

Flaumfarevurdering for Bjorli Premium, Lesja kommune



Sunnfjord Geo Center



Prosjektinformasjon og status		
Dokumentnr.:	Dokumenttittel: 2016-05-050B Flaumfarevurdering for Bjorli Premium, Lesja kommune	
Revisjon:	Skildring: 2 Godkjent rapport	Leveransedato: 19.01.2023
Kontraktør:		
 Sunnfjord Geo Center		Sunnfjord Geo Center AS Småbakkane 19 6984 Stongfjorden Tlf: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA
Kundeinformasjon:		
EBIT Eiendom AS v/Terje Heggem		
Fagområde:		
Flaumfare	Dokumenttype: Rapport	Lokalitet: Bjorli, Lesja kommune
Feltarbeid utført av:		
Einar Alsaker	Dato for feltarbeid: 10.08.2016	
Rapport utarbeidd av:		
Rev 0: Einar Alsaker Rev 1: Anders Haaland Rev 2: Anders Haaland	Dato for ferdigstilling: 14.09.2016 23.04.2021 18.01.2023	Signatur: Einar Alsaker (sign.) Anders Haaland (sign.) Anders Haaland (sign.)
Rapport kvalitetssikra av:		
Rev 0: Einar Alsaker Rev 2: Atle Nesje	Godkjend, dato: 26.04.2021 19.01.2023	Signatur: Einar Alsaker (sign.) Atle Nesje (sign.)

Samandrag

Sunnfjord Geo Center (SGC) har vurdert flaumfare i samband med utarbeiding av reguleringsplan for Bjarli Premium ved Nyheim om lag 1,5 km aust for Bjarli sentrum i Lesja kommune. Det undersøkte området er eit planlagd hyttefelt i ei sør-vestvendt li. Området har for det meste ei helling på under 20° og består av småskog, einer og lyng. Det er kartlagd fleire bekkar som renn gjennom planområdet og denne rapporten tek for seg flaumfarevurdering langs bekkane. Det er tre nedbørsfelt som forsyner dei aktuelle bekkane med vatn. Nedbørfelta er små og omfattar ingen innsjøar eller myrar og bekkane vert forsynt med overflatevatn frå nedbør og vassgjennomstrøyming i lausmassane. Bekkane veks difor gjerne opp under kraftige nedbørshendingar og ved snøsmelting. Bekkane er ofte turre under periodar med lite nedbør.

SGC har utført fleire synfaringar på Bjarli, der den siste vart utført i november 2022. Heile planområdet vart synfart. Vidare vart alle kulvertar nedstraums for planområdet fram til Rauma kartlagt og oppmålt. Det er gjort eit estimat om desse kulvertane er tilstrekkeleg dimensjonert til å håndtere ein 200-årsflaum. Resultatet av berekningane viser at berre eit fåtal av kulvertane er store nok.

For å ivareta tryggleiken mot flaum og erosjon i og nedstraums for planområdet er følgjande tiltak tilrådd:

- Ingen tiltak i eller i nærleiken av bekkeløpa. Ei buffersone på minst 6 m på kvar side av bekkeløpa er inkludert i flaumsona for 200-årsflaum. Ein vil då ikkje endre avrenninga frå planområdet
- Vegkryssingar må etablerast slik at strøymehastigheita ikkje vert auka. Dette kan gjerast ved å etablere energidrepebasseng eller tersklar ved kulvertutløpa
- Sikre inntak og utløpa ved nye kulvertar for erosjon
- Etablere vollar ved kritiske punkt for å hindre at vatnet tek nye vegar ved flaumhendingar



Innhald

Samandrag.....	3
1. Innleiing.....	5
1.1 Bakgrunn og føremål	5
1.2 Tryggleikskrav	5
2. Det undersøkte området.....	7
2.1 Områdeskildring	7
2.2 Skildring av vassdrag.....	8
2.3 Klima	10
2.4 Aktsemendskart for flaum	11
3. Feltarbeid	12
3.1 Gorrobrennbekken og Bekk-0	12
3.2 Bekk 1.....	13
3.3 Bekk 2.....	15
3.4 Bekk 3 (a og b)	16
3.5 Registreringskart.....	18
4. Fastsettjing av flaumstorleikar	19
4.1 Den rasjonelle metode	19
5. Hydraulisk modellering	21
5.1 HEC-RAS	21
5.2 Resultat	22
5.3 Dimensjonering av kulvertar	23
6. Eksisterande flaumfarevurderingar	24
7. Kulvertar nedstraums for planområdet	26
8. Sikringstiltak.....	31
9. Utbyggingas verknad nedstraums for planområdet.....	33
10. Referansar.....	34

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn og føremål

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på vegne av Ebit Eiendom AS utført ei flaumfarevurdering langs fleire bekkar ved Nyheim i Lesja kommune. Vurderingane er gjort i samband med reguleringsplanarbeid og er gjort i samsvar med §7-2 i TEK17 og NVE sine retningsliner for flaum og skredfare i arealplanar (retningsliner 2/2011).

SGC utførte i 2016 ei flaumfarevurdering i samband med reguleringsplan for Bjarli Låve (rapportnr. 2016-05-50). Ein held no på med reguleringsarbeid for Bjarli Premium, som er ein del av området som vart vurdert i 2016. Føremålet med denne rapporten er å oppdatere rapporten og inkludere klimapåslag.

1.2 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» fra 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 personopphold, garasje
F2	Middels	1/200	Bustad, skule, barnehage, industribygg
F3	Stor	1/1000	Sjukeheim, brannstasjon, sjukhus, avfallsdeponi med forureiningsfare

I tryggleiksklasse F1 inngår byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar.

Tryggleiksklasse F2 omfattar dei fleste byggverk som er berekna for personopphold. Dei økonomiske konsekvensane ved skadar på byggverk kan vere store, men kritiske samfunnsfunksjonar vert ikkje sett ut av spel. I delar av flaumutsette område kan det vere større flaumfare enn elles. I område der det under flaum vil vere stor djupne eller sterk straum, bør det vere same tryggleiksnivå som tryggleiksklasse F3. Dette gjeld område der djupna er større enn 2 meter og der produktet av djupne og vasshastigkeit (m/s) er større enn $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

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

Planen legg opp til fritidsbustadar som ligg under tryggleiksklasse F2.

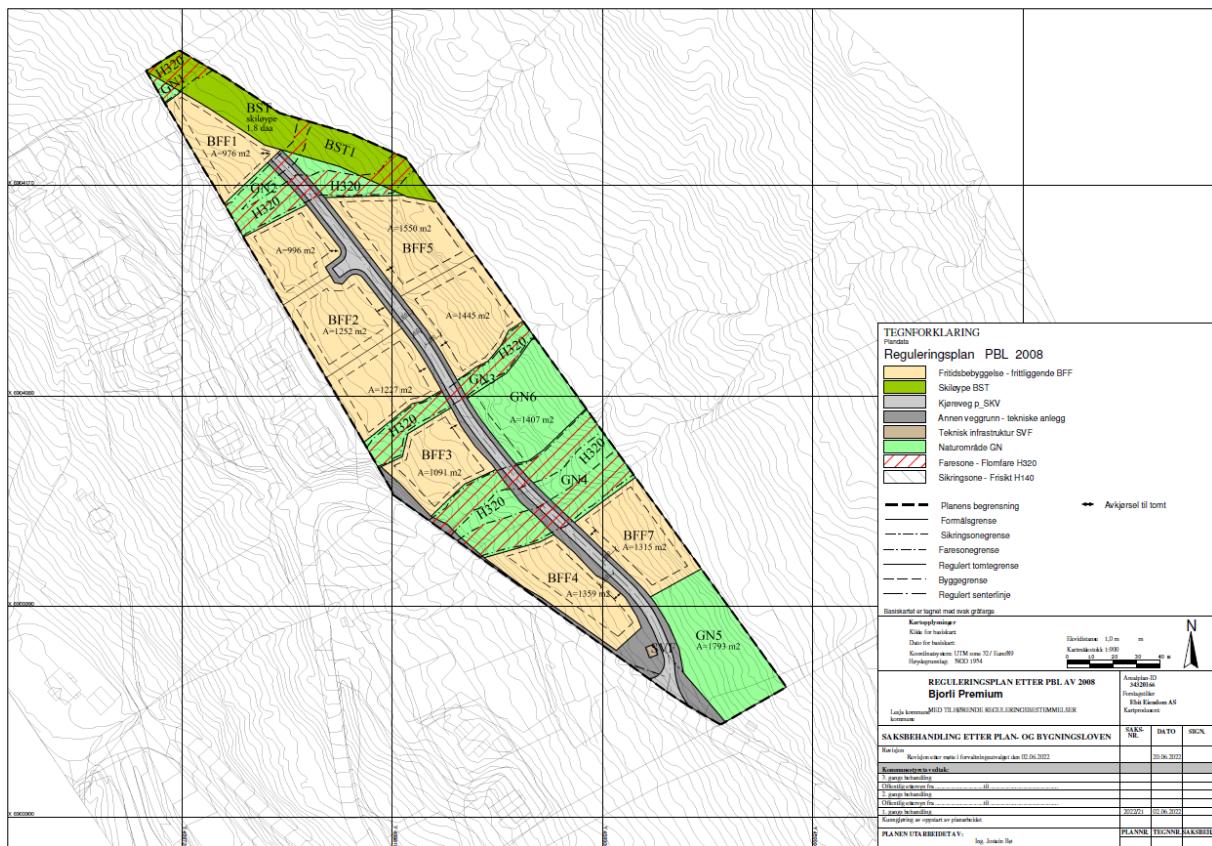
2. Det undersøkte området

2.1 Områdeskildring

Det kartlagde området ligg ved Nyheim/Bjorlisletti om lag 1,5 km nordaust for Bjarli sentrum i Lesja kommune. Det renn i dag tre bekkesystem som hovudsakleg er flaumbekkar gjennom planområdet. Figur 1 viser plassering og avgrensning av det kartlagde området som flaumfarevurderinga gjeld for. Figur 2 viser område som skal regulerast i denne omgang.



