

Oppdragsgiver	Navn Arkitekthagen AS	Kontaktperson Torstein Haug Hagen
Oppdrag	Nummer og navn 17085 Flå, Turufjell - flomvurdering	Oppdragsleder Petter Reinemo
Dokument	Nummer 17085-01-1 Utført av Petter Reinemo	Dato 2017-06-16 Kontrollert av Hans Georg Grue

Flomvurdering av områderegeringsplan for Turufjell

Sammendrag

Flere større bekker krysser planområdet til Områderegeringsplan for Turufjell i Flå kommune. Disse bekkene utgjør en potensiell flomfare, noe som også kommer frem av NVE sine aktsomhetssoner for flom. Det er utført en flomvurdering av de kryssende bekkene opp mot planområdet. Dagens krav til sikkerhet mot flom, definert i TEK10 med veileder, er lagt til grunn for vurderingene.

Fra beregninger av dimensjonerende flommer, registreringer under feltbefaring og hydraulisk modellering er det utarbeidet flomsoneer for dimensjonerende 200-årsflom. Flomvurderingen viser at deler av områdene hvor det er planlagt bebyggelse er utsatt ved en 200-årsflom. Det er derfor nødvendig med risikoreduserende tiltak. Et tiltak vil være å justere grensen for ny bebyggelse i arealplanen slik at det ikke er overlapp med faresonene. Alternativt kan planeringshøyden til ny bebyggelse heves over flomsikkert nivå, eller det kan anlegges en forhøyning (mindre voll) mot bekken.

Bruer og kulvert som krysser bekker intern i planområdet bør på byggeplannivå dimensjoneres for 200-årsflom.

Basert på vurderingene av flomfare er det i rapporten anbefalt et sett punkter som bør tas hensyn til for å sikre tilstrekkelig sikkerhet mot flom for ny bebyggelse og infrastruktur.

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Befaring	5
1.3	Forbehold	5
2	Krav til sikkerhet	6
2.1	Lovverket	6
2.2	Flom	6
2.2.1	Aktuelle krav	7
3	Analyserte områder	8
3.1	Generelt	8
3.2	Lokasjon av analyserte områder	8
4	Beskrivelse av bekkeløp	10
4.1	Slåttemyrbekken, vestre	10
4.2	Olasæterbekken	11
4.3	Østre Slåttemyrbekk	13
5	Flomberegning	14
5.1	Nedbørfelt	14
5.2	Beregning av dimensjonerende vannmengder	15
5.2.1	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	15
5.2.2	Kulminasjonsvannføring	17
5.2.3	Flomformelverk	17
5.2.4	Den rasjonale formelen	18
5.2.5	Klimaframskrivninger	19
5.3	Dimensjonerende flommer	19
6	Flomfare og faresoner	20
6.1	Metode	20
6.2	Olasæterbekken	20
6.2.1	Faresoner	21
6.2.2	Sidebekker	22
6.3	Slåttemyrbekken	23
6.3.1	Faresoner	23
6.4	Østre Slåttemyrbekk	24
6.4.1	Faresoner	25
7	Bruer og kulverter	26
8	Sikkerhet mot erosjon	27
9	Risikoreduserende tiltak	28
10	Konklusjon	29

11 Referanseliste 30

Figurer

Figur 1: Lokasjon til planområdet som ligger ved Turufjell i Flå kommune.....	4
Figur 2: Analyseområder. NVE sine aktsomhetssoner er vist med blå skravur.	9
Figur 3: Karakteristisk bilde av Slåttemyrbekken, vestre.....	10
Figur 4: Flatere myrområdet oppstrøms aktsomhetssonen der vannet vil bre seg utover i forbindelse med flom (var også tilfelle under befaringen).	11
Figur 5: Karakteristisk bilde av Olasæterbekken.....	12
Figur 6: Utløpet til Øvre Vesleåtjern som er bestemmende for oppstrøms vannstand.....	12
Figur 7: Karakteristisk bilde av Østre Slåttemyrbekk.	13
Figur 8: Feltgrensene til de tre vurderte bekkene gjennom planområdet.	14
Figur 9: Lokasjon til utvalgte målestasjoner	16
Figur 10: Modellerte strekninger av Olasæterbekken.....	20
Figur 11: 200-års flomsone for øvre del av Olasæterbekken.....	21
Figur 12: 200-års flomsone for nedre del av Olasæterbekken.	22
Figur 13: 200-års flomsone for Slåttemyrbekken.	24
Figur 14: 200-års flomsone for Østre Slåttemyrbekk.....	25
Figur 15: Sikkerhetssone mot erosjon (DiBK, 2016).....	27

Tabeller

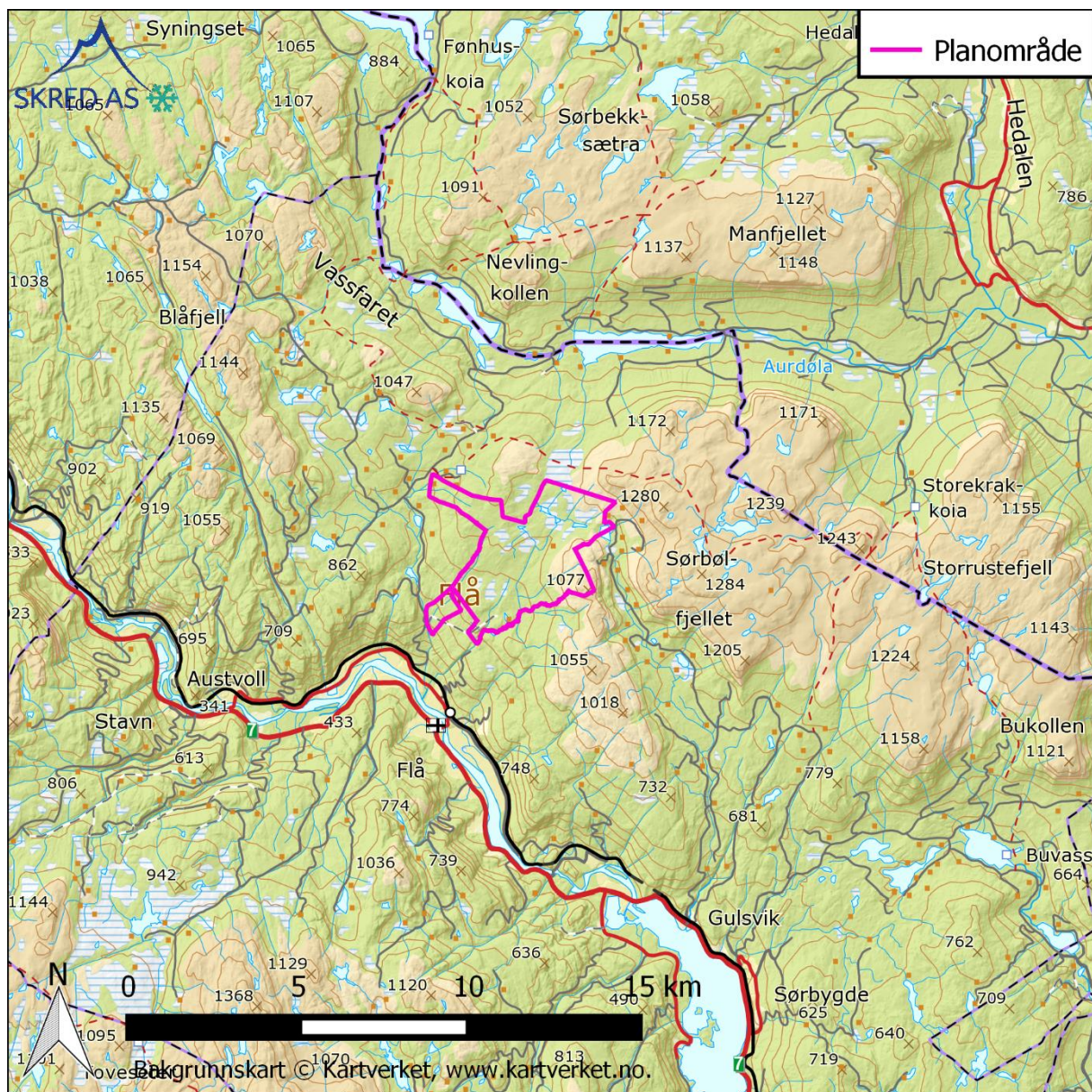
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016).	6
Tabell 2: Feltkarakteristika til de vurderte bekkene.	15
Tabell 3: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.	15
Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling.	17
Tabell 5. Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt.....	18
Tabell 6: Resultater fra den rasjonale formelen, 200-årsflom.....	18
Tabell 7: Dimensjonerende vannmengder, kulminasjon.	19

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Flere større bekker krysser planområdet til Områderegeringsplan for Turufjell i Flå kommune. Bekkene utgjør en potensiell flomfare, noe som også kommer frem av NVE sine aktsomhetssoner for flom. Det ønskes derfor en flomvurdering av de kryssende bekkene opp mot planområdet. Dagens krav til sikkerhet mot flom, definert i TEK10 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene.

