bø og Sauherad kommune	
	Produsert av	Ramboll Norge AS	
	Målestokk A1	1:25 000 (A3 1/2 M)	
Utarbeidet av SBS	Kontrollert av BNØR	Godkjent av BNØR	Konsulentarkiv 1350023478
Tegningsnummer / revisjonsbokstav		G 102	

Tegnforklaring

- Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom
- Lavpunkt Q1000
- Flomutsatte bygg Q1000
- Bruer
- Prioritetsområde 1
- Prioritetsområde 2
- Profiler

Bø og Sauherad kommune



Bøelva
Flomsonekart, 1000 årsflom.

Beregnet flomutbredelse som følge av 1000 årsflom i Bøelva.

Utarbeidet av
SBS

Kontrollert av
BNOR

Godkjent av
BNOR

Konsulentarkiv
1350023478

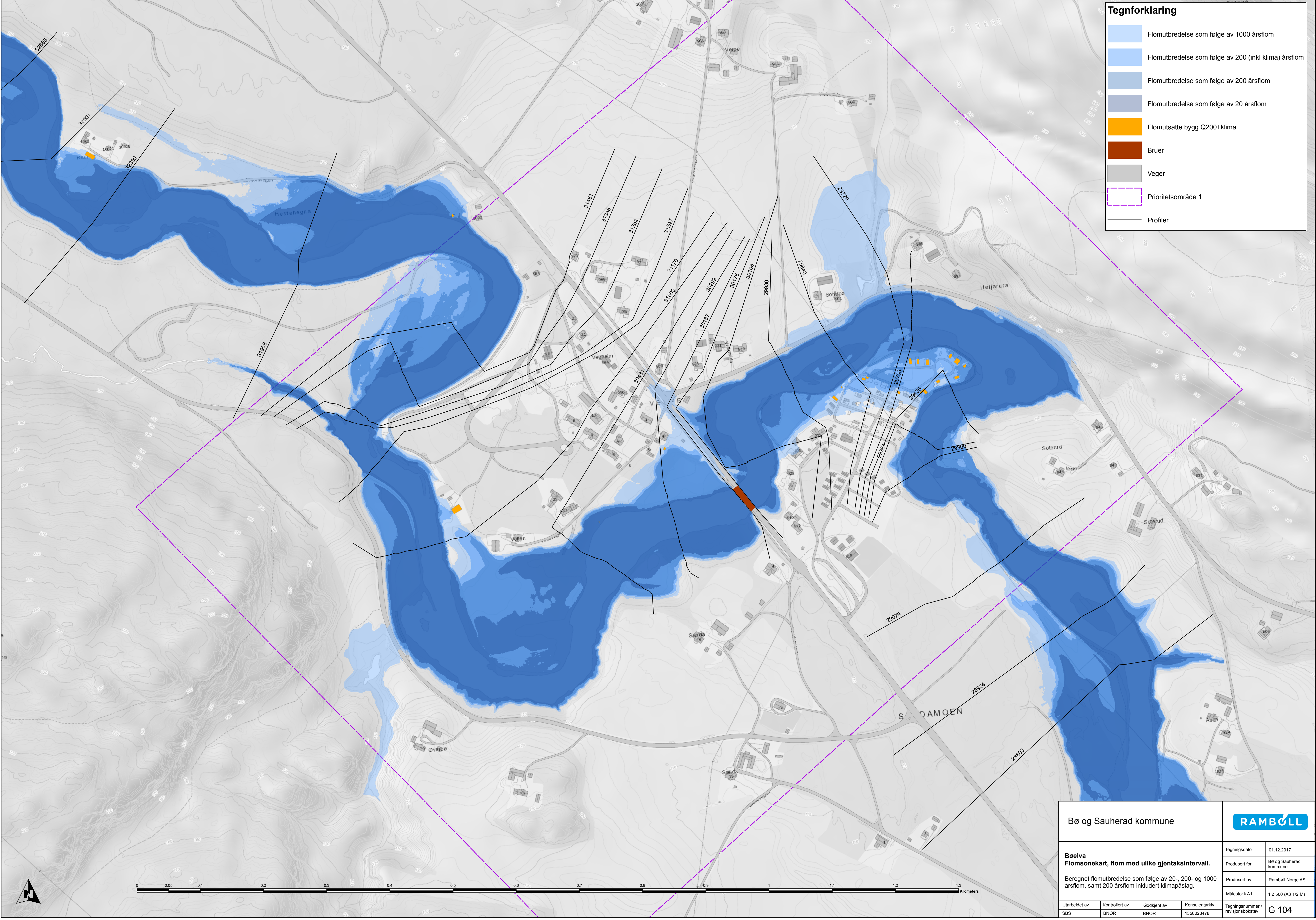
Tegningsdato
01.12.2017

Produsert for
Bø og Sauherad kommune

Produsert av
Ramboll Norge AS

Målestokk A1
1:25 000 (A3 1/2 M)