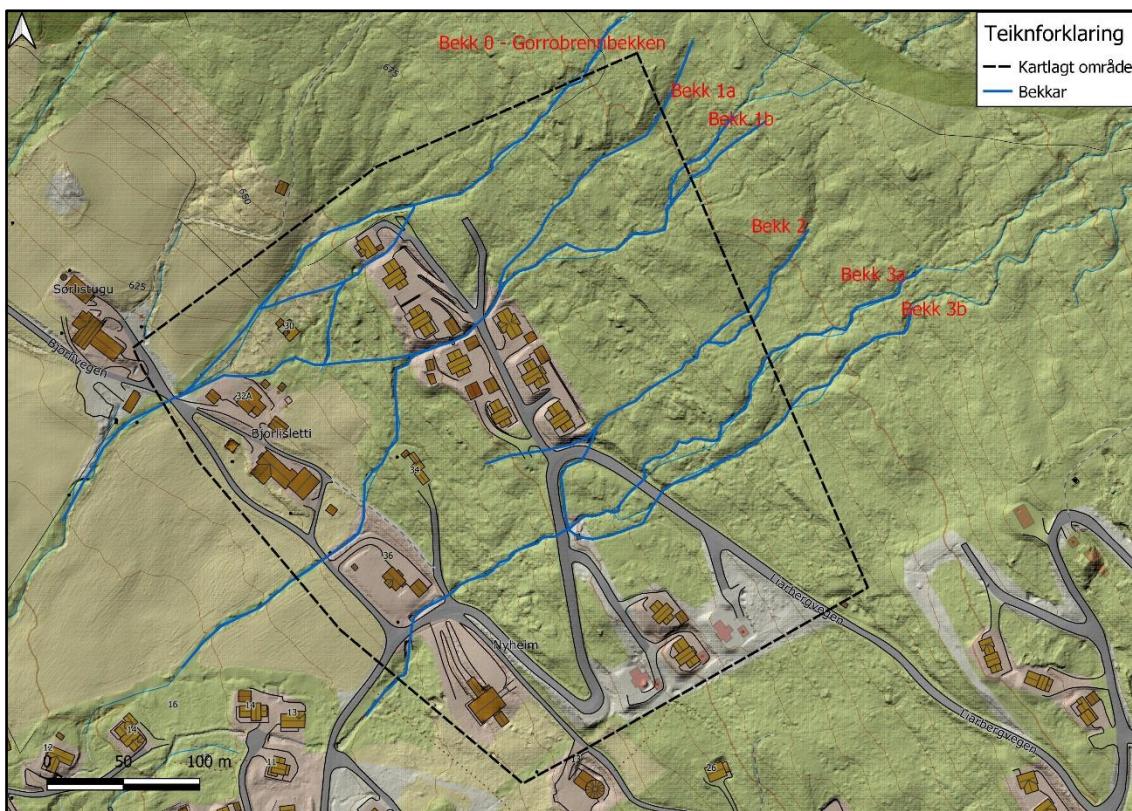
Figur 1: Det vurderte området ligg på Nyheim og lag 1,2 km aust for Bjarli sentrum i Lesja kommune. Kartkjelde: Statens kartverk.



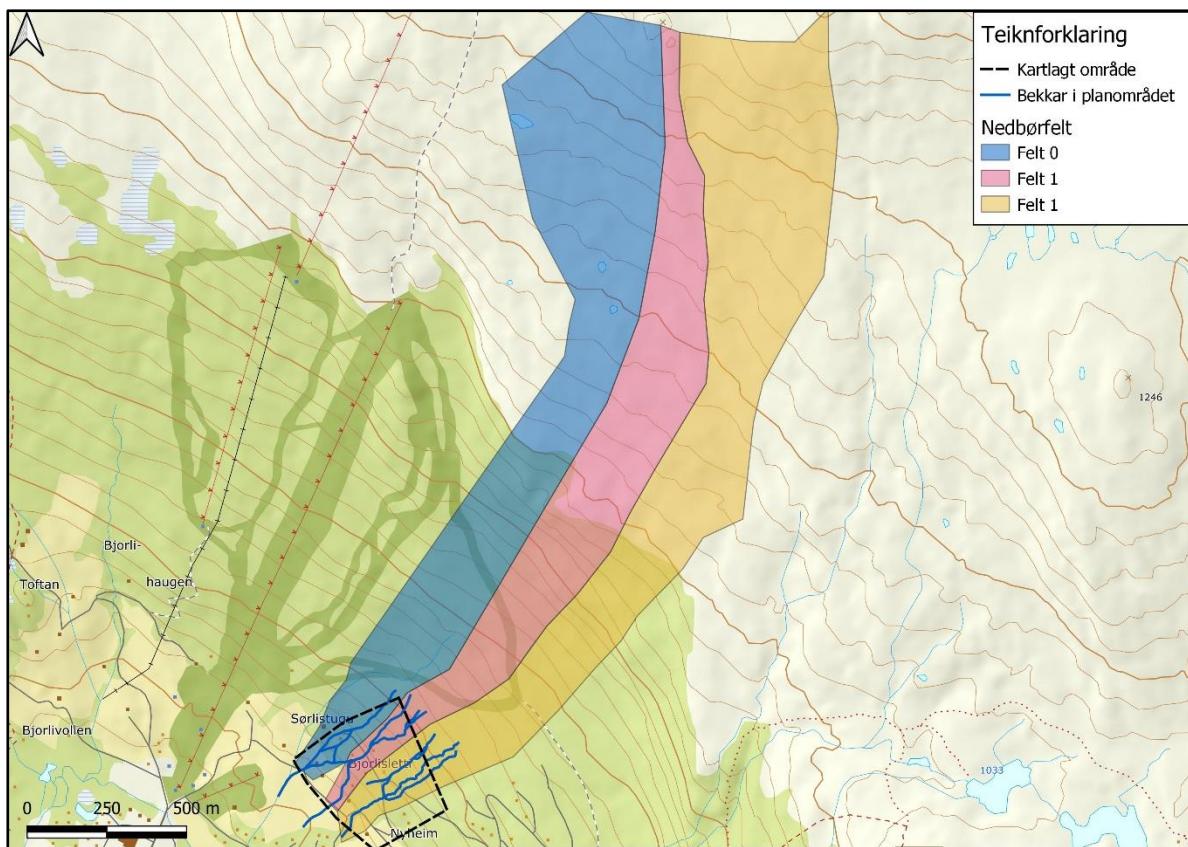
Figur 2: Området som skal regulerast. Planforslag er utarbeidd av ingeniør Jostein Bo.

2.2 Skildring av vassdrag

Det renn i dag fleire bekkar gjennom det vurderte området. SGC har delt bekkan inn i tre delfelt. Alle bekkan har sitt kjeldeområde i dalsida som går opp mot Kollhøe (1401 moh.). Nedslagsfeltet er generelt dominert av fast fjell og skog. For ein meir detaljert skildring av bekkan vert det vist til tidlegare rapport (Ref-7). Figur 3 og Figur 4 viser kartlagde bekkar og tilhøyrande nedbørfelt, medan Tabell 2 viser viktige felteigeskapar for nedbørfelta.



Figur 3: Kartlagde bekkar som renn gjennom det kartlagde området.



Figur 4: Bekkane er delt inn i tre nedbørfelt. Kartkjelde: Statens kartverk.

Tabell 2: Feltkarakteristikkar for delfelta i det kartlagde området. Kjelde: nevina.nve.no.

Felt	Felt-storleik (ha)	Effektiv sjø (%)	Feltlengd (km)	H _{min} - H _{max} (moh.)	Snaufjell (km ²)	Skog (km ²)	Dyrka mark (km ²)	Anna (km ²)
Felt 0	71	0	2,1	615-1255	0,45	0,24	0,10	0,01
Felt 1	46	0	2,2	615-1260	0,26	0,18	0	0,02
Felt 2	80	0	2,3	610-1300	0,55	0,23	0	0,02

2.3 Klima

For å beregne flaumstorleikar i små nedbørfelt som dette, nyttar ein intensitet-varigheit-frekvensverdiar (IVF-verdiar). Det er henta inn IVF-kurver frå stasjon 15730 Bråtå som har statistikk frå 1968-1987 og stasjon 63420 Sunndalsøra som har statistikk frå 1978-1987. Dette er dei to stasjonane som ligg nærmast med denne typen data, og Bjarli ligg om lag midt mellom stasjonane. Måleseriane er noko korte, og det er knytt ein del usikkerheit i å beregne 200-årsflaum med 19 og 9 års statistikk. Det kan òg vere store lokale variasjonar når det gjeld intens nedbør som desse kurvene byggjer på. Konsentrasjonstida til felta i kartleggingsområdet ligg kring 50 minutt. Bråtå har lengst serie og viser noko høgare avrenning på varigheiter på kring 1 time. Sidan Sunndalsøra har kort måleserie og sidan Bråtå viser noko høgare verdiar, nyttar SGC IVF-verdiane frå Bråtå vidare i denne rapporten.

