

Oppdragsgiver	Navn Håradalen utvikling AS	Kontaktperson Arne Martin Botnen
Oppdrag	Nummer og navn 16089 Odda, Håradalen - Skred- og flomvurderinger Sjurasvingen, Røldal skisenter	Oppdragsleder Petter Reinemo
Dokument	Nummer 16089-01-1 Utført av Petter Reinemo (hydrologi), Kalle Kronholm (skred)	Dato 2016-11-25 Kontrollert av Andrea Taurisano (skred), Kalle Kronholm (hydrologi)

## Flomvurderinger og faresoner for skred

### Sammendrag

I reguleringsplan for Sjurasvingen vurderes det dels en fortetting av hytter og en utvidelse av hyttefeltet. Skred AS er bedt om å utføre en detaljert skredfarevurdering og en vurdering av flomfare for planområdet.

Krav til sikkerhet mot skred og flom er definert i TEK10 med veileder. For planlagt arealbruk er kravene i sikkerhetsklasse S1 (1/100) og S2 (1/1000) gjeldende for skred. Øst i planområdet (Sjurasvingen) er dimensjonerende skredtype snøskred. I skisse for oppstartsvarsel er det ikke planlagt hytter i faresonen. Langs den vestlige planavgrensning er dimensjonerende skredtype sørpeskred og snøskred. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet på 1/100 inn i det vurderte området.

Det er to mindre elver og to bekker som potensielt kan utgjøre en flomfare for planområdet. Planområdet faller innenfor sikkerhetsklasse F2 i TEK10. Håraelva har tilstrekkelig kapasitet for dimensjonerende flommer, med unntak av et kritisk punkt ved kryssing av alpinløypa. Flomveien herfra bør merkes med hensynssone i reguleringsplanen. Det anbefales i tillegg å utforme terrenget ved kryssingen på en slik måte at flomvann ledes kontrollert tilbake til elveløpet dersom kapasiteten til kulvertene overskrides. Det anbefales å opprettholde et vegetasjonsbelte langs Håraelva på 20 meter, både med tanke på flomsikkerhet og biologisk mangfold. Planområdet har under dagens forhold tilstrekkelig flomsikkerhet mot Reinstigbekken. Det anbefales å etablere hensynssoner langs de to bekkene som renner gjennom planområdet.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Mål	6
1.3	Grunnlag	6
1.3.1	Terrengmodell	6
1.3.2	Befaring	6
1.4	Forbehold	6
<b>2</b>	<b>Krav til sikkerhet</b>	<b>7</b>
2.1	Krav til sikkerhet mot skred	7
2.1.1	Aktuelle krav	8
2.1.2	Vurderte skredtyper	8
2.2	Krav til sikkerhet mot flom	9
2.2.1	Aktuelle krav	10
<b>3</b>	<b>Beskrivelse av området</b>	<b>11</b>
3.1	Topografi	11
3.2	Geologi	11
3.3	Vegetasjon	12
<b>4</b>	<b>Vurdering av skredfare</b>	<b>13</b>
4.1	Metode	13
4.2	Tidligere rapporter	13
4.3	Registrerte skredhendelser	13
4.4	Aktsomhetsområder	14
4.5	Eksisterende skredsikringstiltak	14
4.6	Klima	15
4.7	Snøskred	15
4.7.1	Fjellsiden øst for planområdet	15
4.7.2	Fjellsiden vest for planområdet	17
4.8	Sørpeskred	18
4.9	Løsmasseskred	18
4.10	Skred i fast fjell	18
4.11	Faresoner for skred	19
<b>5</b>	<b>Vurdering av flomfare</b>	<b>20</b>
5.1	Potensiell flomfare og vurderte vassdrag	20
5.2	Metode	21
5.2.1	Flomberegning	21
5.2.2	Vannlinjeberegning	21
5.3	Flomberegning	21
5.3.1	Beskrivelse av nedbørfelt	21
5.3.2	Utvalgte metoder	23

5.3.3	Klimaframskrivninger .....	26
5.3.4	Flomberegning for Håraelva og Reinstigbekken .....	27
5.3.5	Flomberegning for Bekk 1 og Bekk 2.....	30
5.4	Vassdragenes kapasitet, kritiske punkter og erosjonsfare.....	30
5.4.1	Håraelva.....	30
5.4.2	Reinstigbekken .....	32
5.4.3	Bekk 1 og Bekk 2.....	33
5.5	Forslag til bestemmelser i reguleringsplanen .....	35
5.5.1	Bekk 1 og Bekk 2.....	35
5.5.2	Håraelva.....	35
5.5.3	Reinstigbekken .....	35
5.5.4	Hensynssoner .....	36
<b>6</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>37</b>
6.1	Skred .....	37
6.2	Flom .....	37
<b>7</b>	<b>Referanseliste .....</b>	<b>38</b>

## Figurer

Figur 1:	Lokaliseringen av det vurderte området 5 km vest for tettstedet Røldal. ....	5
Figur 2:	Beregnet terrenghelning og registrerte skredhendelser. ....	12
Figur 3:	Eksisterende faresoner for skred, samt kombinert aktsomhetssone for snø- og steinskred (brun skravur). ....	14
Figur 4:	Utløsningsområder for snøskred og beregnet utbredelse av snøskred fra enkelte av områdene. ....	16
Figur 5:	Den nordøstlige fjellsiden. Fra www.norgebilder.no. Omtrentlig plassering av utvalgte utløsningsområder er angitt. Skredbanene for snøskred fra områdene M, L og K er angitt med blå pil.....	17
Figur 6:	Den sørvestlige fjellsiden. Fra www.norgebilder.no.....	18
Figur 7:	Faresoner for skred. Det er ikke faresoner for skred årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ i planområdet. ....	19
Figur 8:	Planområdet med vurderte vassdrag som utgjør en potensiell flomfare. ....	20
Figur 9:	Nedbørfelt til vurderte vassdrag. ....	23
Figur 10:	Lokasjon til utvalgte referansevassdrag.....	24
Figur 11:	Hypsografisk kurve for aktuelle målestasjoner.....	25
Figur 12:	Prosentvis endringer i flomstørrelser frem mot år 2100, NVE (2016).....	27
Figur 13:	Flomvei fra kritisk punkt i Håraelva.....	31
Figur 14:	Kritisk punkt i Håraelva ved kryssing av alpinløypa. ....	31
Figur 15:	Alternativ flomvei fra kritisk punkt ned alpinløypa sett fra oppstrøms side. ....	32
Figur 16:	Flomløp til Reinstigbekken oppstrøms planområdet og E134.....	33
Figur 17:	Stikkrenner under E134 med flomvei mot Reinstigbekken. ....	34
Figur 18:	Illustrasjon av flomsikkert nivå for bebyggelse i tilknytning til bekkene. ....	35

Figur 19: Anbefalte hensynssoner for flom..... 36

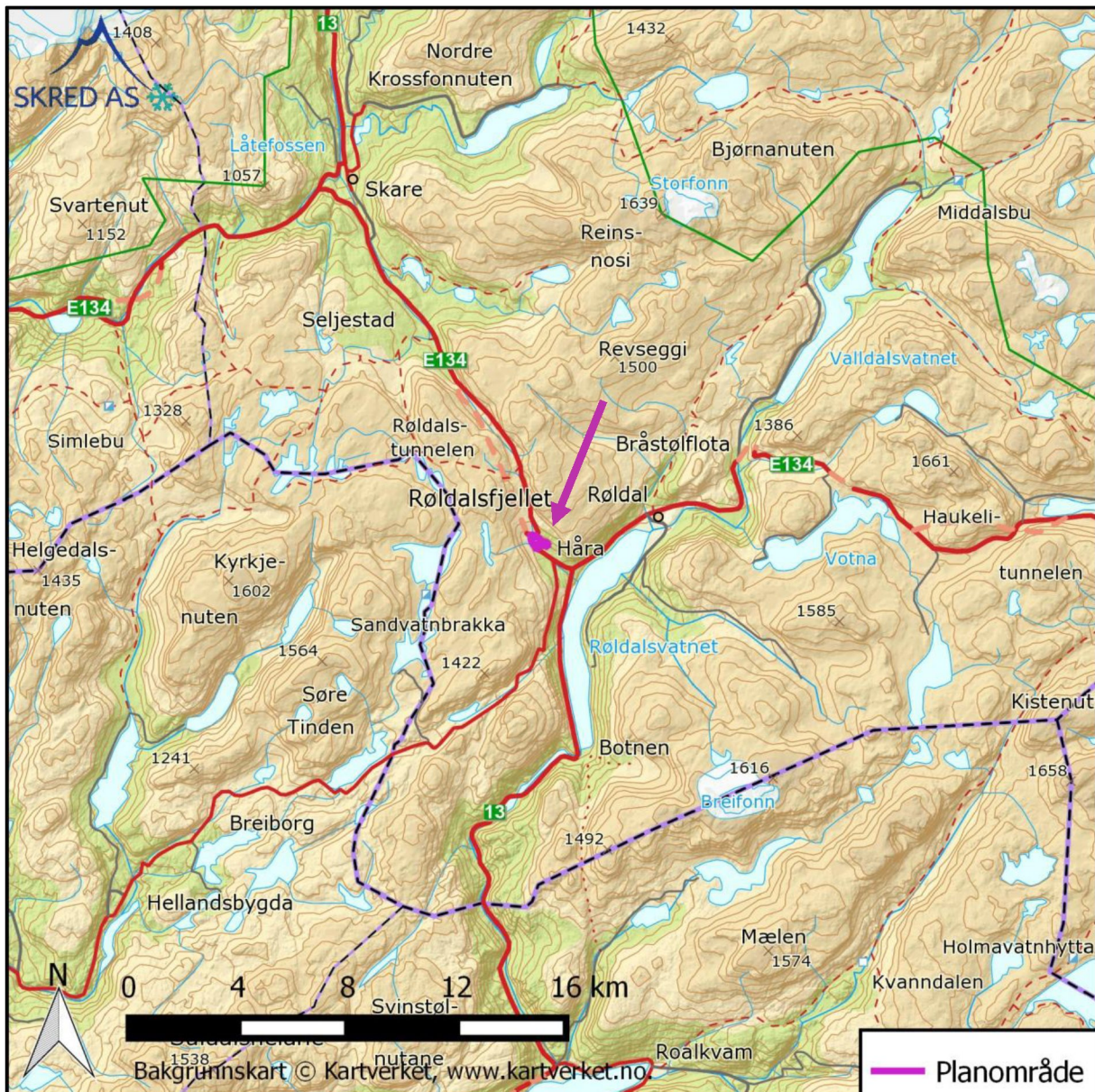
## Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016). .....	7
Tabell 2: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK10 (DiBK, 2016). .....	10
Tabell 3: Feltkarakteristika til analyserte vassdrag. ....	22
Tabell 4: Feltkarakteristika til referansevassdrag. ....	24
Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling. ....	28
Tabell 6: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt, kulminasjonsverdier for middelestimat.....	28
Tabell 7: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvanføring ved utvalgte referansevassdrag. Verdiene er hentet fra NVE (2015b). ....	28
Tabell 8: Dimensjonerende flommer i Håraelva og Reinstigbekken.....	29
Tabell 9: Dimensjonerende flommer i Håraelva og Reinstigbekken inkludert klimatillegg.....	29
Tabell 10: Resultater fra den rasjonale formelen for Bekk 1 og Bekk 2.....	30
Tabell 11: Beregning av tverrsnittsareal for Bekk 1 og Bekk 2 (M=15).....	35

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Reguleringsplan Sjurasvingen ligger langs E134, i tilknytning til Røldal skisenter, i Odda kommune. Planområdet ligger helt eller delvis innfor NVE sine aktsomhetssoner for flom, snøskred, steinsprang og jord- og flomskred. Det ønskes derfor en detaljert flom- og skredfarevurdering for det aktuelle reguleringsområdet.



Figur 1: Lokaliseringen av det vurderte området 5 km vest for tettstedet Røldal.