Tegningsnummer /
revisjonsbokstav
G 103



Tegnforklaring

Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 årsflom

Flomutbredelse som følge av 20 årsflom

Flomutsatte bygg Q200+klima

Bruer

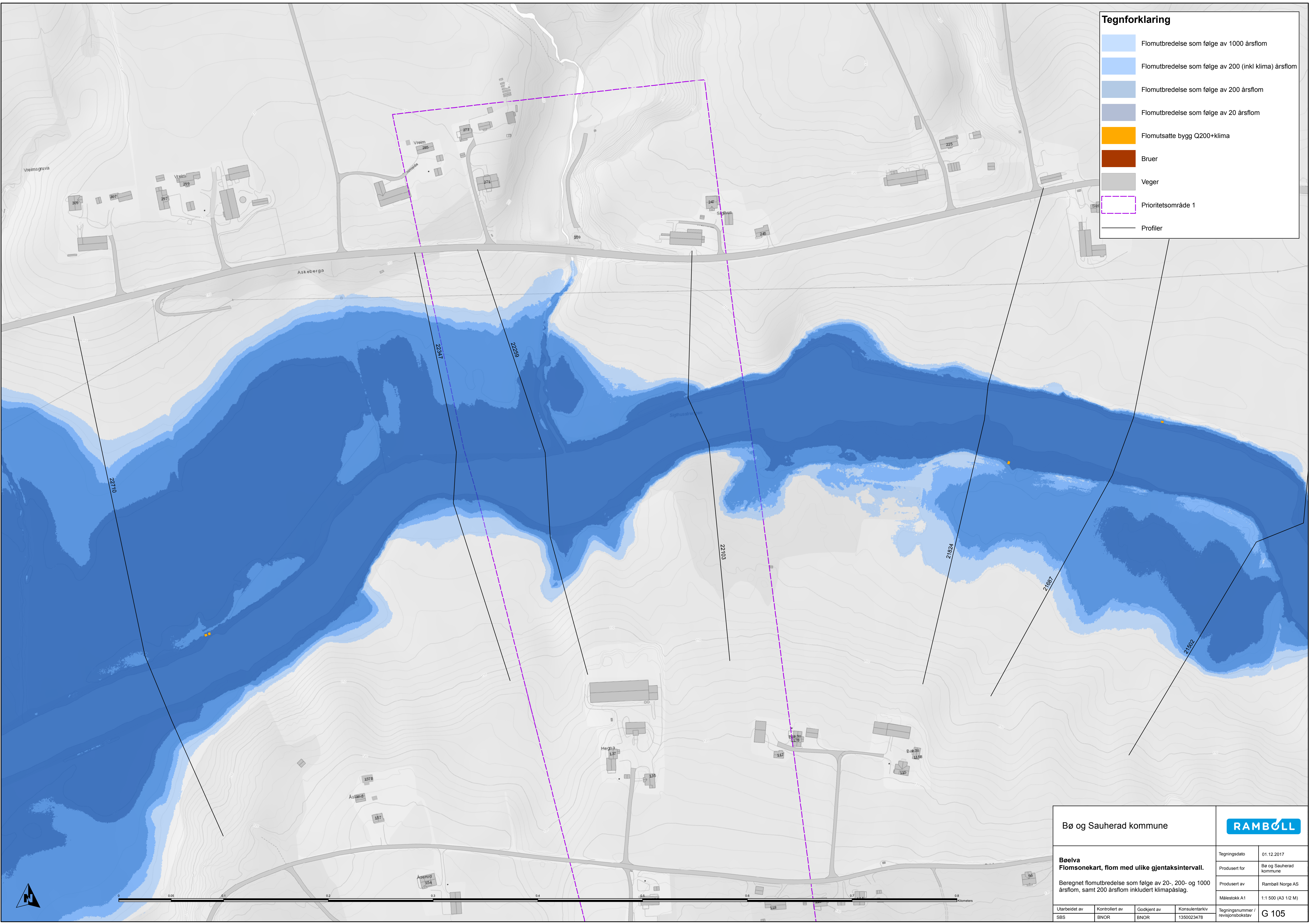
Veger

Prioritetsområde 1

Profiler



Bø og Sauherad kommune						
Bøelva Flomsonekart, flom med ulike gjentakintervall. Beregnet flomutbredelse som følge av 20-, 200- og 1000 årsflom, samt 200 årsflom inkludert klimapåslag.				Tegningsdato	01.12.2017	
				Produsert for	Be og Sauherad kommune	
				Produsert av	Rambøll Norge AS	
				Målestokk A1	1:2 500 (A3 1/2 M)	
				Utarbeidet av		Kontrollert av
SBS		BNOR	BNOR	1350023478		



Tegnforklaring

Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 årsflom

Flomutbredelse som følge av 20 årsflom

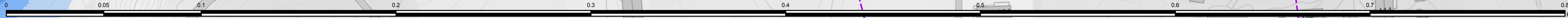
Flomutsatte bygg Q200+klima

Bruer

Veger

Prioritetsområde 1

Profiler



Bø og Sauherad kommune						
Bøelva Flomsonekart, flom med ulike gjentakintervall. Beregnet flomutbredelse som følge av 20-, 200- og 1000 årsflom, samt 200 årsflom inkludert klimapåslag.				Tegningsdato	01.12.2017	
				Produsert for	Be og Sauherad kommune	
				Produsert av	Rambøll Norge AS	
				Målestokk A1	1:1 500 (A3 1/2 M)	
				Utarbeidet av		Kontrollert av
SBS		BNOR	BNOR	1350023478		