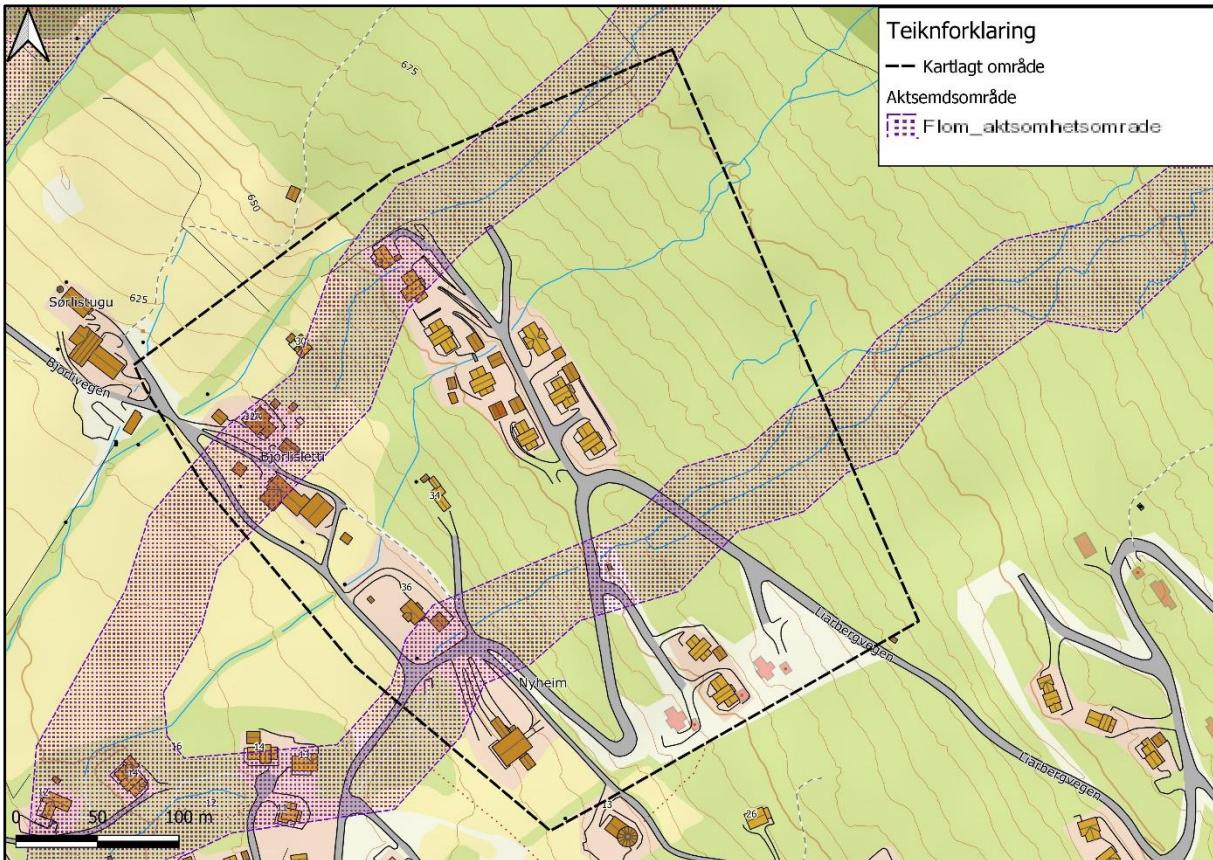
Tabell 3: IVF-verdiar frå stasjon 15730 Bråtå.

	IVF-verdier (l/(s*ha))															
	Varigheter (minutter)															
Gjentaksintervall (år)	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	81,9	73,9	65,0	57,4	42,8	35,0	29,2	23,8	18,8	16,6	13,0	11,3	9,0	6,2	4,0	2,4
5	111,8	97,9	89,3	76,3	58,2	48,4	42,2	35,8	28,0	23,4	17,9	14,8	10,6	7,7	5,0	3,0
10	131,6	113,8	105,4	88,9	68,4	57,2	50,9	43,7	34,0	28,0	21,1	17,0	11,7	8,8	5,7	3,3
20	150,7	129,0	120,8	100,9	78,1	65,7	59,2	51,3	39,8	32,3	24,2	19,3	-	9,8	6,4	3,7
25	156,7	133,9	125,7	104,7	81,2	68,3	61,8	53,8	41,6	33,7	25,2	19,9	-	10,1	6,6	3,8
50	175,3	148,8	140,7	116,4	90,8	76,6	70,0	61,2	47,3	38,0	28,2	22,1	-	11,1	7,2	4,1
100	193,8	163,5	155,7	128,1	100,2	84,8	78,0	68,6	53,0	42,2	31,3	24,2	-	12,1	7,9	4,4
200	212,2	178,3	170,6	139,7	109,7	93,0	86,1	75,9	58,6	46,4	34,3	26,4	-	13,0	8,5	4,8

Norsk klimaservicesenter utarbeidde ein klimaprofil for Oppland i 2016. Klimaprofilen er eit kortfatta samandrag av klimaet, forventa klimaendringar og klimautfordringar i Oppland. Klimaprofilen gjev også tilrådingar om korleis ein skal handsame klimautfordringane. I Oppland vil klimaendringane truleg føre til at det vil være særleg behov for å gjere tilpassingar til kraftig nedbør og auka problem med overvatn. Det er forventa at episodar med kraftig nedbør vil auke vesentleg i styrke og hyppigkeit. Det er derfor tilrådd å legge til eit klimapåslag på minst 40 % på regnskol med varigheit på mindre enn 3 timer.

2.4 Aktsemdeskart for flaum

NVE har utarbeidd og presentert aktsemdeskart for flaum på atlas.nve.no som syner kva område som kan vere utsette for flaum. Aktsemdsområda er generert basert erfaringstal for norske vassdrag som vert kombinert med ein terregnmodell. Figur 5 viser at det er aktsemdsområde for flaum langs to av bekkane i området.



Figur 5: Aktsemdeskartet viser at det er aktsemdsområde for flaum langs to av bekkane i det kartlagde området. Kjelde: atlas.nve.no og Statens kartverk.

3. Feltarbeid

Det har blitt utført fleire synfaringar i området. Den første vart utført av Einar Alsaker får SGC i 2016. For skildringar frå denne synfaringa vert det vist til Rev. 1 av denne rapporten.

Det vart utført ei ny synfaring av Anders Haaland frå SGC den 29.10.2022. Planområdet for Bjorli Premium og alle kulvertar og bruer nedstraums for planområdet fram til Rauma vart særskilt undersøkt. Kritiske punkt som kan råke byggeområda i planområdet vart òg kartlagt.

3.1 Gorrobrennbekken og Bekk-0

Gorrobrennbekken/bekk 0 renn langs nordvestre avgrensing av planområdet, gjennom BST og langs BFF1. Oppstraums for planområdet renn bekken i sitt naturlege løp, medan langs BFF1 er bekkeløpet utbetra med erosjonssikring. Det vart ikkje observert kritiske punkt, som t.d. flate område med låge bekkekantar der bekken kan bryte gjennom og råke BFF1. Den hydrauliske modelleringa (Kap. 5.1) stadfestar dette.

Sidan BFF1 allereie er sikra mot flaum og erosjon frå eksisterande tiltak, er det ikkje naudsynt med tiltak langs Gorrobrennbekken for å oppnå tilstrekkeleg tryggleik mot flaum og erosjon. Utbygginga vil dermed ikkje endre avrenninga og heller ikkje påverke avrenninga nedstraums for planområdet.



Figur 6: Erosjonssikra bekkeløp til Gorrobrennbekken langs vestre avgrensing av planområdet gjev tilstrekkeleg tryggleik mot flaum og erosjon i BFF1.

3.2 Bekk 1

Bekk 1 renn gjennom skiløypa og grøntområde GN2, mellom BFF1 i vest og BFF2 og BFF5 i aust. Bekken har to løp oppstraums for og gjennom planområdet, og vert samla i eitt løp like nedstraums for planområdet. Det vestlege løpet er lite definert, og ein kan ikkje sjå teikn til at det har runne vatn her på ei stund. Truleg er dette eit flaumløp der det renn vatn ved sjeldne hendingar. Løpet i aust er meir definert, og her renn det vatn med jamne mellomrom gjennom året. Bekken renn i relativt grove morenemassar, og ein ser generelt lite teikn på erosjon langs bekkeløpet. I øvre deler av planområdet har bekken ein brå sving, langs BFF5, der bekkeløpet ikkje er særleg djupt. Dette er eit kritisk punkt der bekken kan bryte ut ved flaum. Vi kunne likevel ikkje sjå teikn til at dette har skjedd i nyare tid. I nedre deler av planområdet er det òg eit kritisk punkt og ein flaumveg der det har runne vatn. Flaumvegen råkar så vidt nedre deler av BFF2, før den vert føya saman med hovudløpet nedstraums for planområdet.

På grunn av kritiske punkt og observert flaumveg, må det gjerast enkelte tiltak langs denne bekken for å oppnå tilstrekkeleg tryggleik mot flaum og erosjon.