## 1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre detaljerte vurderinger av skred- og flomfare for planområdet. Dagens krav til sikkerhet mot skred og flom, definert i TEK10 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene.

## 1.3 Grunnlag

### 1.3.1 Terrengmodell

Terrengmodellen er utarbeidet på grunnlag av laser data. Laser skanning er utført av TerraTec AS på oppdrag for Statens Kartverk Bergen. Prosjektreferansen hos TerraTec er 40171\_Hardanger\_Etne. Som grunnlag til terrengmodellen er anvendt bakkepunkt. Terrengmodellen med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m er utarbeidet i programvaren SAGA.

### 1.3.2 Befaring

Befaring i området ble utført 2016-10-26 av Kalle Kronholm og 2016-11-04 av Petter Reinemo, Skred AS. Begge dager var det gråvær med nedbør som regn og snø. Det var snø på bakken og i de øvre deler av fjellssidene. Sikten var tidvis god.

## 1.4 Forbehold

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktige for vurdering av skredfare. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere skred, bør det tas med i betraktningene.

Vurderingene er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det ble observert på befaring, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

## 2 Krav til sikkerhet

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.»*

### 2.1 Krav til sikkerhet mot skred

Byggteknisk forskrift TEK10 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (tabell 1). Sannsynligheten i tabellen angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK10 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2016).

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

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

I sikkerhetsklasse S1 inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Driftsbygninger i landbruket samt parkeringshus og havneanlegg er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der et skred vil føre til store konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er:

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

Kravet til sikkerhet for uteareal tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

### 2.1.1 Aktuelle krav

Det er opp til kommunen å vurdere aktuelle krav til sikkerhet. I det vurderte område planlegges det hytter. Så vidt vi kjenner til, har hyttene mindre enn 10 boenheter. Disse skal tilfredsstillende kravene i sikkerhetsklasse S2. Basert på en risikovurdering, mener vi det kan argumenteres for å redusere sikkerhetskravet for uteareal til sikkerhetsklasse S1 (1/100). Eventuelle uthus og garasjer skal tilfredsstillende kravene i sikkerhetsklasse S1 (1/100). Vi har vurdert faresoner for S2 (1/1000) og S1 (1/100).

### 2.1.2 Vurderte skredtyper

I TEK10 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

- Skred i fast fjell
- Skred i løsmasser
- Snøskred, inkludert sørpeskred

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i tabell 1.

#### 2.1.2.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flaskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flaskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flaskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

#### 2.1.2.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <math><100\text{ m}^3</math>) og steinskred (volum 100-10.000  $\text{m}^3$ ). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.



### 2.1.2.3 Jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25-30°. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

### 2.1.2.4 Skredfare og klimaendringer

Spesielle værforhold er en dokumentert utløsende faktor for de fleste typer skred. Forekomsten av disse skredtypene vil naturlig bli påvirket dersom klimaet utvikler seg slik at ekstremt vær inntreffer oftere. Generelt vil et varmere og våtere klima kunne påvirke frekvensen av jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred, men i hvilken grad skredaktiviteten vil endres i hver landsdel er uvisst.

Det er altså ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredstørrelse eller skredutløp og så bruke dette i skredfarekartlegging. Klimautviklingen inngår dermed i en rekke usikkerhetsmomenter som det ikke finnes verktøy for å kvantifisere, men som vurderes skjønnsmessig når en utreder eller kartlegger skredfare.

## 2.2 Krav til sikkerhet mot 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, 2016).

Tabell 2: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggeteknisk 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. Hytteområdene i reguleringsplanen faller innenfor sikkerhetsklasse F2 som medfører at bebyggelse skal være flomsikkert mot 200-årsflom. I tillegg skal bebyggelse være sikret mot eventuell erosjon i vassdragene.

### 3 Beskrivelse av området

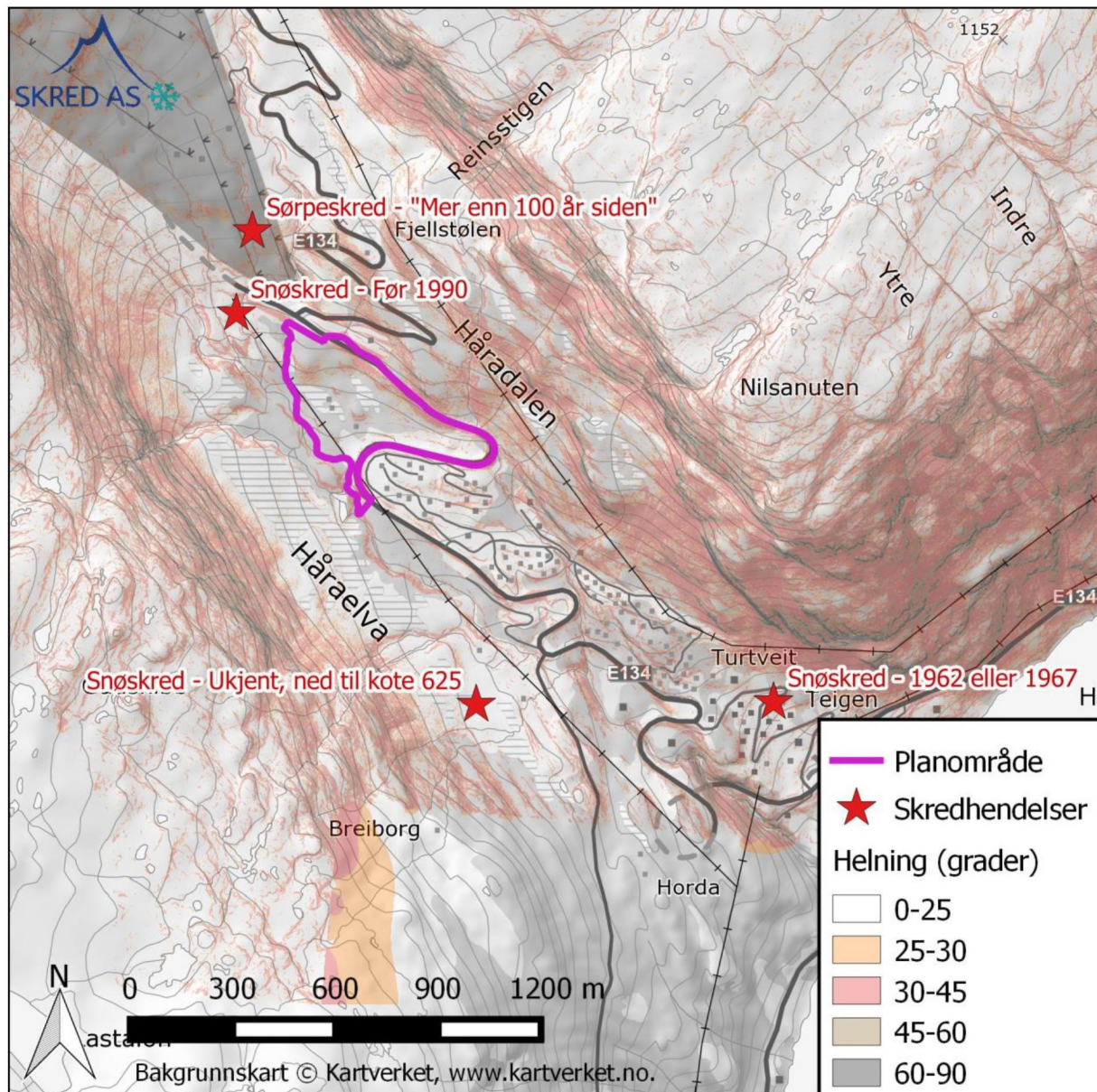
Det vurderte planområdet ligger i Håradalen, omtrent 5 km vest for tettstedet Røldal (figur 1).

#### 3.1 Topografi

Planområdet ligger i bunnen av Håradalen mellom kote 660 og kote 760. Planområdet ligger øst for Håraelva, som renner i bunnen av dalen (figur 2). Håradalen løper her omtrent nordvest-sørøst. Håradalen har bratte sider mot nordøst og sørvest, med et platå strekker fjellsiden seg opp mot et platå rundt kote 1100. Fjellsidene består hovedsakelig av bratte fjellskrenter adskilt av slakere terreng med tynt løsmassedekke. Nederst i fjellsidene er løsmassedekket betydelig tykkere, og elver og bekker har erodert seg ned.

#### 3.2 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2016a). Dalbunnen består av gneis og kvartsitt mens fjellsidene består av glimmerskifer. Løsmassedekket er kartlagt i målestokk 1:250 000 (NGU, 2016b) og består av morenemasse. Tykkelsen av morenemassene avtar oppover i fjellsidene. Det er bart fjell i de bratteste parti av fjellsidene.



Figur 2: Beregnet terrenghelning og registrerte skredhendelser.

### 3.3 Vegetasjon

Tregrensa i området på ca. 900 moh. Den høyere vegetasjonen består i hovedsak av fjellbjørk. I den vestlige siden av dalen er det begrenset med vegetasjon. Dette skyldes trolig hyppigheten av snøskred. På flyfoto er det ikke observert tydelige, ferske skredskader i skogen. Det eldste tilgjengelige flyfoto fra området er fra 2003. Det er ingen tydelige endringer i vegetasjonen frem til i dag.

## 4 Vurdering av skredfare

### 4.1 Metode

Skredfarevurderingene er basert på kart- og flyfotostudier, befaring, regional skredhistorikk, intervju av informanter, tidligere skredrapporter og litteratur, samt simulering av skredbevegelse med aktuell programvare.

### 4.2 Tidligere rapporter

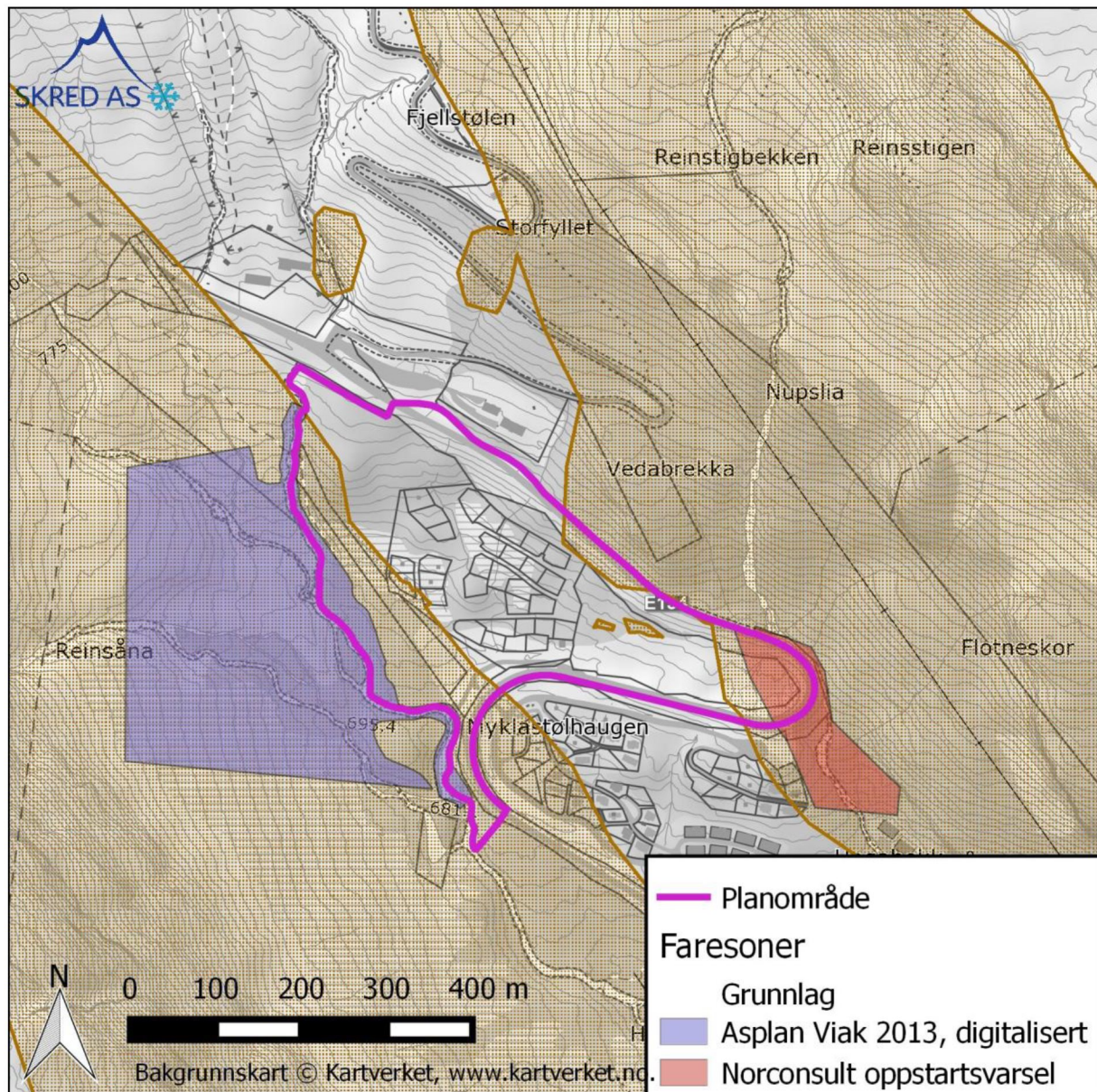
I NGI rapport 20031557-1 er det etablert faresoner for skred i området (NGI, 2003). Vi har fått tilgang til rapporten, men ikke kartbilaget der faresonene vises. Vi har derfor brukt den faresonen som er vist i kartbilaget til oppstartsbrevet til reguleringsplanen. I den østlige delen av planområdet i kartbilag vises en faresone som vi antar er den fra NGI rapporten. Grunnlaget for vurderingene i NGI rapporten er ikke beskrevet i detalj. I rapporten er det beskrevet at «Grensen er delvis basert på beregninger og delvis på skjønnsmessige vurderinger ut fra terreng, klima og tidligere observerte skred».