Tegnforklaring

Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 årsflom

Flomutbredelse som følge av 20 årsflom

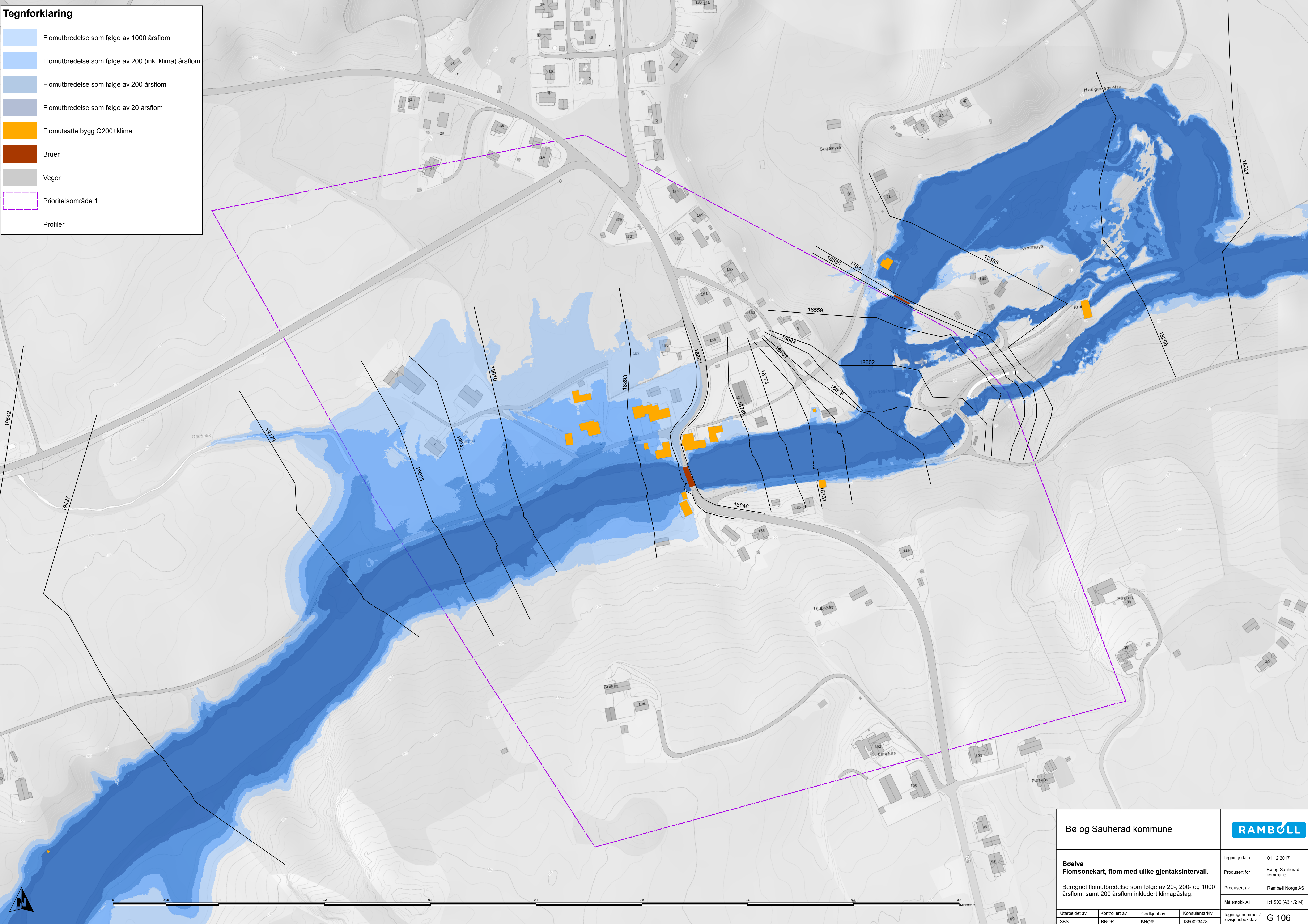
Flomutsatte bygg Q200+klima

Bruer

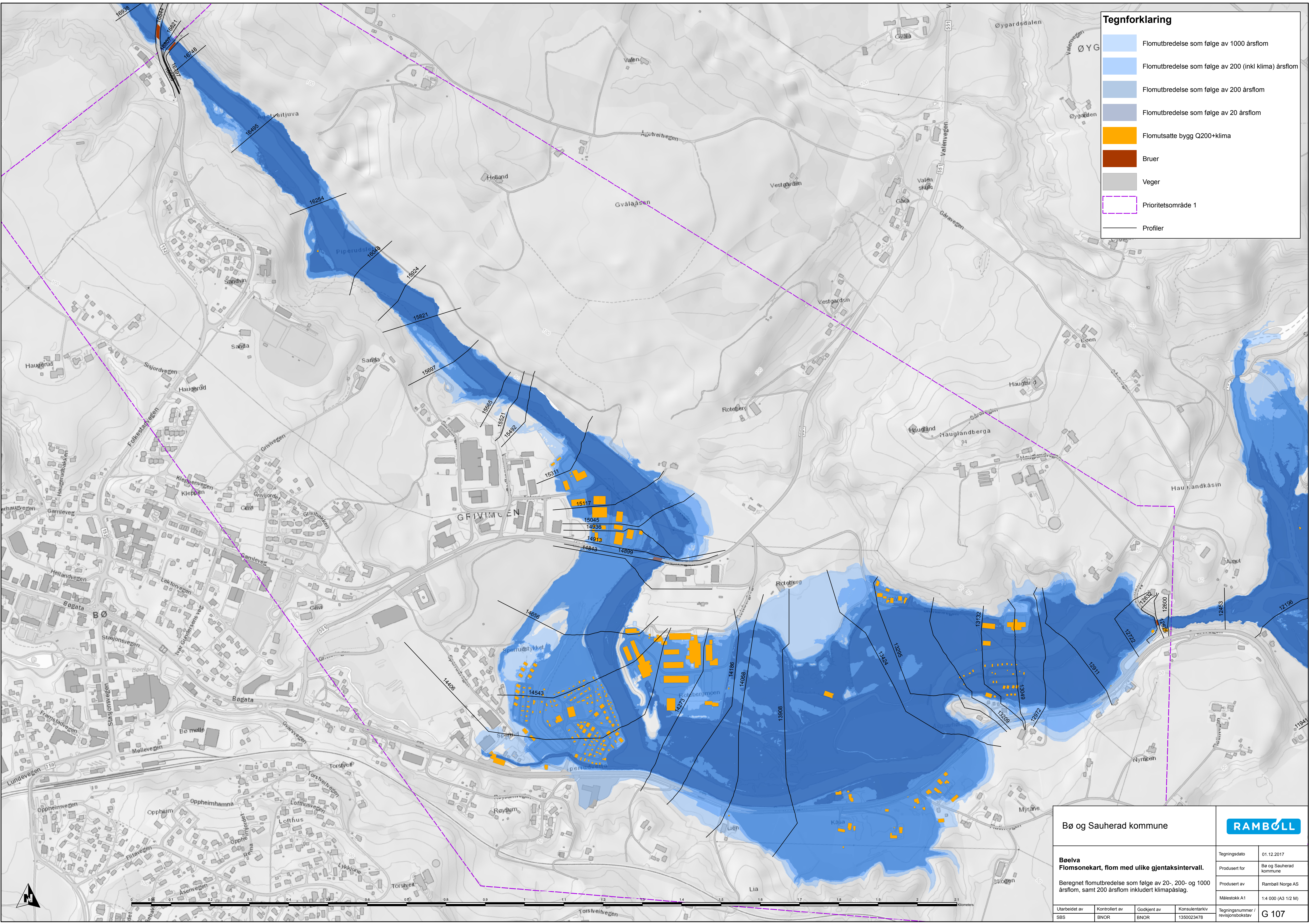
Veger

Prioritetsområde 1

Profiler



Bø og Sauherad kommune				RAMBOLL	
Bøelva Flomsonekart, flom med ulike gjentakintervall. Beregnet flomutbredelse som følge av 20-, 200- og 1000 årsflom, samt 200 årsflom inkludert klimapåslag.				Tegningsdato	01.12.2017
				Produsert for	Bø og Sauherad kommune
				Produsert av	Rambøll Norge AS
				Målestokk A1	1:1 500 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
SBS	BNOR	BNOR	1350023478	G 106	