Områderegeringsplanen åpner for fritidsbebyggelse med infrastruktur. Lokasjon til planområdet er vist på figur 1.



Figur 1: Lokasjon til planområdet som ligger ved Turufjell i Flå kommune.

1.2 Befaring

Befaring i området ble utført 2017-06-08 av Petter Reinemo, Skred AS. Hele Slåttemyrbekken og Olasæterbekken gjennom planområdet ble befart. Det var gråvær, lett regn, snøfritt og generelt gode befaringsforhold. Det var store vannmengder i bekkene på grunn av flere dager med nedbør.

1.3 Forbehold

Flomvurderingene er gjort med utgangspunkt i dagens forhold og forutsetninger. Ved vesentlige endringer i det benyttede grunnlaget anbefales det nye vurderinger. Det kan innebefatte fysiske endringer i vassdraget eller endring i klimaframskrivninger. Endringer i vassdraget innebefatter forandringer som en konsekvens av erosjon, masseavlagring og menneskelige inngrep.

2 Krav til sikkerhet

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Flom

Byggteknisk forskrift TEK10 § 7-2 definerer krav til sikkerhet mot flom og stormflo for nybygg. Paragrafen gjelder for saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Sannsynligheten i tabell 1 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. I veilederen til TEK10 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom (DiBK, 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016).

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk der oversvømmelse har liten konsekvens, både økonomisk og samfunnsmessig. Det innebærer byggverk med lite personopphold som garasjer og lagerbygninger.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter tiltak der flom vil føre til middels konsekvenser. Dette innebærer de fleste byggverk beregnet for personopphold som bolighus, hytter, kontorer, skoler og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter tiltak der flom vil føre til store konsekvenser. Sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan påføre omgivelsene stor forurensning ligger innenfor sikkerhetsklassen. Sykehjem, beredskapsfunksjoner, kritisk infrastruktur og avfallsdeponier er nevnt som eksempler.

I paragrafens fjerde ledd er det gitt at byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon kan avstanden være mindre.

2.2.1 Aktuelle krav

I retningslinjene til TEK10 er det gitt ulike eksempler, beskrevet ovenfor, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. I utgangspunktet er sikkerhetsklasse F2 aktuelt for planområdet og fritidsbebyggelsen.

3 Analyserte områder

3.1 Generelt

Planområdet har et areal på ca. 13,5 km². Det er flere større bekker som krysser området som potensielt kan utgjøre en fare for flom for ny bebyggelse. I denne rapporten blir flomfaren knyttet til de største bekkene gjennom området vurdert. Det analyserte områdene innebefatter følgende:

- Områder hvor det er planlagt fritidsbebyggelse og som er dekket av NVE sine aktsomhetssoner for flom.
- En strekning oppstrøms aktsomhetssonene der det også kan forventes større vannføring i bekkene i tilknytning til planlagt bebyggelse.

I foreliggende områderegeringsplan er bekkene tatt hensyn til i form av et vegetasjonsbelte på 20 – 50 meter fra hver side av bekkestrengen. Da aktsomhetssonene går utover det fastsatte beltet blir det undersøkt hvor vidt det er tilstrekkelig.

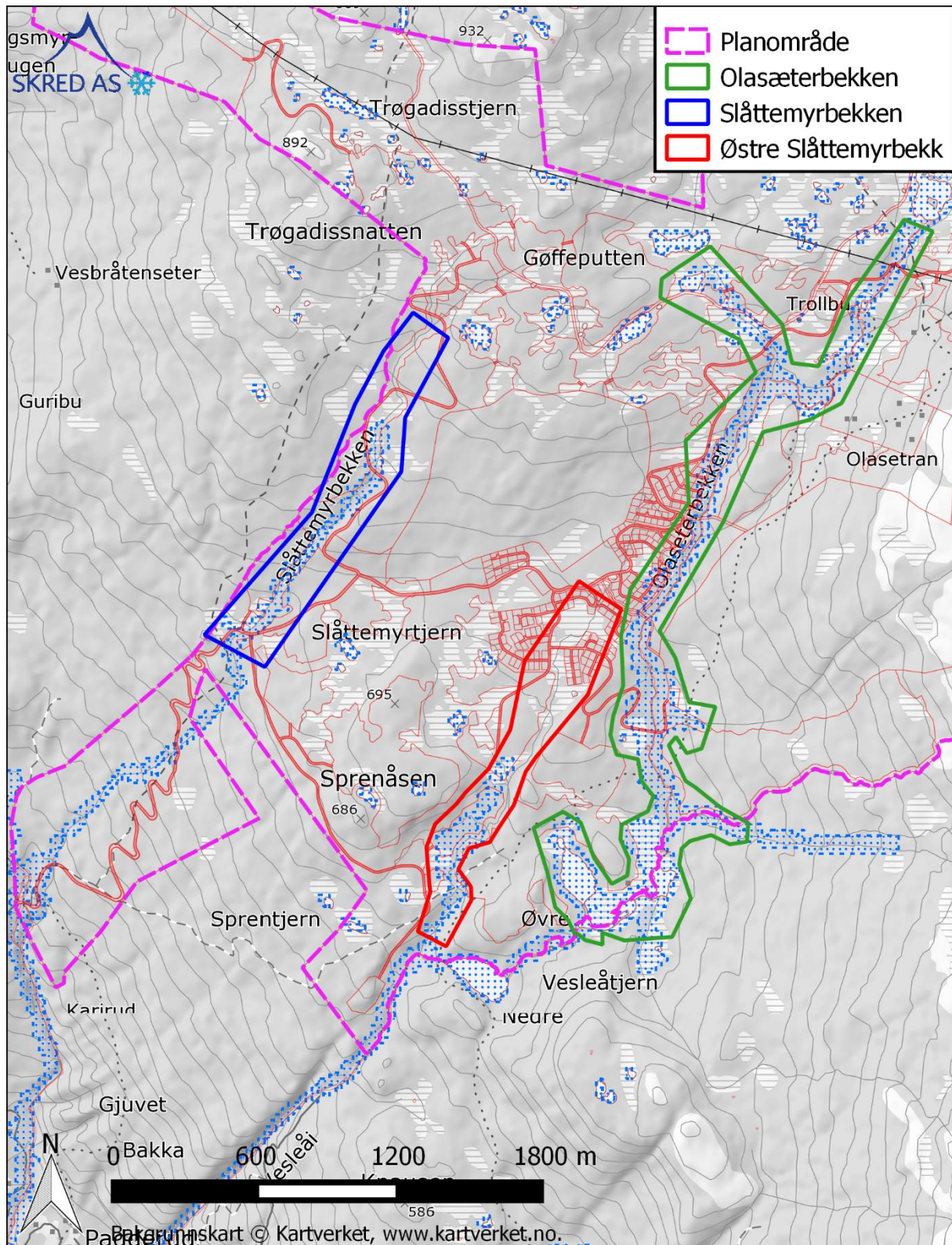
Det er også flere mindre bekker i tilknytning til planområdet. Disse bekkene må håndteres tilstrekkelig både med tanke på flom og overvannshåndteringen internt i planområdet. De mindre bekkene er i stor grad tatt hensyn til i foreliggende plan ved at det er lagt inn et naturlig belte langs bekkene. Dersom det planlegges å endre på eksisterende dreinsveier i feltet bør det sikres at nedstrøms områder ikke får økt fare for flom og skred. Vurderinger av mindre bekker og overvannshåndtering må inngå på byggeplannivå når mer detaljerte planer foreligger.

3.2 Lokasjon av analyserte områder

Basert på foreløpig Områderegeringsplan (datert 21.03.2017) og NVE sine aktsomhetskart for flom er analyseområdene, definert i avsnitt 3.1, identifisert. Følgende bekker inngår i analysen:

- Olasæterbekken med sidebekker.
- Slåttemyrbekken
- Østre Slåttemyrbekk (offisielt navn er også her Slåttemyrbekken)

Analyseområder med vurderte bekketryssinger er vist i figur 2, sammen med NVE sine aktsomhetssoner.



Figur 2: Analyseområder. NVE sine aktsomhetssoner er vist med blå skravur.

4 Beskrivelse av bekkeløp

4.1 Slåttemyrbekken, vestre

Slåttemyrbekken renner gjennom områder som er planlagt regulert til *Fritidsbebyggelse – frittliggende* og *LNF-områder*. NVE sitt aktsomhetskart for flom overlapper deler av områdene regulert til fritidsbebyggelse som indikerer en potensiell flomfare.

Bekken er godt definert på store deler av strekningen, men med potensielle overløp til sideterreng enkelte steder. I øvre- og nedre del av det vurderte området, vist på figur 2, er terrenget flatere der det forventes at vannet kan bre seg utover sideterreng ved flom.

Bekkeløpet består av en blanding mellom stein og grus med varierende fraksjoner, torv og berg i dagen. Potensialet for erosjon- og massetransport vurderes som lite. Et karakteristisk bilde av bekken er vist i figur 3. Figur 4 viser et bilde av det flatere myrområdet oppstrøms aktsomhetssonen der vannet forventes å bre seg utover i forbindelse med flom.