For terrenget vest for planområdet etablerte Asplan Viak i 2013 faresoner for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  (Asplan Viak, 2013). Faresonene fra Asplan Viak og NGI/kartbilaget til oppstartsbrevet er vist i figur 3.

### 4.3 Registrerte skredhendelser

I nasjonal skredatabase (NVE, 2016) er det i Håradalen registrert flere snøskredhendelser. Ingen av disse er interessante i forhold til vurdering av faresoner. Det er registrert et enkelt steinsprang på gamleveien ved Ullshaug.

I NGI rapport 20031557-1 og Asplan Viak rapporten er det beskrevet flere hendelser. Omtrentlig plassering av disse er vist i figur 2.



Figur 3: Eksisterende faresoner for skred, samt kombinert aktsomhetszone for snø- og steinskred (brun skravur).

#### 4.4 Aktsomhetsområder

Planområdet er fullstendig dekket av aktsomhetskart for snøskred og delvis av aktsomhetskart for steinsprang samt jord- og flomskred (NVE, 2016). NGI sine kombinerte aktsomhetskart for snø- og steinskred dekker mindre deler av planområdet (figur 3).

#### 4.5 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak er registrert i nasjonal skreddatabase (NVE, 2016), og ingen ble observert under befaringen.

## 4.6 Klima

For en detaljert beskrivelse av klima i området vises til Asplan Viak rapporten (Asplan Viak, 2013). I forhold til snøskred har klimaforholdene følgende hovedtrekk:

- Nysnøtilvekst over tre døgn ved Røldal (393 m o.h.) ventes å være rundt 90 cm.
- Det forventes et tillegg på 30 cm på grunn av høyere beliggenhet av de potensielle utløsningsområdene.
- Nedbørførende vindretning er fra vestlig sektor.
- Utløsningsområder i le for nedbørførende vindretning er på den sørvestlige side av dalen.
- Store snømengder kan også forekomme i den nordøstlige side av dalen, og ble observert senest i 1993. I 1962 eller 1967 ble en garasje tatt av snøskred, trolig fra et snøskred som ble utløst fra den nordøstlige fjellsiden.

## 4.7 Snøskred

Planområdet ligger med bratte fjellsider mot vest og mot øst. Det kan utløses snøskred fra begge fjellsidene. De klimatiske forholdene tilsier at fjellsiden vest for planområdet er mer utsatt enn fjellsiden øst for planområdet.

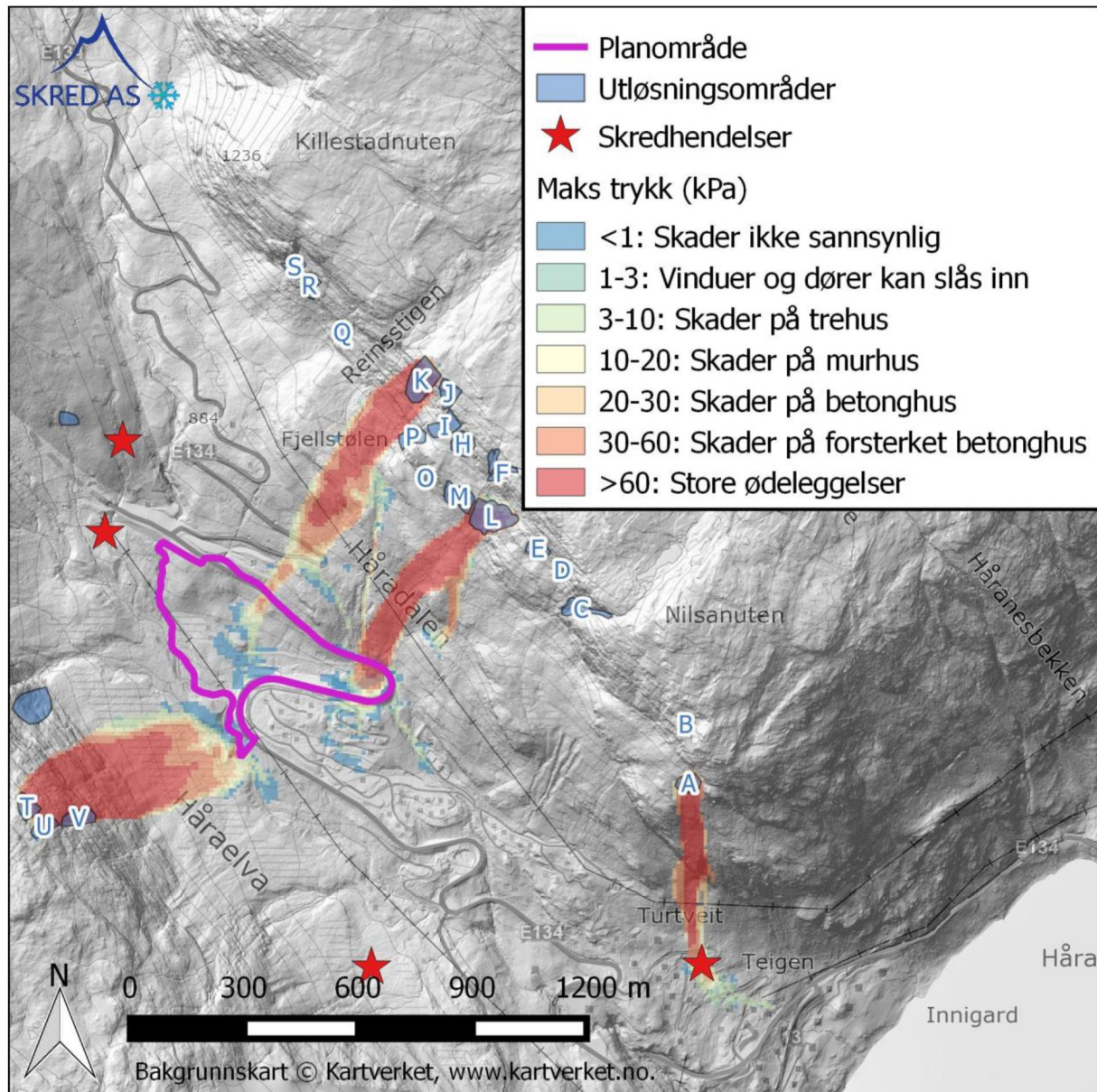
### 4.7.1 Fjellsiden øst for planområdet

Fjellsiden øst for planområdet er preget av bratte fjellskrenter med mindre skålformasjoner mellom (figur 5). Til tross for at store snøfall hyppigst kommer med vind fra vestlig sektor, er det i historisk tid registrert flere perioder med store snømengder i denne fjellsiden. Hendelsen i 1962 eller 1967, der en garasje ble tatt av snøskred var en slik situasjon. Også i 1993 var det mye snø i fjellsiden og evakuering av hus ble vurdert.

Potensielle utløsningsområder for snøskred er vist i figur 4. Områdene er definert ut fra flyfoto og terreng. Sannsynligheten for utløsning er ikke like stor i områdene. Skredutbredelse fra utløsningsområdene er beregnet med modellen RAMMS (Christen mfl., 2010). Det er anvendt bruddhøyder mellom 130 og 170 cm, og ulike sett med friksjonsparametere. Bruddhøyden er satt noe mindre i denne fjellsiden enn i fjellsiden vest for planområdet, da den ikke ligger i le for vanlig nedbørførende vindretning. Beregninger og vurderinger av resultatene viser følgende:

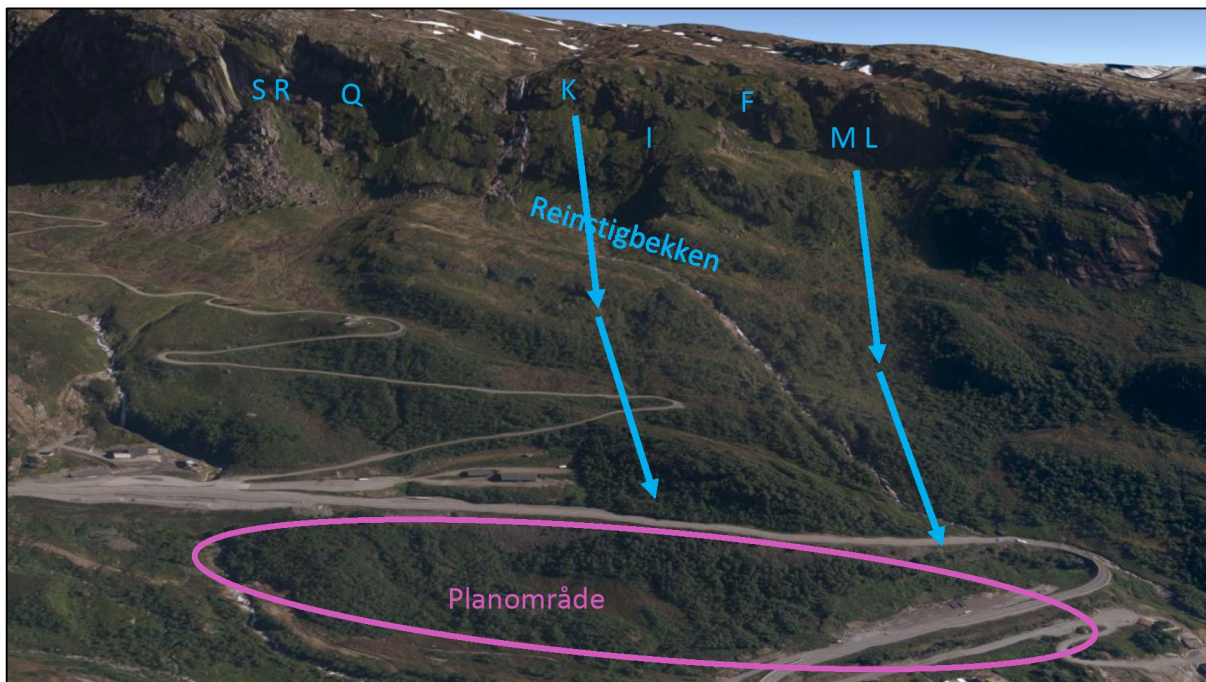
- Beregnet skredutbredelse fra utløsningsområde A når ned i området der en garasje ble tatt av snøskred på 1960-tallet (figur 4). Vi kjenner ikke til utløsningsområdet for skredhendelsen, men antar at modellen kan brukes som en del av beslutningsgrunnlaget for våre vurderinger av mulig utløpslengde.
- Snøskred fra utløsningsområdene C, D og E har retning sør for planområdet.
- Dimensjonerende snøskred fra utløsningsområdene Q, R og S vil ikke nå frem til planområdet.
- Dimensjonerende snøskred fra utløsningsområdene L, M, F, G og H kan nå frem den østlige delen av planområdet (figur 4). Det er noen trær i de lavere av disse utløsningsområdene, og årlig sannsynlighet for skred vil være forholdsvis lav, men samlet allikevel større enn 1/1000.