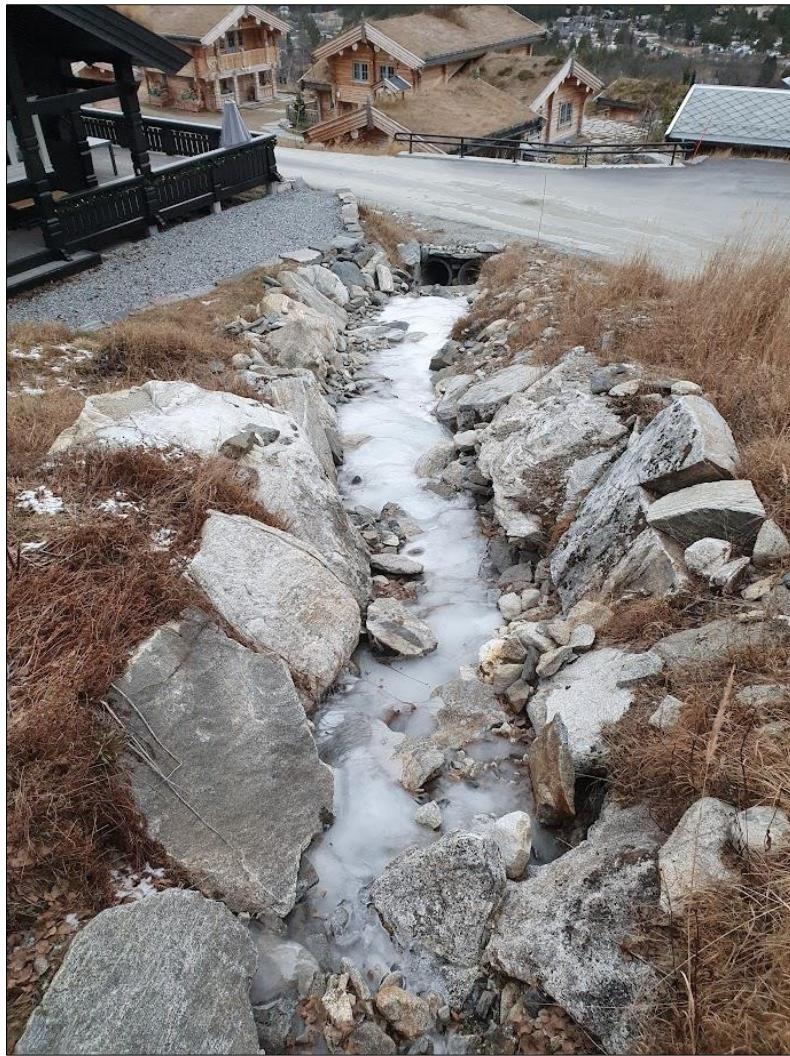
SGC er kjend med at det er problem knytt til denne bekken nedstraums for planområdet. Her er det eit kulvertinntak og oppstraums for inntaket, ved gbnr. 2/1381, kan bekkeløpet flaume over under snøsmelting og inn på nemnde eigedom. Det har også skjedd at oppstuvning ved inntaket har ført til at vatn har komt på avvege vidare ned på Bjorlisletten. Figur 9 viser bekkeløpet mellom planområdet og inntaket til kulverten. Her kan ein sjå at det er relativt låge kantar, slik at bekkeløpet kan ha for liten kapasitet.



Figur 7: Hovudløpet til bekk 1 renn i relativt grove morenemassar, og ein ser generelt lite teikn på erosjon langs bekkeløpet. .



Figur 8: Det er ikkje tydeleg på biletet, men i nedre deler av planområdet er det eit kritisk punkt og ein flaumveg som renn attende til hovudløpet etter om lag 30 m.



Figur 9: Bekkeløpet nedstraums for planområdet, inn mot kulvert 6.

3.3 Bekk 2

Bekk 2 renn langs austre avgrensing til BFF2 og BFF5. Aust for bekken er det sett av eit grøntområde i øvre deler og byggeområdet BFF3 i nedre deler. Bekken har eit beint løp, utan brå svingar både eit stykke oppstraums for og gjennom planområdet. Bekken renn i relativt grove morenemassar, og ein kunne ikkje sjå teikn til erosjon langs bekkeløpet. I øvre deler av planområdet har bekken eit lite definert bekkeløp, og det er kartlagt to kritiske punkt der vatn kan ta ein ny veg. Lenger nedstraums er bekkeløpet derimot meir definert, og terrenget vil styre vatnet attende til bekkeløpet like oppstraums for der tilkomstvegen er planlagt. I nedre deler av planområdet er bekkeløpet relativt godt definert, og det er ikkje kartlagt kritiske punkt her.

Like oppstraums for plangrensa er det ein liten haug ovanfor byggeområdet BFF5. Terrenget elles kring haugen er ope, og bekkeløpet er lite definert (Figur 10). Haugen vil likevel styre vatnet vekk frå byggeområdet og bør derfor ligge slik den ligg i dag.

Langs bekk 2 vil det ikkje vere naudsynt med tiltak, anna enn å bevare nemnde haug.



Figur 10: Bekk 2 like før den renn inn i planområdet. Bekken kan skimtast i nedre del av biletet. Den grøne haugen vil hindre at vann renner inn i BFF5, og bør behaldast.

3.4 Bekk 3 (a og b)

Bekk 3 a og b er to bekkeløp i austre del av planområdet. Bekkane er delt av ein liten rygg og renn gjennom grøntområde GN6, der bekk 3a går langs austre avgrensing til BFF3 og bekk 3b går langs vestre avgrensning til BFF6 og BFF4.

Bekkane renn i grove morenemassar og det er ingen teikn til erosjon langs bekkane, med unntak av ved inntaka til kulvertane som er nedstraums for planområdet. Årsaka til at det har føregått erosjon her, er at ein har endra på høgdeskilnaden slik at ein liten lausmasseskråning står att ovanfor veggrøfta. Dette har ført til at bekkene har erodert lokalt ovanfor vegen. Inntaka til kulvertane må sikrast mot erosjon. Dette gjeld spesielt for bekk 3b, der høgdeskilnaden til vegskjeringa er størst. Her kan ein også vurdere terskel eller rist framfor kulvertinntaket for å hindre massetransport.

Langs bekk 3a er det påvist tre kritiske punkt der to av dei ligg på oppsida av den planlagde vegen. Desse to vil ikke utgjere noko fare for byggeområda. Eitt av dei ligg ved grensa til BFF3 der det bør gjerast tiltak.

Langs bekk 3b er det også påvist tre kritiske punkt. Eitt av dei ligg der vegen er planlagt og vil ikke utgjere noko fare for byggeområdet. Dersom vatnet tek ny veg ved dei to andre punkta, kan det i ytste konsekvens råke BFF6 og BFF4.



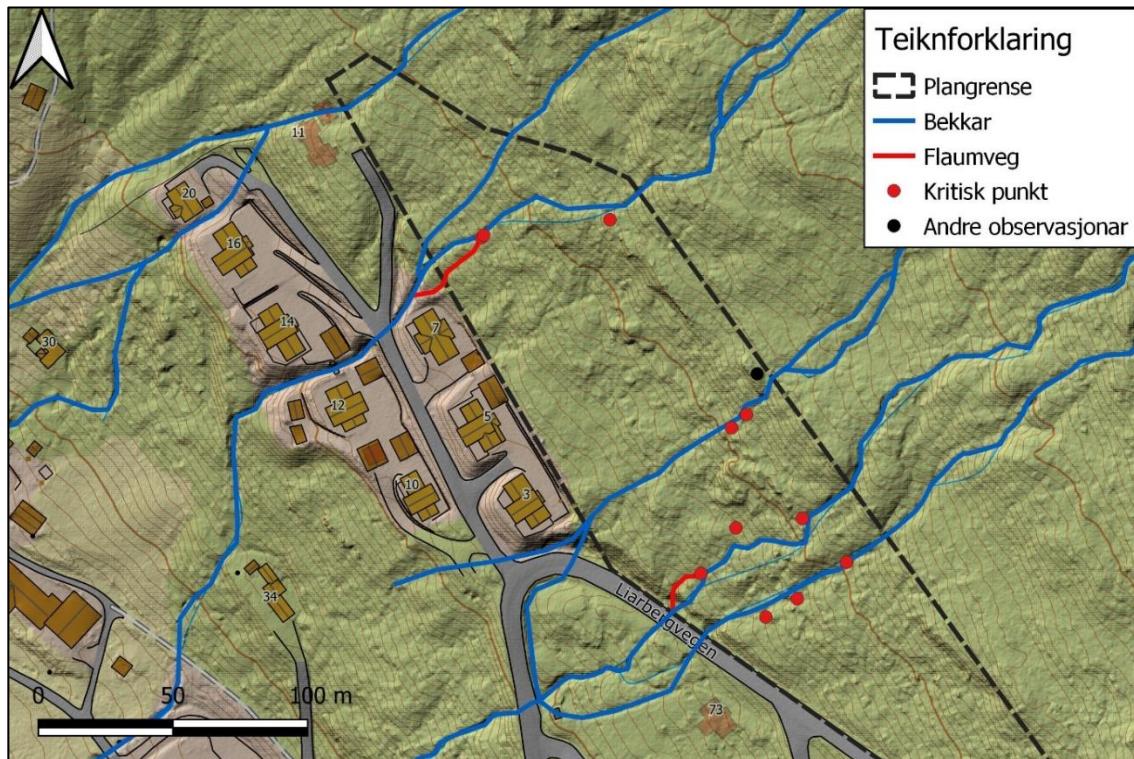
Figur 11: Høgre bilet: Bekk 3a nedstraums for planområdet der den kryssar Liarbergvegen i eitt betongrør med ein innvending diameter på 600 mm. Bekk 3b ved inntaket til kulverten under vegen.