Figur 3: Karakteristisk bilde av Slåttemyrbekken, vestre.



Figur 4: Flatere myrområdet oppstrøms aktsomhetssonen der vannet vil bre seg utover i forbindelse med flom (var også tilfelle under befaringen).

4.2 Olasæterbekken

Olasæterbekken berører planområdet på strekning på ca. 3 kilometer. Aktsomhetssonene for flom i tilknytning til bekken berører områder planlagt regulert til *Fritidsbebyggelse – frittliggende* og *LNF-områder*.

I øvre del av planområdet består vassdraget av flere tjern og flatere terreng med større myrområder. Geometrien til tjernes utløp er bestemmende for oppstrøms vannstand. Bekken er videre godt nedskjært i terrenget der kapasiteten er svært god og det ikke er fare for overløp mot sideterreng. Bekkeløpet består av grovere steinmasser med innslag av berg i dagen. Den har en jevn bratt gradient der det kan forventes store vannhastigheter under flom. Potensialet for erosjon og massetransport er vurdert som lite.

I nedre del av det vurderte området flater bekken ut mot Furutanget og Øvre Vesleåtjern. Det forventes at flomvannet kan bre seg utover større myrområder. Vannstanden vil i stor grad være bestemt av geometrien til Øvre Vesleåtjern sin naturlige utløpsterskel (figur 6). Det forventes her kritisk strømning (fra under- til overkritisk strømning).

Figur 5 viser et karakteristisk bilde av Olasæterbekken i den nedskjærte delen av bekkeløpet, mens figur 6 viser utløpet av Øvre Vesleåtjern.



Figur 5: Karakteristisk bilde av Olasæterbekken.



Figur 6: Utløpet til Øvre Vesleåtjern som er bestemmende for oppstrøms vannstand.

4.3 Østre Slåttemyrbekk

Østre Slåttemyrbekk drenerer store deler av planområdet, der kun den nedre delen av bekkene er dekket av aktsomhetssoner for flom. Bekken renner gjennom områder som er planlagt regulert til *Fritidsbebyggelse – frittliggende og LNF-områder*.

I nedre del av aktsomhetssonen er bekkene mindre definert der flomvann blant annet vil bre seg utover tilgrensende myrområder. Videre oppstrøms går bekkene i et veldefinert løp. Det er noen potensielle overløp mot sideterreng / parallelle flomløp der eventuelt flomvann vil bli ledet tilbake til hovedløpet. Potensialet for erosjon og massetransport er vurdert som svært lite.

Figur 7 viser et karakteristisk bilde av bekkene.

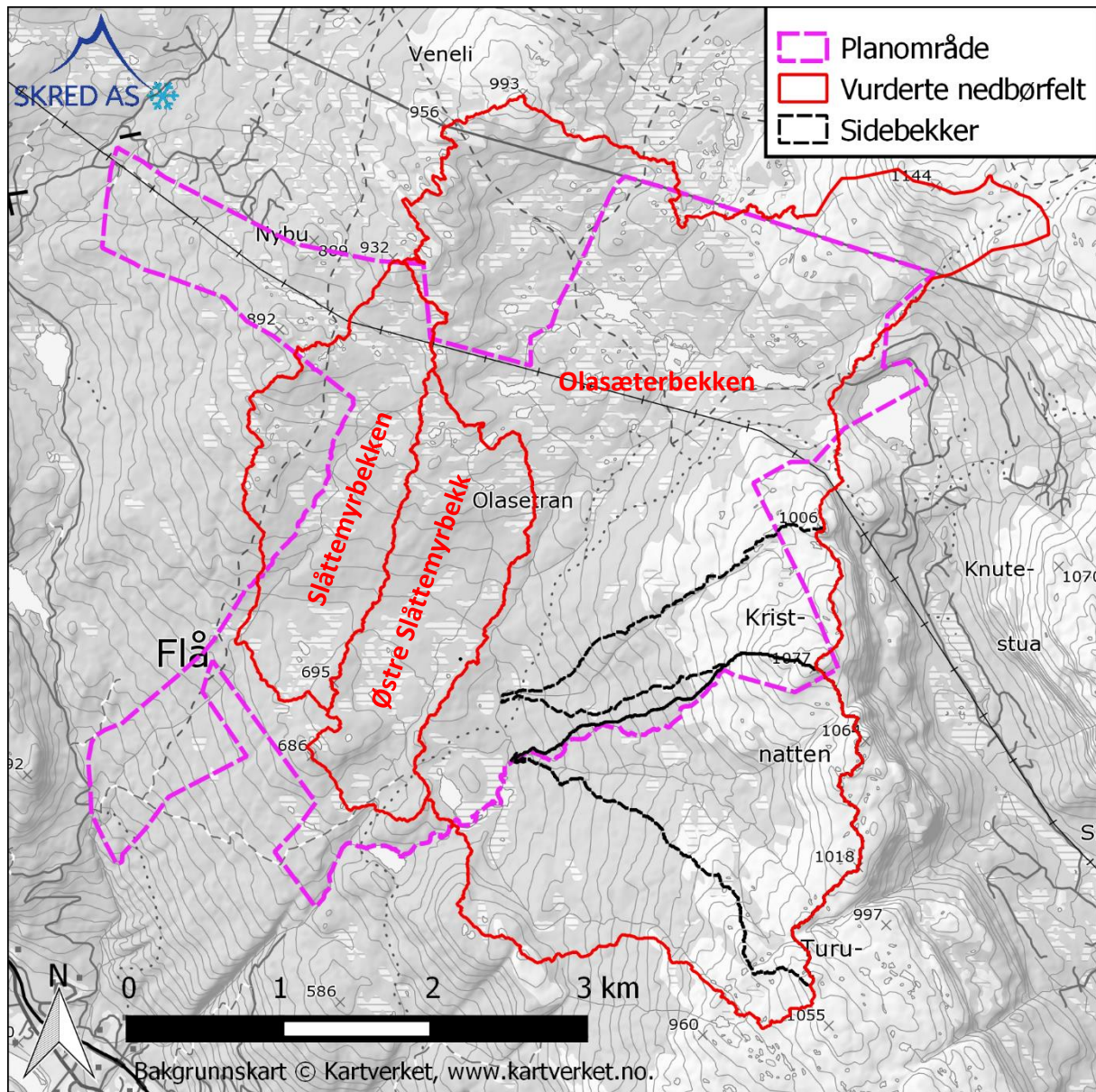


Figur 7: Karakteristisk bilde av Østre Slåttemyrbekk.

5 Flomberegning

5.1 Nedbørfelt

Det er etablert en digital terrengmodell av nedbørfeltene til bekkene med oppløsning på 4x4 meter, basert på laserskanning av området (Blom, 2008). Ut fra terrengmodellen er nedbørfeltene til bekkene identifisert. Feltgrensene til de tre vurderte bekkene fremkommer av figur 8.



Figur 8: Feltgrensene til de tre vurderte bekkene gjennom planområdet.

Da feltarealet til bekkene øker nedstrøms bekkeløpene vil også vannmengdene øke. På grunn av feltene sin begrensede størrelse kan økningen være betydelig. Alle de tre bekkene drenerer sørover og har en jevn bratt gradient. Olasæterbekken har noen mindre tjern i nedbørfeltet, som på bakgrunn av størrelse og beliggenhet i feltet forventes å bidra lite med naturlig flomdemping. Feltene består i stor grad av en blanding mellom skog og myr.

Olasæterbekken har også innslag av snaufjell i de høyereliggende områdene nord og øst i feltet. Den store andelen myrområde vil i normalsituasjoner kunne holde igjen store mengder vann og dermed forsinke vannføringen ut av feltet. I ekstremisituasjoner, der myrene er mettet av vann, vil den fordrøyende effekten avta og en må forvente at en rask avrenningskarakteristikk med markante flomtopper. NGU sitt løsmassekart viser at området består av en blanding mellom tynn morene, bart fjell med stedvis tynt dekke, samt torv og myr.

Basert på analyser gjort i NVE (2014) forventes det at de største flommene kan forekomme både som regn- og kombinasjonsflommer (nedbør og snøsmelting). Feltkarakteristika for de tre bekkene er vist i tabell 2.

Tabell 2: Feltkarakteristika til de vurderte bekkene.

Elv/Bekk	Feltareal [km ²]	q _N * [l/s*km ²]	Feltlengde [km]	Skog og myr [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
Slåttemyrbekken	2,28	25	2,9	96	1	631 - 931
Olasæterbekken	14,05	25	5,6	68	22	644-1184
Østre Slåttemyrbekk	1,98	25	2,9	98	0	614 - 861

*Hentet fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990.