- Snøskred fra utløsningsområde K og fra områdene rundt kan i helt spesielle tilfeller nå ned forbi E134 og inn i planområdet. Her mener vi at beregningene er litt for konservative fordi 1) beregningene ikke tar høyde for skog, mens det i nedre deler av skredbanen er litt skog som vil bremse skredmassene i noen grad, og 2) utløsningsområdet ikke er godt egnet til å samle store snømengder, og dermed er det lite sannsynlig at hele utløsningsområdet utløses samtidig.



Figur 4: Utløsningsområder for snøskred og beregnet utbredelse av snøskred fra enkelte av områdene.

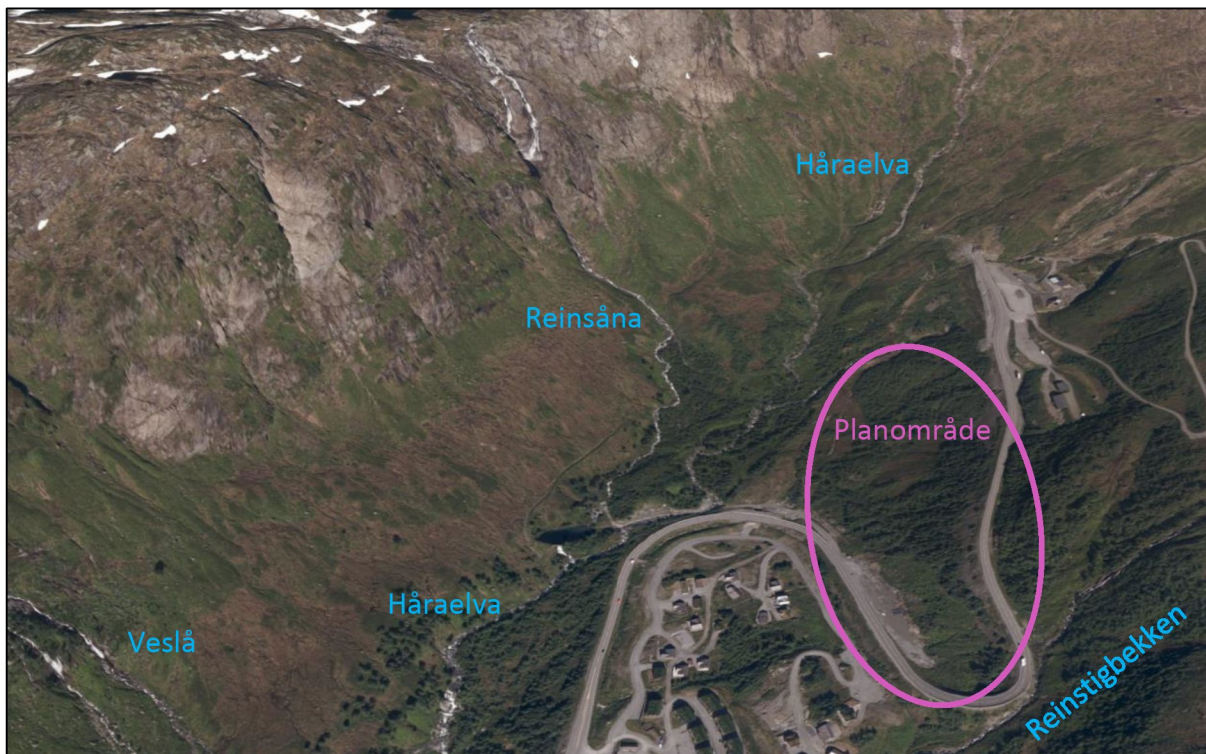




Figur 5: Den nordøstlige fjellsiden. Fra [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no). Omtrentlig plassering av utvalgte utløsningsområder er angitt. Skredbanene for snøskred fra områdene M, L og K er angitt med blå pil.

#### 4.7.2 Fjellsiden vest for planområdet

Fjellsiden vest for planområdet er preget av bratte fjellskrenter med mindre gjel (figur 6). Fjellsiden er tidligere vurdert, og det er kartlagt en faresone for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  (figur 3). Utløsningsområdene U og V ligger i tilknytning til et gjel i fjellsiden, mens område T består av en mindre konkavitet. Dimensjonerende snøskred fra disse utløsningsområdene vil kunne nå ned til Håraelva og inn i den sørlige delen av planområdet.



Figur 6: Den sørvestlige fjellsiden. Fra [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no).

#### 4.8 Sørpeskred

Sørpeskred er kjent i området, både fra observasjoner av skredskadet skog og fra kjente historiske hendelser. Årlig sannsynlighet for sørpeskred er vanskelig å vurdere, men vurderes som 1/100-1/500 langs de større elvene i området: Reinstigbekken, Reinsåna og Håraelva.

Vi har beregnet flytebevegelsen i dimensjonerende sørpeskred, og sammenliknet denne med de hydrologiske beregningene beskrevet nedenfor. Øst i planområdet ser det ut til at E134 virker som en god beskyttelse mot sørpeskred langs Reinstigbekken, men overløp inn i planområdet kan ikke helt utelukkes. Nordvest i planområdet, opp mot tunnelpåhugget, vil det være en lav årlig sannsynlighet for sørpeskred. Dette sammen med flomfare gjør at vi har valgt å legge en faresone for skred langs bekken i dette området.

#### 4.9 Løsmasseskred

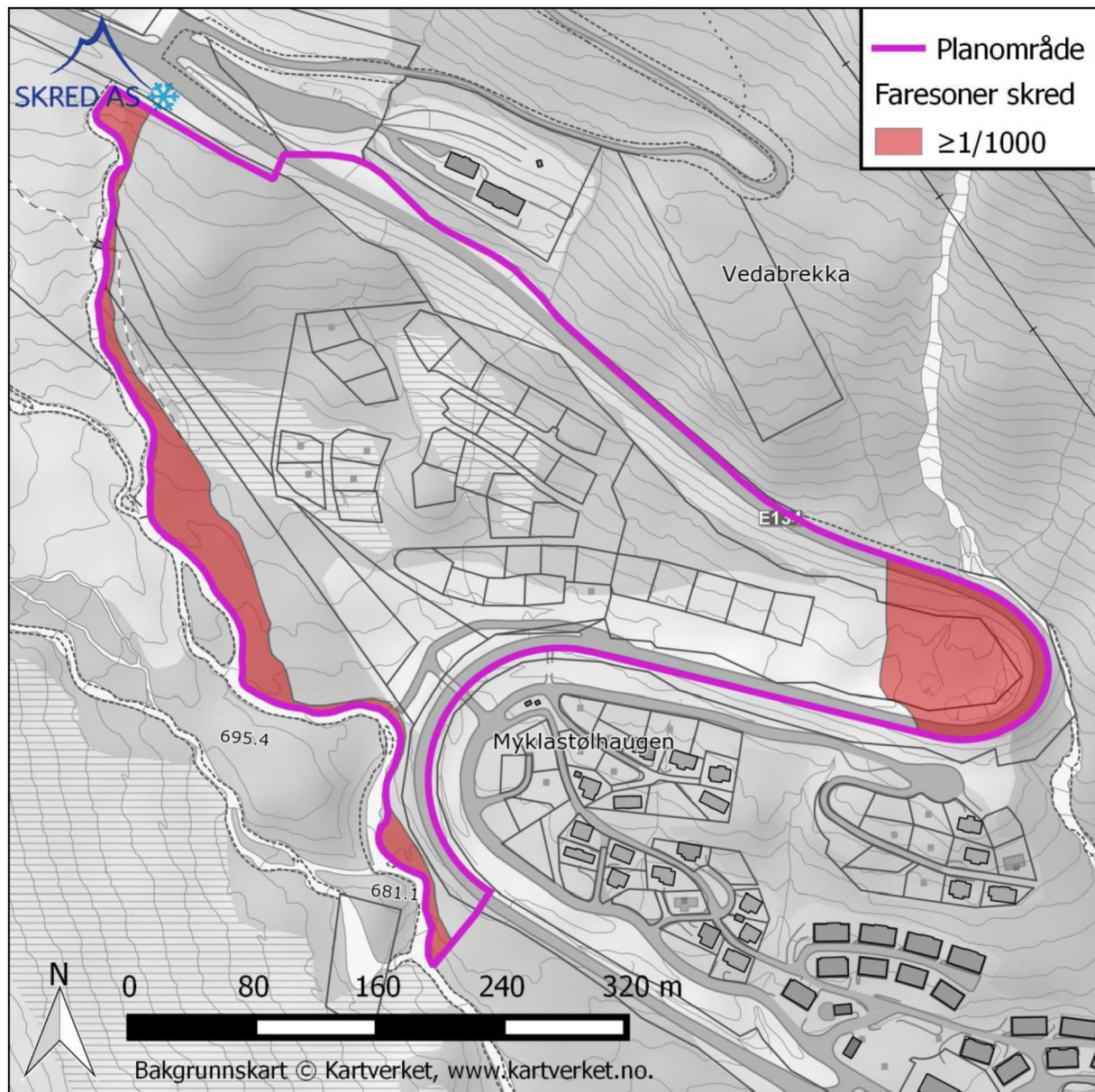
Flere steder i området er det tegn etter tidligere flomskred, spesielt ved ravinene sørøst for planområdet. Langs bekken vest for Nilsanuten er det tegn etter ferske flomskred. I forhold til sørpeskred antar vi at utbredelsen av løsmasseskred er begrenset. Faresonene for sørpeskred er dermed dimensjonerende for de vannrelaterte skredtyper.

#### 4.10 Skred i fast fjell

Vi forventer relativ hyppige utfall av steinblokker fra fjellsidene på begge sider av planområdet. Rekkevidden vil være begrenset, og betydelig mindre enn snøskred.

#### 4.11 Faresoner for skred

Øst i planområdet er dimensjonerende skredtype snøskred fra de mindre forsenkningene mellom Reinsstigen og Nilsanuten. Langs den vestlige planavgrensning er dimensjonerende skredtype sørpeskred og snøskred. Faresoner for skred er vist i figur 7. Merk at bare planområdet er vurdert. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet på 1/100 inn i det vurderte området.