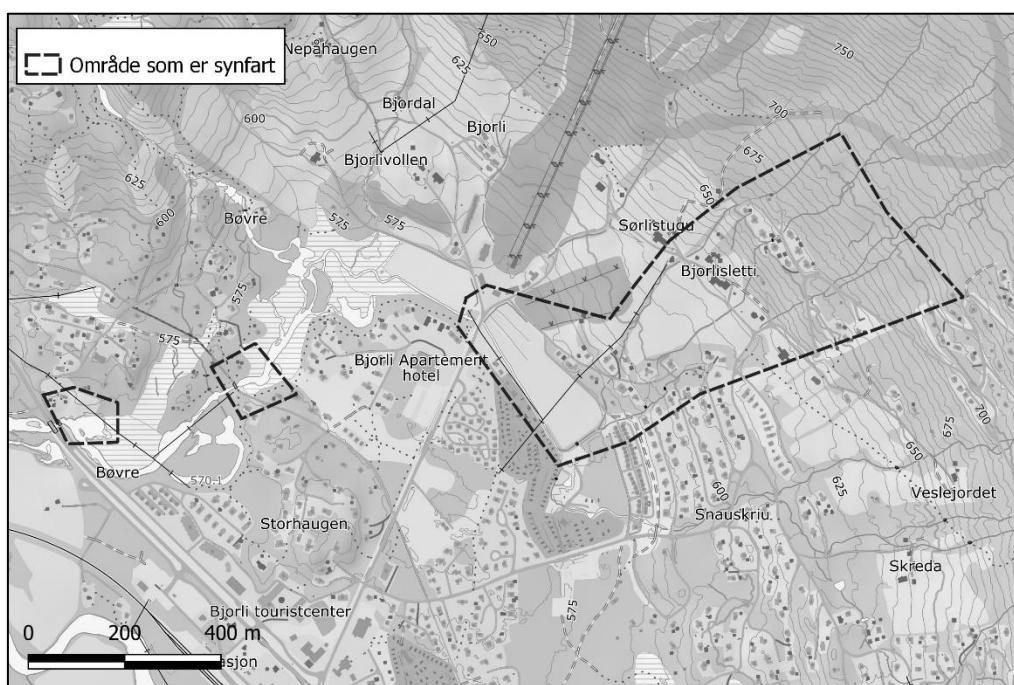
Figur 12: Nedre deler av bekk 3b. Bekken renn i grove morenemassar. Her er eit kritisk punkt lang grensa til BFF4.

3.5 Registreringskart

Figur 13 viser alle viktige observasjonar som vart gjort i og i nærleiken av planområdet 29. november 2022. Eit større område vart synfart i samband med kartlegging av kulvertar og bruer som ligg nedstraums for planområdet. Kulvertar i og nedstraums for planområdet er skildra i kapittel 7.



Figur 13: Registreringskart etter synfaringa 29. november 2022. Kulvertar i og nedstraums for planområdet er vist i eit eige registreringskart i kapittel 6.



Figur 14: Område som er synfart.

4. Fastsetjing av flaumstorleikar

4.1 Den rasjonelle metode

For å berekne dimensjonerande avrenning for dei tre nedbør felta er *den rasjonelle metoden* nytta. Denne er eigna for berekningar av avrenning frå nedbørsfelt som er mindre enn 5 km^2 (SVV, håndbok N200). Avrenninga er berekna ut ifrå ein returperiode på 200 år; altså 200-årsflaumen. I fylge *den rasjonelle metoden* er avrenninga (Q) gitt ved:

$$Q = C \times i \times A \times K_f$$

Der C er avrenningsfaktoren, som er sett til 0,35 for skogsområde og 0,7 for områder med bart fjell (Tabell 4). Avrenningsfaktoren er midlare vekta. i er dimensjonerande nedbørsintensitet, A er feltarealet og K_f er klimafaktor (1,4 jf. Norsk klimaservicesenter sine tilrådingar). Den dimensjonerande nedbørsintensiteten vert rekna ut i frå feltet si konsentrasjonstid (t_c) og varierer med gjentakingsintervallet. I fylge Statens vegvesen, handbok N200, er konsentrasjonstida t_c gitt ved:

$$t_c = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{se}$$

der L er lengda av feltet (m), H er høgdeskilnaden i feltet (m) og A_{se} er andel innsjø i feltet. Tabell 6 summerer opp utrekninga av konsentrasjonstida og avrenninga frå nedbør felta til dei fire nedslagsfelta. Konsentrasjonstida (tidsfaktoren) er berekna frå formelen ovanfor. Deretter er nedbørsintensiteten henta frå i Kap. 2.3.

Avrenningsfaktoren vert midlare vekta ut i frå arealfordelinga i felta. Tilrådde avrenningsfaktorar er gjeve i Tabell 4 og vert berekna ut i frå følgjande formel:

$$C = (C_1 * A_1 + \dots + C_n * A_n) / A$$

Der C₁...C_n er avrenningsfaktorane og A₁...A_n er areala til dei ulike delfelta. Avrenningsfaktoren for 200-årsflaum er i tillegg lagt til ein faktor på 1,3.

Tabell 5 og Tabell 6 viser resultata frå berekningane for høvesvis 20-og 200-årsflaum.

Tabell 4: Avrenningsfaktorar.

Arealtype	Avrenningsfaktor (C)
Skog	0.35
Bart fjell	0.70
Dyrka mark	0.30

Tabell 5: Feltparameter og utrekning av avrenninga frå dei tre nedbørsselta for nedbørssum med ein returperiode på 20 år.
 Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % på storleiken på avrenninga.

	Avrenningsfaktor (C)	Feltareal (ha)	Nedbørsintensitet (l/s)	Klimafaktor (Kf)	Avrenning (l/s)	Avrenning (m³/s)
Felt 0	0.57	71	37.5	1.4	2113	2.1
Felt 1	0.55	46	37.5	1.4	1339	1.3
Felt 2	0.59	80	37.5	1.4	2496	1.3

Tabell 6: Feltparameter og utrekning av avrenninga frå dei tre nedbørsselta for nedbørssum med ein returperiode på 200 år.
 Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % på storleiken på avrenninga.

	Avrenningsfaktor (C)	Feltareal (ha)	Nedbørsintensitet (l/s)	Klimafaktor (Kf)	Avrenning (l/s)	Avrenning (m³/s)
Felt 0	0.74	71	55	1.4	4029	4.0
Felt 1	0.72	46	55	1.4	2553	2.6
Felt 2	0.77	80	55	1.4	4760	4.8

5. Hydraulisk modellering

5.1 HEC-RAS

For å rekne ut vasstanden og areal som kan verte flauma over i planområdet, er det hydrauliske modelleringsverktøyet Hec-Ras 5.0.7 nytta. Programmet er utvikla av det amerikanske forsvarsdepartementet og første versjon vart ut i 1996.

Programmet kan modellere både 1-dimensjonalt (1D) og 2-dimensjonalt (1D). 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 terregmodell basert på tilgjengeleg laserdata. I dette prosjektet, er det nytta laserdata frå prosjekt Nord-Gudbrandsdal 2020 som har ein punktettleik på 5 pkt./m². I tillegg er det gjort oppmåling oppmålingar av kulvertdimensjonar i kartleggingsområdet.

I dette prosjektet er det utarbeidd ein hydraulisk 2D-modell. Modellen er utarbeidd med ein cellestorleik på 1 m. I områder med store terregendringar, som t.d. elvekantane, elva osb., er det lagt inn «*breaklines*» med fast cellestorleik på 0,5 m. Som oppstraums grensevilkår er det utarbeidd flaumkurver for 20- og 200-årsflaum, og som nedstraums grensevilkår er terrengradienten nytta,

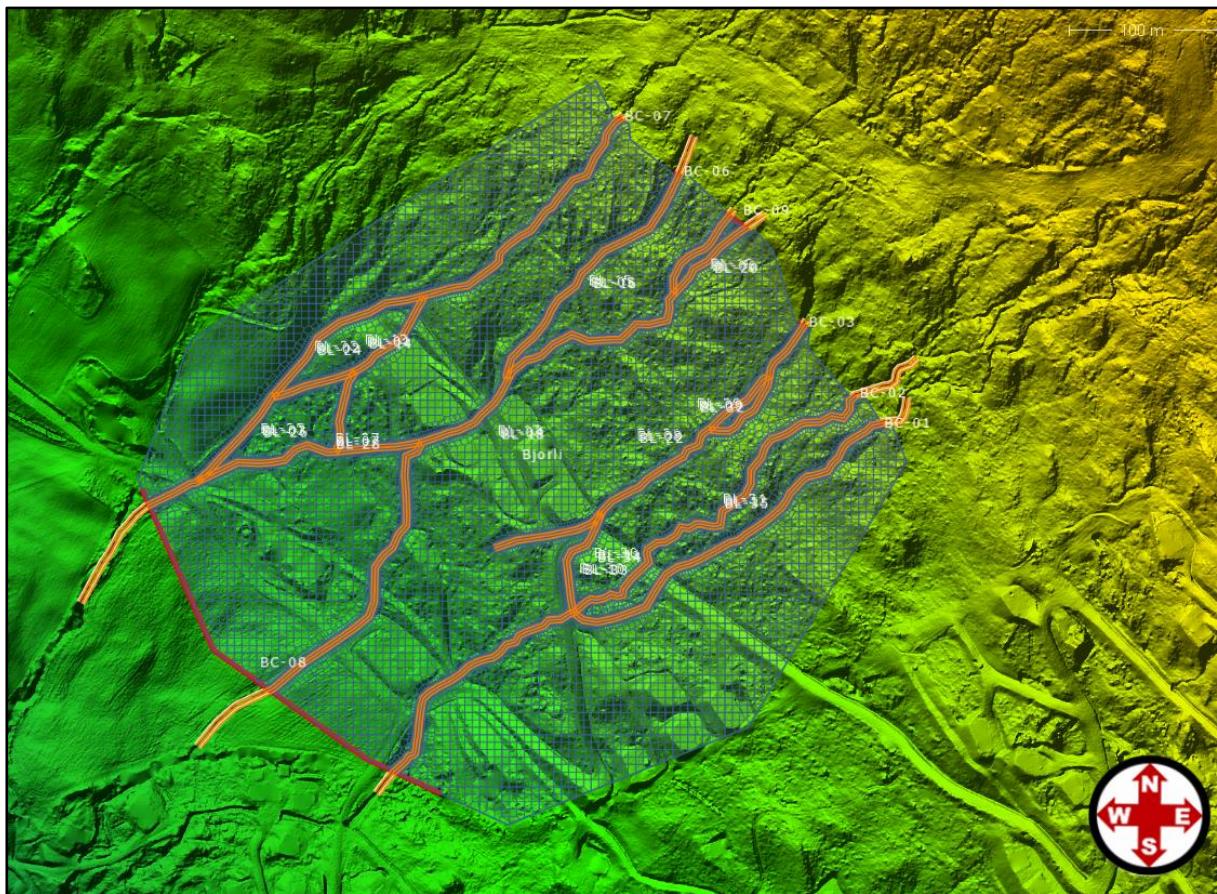
Ein viktig parameter i modellane, er elva og kringliggende terreng si ruheit. Ruheita vert gjeve som Mannings-tal. Verdiane som er nytta er henta frå litteraturen (Ref-8), og overflatetypane er henta frå observasjonar gjort under synfaringa, flybilete og FKB-data. Tabell 7 viser manningstala som er nytta.