5.2 Beregning av dimensjonerende vannmengder

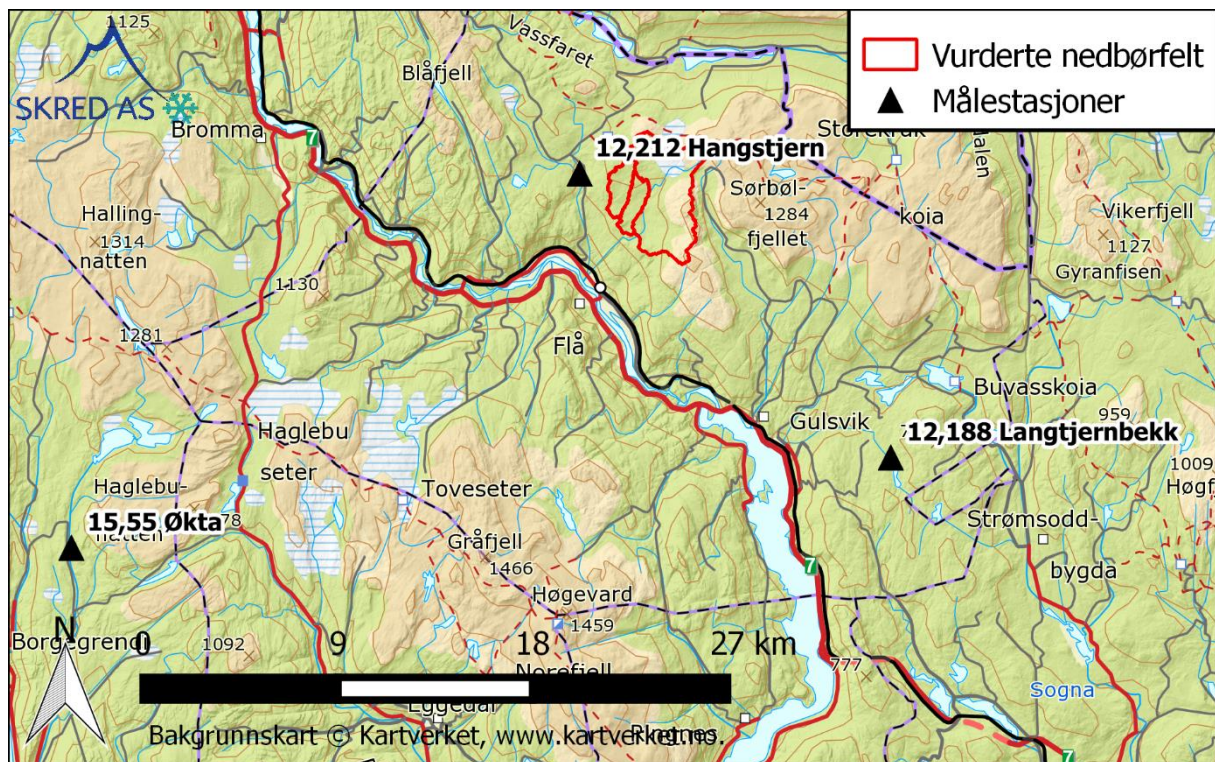
Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføringer i de vurderte bekkene. Det hydrologiske grunnlaget er derfor noe begrenset. Flomberegningen baserer seg på bruk av ulike metoder der resultatene blir sammenstilt og vurdert mot hverandre.

5.2.1 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Det er funnet tre målestasjoner som kan gi en indikasjon på flomforholdene i bekkene. Indikasjonen fås gjennom beregning og vurdering av spesifikk middelflom og flomfrekvensanalyse, samt analyse av feltkarakteristika opp mot aktuelt nedbørfelt. 12,212 Hangstjern ligger i nabofeltet til de vurderte bekkene og er derfor en svært relevant målestasjon. Feltkarakteristika for stasjonene er gitt i tabell 3 og beliggenhet er vist i figur 9.

Tabell 3: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.

Stasjon	Feltareal [km ²]	Periode [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog og myr [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
15,55 Økta	49.4	1966 - 81	16	4,0	35	50	851 - 1308
12,188 Langtjernbekk	4.81	1973 - dd	20	4,9	90	0	518 - 758
12,212 Hangstjern	11.6	1986 - dd	17	0,7	0	5	586 - 1047



Figur 9: Lokasjon til utvalgte målestasjoner

15.55 Økta ligger ca. 30 kilometer sørvest for de vurderte bekkene. Feltarealet er vesentlig større sammenlignet med bekkene som renner gjennom planområdet, og har en naturlig flomdemping gjennom flere innsjøer som ligger i serie. Kvaliteten på vannføringskurven er middels for flomvannføring (gitt av informasjon i NVE sin Hydra2-database).

12.188 Langtjernbekk ligger ca. 15 kilometer sørøst for de vurderte bekkene. Stasjonen har et feltareal som er representativt, men feltet ligger noe lavere. Målestasjonen ligger ved utløpet av et vann som resulterer i en høy effektiv sjøprosent. Det forventes lavere spesifikke flomverdier her enn i de vurderte bekkene. Kvaliteten på vannføringskurven er meget usikker på flomvannføring.

12.212 Hangstjern ligger rett vest for de vurderte bekkene. Stasjonen har en representativ feltkarakteristikk, spesielt med tanke på Olasæterbekken. Terrengtype består av en blanding mellom skog, myr og snaufjell. Det er flere mindre tjern i nedbørfeltet som kan dempe flomtoppene noe. Kvaliteten på vannføringskurven er usikker.

Vannføringsdata fra målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. Analysen som er gjort på døgndata (DAGUT) forventes å være mest robust da serien består av kontrollerte målinger samt har ofte flere år med målinger. Gumbel-fordeling er vurdert som hensiktsmessig basert på serielengde og kurvetilpasning. Resultatene fra analysen er presentert i tabell 4.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling.

Målestasjon	År	Feltareal [km ²]	Middelflom		Q ₂₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₁₀₀₀ / Q _M	Metode
			Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]				
15,555 Økta	16	49.4	9.26	187	1.95	2.89	3.55	Gumbel (max)
12,188 Lang- tjernbekk	42	4.81	1.13	236	-	-	-	-
12,212 Hangstjern	30	11.6	2.43	210	1.74	2.46	2.95	Gumbel (max)

5.2.2 Kulminasjonsvannføring

Kulminasjonsvannføringen kan være vesentlig større enn døgnmiddelvannføringen. Generelt er forholdstallet ofte størst i små og bratte nedbørfelt med liten innsjødempning.

Forholdstallet bestemmes fortrinnsvis fra målinger i vassdraget eller fra aktuelt formelverk.

I NVE (2015) er forholdstallet ved 12,212 Hagstjern beregnet til 1,39, som kan være representativt for Olasæterbekken. I NVE (2011b) er det presentert et formelverk som gir forhold mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring for vår- og høstflom. Feltareal og effektiv sjøprosent er inngangsparametere til formelverket. For Olasæterbekken er det beregnet et forholdstall for vår- og høstflom på henholdsvis 1,47 og 1,84, mens tilsvarende verdier for Slåttemyrbekken og Østre Slåttemyrbekk er beregnet til 1,65 og 2,2.

Basert på sammenligning av forholdstallet ved 12,212 Hangstjern og resultatene gitt fra formelverket, synes tallene fått for vårfloam å være realistiske for de vurderte bekkene.

5.2.3 Flomformelverk

I NVE (2015) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 50 km². Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket ligger i estimat av middelflom, og resulterende vekstkurve vurderes som robust. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig. Formelverket gir kulminasjonsverdier direkte.

Resultatene gitt fra flomformelverket for de vurderte bekkene er presentert i tabell 5. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre og nedre konfidensintervall (95 %).

Tabell 5. Resultater fra flomformelverk for små nedbørfelt.

Elv/Bekk	Estimat	Middelflom		Q ₂₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]				
Slåttemyrbekken	Lav	0,8	350			1,4	2,2
	Middel	1,6	700	1,72	2,76	2,7	4,4
	Høy	3,2	1400			5,5	8,8
Olasæterbekken	Lav	3,8	273			6,6	10,6
	Middel	7,7	547	1,72	2,76	13,2	21,2
	Høy	15,4	1094			26,4	42,4
Østre Slåttemyrbekk	Lav	0,7	357			1,2	2,0
	Middel	1,4	714	1,72	2,76	2,4	3,9
	Høy	2,8	1427			4,9	7,8

5.2.4 Den rasjonale formelen

Den rasjonale formelen beregner flomvannmengde basert på nedbørstatistikk, feltareal og antatt avrenningskoeffisient. Dimensjonerende nedbør hentet ut fra relevant IVF-kurve basert på estimert konsentrasjonstid. Konsentrasjonstid estimeres på bakgrunn empirisk formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992) og faglig skjønn. Avrenningskoeffisienten (C-verdi) er et uttrykk for hvor stor andel av den totale nedbøren som går direkte til overflateavrenning. Det forventes at avrenningskoeffisienten øker med økte returperioder som en konsekvens av mer vann og større vannmetning i feltet. Høy vannmetning vil medføre at en større andel av nedbøren går direkte til avrenning og at feltet får en kortere konsentrasjonstid.

Det foreligger ulike anbefalinger til hvor store felt formelen bør benyttes til. Anbefalingene varierer mellom 0,2 og 5 km². Generelt bør formelen benyttes forsiktig i naturlige felt og helst benyttes i kombinasjon med andre metoder. Formelen er vurdert relevant for Slåttemyrbekken og Østre Slåttemyrbekk.