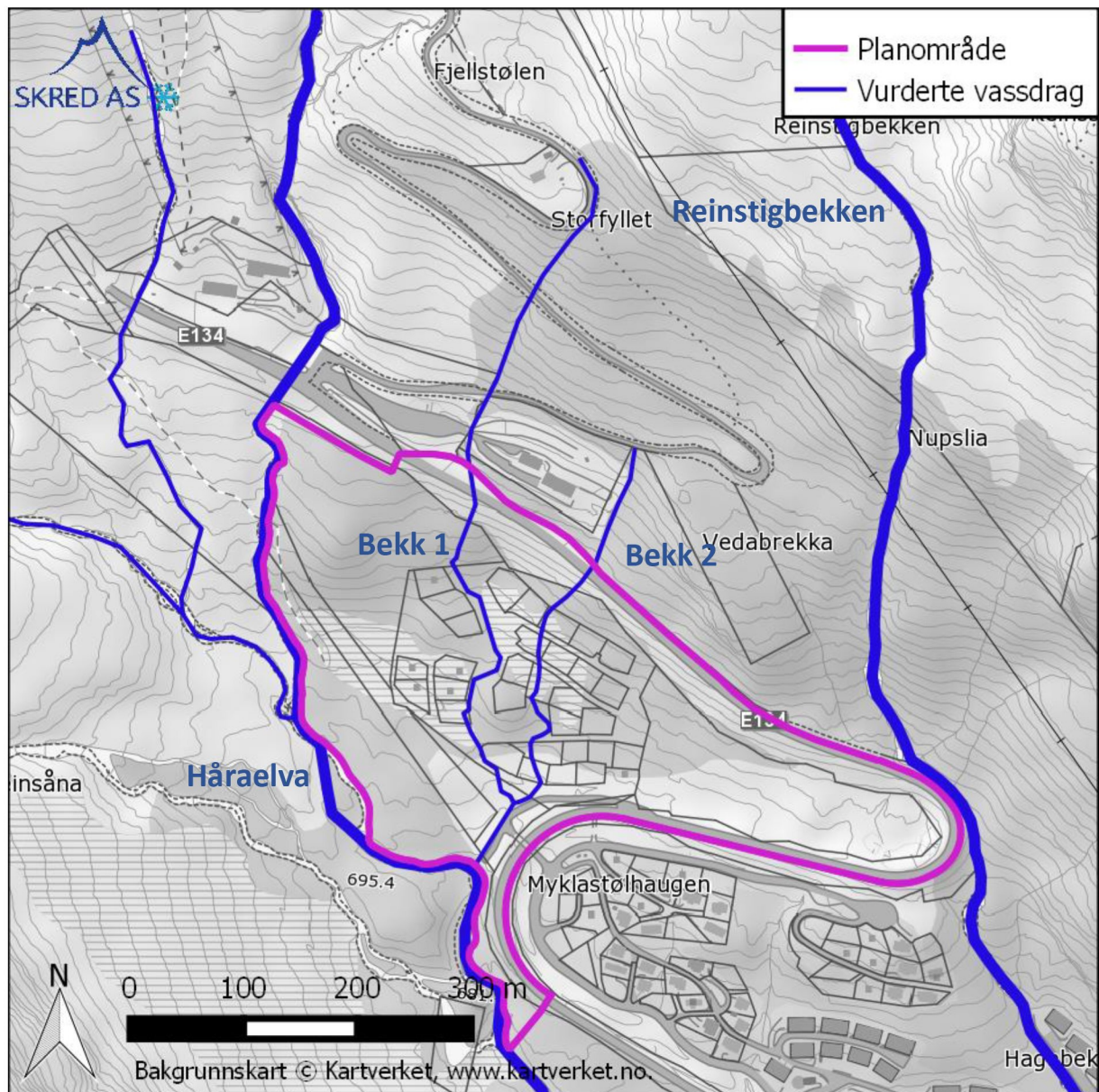


Figur 7: Faresoner for skred. Det er ikke faresoner for skred årlig sannsynlighet  $\geq 1/100$  i planområdet.

## 5 Vurdering av flomfare

### 5.1 Potensiell flomfare og vurderte vassdrag

Det er to mindre vassdrag og to bekker som berører planområdet. De to vassdragene innebefatter Håraelva og Reinstigbekken, og renner på hver sin side av planområder. De to bekkene renner gjennom planområdet og er i rapporten omtalt som Bekk 1 og Bekk 2. Figur 8 viser planområdet med de aktuelle vassdragene og bekkene som kan utgjøre en potensiell flomfare.



Figur 8: Planområdet med vurderte vassdrag som utgjør en potensiell flomfare.

## 5.2 Metode

Flomfarevurderingene baserer seg på beregning av dimensjonerende vannmengder, hydrauliske analyser og registreringer gjort under befaringen.

### 5.2.1 Flomberegning

Hvilke metoder som bør benyttes ved en flomberegning avhenger av flere forhold. Metode vil blant annet basere seg på geografiske- og meteorologiske parametere, om det finnes målestasjoner i vassdraget eller i nærliggende vassdrag, kvalitet og lengde på eventuelle måleserier, samt det aktuelle nedbørfeltets størrelse og feltkarakteristika. For hvert nedbørfelt må det derfor gjøres en individuell vurdering med utgangspunkt i beliggenhet, feltkarakteristikk og foreliggende måledata.

*Retningslinjer for flomberegninger* (NVE, 2011), *Veileder for flomberegninger i små nedbørfelt* (NVE, 2015b) og *Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt* (NVE, 2015c) er lagt til grunn for flomberegningene. NVE (2015b) og NVE (2015c) omhandler små nedbørfelt der feltareal er mindre enn ca 50 km<sup>2</sup>.

### 5.2.2 Vannlinjeberegning

For beregning av kapasitet til elveløp er programvaren Hec-Ras benyttet for Håraelva og Reinstigbekken. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. For bekkene gjennom planområdet er Manningsformel benyttet basert på antagelsen om normalstrømning.

Hec-Ras modellen kalibreres ved å justere energitap- og ruhetsparameterne slik at det blir samsvar mellom målte og modellerte verdier. For de aktuelle vassdragene foreligger det ikke kalibreringsdata slik at ruhet er satt basert på anbefalinger i aktuell litteratur og erfaringsdata. Modellresultatene blir vurdert opp mot registreringer gjort under befaringen av vassdrag og kritiske punkter.

## 5.3 Flomberegning

### 5.3.1 Beskrivelse av nedbørfelt

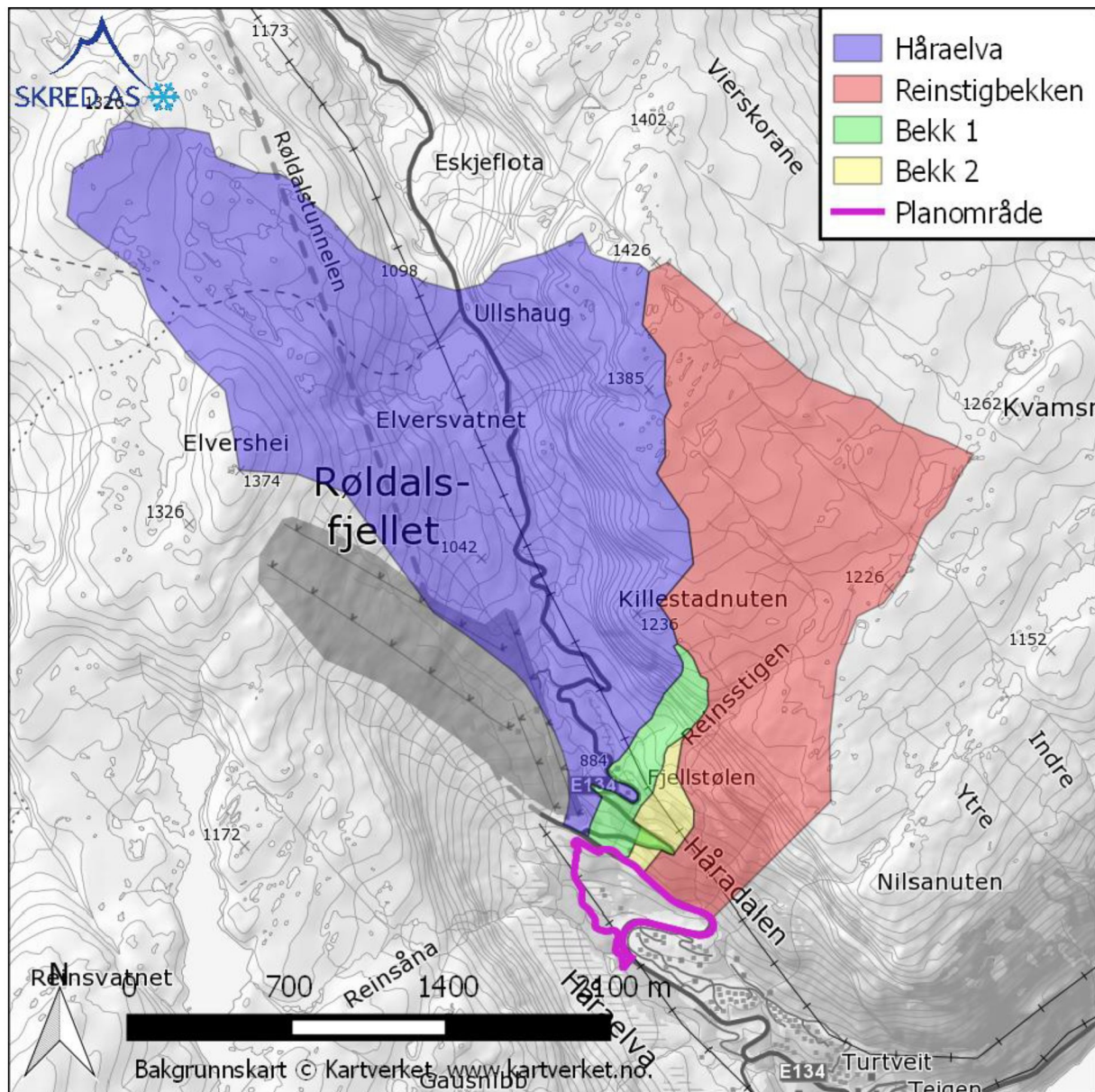
Håraelva og Reinstigbekken drenerer begge sørover fra Røldalsfjellet, med nedbørfelt henholdsvis vest og øst for E134. Begge nedbørfeltene er karakterisert som små og bratte. Sammen med en stor andel snaufjell og høy middelvannføring forventes det høye spesifikke flomverdier. Til tross for noen mindre vann/tjern i feltene anses den naturlige flomdempningen som liten. Det er for eksempel ingen større flate myrområder som vil bidra med forsinking.

De to bekkene som går gjennom planområder, Bekk 1 og Bekk 2, har begge små og lokale nedbørfelt. Feltene er karakterisert som svært bratte og består også av en vesentlig andel snaufjell. Bekkene krysser E134 flere steder gjennom stikkrenner. Tilstand og kapasitet på stikkrenner kan derfor, ved større flommer, være avgjørende for hvordan flomvannet fordeler seg.

Basert på en vurdering av data ved målestasjoner i området og feltkarakteristikk forventes det at de største flommene vil opptre som regnflommer eller som kombinerte regn- og smelteflommer. Ingen av de vurderte nedbørfeltene er påvirket av vassdragsutbygging eller regulering. Feltkarakteristika for nedbørfeltene er gitt i tabell 3, mens feltgrensene er vist i figur 9.

Tabell 3: Feltkarakteristika til analyserte vassdrag.

Vassdrag	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	q <sub>N</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]	Elvelengde [km]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
Håraelva	3,7	98,3	4,4	0,8	0	94	776 - 1416
Reinstigbekken	2,0	98,4	3,9	0,2	6	91	719 - 1424
Bekk 1	0,165	76	1,0	0	20	80	760 - 1200
Bekk 2	0,085	76	0,6	0	30	70	750 - 960



Figur 9: Nedbørfelt til vurderte vassdrag.

### 5.3.2 Utvalgte metoder

Målestasjon 36,91 Håraelva måler vannføringen i Håraelva, nedstrøms samløpet med Reinstigbekken, ca 1 kilometer nedstrøms planområdet. Stasjonen ligger nedstrøms inntaket til Håra kraftverk som har en slukeevne på  $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Analyse på måledata fra stasjonen er i utgangspunktet svært relevant for flomberegningen av Håraelva og Reinstigbekken. Da måleperioden til stasjonen er begrenset samt at vannføringskurven er usikker er også andre stasjoner og metoder benyttet. For Bekk 1 og Bekk 2 er den rasjonale formelen mest relevant. Benyttede metoder er beskrevet under.