For å få eit heilskapleg bilet på flaumsituasjonen i området, er analyseområdet trekt eit godt stykke oppstraums og nedstraums for planområdet. Ein vil då fange opp eventuelle kritiske punkt og flaumvegar der vatnet kan bryte ut å ta ein ny veg nedover.

Det er også gjort ei konservativ modellering av vasstand ved 200-årsflaum inkl. klimapåslag ved bruia langs Gamle Kongeveg som går over Bøvre 1 km nedstraums for planområdet. Her er Nevina nytta for å hente dimensjonerande flaumstorleik, som er 92,2 m³/s. Lysopninga vart målt opp under synfaringa og er målt til 2 m x 6,7 m. Det går òg ei bru langs Bøvrevegen over Bøvre like oppstraums for samløpet til Rauma. Denne har ei lysopning på 2,4 m x 7 m. Oppstraums for denne bruia er det derimot særskilt kompliserte hydrauliske tilhøve. Å utarbeide ein hydraulisk modell ved bruia som har akseptabel usikkerheit vil vere svært ressurskrevjande, og det er derfor ikkje gjort i dette prosjektet.

Tabell 7: Manningtal nytta i den hydrauliske modellen.

Overflate	Manningtal
Elveløp	0,045
Dyrka mark	0,03
Skog	0,06
Bebygde områder	0,03

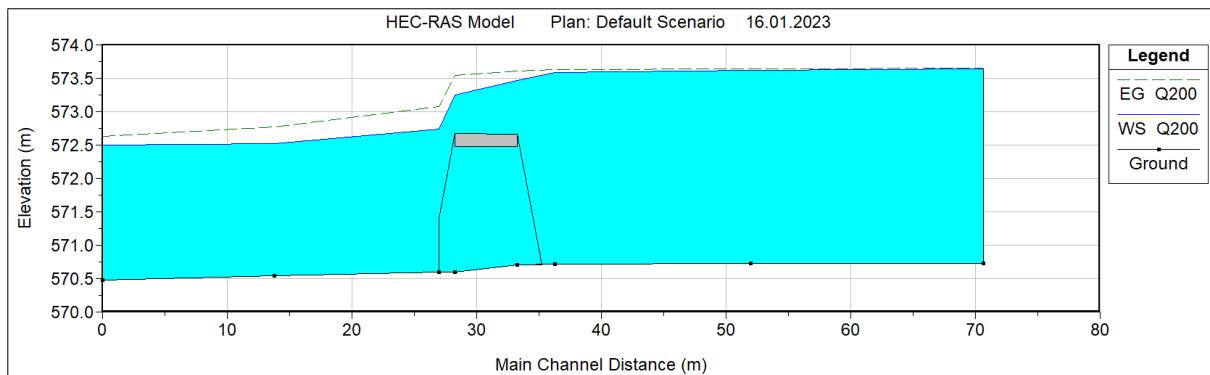


Figur 15: 2D-modell over analyseområdet. 2D-modellen består av eit *mesh* der cellestorleiken er 1 m. Langs bekkar og er cellestorleike 0.5 m.

5.2 Resultat

Resultata frå modelleringa viser areal som vert fløyma over ved 20- og 200-årsflaum. Dette er presentert i faresonekart for flaum i Vedlegg 1. Det er vesentlege feilmarginar i denne modelleringa, som skuldast kartgrunnlag, definering av nedbørfelt og flaumstorleikar, samt val av manningstal. Ei sone på minst 6 m på kvar side av bekkeløpet er derfor inkludert i faresonekartet for 200-årsflaum.

Modellering av vassline ved 200-årsflaum ved Gamle Kongeveg viser at bruа ikkje har kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum og at vasstanden vil vere nær 1 m over bruа. Det er ikkje utarbeidd ein hydraulisk modell ved bruа like oppstraums for samløpet til Rauma. Lysopninga er noko større, men på grunn av lågare terregngradient og noko større feltareal, er det høgst truleg at også denne bruа har for låg kapasitet.



Figur 16: Modellert vassline ved 200-årsflaum ved brua som går langs Gamle Kongeveg.

5.3 Dimensjonering av kulvertar

For å beregne naudsynte dimensjonar på kulvertar i planområdet, er det hydrauliske programmet HY-8 nytta. Føresetnad for berekningane er at det er innløpskontrollert, at innløpa ikkje skal verte dykka og at dei har ei helling på minst 1 %. Andre dimensjonar/føresetnadar kan vurderast ved ei detaljprosjesktering av kulvertane. Resultata er vist i Tabell 8.

Det er også utført ei konservativ vurdering med same føresetnadar av alle kulvertar nedstraums for planområdet fram til hovudresipient som er Rauma. Resultata er vist i kapittel 6 (Tabell 9).

Tabell 8: Naudsynte dimensjonar ved 200-årsflaum for kulvertar i planområdet.

Bekk	Avrenning (l/s)	Naudsynt dimensjon
Bekk 0/Gorrobrennbekken	4029	1400
Bekk 1	2553	1250
Bekk 2	1428	1050
Bekk 3a	1904	1000
Bekk 3b	1428	1050
Bekk 3 samla	3332	1400
Bekk 2 og 3 samla	4760	1550

6. Eksisterande flaumfarevurderingar

Det er fleire reguleringsplanar som er under arbeid på Bjarli. Den mest aktuelle for dette prosjektet er reguleringsplan for utviding av Bjarlia NV, der Norconsult har utarbeidd ei flaumfarevurdering for planområdet (Ref-9).

Bjarlia NV ligg oppstraums og noko mot aust for det kartlagde området. To av delfelta som SGC har kartlagt (felt 1 og 2) er felles for begge planområda. Nedbørfelta for bekk 1 og 2 i Norconsult sin rapport svarar til delfelt 2 (bekk 2 og 3) i SGC sin rapport. Storleiken på delfelta er berekna til $0,79 \text{ km}^2$ (Norconsult) og $0,8 \text{ km}^2$ (SGC). SGC har altså berekna feltet marginalt større, noko som skuldast at punktet feltet er berekna ut i frå ligg noko lengre nede i dalsida. Når det gjeld flaumberekninga viser det om lag same resultat, SGC har berekna 200-årsflaum inkl. 40 % klimapåslag til $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ og Norconsult har tilsvarende berekna den til $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Skilnaden kan skuldast ulik feltstorlek, val av manningstal og IVF-kurve.

Bekk 3 og 4 i Norconsult sin rapport, svarar til delfelt 1 (bekk 1) i SGC sin rapport. Her er feltstorleiken lik ($0,46 \text{ km}^2$). 200-årsflaum inkl. 40 % klimapåslag har Norconsult berekna til $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ mot SGC som har berekna den til $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Norconsult har også utført ei hydraulisk 2D modellering for å estimere flaumutbreiinga ved 200-årsflaum, men det er etter det vi kjenner til ikkje utarbeidd faresonekart for flaum. Resultata fra Norconsult si modellering viser relativt bra samsvar med faresonekartet for flaum som SGC har utarbeidd. Det er likevel noko større flaumutbreiing i området oppstraums for planområdet i Norconsult si modellering, men i sjølve planområdet er det temmeleg bra samsvar. Skilnaden nord for planområdet kan skuldast val av terskelverdi (minste flaumdjup som vert vist på kartet) eller at det er lagt inn fleire bekkar i SGC sin modell.



Figur 17: Resultat frå Norconsult si hydrauliske modellering av planområdet nordaust for Bjarli Premium (Ref-9).

Norconsult har også utarbeidd flaum og overvassvurderingar i samband med områdereguleringsplan for Bjarli (Ref-11). Her er alle delfelta som SGC har definert for Bjarli

Premium. Dette er derimot ei meir overordna vurdering der delfelta som SGC har definert, er definerte lenger nedstraums etter samløpa av bakkane slik at færre felt er skildra.

Areal + har utarbeidd ein rapport om tilrådde flaum- og overvasstiltak i samband med reguleringsplanarbeid for Bjarli Fjellandsby (Ref-10). Planområdet ligg om lag 500 m nedstraums for Bjarli Premium, og alle bekkane som renn gjennom Bjarli Premium renn òg gjennom Fjellandsbyen.