Konsentrasjonstiden til Slåttemyrbekken og Østre Slåttemyrbekk er estimert til henholdsvis 100 og 110 minutter. IVF kurve 24880 Nesbyen – Skoglund er benyttet og vurdert opp mot regional IVF-kurve for Region 3 (MET, 2015) som viser godt samsvar. Basert på en vurdering av terrengtype samt erfaringsdata virker en avrenningskoeffisient på rundt 0,5 å være realistisk. Resultater gitt av den rasjonale formelen for de to bekkene er presentert i tabell 6.

Tabell 6: Resultater fra den rasjonale formelen, 200-årsflom.

Elv/bekk	IVF-kurve	Kons. Tid [min]	I ₂₀₀ [l/s*ha]	C-verdi	Areal [km ²]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
Slåttemyrbekken	24880 Nesbyen	100	40,4	0,5	2,28	4,6
Østre Slåttemyrbekk	24880 Nesbyen	110	36,9	0,5	1.98	3,6

5.2.5 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2016) og Klimaprofil Buskerud (Norsk Klimaservicesenter, 2017) er et klimapåslag på 30 % vurdert som hensiktsmessig. Klimatillegget benyttes for å ta hensyn til forventende endringer i flomstørrelser frem mot år 2100.

5.3 Dimensjonerende flommer

Spesifikk middelflom og flomstørrelser estimert ved de utvalgte målestasjonene virker lavt sammenlignet med resultatene fra flomformelverket og den rasjonale formelen. Dette gjelder spesielt ved 12,212 Hangstjern der underestimeringen kan skyldes en kombinasjon av relativt få år med målinger og usikker vannføringskurve. Resultatene fra flomformelverket gir godt samsvar med resultatene gitt av den rasjonale formelen. Det er derfor valgt å sette middelestimatet fått fra flomformelverket som dimensjonerende for de vurderte bekkene. Spesifikk 200-årsflom er beregnet til mellom 2000 og 2500 l/s*km².

Dimensjonerende flommer inkludert klimatillegg er gitt i tabell 7.

Tabell 7: Dimensjonerende vannmengder, kulminasjon.

Bekk/Elv	Feltareal [km ²]	Klimatillegg [%]	Middelflom		Q20 [m ³ /s]	Q200 [m ³ /s]
			Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Slåttemyrbekken	2,28	30	2,1	910,0	3,5	5,7
Olasæterbekken	14,05	30	10,0	711,1	17,2	27,6
Østre Slåttemyrbekk	1,98	30	1,8	928,2	3,1	5,1

6 Flomfare og faresoner

6.1 Metode

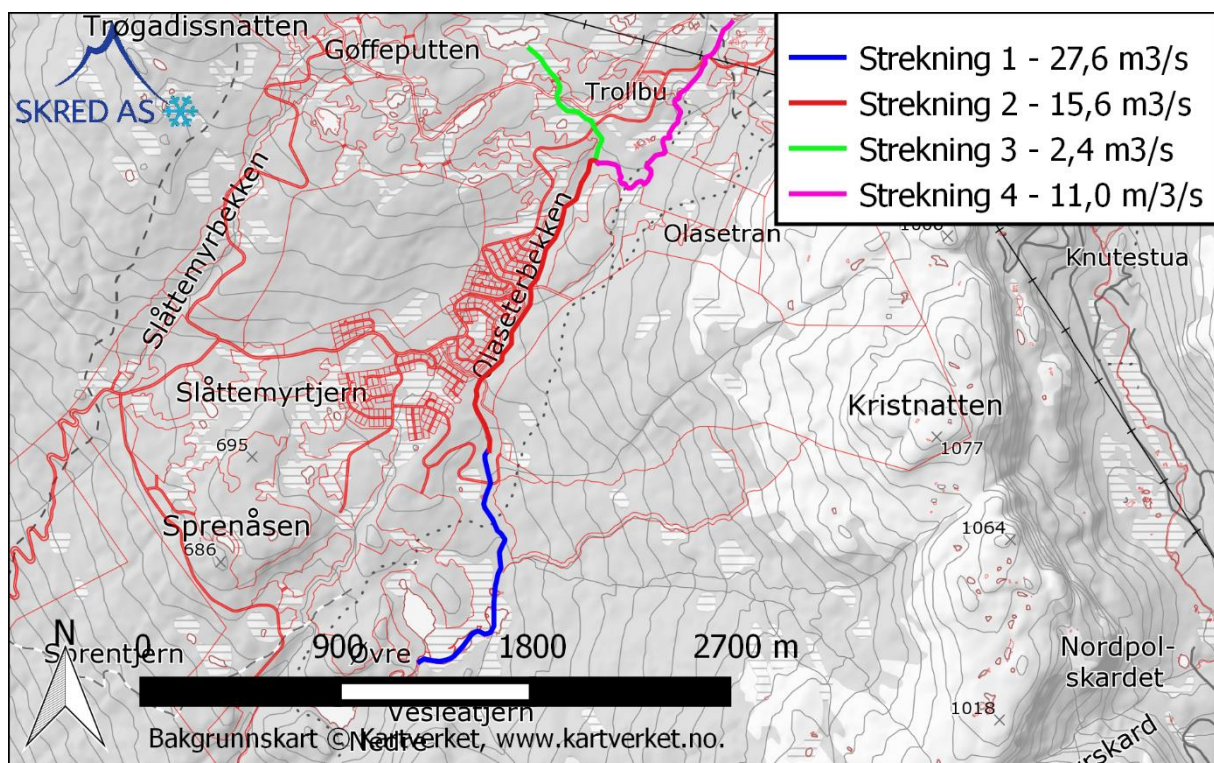
Ved vurdering av flomfare og utarbeidelse av faresoner er registreringer fra befaringen kombinert med hydraulisk modellering av bekkene.

Programvaren Hec-Ras versjon 5.0.3 er benyttet. Geometrien i modellen er basert på en terrengmodell etablert på laserdata med oppløsning på 1x1 meter. 2-dimensjonale modeller er vurdert som mest hensiktsmessig. Modellene er kjørt for dimensjonerende vannmengder funnet i kapittel 5. På bakgrunn av bekkenes størrelse og helning må resultatene fra modelleringen ses på som teoretiske. Dette da lokale forhold, som ikke fanges opp av terrengmodellen, vil påvirke vannlinjen, i tillegg til at bekkene stedvis er bratte. For å ta høyde for den store usikkerheten blir modellene kjørt med konservative ruhetsverdier.

Det er benyttet Manningstall på mellom 7,5 og 15 basert på erfaringsdata og anbefalinger i Spreafico, M (2001). Videre er det benyttet beregningsgrid med oppløsning på 1x1 til 4x4 meter og *Full Momentum-equation* med en Eddy-viskositet på 5 (stor grad av turbulens).

6.2 Olasæterbekken

Da størrelse på feltareal og vannmengde øker vesentlig nedover bekkeløpet er det etablert 4 separate modeller som representerer delstrekninger av bekken. For hver modellstrekning er det benyttet en vannføring gitt fra arealskalering av dimensjonerende vannføring (tabell 7) mot feltarealet til punktet ved utløpet av aktuell delstrekning. De modellerte strekningene med tilhørende 200-års vannmengde er vist på figur 10.