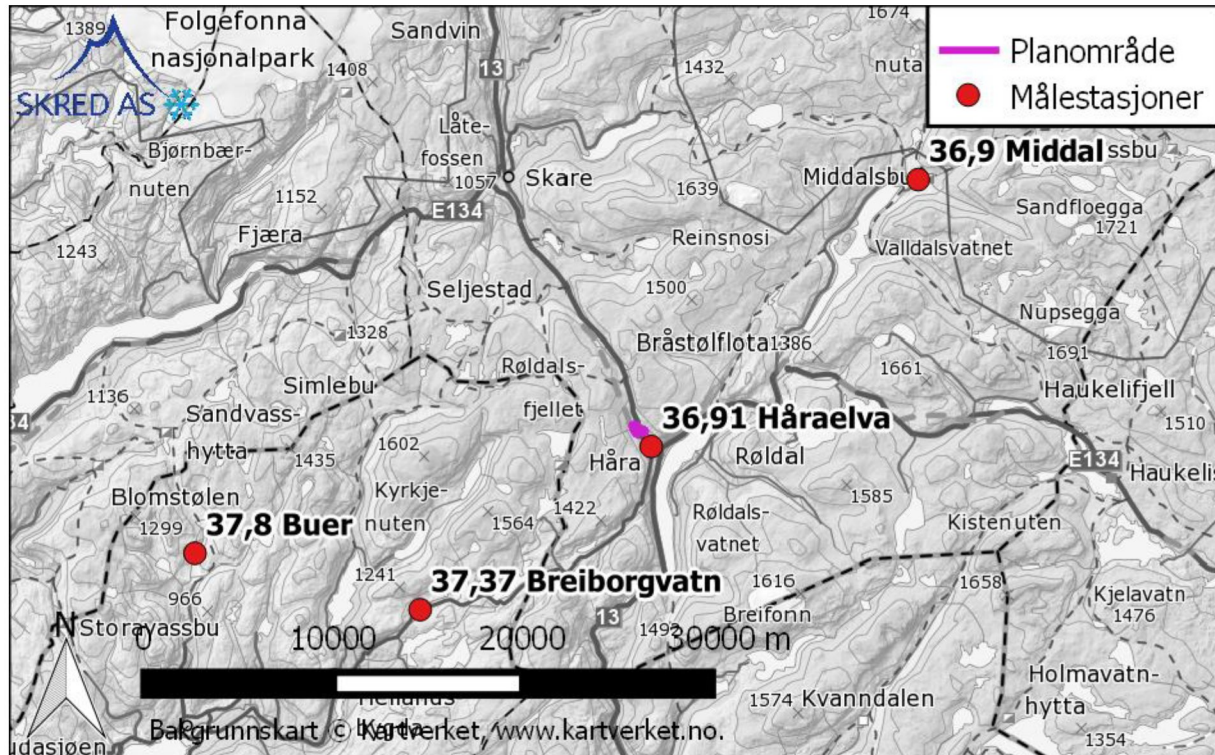
## Målestasjoner

Det er funnet et utvalg målestasjoner, i tillegg til 36,91 Håraelva, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i Håraelva og Reinstigbekken.

Alle de utvalgte referansevasdragene ligger i omtrent samme høydeintervall og geografisk nært Røldal. Feltkarakteristika for stasjonene er gitt i tabell 4 mens beliggenhet er gitt i figur 10. Middellavrenning ( $q_n$ ) er beregnet basert ut fra måleserien ved hver stasjon. Hypsografisk kurve for nedbørfeltene er vist i figur 11.

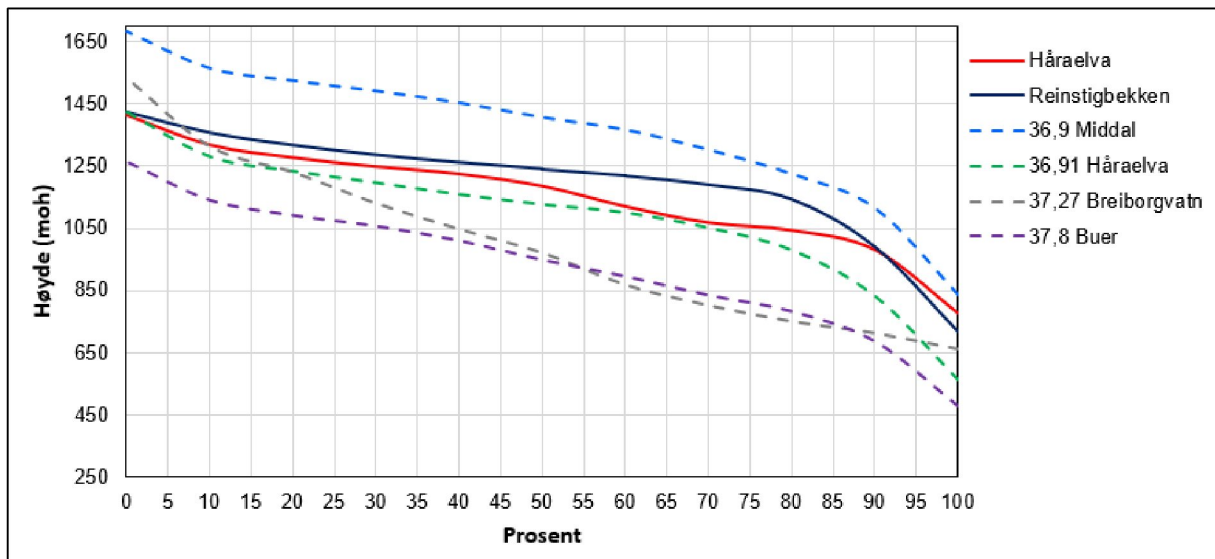
Tabell 4: Feltkarakteristika til referansevasdrag.

Målestasjon	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Måleperiode [år]	$q_n$ [l/s*km <sup>2</sup> ]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Snau-fjell [%]	Høydeint. [moh]
36,9 Middal	46.3	1968-dd	71	0,2	2	91	837 - 1683
36,91 Håraelva, Røldal	17.8	2006-2010	95	0,5	6	86	563 - 1424
37,27 Breiborgvatn	12.4	1996 - dd	95	2,8	2	91	663 - 1534
37,8 Buer	18.7	1983 - 1996	138	0,5	1	95	475 - 1265



Figur 10: Lokasjon til utvalgte referansevasdrag.





Figur 11: Hypsografisk kurve for aktuelle målestasjoner.

36,9 Middal måler vannføringen i Middalselva oppstrøms elvas utløp i Valldalsvatnet. Nedbørfeltet er vesentlig større og slakere enn de vurderte feltene ved planområdet noe som vil resultere i lavere spesifikke flomverdier. Vannføringskurven er av NVE vurdert som bra på flomvannføring. Det er flere hull i måleserien som reduserer det statistiske grunnlaget. På grunn av lengre måleperioder der data er basert på regresjonsanalyse fra referansevassdrag anses måleserien som usikker.

36,91 Håraelva, Røldal måler vannføringen i Håraelva nedstrøms samlet med Reinstigbekken og er således svært relevant. Det foreligger få år med målinger ved stasjonen og vannføringskurven er spesielt usikker på flomvannføring på grunn av høye vannhastigheter ved målestedet.

37,27 Breiborgvart måler vannføringen ved utløpet av Breiborgvatnet. I tillegg til Breiborgvatnet ligger det også tre andre innsjøer i nedbørfeltet som bidrar med naturlig demping av flomtopper. Spesifikk flomvannføring vil være lavere her enn i de aktuelle nedbørfeltene på grunn av den naturlige dempingen. Vannføringskurven er av NVE vurdert som bra på flomvannføring.

37,8 Buer måler vannføringen i elva Vio. Nedbørfeltet er i liten grad påvirket av naturlig flomdemning og er dominert av snaufjell. Kvaliteten på vannføringskurven til stasjonen er usikker.

## Flomformelverk

NVE (2015b) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 50 km<sup>2</sup>. Formelverket ble utarbeidet i forbindelse med NIFS-prosjektet (Etatsprogrammet Naturfare, Infrastruktur, Flom og Skred, 2012-2015). Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den

største usikkerheten i ligger 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. Det henvises til NVE (2015b) som utfyllende beskrivelse. Flomformelverket er vurdert som svært relevant for både Håraelva og Reinstigbekken.

### Den rasjonale formelen

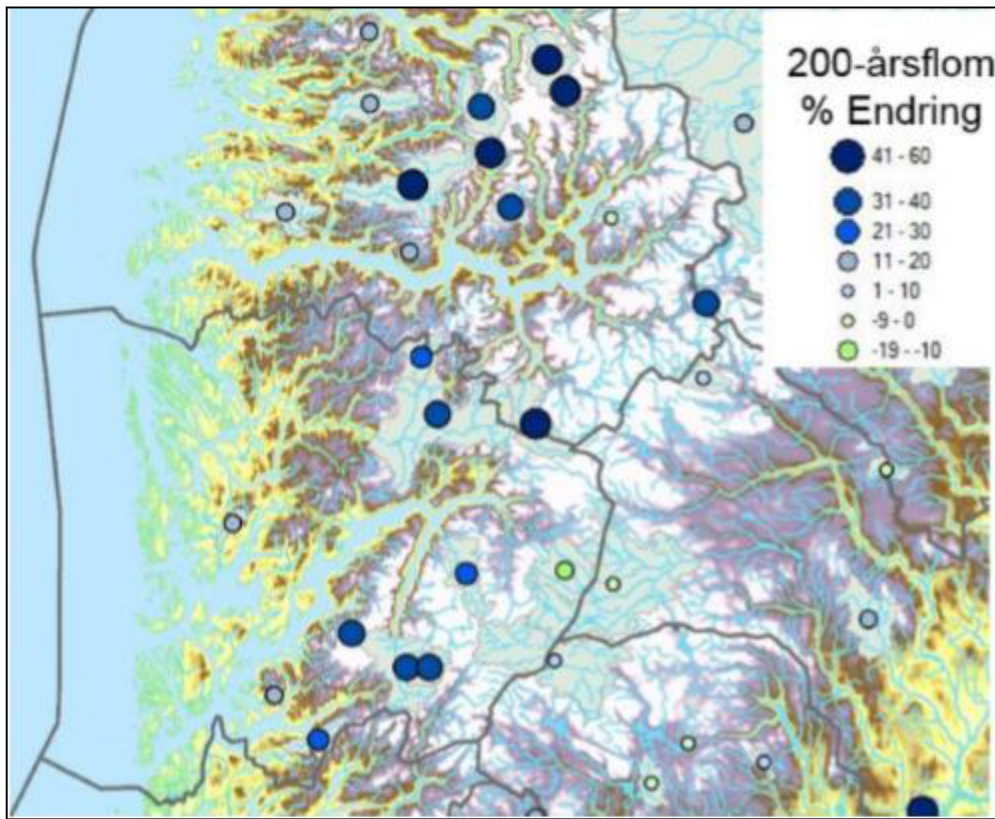
Den rasjonale formelen beregner flomvannmengde basert på nedbørstatistikk, feltareal og antatt avrenningskoeffisient. Dimensjonerende nedbør hentes ut fra relevant IVF-kurve basert på estimert konsentrasjonstid. Konsentrasjonstid estimeres på bakgrunn empirisk formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992) 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 km<sup>2</sup>. Generelt bør formelen benyttes forsiktig i naturlige felt og helst benyttes i kombinasjon med andre metoder. For nærmere beskrivelse av den rasjonale formelen henvises det til NVE (2015b).

Formelen er benyttet til flomberegning av Bekk 1 og Bekk 2.

#### 5.3.3 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2016) benyttes det et klimapåslag på 40 % for de aktuelle vassdragene for å ta hensyn til forventende endringer i flomstørrelser frem mot år 2100. Klimapåslaget er ikke entydig i NVE-rapporten. 40 % er satt da det ved flere stasjoner i området er estimert en fremtidig økning i 200-årsflommen på mellom 30 og 40 %, samt at de aktuelle feltene forventes å reagere raskt på styrtregn. Figur 12 viser estimert prosentvis endring av 200-årsflom for NVE sine målestasjoner i området.



Figur 12: Prosentvis endringer i flomstørrelser frem mot år 2100, NVE (2016).

### 5.3.4 Flomberegning for Håraelva og Reinstigbekken

#### 5.3.4.1 Målestasjoner

Vannføringsmålinger fra utvalgte målestasjoner er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort en 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.

For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til måledataene. Resultatene fra flomfrekvensanalyse på utvalgte måleserier er presentert i tabell 5.

Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer, frekvensfordeling.