7. Kulvertar nedstraums for planområdet

Under synfaringa 29. november 2022 vart alle kulvertar og bruer fram til Rauma kartlagt og oppmålt. Det er også gjort ei konservativ vurdering av kapasiteten til kulvertane og om dei er tilstrekkeleg dimensjonert for å handsame ein 200-årsflaum inkludert klimapåslag etter dagens situasjon. Tabell 9 summerer opp vurderingane og Figur 18 viser plasseringane til kulvertane.

Ved kulvert 6 er har vi fått opplyst at det oppstuvning av vatn ved inntaket kan føre til at vatn råkar eigedommane nedanfor. I følgje våre berekningar har kulverten tilstrekkeleg kapasitet, men det er knytt noko usikkerheit til desse berekningane og dei tek heller ikkje omsyn til om inntaka vert blokkert. Is eller lausmassar kan til ha redusert kapasiteten og ført til oppstuvning av vatn.

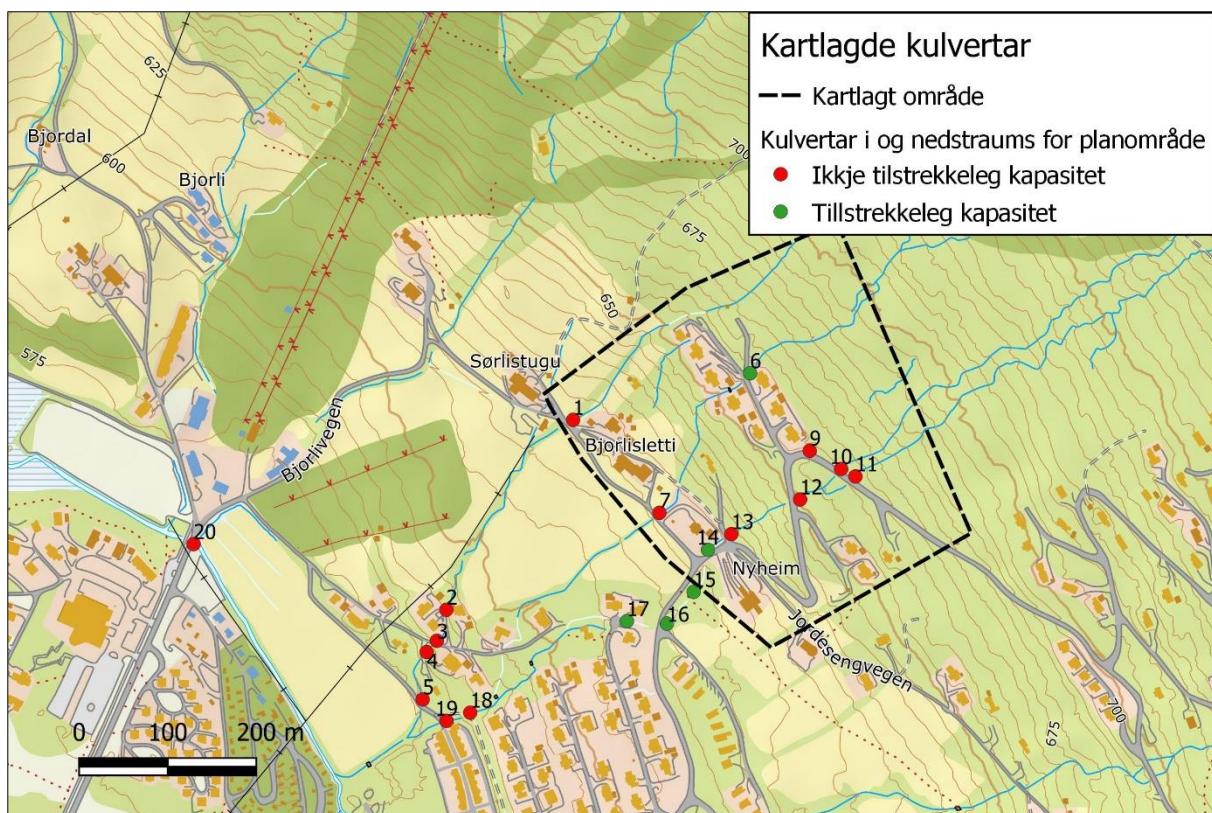
Tabell 9: Kartlagde kulvertar i og nedstraums for planområdet. Tabellen summerer opp dimensjonar på rør, kva bekk dei høyrer til og om kulvertane har kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum.

Kulvert	Røyrdimensjon (mm)	Bekk	Kapasitet	
1	770	0	Nei	
2	980	0	Nei	
3	980	0	Nei	

4	980	0	Nei		
5	980	0	Nei		
6	2x770	1	Ja*		
7	1500x800 (firkanta)	1	Nei		
9	600	2	Nei		
10	600	3A	Nei		

11	770	3B	Nei		
12	1000	2 og 3	Nei		
13	1000	2 og 3	Nei		
14	2x1800	2 og 3	Ja		
15	2x1800	2 og 3	Ja		
16	2x1800	2 og 3	Ja		

17	2x1800	2 og 3	Ja		
18	800	1- 3	Nei		
19	770	1- 3	Nei		
20	1600	0-3	Nei		



Figur 18: Kartlagde kulvertar i og nedstraums for planområdet. Kartkjelde: Statens kartverk.

8. Sikringstiltak

Deler av planområdet ligg innanfor faresone for 200-årsflaum. Utbygging i planområdet må derfor gjerast med enkelte vilkår og tiltak.

Det viktigaste tiltaket er å behalde dei naturlege bekkeløpa så godt det let seg gjere og at ein ikkje gjer tiltak i sjølve bekkeløpa som kan auke vasshastigheita. Det er òg viktig at bekkane har god plass, slik at eksisterande og nye bygg og anna infrastruktur ikkje vert råka under flaumhendingar. Flaumsonekartet for 200-årsflaum er i utgangspunktet konservativt, men for å hindre at utbygginga endrar avrenninga og at nye bygg kjem for nær bekkane, er det i tillegg lagt til ei sone på minst 6 m på kvar side av bekkane som ein buffer der ein ikkje kan gjere tiltak. Avrenninga gjennom planområdet vil på denne måten ikkje verte endra, og heller ikkje forverre flaumsituasjonen nedstraums for planområdet.

Ved vegkryssingar må nye kulvertar etablerast slik at dei ikkje aukar strøymehastigheita. Ein kulvert vil auke vasshastigheita nedstraums. Dette kan til dømes gjerast ved å etablere energidrepebasseng eller tersklar nedstraums for utløpet. Dette må vurderast for kvar einskild kulvert.

Det vart ikkje observert teikn på erosjon langs bekkeløpa i planområdet, og buffersona på 6 m på kvar side er vurdert til å vere tilstrekkeleg til at utbyggingsområda er sikra mot erosjon. Unntaka er kulvertinntak og utløp. Spesielt oppstraums for kulverten til bekk 3b, nedst i planområdet, har det føregått erosjon. Årsaka er at det er høgdeskilnaden før inntaket. Alle inntak og utløp må steinsettast for å hindre erosjon. Eventuelt kan ein etablere tersklar/rister føre inntaka for å hindre massetransport.

Kulvertane vil krevje vedlikehald og ettersyn. Spesielt etter flaumhendingar kan det ha samla seg lausmassar i eller ved kulvertane. Det må lagast ein plan for kva tilsyn som skal gjerast og kven som er ansvarleg for å utføre dette.

Under synfaringa vart det påvist fleire kritiske punkt og flaumvegar i planområdet. Flaumvegane er inkludert i faresonekartet for 200-årsflaum. Enkelte av dei kritiske punkta er ikkje fanga opp i den hydrauliske modellen, noko som kan skuldast kartgrunnlaget og den generelle usikkerheita i modellen. Punkta kan dermed representere reelle punkt der bekken kan bryte ut. SGC tilrår å etablere vollar, utanfor 200-årsflaumsona, ved desse punkta for å hindre at bekkane tek ein ny veg.