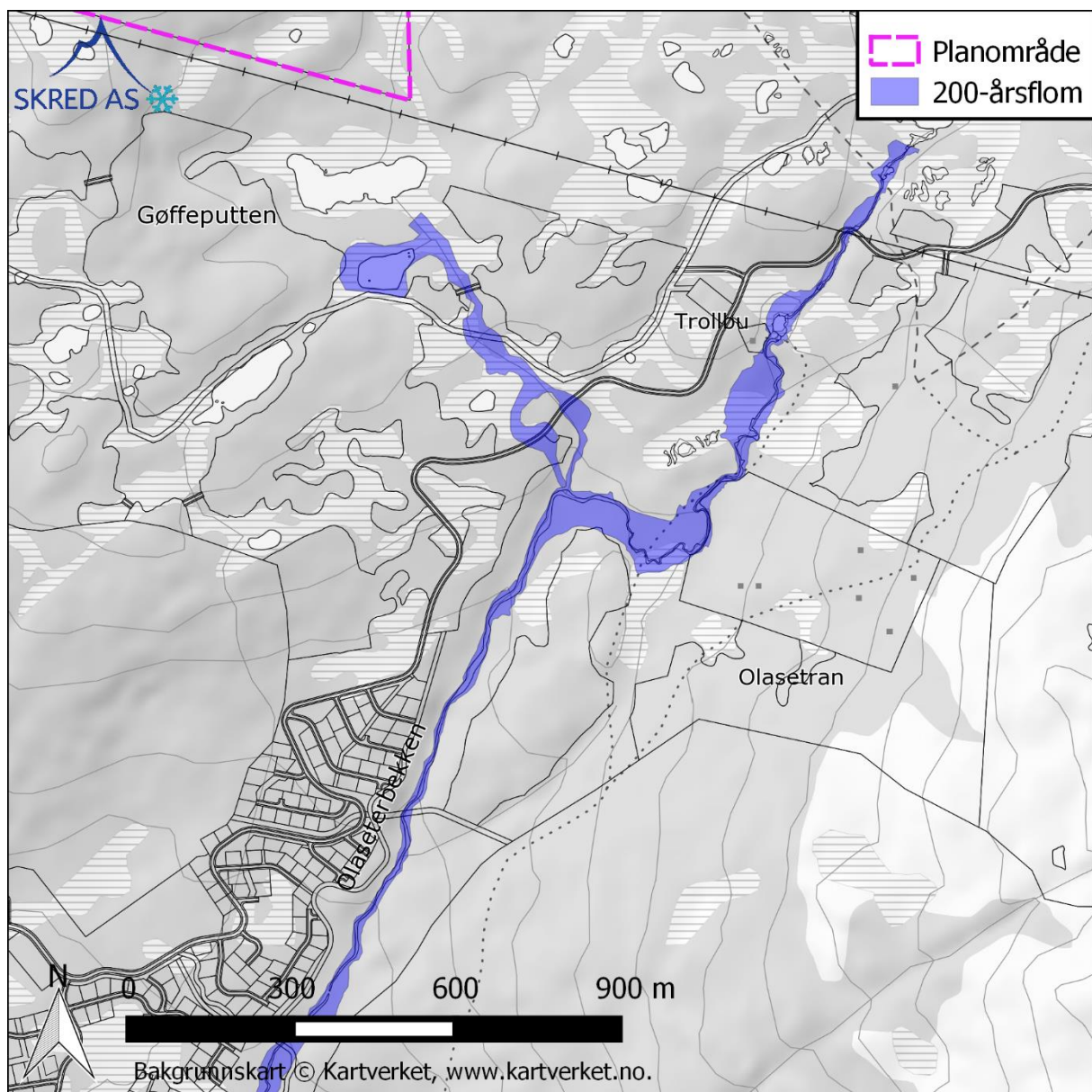


Figur 10: Modellerte strekninger av Olasæterbekken.

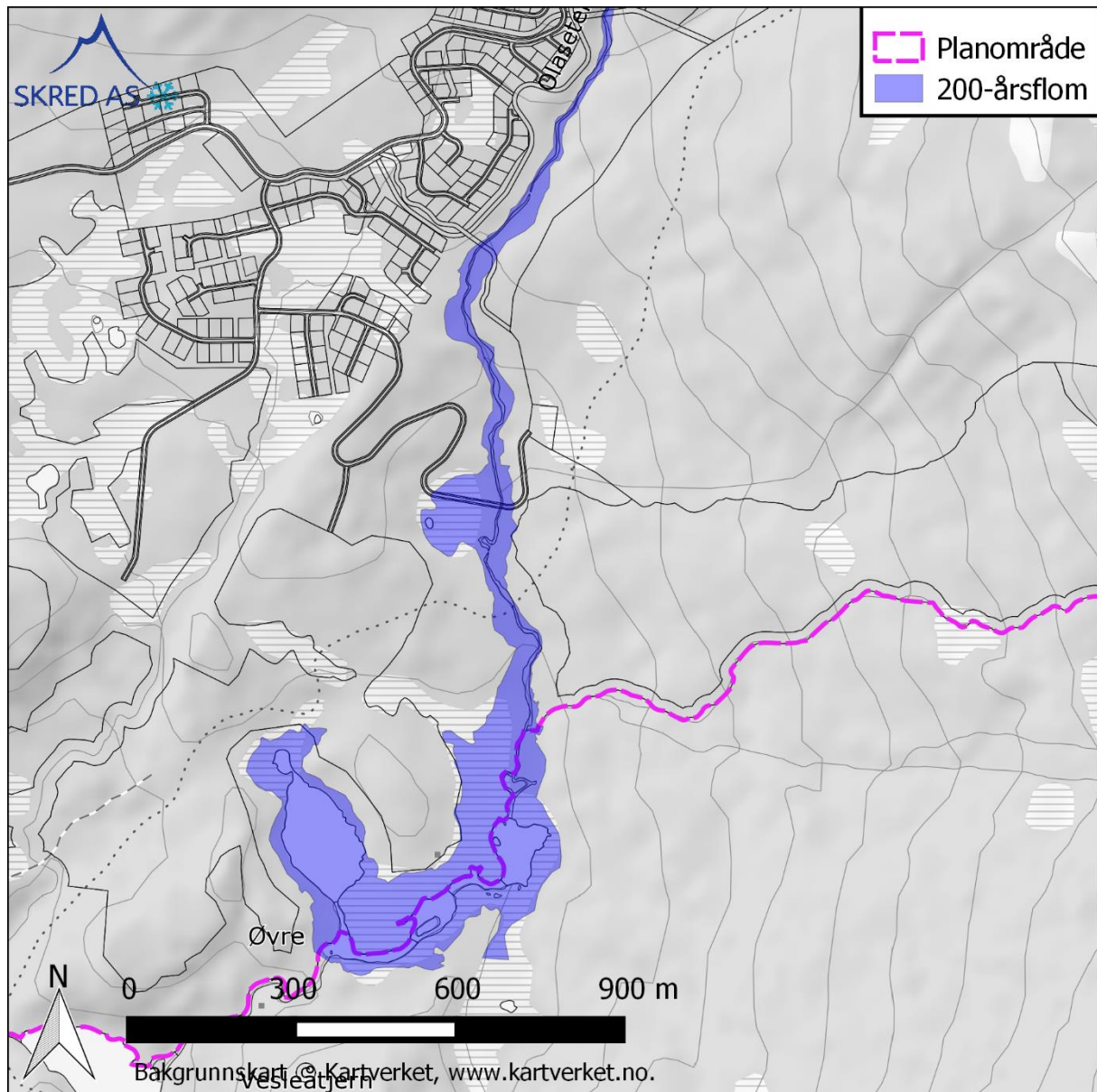
6.2.1 Faresoner

Registreringer under befaringen og resultater fra modelleringen tilsier at Olasæterbekken i stor grad har god kapasitet, noe som skyldes at bekken er godt nedskjært i terrenget. Modellerte vannhastigheter i bekkeløpet ligger i området 0,5 – 3 m/s som virker realistisk. Ved de flatere områdene vil vannet i større grad bre seg utover sideterreng. Enkelte steder viser beregningene at flomvann kan gå i overløp mot sideterreng regulert til fritidsbebyggelse. På bakgrunn av terrengets utforming vil flomløpene lede vannet tilbake til hovedløpet lengre nedstrøms. Registreringer fra befaringen underbygger modellresultatene. Det vil være behov for risikoreducerende tiltak der faresonen berører planlagt bebyggelse.

Resulterende flomsone for Olasæterbekken fremkommer av figur 11 og figur 12. Det anbefales å benytte en sikkerhetsmargin på 0,5 meter over estimert flomsone.



Figur 11: 200-års flomsone for øvre del av Olasæterbekken.



Figur 12: 200-års flomsone for nedre del av Olasæterbekken.

6.2.2 Sidebekker

Det kommer to sidebekker på Olasæterbekken som til dels er dekket av NVE sitt aktsomhetskart for flom. De to bekkene er svært bratte der størrelsen til nedbørfeltene er beregnet til 1,1 og 2,3 km². Feltgrensene fremkommer av figur 8. Det forventes høye spesifikke flomverdier og store vannhastigheter med stor energihøyde. I foreliggende plan er det lagt inn et vegetasjonsbelte på 20 meter langs bekestrengene som totalt gir en bredde på 40 meter. Det er vurdert at beltet på 40 meter er tilstrekkelig forutsatt at det benyttes en sikkerhetsmargin mot sideterreng på minimum 1,0 høydemeter. Dette både for å sikre bebyggelse og redusere faren for overløpet mot sideterreng. Sikkerhetsmarginen må ligge til grunn ved senere detaljprosjektering av hytteområdet. Der sikkerhetsmarginen naturlig ikke er tilfredsstillt bør det gjøres risikoreducerende tiltak.