Tegnforklaring

Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 årsflom

Flomutbredelse som følge av 20 årsflom

Flomutsatte bygg Q200+klima

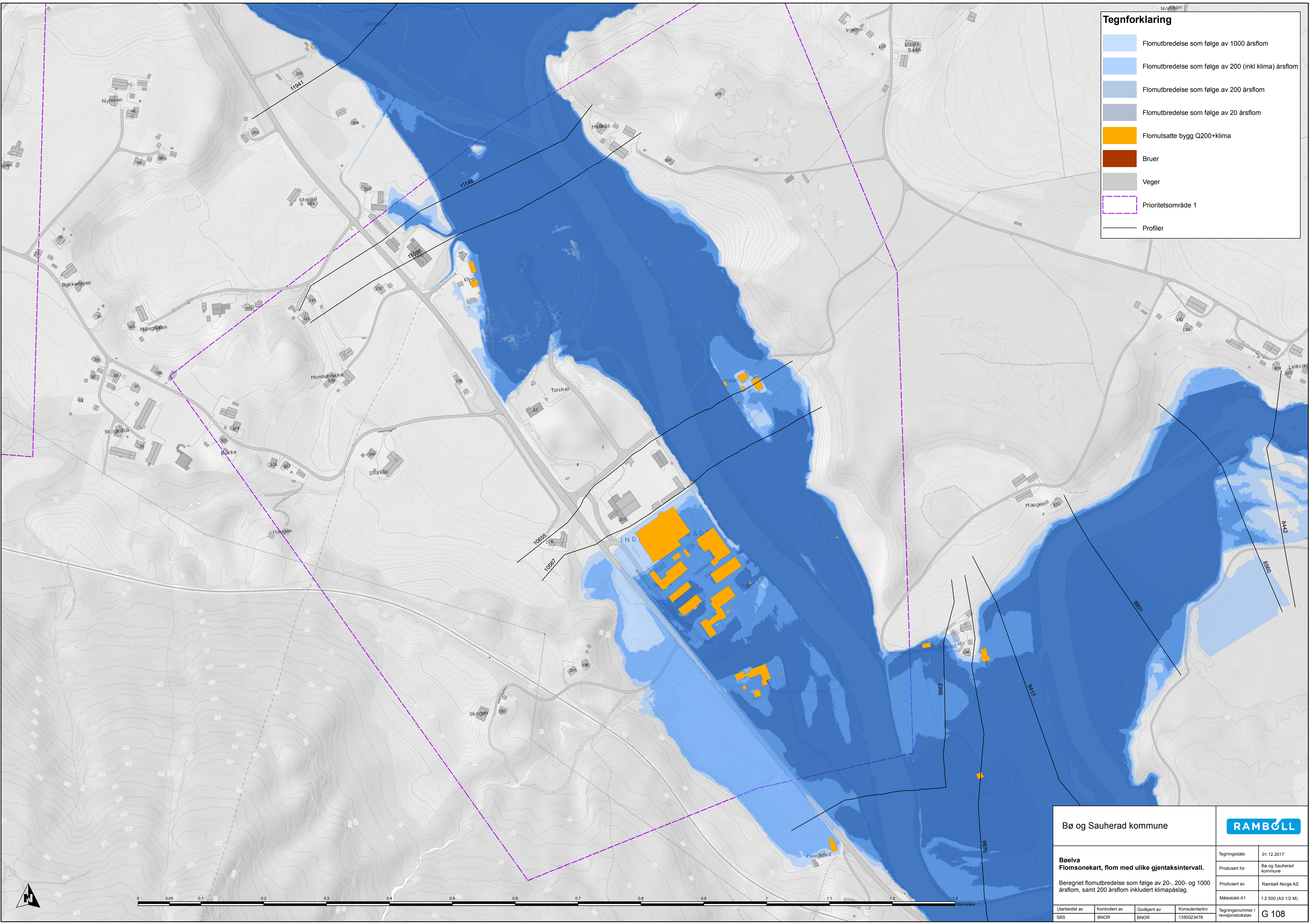
Bruer

Veger

Prioritetsområde 1

Profiler

Bø og Sauherad kommune		RAMBOLL	
Bøelva Flomsonekart, flom med ulike gjentakintervall. Beregnet flomutbredelse som følge av 20-, 200- og 1000 årsflom, samt 200 årsflom inkludert klimapåslag.	Tegningsdato	01.12.2017	
	Produsert for	Bø og Sauherad kommune	
	Produsert av	Rambøll Norge AS	
	Målestokk A1	1:4 000 (A3 1/2 M)	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
SBS	BNOR	BNOR	1350023478
Tegningsnummer / revisjonsbokstav			G 107