Målestasjon	År	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Middelflom		Q <sub>20</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>1000</sub> / Q <sub>M</sub>	Metode
			Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]				
36,9 Middal	29	46.3	22.27	481	2.03	3.04	3.73	GEV (mom)
36,91 Håraelva, Røldal	3	17.83	12.65	709	-	-	-	-
37,27 Breiborgvatn	15	12.4	9.94	802	1.54	2.16	2.69	Gen. Log
37,8 Buer	13	18.7	20.1	1075	1.5	1.97	2.3	Gum (max)

#### 5.3.4.2 Flomformler for små nedbørfelt

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt for Håraelva og Reinstigbekken er presentert i tabell 6. Resulterende flomverdier er gitt som formelverkets middelestimat.

Tabell 6: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt, kulminasjonsverdier for middelestimat.

Målestasjon	Middelflom		Q <sub>20</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>1000</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>1000</sub> [m <sup>3</sup> /s]
	Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]						
Håraelva	6,3	1708	1,60	2,47	3,38	10,1	<b>15,6</b>	21,4
Reinstigbekken	4,2	2085	1,59	2,45	3,34	6,7	<b>10,3</b>	13,9

#### 5.3.4.3 Kulminasjonsvannføring

Kulminasjonsvannføringen kan være vesentlig større enn døgnmiddelvannføringen. Generelt er forholdstallet ofte størst i små og bratte nedbørfelt med liten innsjødempning. Da 36,91 Håraelva har dårlig kvalitet på flomvannføring er forholdstallet vurdert på bakgrunn av aktuelt formelverk og forholdstall beregnet for referansevassdragene i NVE (2015b). Tabell 7 viser forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring for referansevassdragene.

Tabell 7: Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring ved utvalgte referansevassdrag. Verdiene er hentet fra NVE (2015b).

Målestasjon	Areal [km <sup>2</sup> ]	Eff. Sjø [%]	Kulm/døgn
36,9 Middal	46.3	0,2	1,4
37,27 Breiborgvatn	12.4	2,8	1,34
37,8 Buer	18.7	0,5	1,91

I NVE (2011) er det presentert et formelverk som gir forhold mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring for vår- og høstflom. Feltareal og effektiv sjøprosent er inngangsparametere til formelverket. For Håraelva gir formelverket et forholdstall for vår- og høstflom på henholdsvis 1.51 og 1.88, mens tilsvarende tall for Reinstigbekken er 1.61 og 2.08.

Forholdstallene fått av formelverket stemmer godt med tallet ved 37,8 Buer, som på bakgrunn av feltkarakteristikk er mest relevant. Et forholdstall på 1,9 er vurdert som realistisk for både Håraelva og Reinstigbekken.

#### 5.3.4.4 Dimensjonerende flommer

Det forventes høyere spesifikke flomverdier i de to vassdragene ved planområdet ved 37,91 Håraelva. På bakgrunn av feltareal og karakteristikk forventes det også vesentlig høyere verdier enn ved 36,9 Middal og noe høyere verdier enn ved 37,27 Breiborgvatn. Beregnede verdier ved 37,8 Buer anses som usikker på flomvannføring slik at denne stasjonen i mindre grad vektlegges. En spesifikk døgnmiddelflom på 1000 l/s\*km<sup>2</sup> virker realistisk, noe som samsvarer godt med resultatene fått fra flomformelverket. Med et forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring på 1,9 gir det en spesifikk kulminert middelflom på 1900 l/s\*km<sup>2</sup>. Da frekvensfordelingen fått fra flomformelverket anses som robust benyttes det fremfor fordelingene beregnet ved stasjonene. Tabell 8 og tabell 9 gir dimensjonerende flomverdier for de to vassdragene med og uten klimatillegg. Spesifikk 200-årsflom er beregnet til ca 4700 l/s\*km<sup>2</sup> uten klimatillegg som er i samme størrelsesorden som de største «observerte» flommene i områder gitt i NVE (2015).

Tabell 8: Dimensjonerende flommer i Håraelva og Reinstigbekken.

Vassdrag	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Middelflom		Q20	Q200	Q1000
		Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
Håraelva	3,7	7.0	1900	11	<b>17</b>	24
Reinstigbekken	2,0	3.8	1900	6	<b>9</b>	13

Tabell 9: Dimensjonerende flommer i Håraelva og Reinstigbekken inkludert klimatillegg.

Vassdrag	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	Klima-tillegg	Middelflom		Q20	Q200	Q1000
			Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
Håraelva	3,7	1,4	10	2660	16	<b>24</b>	33
Reinstigbekken	2,0	1,4	5	2660	8	<b>13</b>	18

Ca halvveis ned langs planområdet kommer det på en sideelv til Håraelva med et feltareal på 1,7 km<sup>2</sup>. Dersom det antas at sideløpet bidrar med den samme spesifikke vannmengden under flom som resten av feltet vil dimensjonerende 200-årsflom være 35 m<sup>3</sup>/s rett nedstrøms samløpet. Økningen i vannføring blir tatt hensyn til og legges inn i Hec-Ras modellen av elvestrekningen.

### 5.3.5 Flomberegning for Bekk 1 og Bekk 2

#### 5.3.5.1 Den rasjonale formelen

Det foreligger ingen nedbørstasjoner nær Røldal med en god IVF-kurve. IVF-kurve 47890 Opptveit, som ligger 45 kilometer sør for Røldal, og regional IVF-kurve 5 Vestlandet gitt i MET (2015) er vurdert. Kurven for 47890 Opptveit gir verdier som er ca 16 % høyere enn den regionale kurven, og er derfor valgt konservativt. Basert på en vurdering av terrengtype samt erfaringsdata virker en avrenningskoeffisient på 0,4 å være realistisk. Resultater fra den rasjonale formelen for Bekk 1 og Bekk 2 er gitt i tabell 10.

Tabell 10: Resultater fra den rasjonale formelen for Bekk 1 og Bekk 2.

IVF-kurve	Areal [km <sup>2</sup> ]	Kons. Tid [min]	I <sub>200</sub> [l/s*ha]	C-verdi	Klima-tillegg	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]
Bekk 1	0,165	30	135	0,4	1,4	<b>1,25</b>
Bekk 2	0,085	25	154	0,4	1,4	<b>0,75</b>

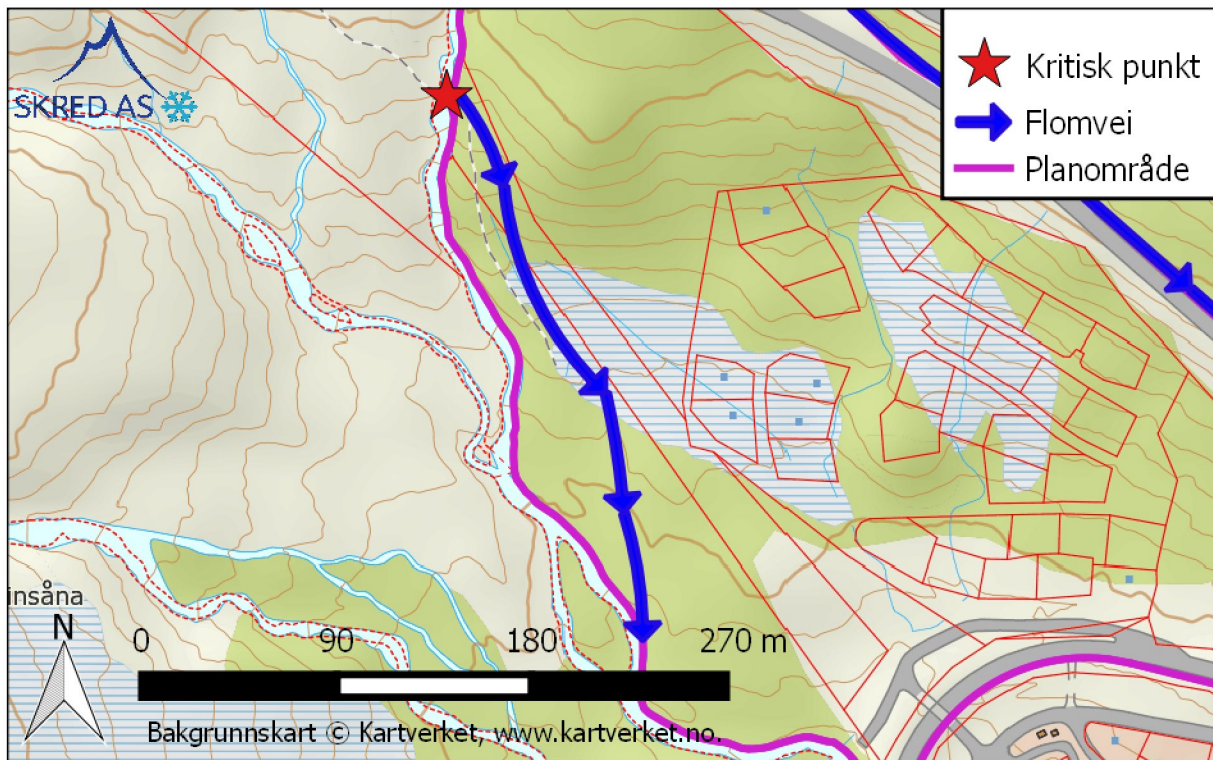
Spesifikk 200-årsflom, inkludert klimatillegg, er i de to bekkene beregnet til 7600 og 8600 l/s\*km<sup>2</sup>. Dette er høye verdier som kan virke noe konservative. Nedbørfeltene er av en slik art at høye spesifikke flomverdier er forventet.

### 5.4 Vassdragenes kapasitet, kritiske punkter og erosjonsfare

#### 5.4.1 Håraelva

Håraelva renner i et veldefinert løp med god overhøyde mot planområdet. Elva renner under E134 i en tunnel med stor kapasitet. Erosjonsfaren anses som liten da elva i stor grad renner på fjell. Kapasiteten til elveløpet er undersøkt gjennom en Hec-Ras modell, basert på laserdata, med konservative ruhetsverdier. Da elveløpet er bratt og det forventes store energitap er et Manningstall på 8 benyttet både i elveløp og på sidekanter. Beregningene viser at dagens elveløp har kapasitet for dimensjonerende flommer, noe som skyldes at elva over tid har gravd seg ned i terrenget. I nedre del av planområdet viser beregningene at flomvann kan nå over i et eldre flomløp før vannet ledes ut i elva igjen. Flomløpet kommer frem av anbefalt hensynssone.

Der Håraelva krysser alpintløypa går den inn i 4 stk Ø1200-kulverter (figur 14). Ved inntaket er det plassert en del stokker som fort kan redusere kapasitet og øke faren for tilstopping. Basert på tabell for innløpskontrollert kulverter i NVE (2010) har de fire kulvertene en samlet maksimal kapasitet på ca 8 m<sup>3</sup>/s. Kapasiteten er lavere enn dimensjonerende flommer, slik at det må forventes at flomvann går i overløp eller tar alternative veier for vesentlig lavere returperioder enn 20 år. Det anbefales at flomveien fra det kritiske punktet merkes som hensynssone i reguleringsplanen, samt at det etableres et overløp ved punktet som leder flomvann direkte tilbake til elva. Figur 13 og figur 15 viser bilde av det kritiske punktet og flomveien.



Figur 13: Flomvei fra kritisk punkt i Håraelva.



Figur 14: Kritisk punkt i Håraelva ved kryssing av alpinløypa.