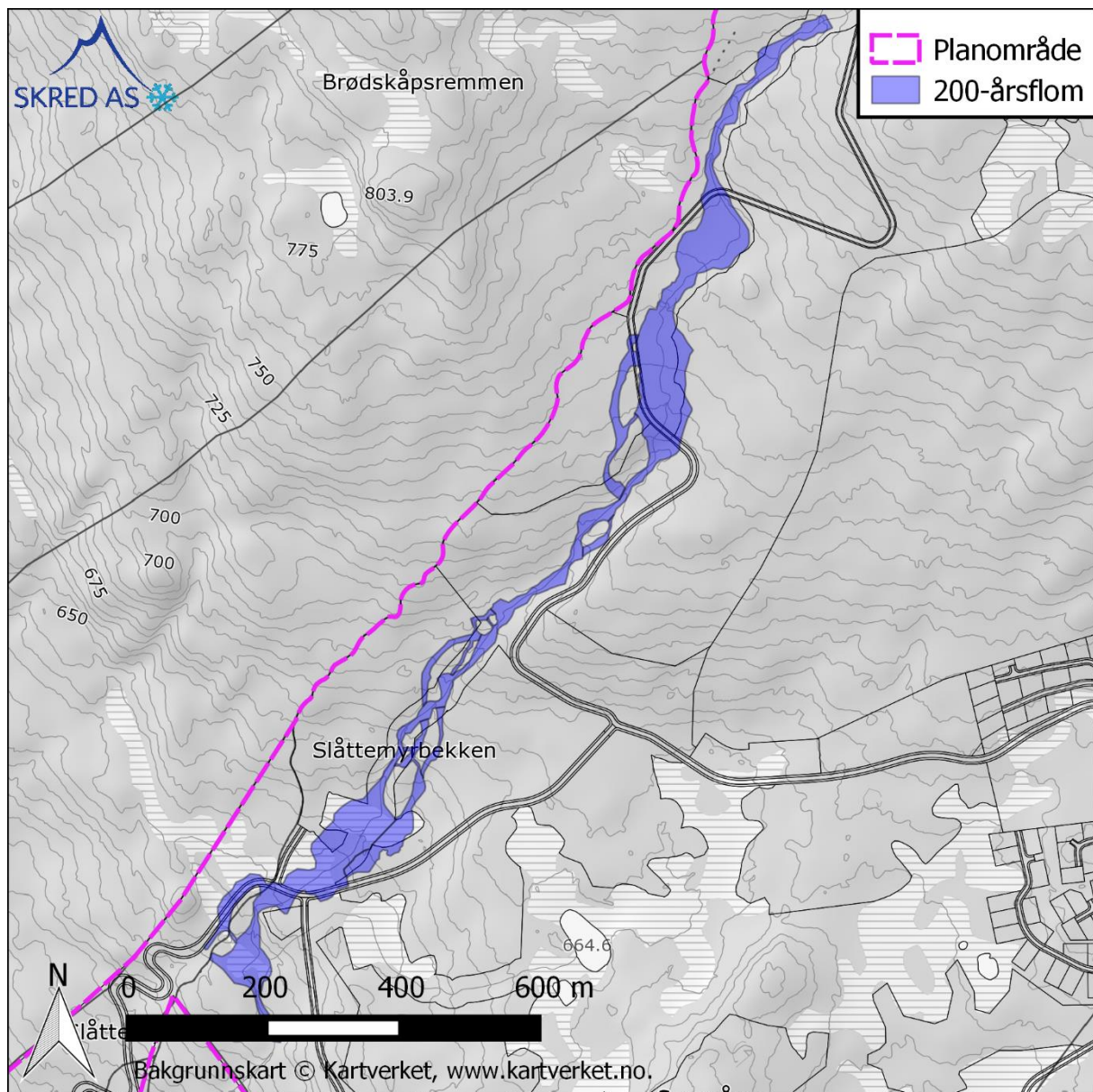
6.3 Slåttemyrbekken

For hele den modellerte strekninger er det benyttet en vannføring på 5,7 m³/s. I øvre del av bekkeløpet vil vannmengden derfor være konservativ, noe som aksepteres for å ta hensyn til usikkerheten i modelleringen.

6.3.1 Faresoner

I øvre del er bekken godt nedskjært i terrenget der vannet ved flom vil følge bekkeløpet. Der gradienten til bekken flater ut vil vannet kunne fordele seg mot sideterreng. Modellerte vannhastigheter i bekkeløpet ligger i området 0,5 – 2 m/s som virker realistisk. Både registreringer under befaringen og modelleringen tilsier at flomvann kan renne i overløpet mot parallelle søkk inn mot områder regulert til fritidsbebyggelse i foreliggende plan. Dette er tilfelle flere steder langs bekkeløpet. Det vil være behov for risikoreduserende tiltak der faresonen berører planlagt bebyggelse.

Resulterende flomsoner for Slåttemyrbekken fremkommer av figur 13. Det anbefales at også områdene mellom flomsonene behandles som faresoner, samt en ekstra sikkerhetsmargin på 0,5 meter over estimert flomsone.



Figur 13: 200-års flomsone for Slåttemyrbekken.

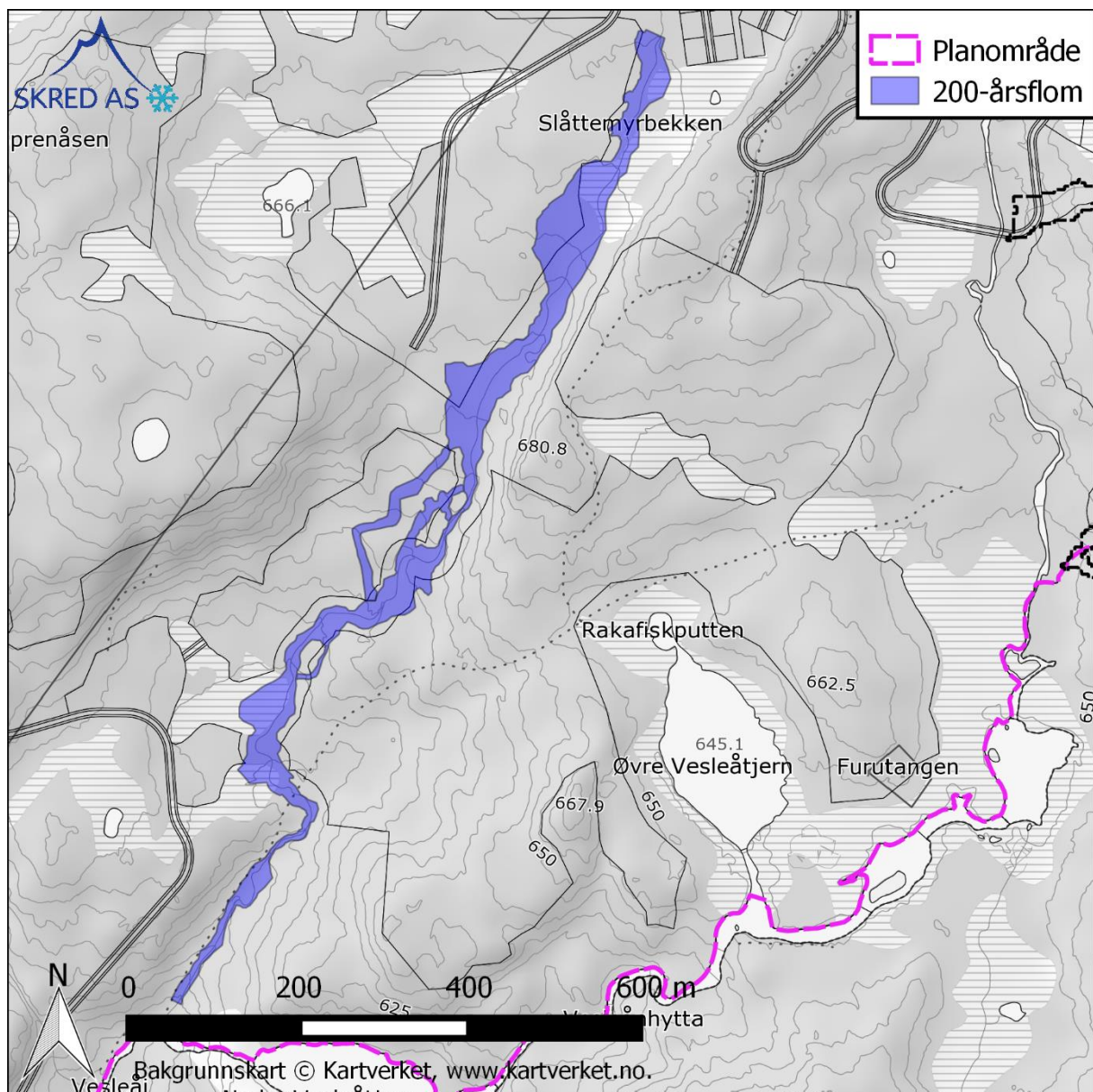
6.4 Østre Slåttemyrbekk

Hele den modellerte strekninger er kjørt for en vannføring på $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$. I øvre del av bekkeløpet vil vannmengden være konservativ, noe som aksepteres for å ta hensyn til usikkerheten i modelleringen. Oppstrøms det vurderte området må det gjøres supplerende vurderinger av bekken på byggeplannivå for å sikre tilstrekkelig kapasitet.

6.4.1 Faresoner

Kapasiteten til bekken varierer nedover elveløpet og det er flere steder potensial for overløp mot parallelle søkk som vil lede flomvann tilbake til hovedløpet. Dette fremkommer både av beregningene og registreringer fra felt. Utarbeidende faresoner overlapper stedvis arealer regulert til fritidsbebyggelse der det vil være behov for risikoreduserende tiltak.

Resulterende flomsone for Slåttemyrbekken fremkommer av figur 13. Det anbefales at også områdene mellom flomsone behandles som en faresone, samt en ekstra sikkerhetsmargin på 0,5 meter over estimert flomsone.



Figur 14: 200-års flomsone for Østre Slåttemyrbekk.