Tegnforklaring

Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 årsflom

Flomutbredelse som følge av 20 årsflom

Flomutsatte bygg Q200+klima

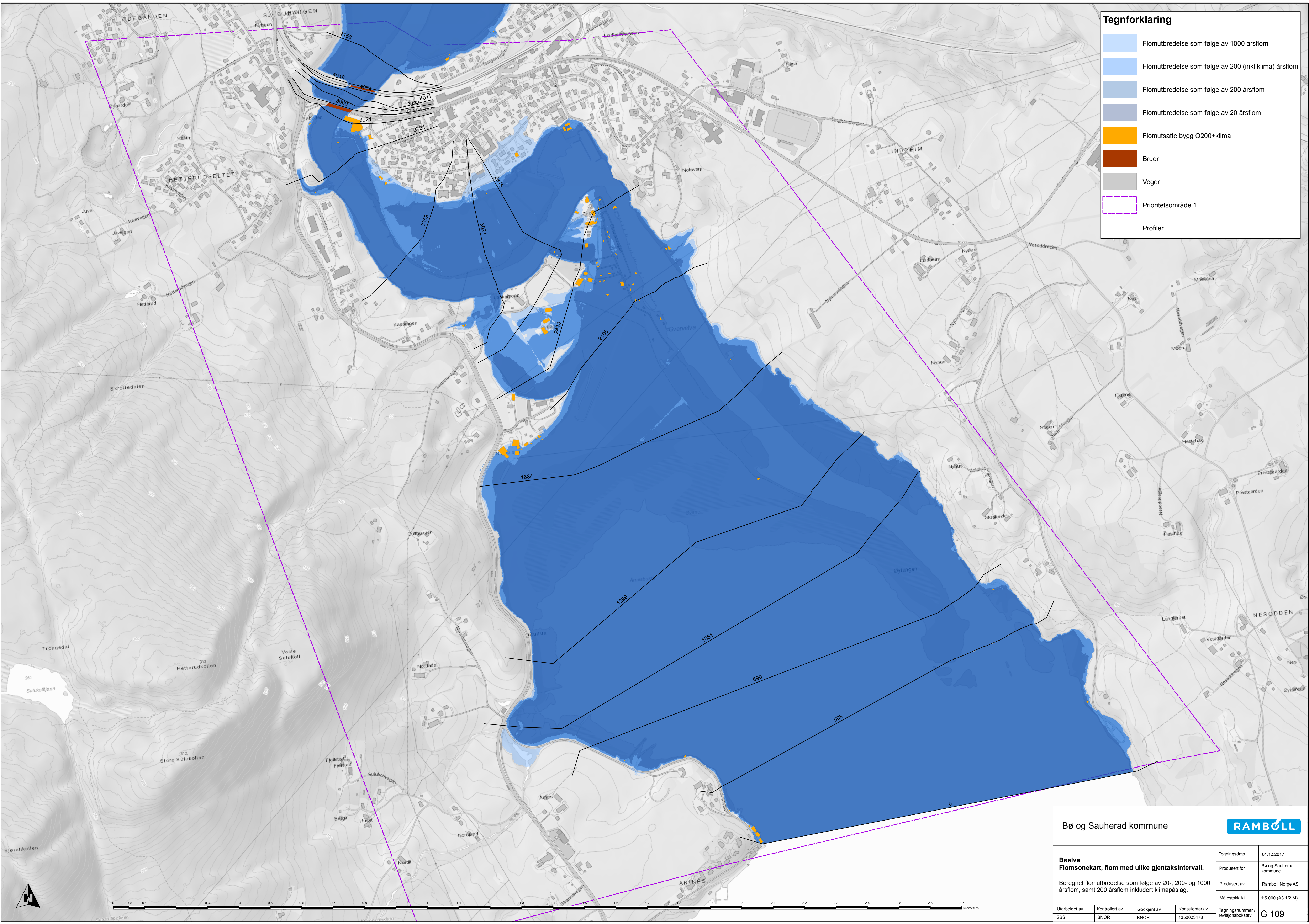
Bruer

Veger

Prioritetsområde 1

Profiler

Bø og Sauherad kommune					
Bøelva Flomsonekart, flom med ulike gjentakintervall. Beregnet flomutbredelse som følge av 20-, 200- og 1000 årsflom, samt 200 årsflom inkludert klimapåslag.				Tegningsdato	01.12.2017
				Produsert for	Bø og Sauherad kommune
				Produsert av	Rambøll Norge AS
				Målestokk A1	1:2 500 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	G 108
SBS	BNOR	BNOR	1350023478		



Tegnforklaring

Flomutbredelse som følge av 1000 årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 (inkl klima) årsflom

Flomutbredelse som følge av 200 årsflom

Flomutbredelse som følge av 20 årsflom

Flomutsatte bygg Q200+klima

Bruer

Veger

Prioritetsområde 1

Profil

Bø og Sauherad kommune				RAMBOLL	
Bøelva Flomsonekart, flom med ulike gjentakintervall. Beregnet flomutbredelse som følge av 20-, 200- og 1000 årsflom, samt 200 årsflom inkludert klimapåslag.				Tegningsdato	01.12.2017
				Produsert for	Bø og Sauherad kommune
				Produsert av	Ramboll Norge AS
				Målestokk A1	1:5 000 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
SBS	BNOR	BNOR	1350023478	G 109	