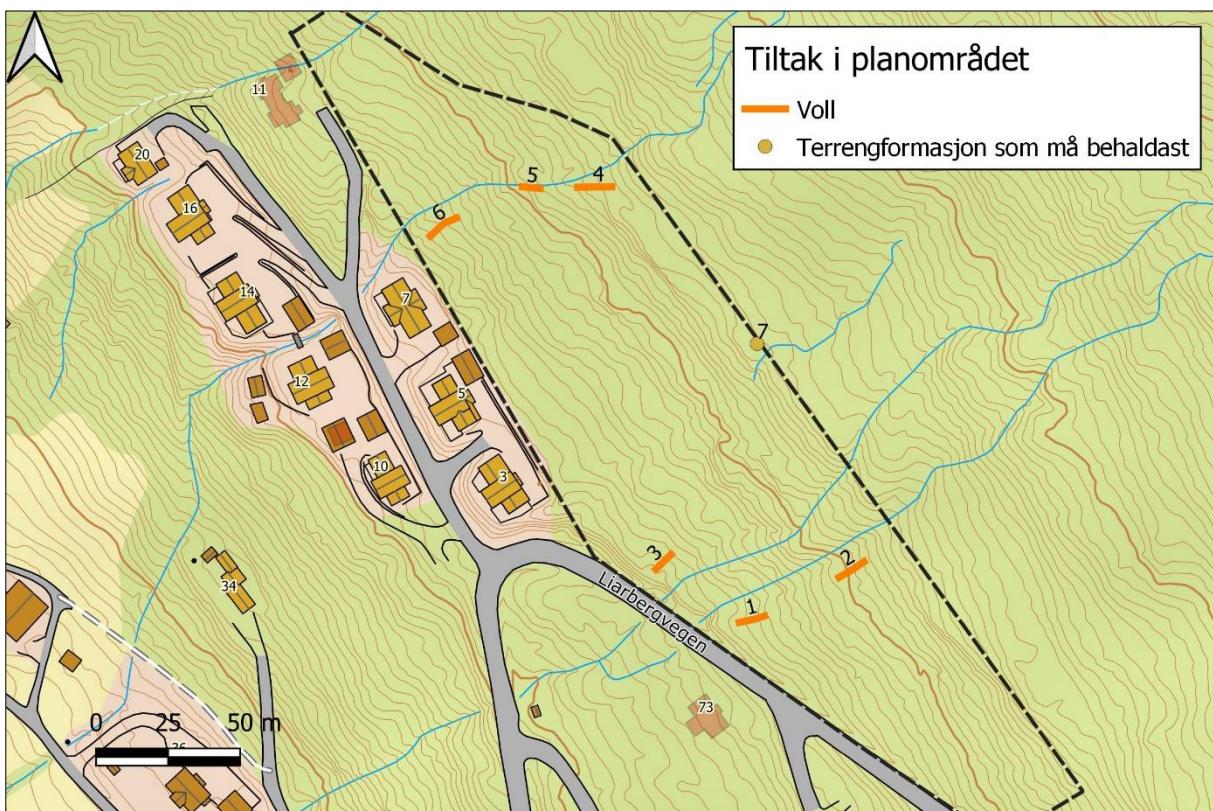
Når det gjeld dei kjende problema kring vatn på avvege langs bekk 1 nedstraums for planområdet, vil tiltak 6 til ein viss grad redusere dette. Samstundes er utbygginga i planområdet utforma slik at ein ikkje skal auke avrenninga nedstraums for planområdet, og vil såleis ikkje endre situasjonen nedstraums. Kapasiteten til bekkeløpet mellom planområdet og kulvert 6, er truleg for liten, og ei utbetring av bekkeløpet vil derfor redusere flaumfaren ved gbnr. 2/1381.

Tiltaka som er tilrådd i sjølve planområdet er vist i Tabell 10 og Figur 19.

Tabell 10: Oversikt over naudsynete tiltak i planområdet. Plasseringa til tiltaka er vist på Figur 19.

Tiltaksnummer	Skildring	Byggeområde som vert sikra
1	Voll ved kritis punkt	BFF4
2	Voll ved kritis punkt	BFF6

3	Voll ved kritisk punkt	BFF3
4	Voll ved kritisk punkt	BFF5
5	Voll ved kritisk punkt	BFF5 (tomta i NV)
6	Voll ved kritisk punkt	BFF2 (tomta i NV)
7	Behalde terrenghformasjon	BFF5 (tomta i SØ)



Figur 19: Plassering av tiltak i planområdet for Bjorli Premium. Kartkjelde: Statens kartverk.

9. Utbyggingas verknad nedstraums for planområdet

Kapasitetsberekingane av kulvertane og bruene nedstraums for planområdet viser at flesteparten av kulvertane er underdimensjonerte. Bruene som går over Bøvre har heller ikkje tilstrekkeleg kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum inkludert klimapåslag. Ein auke i avrenning frå planområdet som følgje av utbygginga vil derfor kunne føre til vesentlege ulemper for områda nedstraums for planområdet. Ein legg derfor opp til ei skånsam utbygging, der ein ikkje gjer noko inngrep i bekkefara eller i flaumsona for 200-årsflaum. I tillegg er det sett av ein minste avstand på 6 m på kvar side av bekkane. Bekkane vil då ha god plass ved flaumhendingar, og denne sona vil òg ta høgde for eventuelle feilmarginar i modelleringa. Unntaket er der tilkomstvegen er planlagt, der det vil vere naudsynt med nye kulvertar. Kulvertar vil ofta auke vasshastigheita nedstraums. Ein legg derfor opp til å etablere tiltak nedstraums for kulvertane som reduserer strøymehastigheita. Dette kan til dømes vere energidrepebasseng eller tersklar i bekkeløpet. Tiltaka og utbygginga som er tilrådd i denne rapporten vil ikkje endre på avrenninga frå bekkane i planområdet, og heller ikkje føre til endringar i avrenninga nedstraums for planområdet.

10. Referansar

- Ref-1: NVE, 2020: *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE-rapport 10/2020
- Ref-2: Norsk Klimaservicesenter, 2016: *Klimaprofil Oppland*
- Ref-3: NVE, 1997: *Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag*. Rapportnr. 14/97
- Ref-4: NVE, 2015: *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE-veileder 7/15
- Ref-5: NVE, 2009: *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer i stein*. NVE-veileder 4/2009
- Ref-6: Chow, V.T., 2009: *Open Channel Hydraulics*.
- Ref-7: SGC, 2016: *Flaumfarevurdering ved Bjarli Låve i Lesja kommune*. Dok. nr. 2016-05-050
- Ref-8: Sweco, 2014: *Overvannsplan Bjarli – Flomberegning og vannlinjeberegning*. Rapport nr.: 11797001-01
- Ref-9: Norconsult, 2022: *Flomfarevurdering utvidelse Bjorlia NV*
- Ref-10: Areal+, 2022: *Anbefalte flom- og overvannstiltak – Bjarli Fjellandsby*
- Ref-11: Norconsult, 2021: *Flom- og overvannsvurderinger for planområdet til Bjarli Utvikling*

Internettsider:

Kart, satellittbilete og topografiske profil:

<http://www.norgeskart.no>

<http://www.norgebilder.no>

<http://www.hoydedata.no>

Hydrologiske data:

<http://nevina.nve.no>

Klima:

<http://www.eklima.no>

<http://www.yr.no>

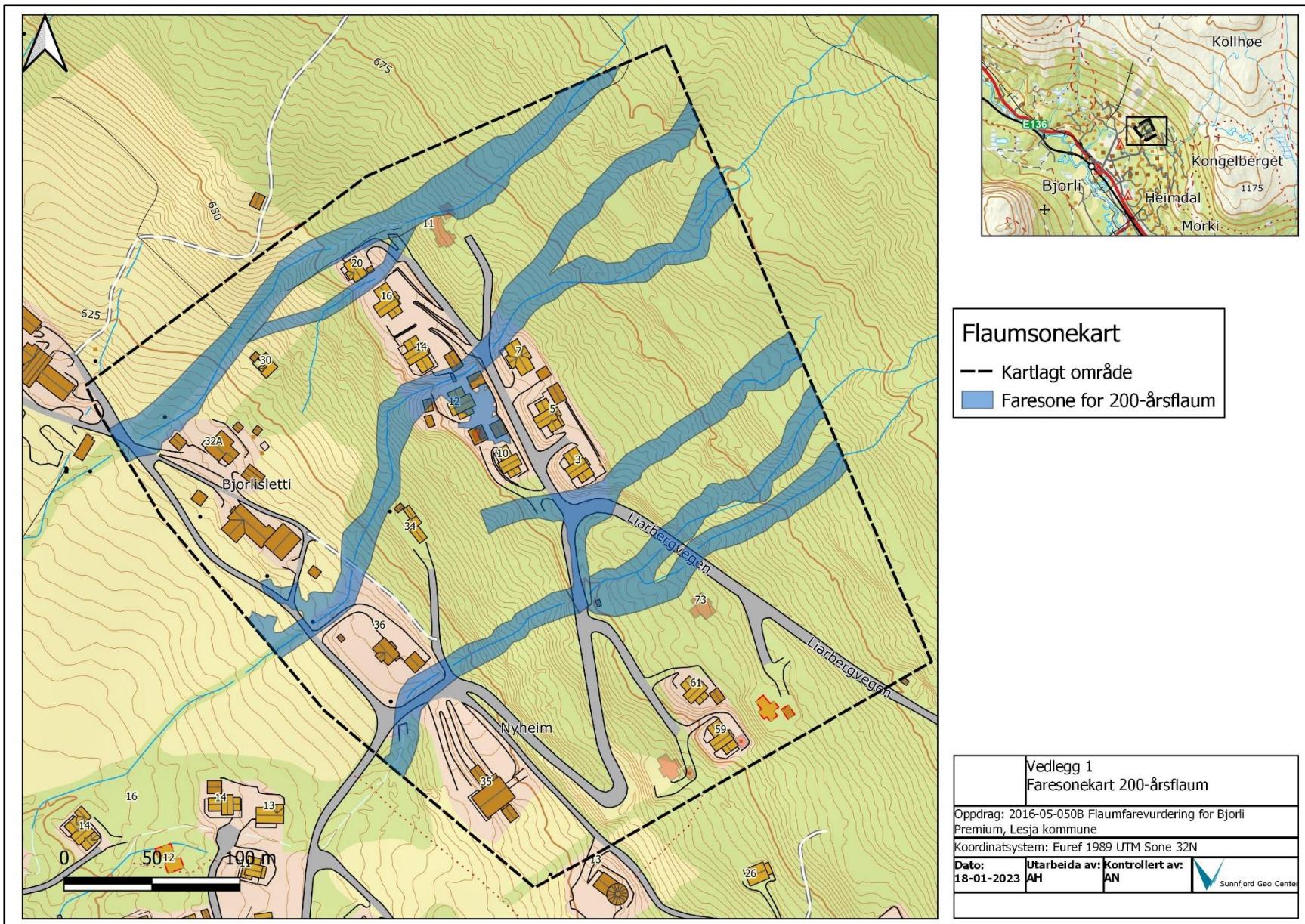
<http://www.senorge.no>

<http://klimaservicesenter.no>

Føreskrifter:

<http://www.lovdata.no>

Vedlegg 1 – Faresonekart for flaum



Vedlegg 1 – Faresonekart for flaum