7 Bruer og kulverter

Bruer og kulverter som krysser vassdrag internt i planområdet bør ha tilstrekkelig kapasitet for en 200-årsflom. Dette for å sikre at de naturlige drensveiene etter utbygging opprettholdes også i forbindelse med flom. Bruer og kulverter kan potensielt utgjøre kritiske punkter der flomvann kan komme på avveie ved manglende kapasitet eller tilstopping.

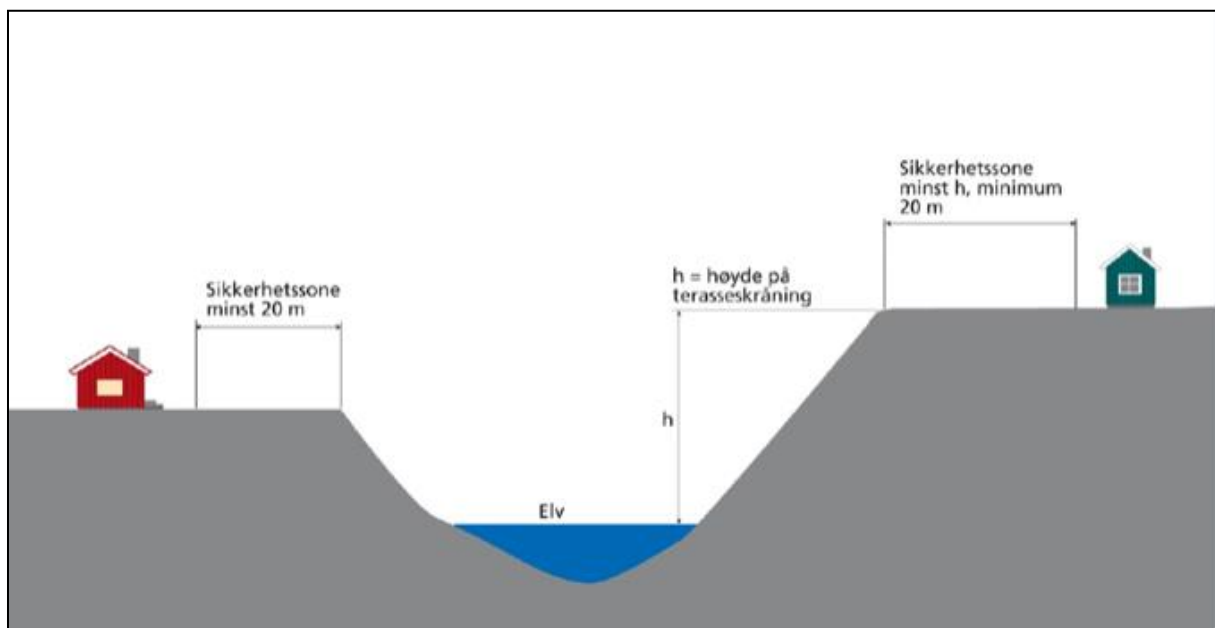
Ved detaljprosjektering av bruer og kulverter bør beregningene av dimensjonerende vannmengder i kapittel 5 legges til grunn. Nedbørfeltet til hver stikkrenne bør vurderes spesifikt når mer konkrete planer foreligger.

Flomveier fra inntaket til bruer og kulverter bør vurderes på byggeplannivå. Der konsekvensen er stor, dersom flomvann kommer på avveie, bør flomveier vurderes spesielt. Dette for å ta hensyn til restrisiko.

8 Sikkerhet mot erosjon

Under befaringen ble det ikke påvist pågående erosjon langs bekkekantene mot planområdet. Det er også lite tilgjengelige løsmasser og erosjonsfaren samt potensiale for massetransport anses som lite. De fastsatte vegetasjonsbeltene langs bekkeløpene er vurdert tilstrekkelig for å sikre bebyggelse mot erosjon. Dersom bebyggelse legges nærmere bekkekant enn 20 meter bør erosjonssikring vurderes på byggeplannivå.

Figur 15 viser en illustrasjon av anbefalt sikkerhetszone (DiBK, 2016).



Figur 15: Sikkerhetszone mot erosjon (DiBK, 2016).

9 Risikoreduserende tiltak

For områdene der det planlegges bebyggelse og som er dekket av faresoner for flom, eller liggere lavere en 0,5 meter over faresonen, bør det gjennomføres risikoreduserende tiltak. Dette for å sikre tilstrekkelig sikkerhet mot flom. For sidebekkene til Olasæterbekken anbefales det en sikkerhetsmargin på 1,0 meter over fastsatt vegetasjonsbelte.

I utgangspunktet bør ny bebyggelse plasseres utenfor flomutsatte områder. Et tiltak vil derfor være å justere grensene for ny bebyggelse i arealplanen slik at de ikke overlapper faresonene. Alternativt kan planeringshøyden til ny bebyggelse heves over flomsikkert nivå, eller det kan anlegges en forhøyning (mindre voll) mot bekken. En forhøyning av terrenget mellom bekken og planlagt bebyggelse synes flere steder hensiktsmessig i tilknytning til de vurderte bekkene. Naturlige overløp mot tilgrensende søkk kan enkelt stenges av med en mindre forhøyning/voll.

De mindre bekkene i forbindelse med planområdet som ikke er omfattet av denne rapporten må også håndteres tilstrekkelig med tanke på flom. I foreliggende plan er disse tatt hensyn til i form av vegetasjonsbelte rundt bekkestrengen. På byggeplannivå må det sikres at disse bekkene får tilstrekkelig kapasitet for en 200-årsflom. Det kan tas utgangspunkt i flomberegningene i kapittel 5 ved vurdering av dimensjonerende vannmengder.

Det er også viktig at overvann håndteres på en hensiktsmessig måte internt i planområdet. I utgangspunktet bør ikke utbyggingen gi økt fare for flom og skred for nedstrøms bebyggelse. Opparbeidelse av tette flater og endrede dreneveier kan potensielt øke flomvannføringen i bekkene. Overvannshåndtering bør derfor inngå i forbindelse med byggeplan for hvert enkelt felt.

Det er vurdert at fastsatt vegetasjonsbelte langs bekkeløpene gir tilstrekkelig sikkerhet mot erosjon mot planlagt bebyggelse. Dersom bebyggelse legges nærmere bekkekant enn 20 meter bør erosjonssikring vurderes på byggeplannivå.

10 Konklusjon

Det er gjennomført en flomfarevurdering av de større bekkene som krysser planområdet til Områderegeringsplan for Turufjell, i Flå kommune. Bekkene utgjør en potensiell flomfare, noe som også kommer frem av NVE sine aktsomhetssoner for flom. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK10 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

Basert på beregninger av dimensjonerende flommer, registreringer under feltbefaring og hydraulisk modellering av bekkene er det utarbeidet flomsoner for dimensjonerende 200-årsflom.

Fra vurderingene av flomfare for planområdet anbefaler vi at følgende punkter tas hensyn til i planen for å sikre at ny bebyggelse oppnår tilstrekkelig flomsikkerhet:

- For områdene der det planlegges bebyggelse og som er dekket av faresoner for flom, eller liggere lavere en 0,5 meter over faresonen, bør det gjennomføres risikoreduserende tiltak. Aktuelle tiltak er beskrevet i rapporten.
- For sidebekkene til Olasæterbekken anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på 1 meter mot planlagt nærliggende bebyggelse over regulert vegetasjonsbelte.
- Bruer og kulverter som krysser vassdrag internt i planområdet bør dimensjoneres for en 200-årsflom. Det bør også vurderes å sikre trygge flomveier.
- De mindre bekkene i forbindelse med planområdet som ikke er omfattet av denne rapporten må håndteres tilstrekkelig med tanke på flom. På byggeplannivå, når mer konkrete planer foreligger, må det sikres at disse bekkene har tilstrekkelig kapasitet.
- Overvann må håndteres på en hensiktsmessig måte internt i planområdet som ikke gir økt risiko for flom og skred for nedstrøms bebyggelse. Opparbeidelse av tette flater og endrede drensveier kan potensielt øke flomvannføringen i bekkene. Overvannshåndtering bør derfor inngå i forbindelse med byggeplan for hvert enkelt felt.
- Det er vurdert at fastsatt vegetasjonsbelte langs bekkeløpene gir tilstrekkelig sikkerhet mot erosjon mot planlagt bebyggelse. Dersom bebyggelse legges nærmere bekkkant enn 20 meter bør erosjonssikring vurderes på byggeplannivå.

11 Referanseliste

- Blom, 2008 LIDAR-rapport BNO08742 – Flå og Nes.
- DiBK, 2016 Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10) [WWW Document].
Hjemmeside. URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>
- Norsk Klimaservicesenter, 2017. Klimaprofil Buskerud. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning. April 2017
- MET, 2015 Dimensjonerende korttidsnedbør. NIFS rapport 134-2015.
- NVE, 2014 Karakterisering av flomregimer. NVE rapport 13-2014
- NVE, 2015 Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE rapport 13-2015.
- NVE, 2016 Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.
- SINTEF, 1992 Flomberegning og kulverdimensjonering. STF60 A92101
- Spreafico, M., Hodel, H.P., Kaspar, H., 2001 Rauheiten in ausgesuchten schweizerischen Fließgewässern.