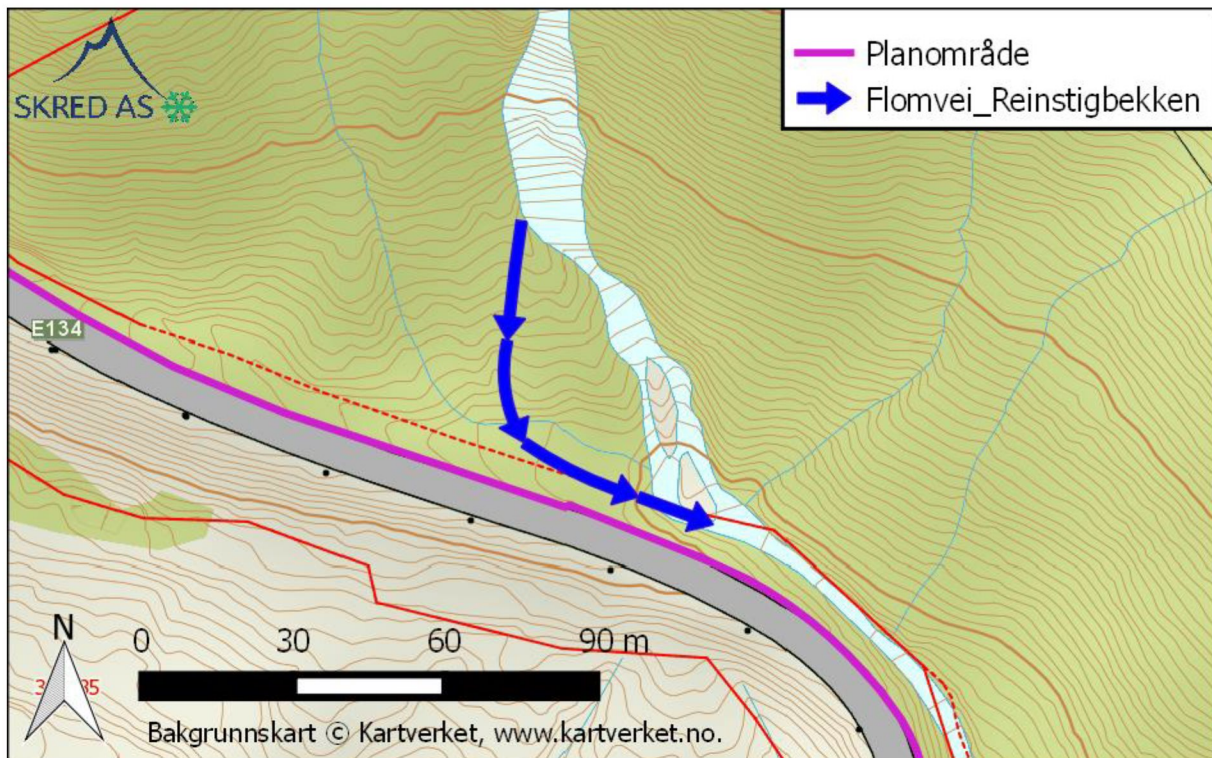
*Figur 15: Alternativ flomvei fra kritisk punkt ned alpinløypa sett fra oppstrøms side.*

#### 5.4.2 Reinstigbekken

E134 skiller Reinstigbekken fra planområdet i områdets østre ende. Bekken går i et definert løp og er karakterisert som bratt. Rett oppstrøms planområdet er det et aktivt flomløp (overhøyde på 1,25 m fra hovedløpet). Flomvann som går i flomløpet vil bli avskåret av en større grøft langs E134. Som en andre barriere, der grøfta er den første, vil et massivt autovern langs E134 lede vannet tilbake mot bekken. Flomveien er vist i figur 16.

Det er satt opp en konservativ Hec-Ras modell av bekkestrekningen for å undersøke kapasitet, der et Manningstall på 8 er benyttet. Modellen viser at bekkeløpet har god kapasitet for både dimensjonerende 200- og 1000-årsflom. Flom med stor massetransport, som kan fylle opp bekkeløpet og endrer bekkens geometri, kan derimot utgjøre en fare. Denne situasjonen er behandlet i vurderingene av flomskred.

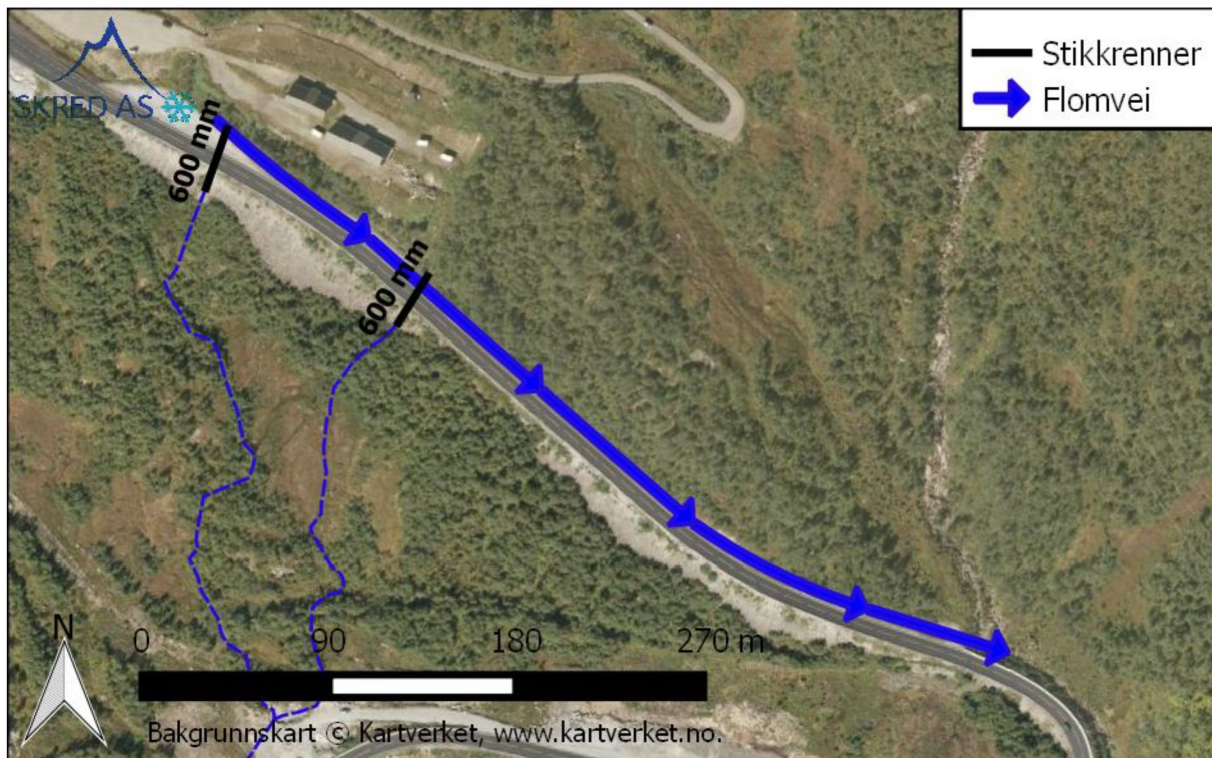




Figur 16: Flomløp til Reinstigbekken oppstrøms planområdet og E134.

#### 5.4.3 Bekk 1 og Bekk 2

Bekk 1 og Bekk 2 føres to i stikkrenne under E134 rett oppstrøms planområdet. Begge stikkrennene har en dimensjon på 600 mm. Dersom kapasitet ikke er tilstrekkelig, eller innløpene går helt eller delvis tett på grunn av is eller drivgods, vil flomvannet følge E134 sørøstover til det når Reinstigbekken. Et massivt autovern i betong i ytterkant av veien sørger for at flomvann ikke vil ta alternative flomveier gjennom planområdet. Plassering av stikkrenner og flomveien er vist i figur 17.



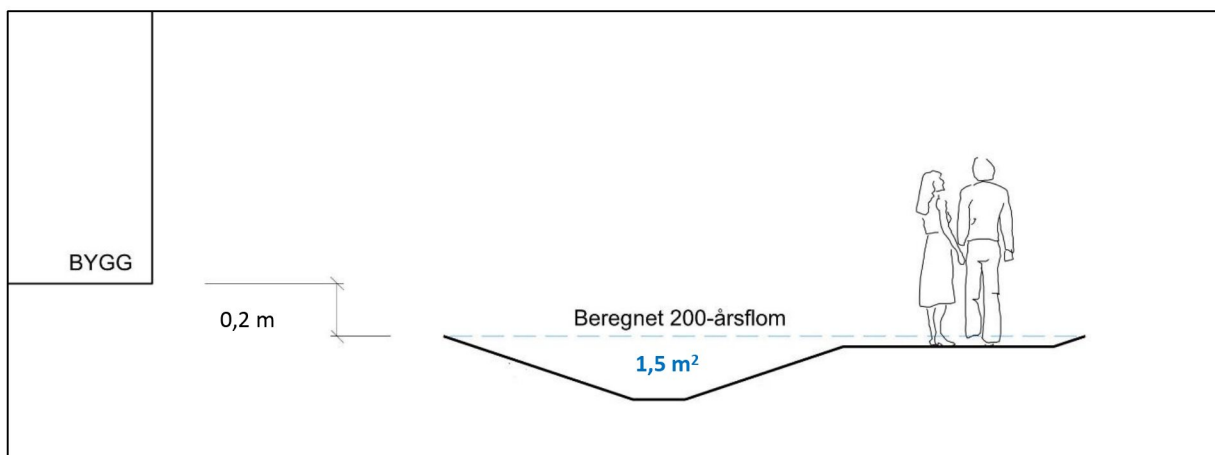
Figur 17: Stikkrenner under E134 med flomvei mot Reinstigbekken.

Vannmengdene til Bekk 1 og Bekk 2 gjennom planområdet begrenser seg til hva stikkrennene kan ta unna. En innløpskontrollert 600 mm-kulvert har i utgangspunktet kapasitet på i underkant av 400 l/s. Kapasiteten er vesentlig mindre enn beregnet 200-årsflom slik at det må påregnes at flomvannet vil gå i flomveien for lavere returperioder. For å ta hensyn til lokalt overvann anbefales det å sette 600 l/s som dimensjonerende for begge bekkene gjennom planområdet. Vannmengden forutsetter at dimensjon på oppstrøms kulverter ikke økes.

Nødvendig tverrsnittareal til bekkene er estimert ved bruk av Mannings formel. Et Manningstall på 15 er benyttet der det er sett på ulike bekkegeometrier og fallforhold. Generelt vil vått tverrsnitt være mindre i brattere vassdrag på grunn av større vannhastigheter. Hastighetshøyden vil derimot være høyere, noe som bør tas hensyn til. Basert på beregningene anbefales det et tverrsnittsareal til bekkene på minimum 1,5 m<sup>2</sup>. I tillegg til tverrsnittarealet anbefales det en sikkerhetsmargin på minimum 20 cm mot nærliggende bebyggelse. Beregningene er vist i tabell 11, og en illustrasjon er vist i figur 18.

Tabell 11: Beregning av tverrsnittsareal for Bekk 1 og Bekk 2 (M=15).

Bunnbredde [m]	Helning sidekant [1:X]	Fall [m/m]	Vått tverrsnitt [m <sup>2</sup> ]
0,5	2,5	0,01	1,0
0,5	2,5	0,1	0,4
1	0,05	0,01	0,85
1	0,05	0,1	0,35
<b>Anbefalt tverrsnitt:</b>			<b>1,5</b>



Figur 18: Illustrasjon av flomsikkert nivå for bebyggelse i tilknytning til bekkene.

## 5.5 Forslag til bestemmelser i reguleringsplanen

### 5.5.1 Bekk 1 og Bekk 2

Det bør etableres en hensynssone langs bekkestrengen til Bekk 1 og Bekk 2. En bredde på fire meter er tilstrekkelig. Bekkeløpet bør ha et tverrsnittsareal på minimum 1,5 m<sup>2</sup>, i tillegg til en sikkerhetsmargin på 0,2 meter mot nærliggende bebyggelse. Det anbefales å benytte kulverter med dimensjon 800 mm. Mindre dimensjoner kan benyttes dersom det etableres et overløp/flomvei som leder vannet tilbake til bekkeløpet dersom kapasitet overskrides/innløp går tett. Bekkeløp må utformes slik at erosjon unngås.

### 5.5.2 Håraelva

Det bør etablere en hensynssone langs Håraelva, og for området som kan påvirkes av flomveien fra kritisk punkt. Det anbefales å opprettholde et vegetasjonsbelte på 20 meter langs elva. Beltet vil både sørge for tilstrekkelig flomsikkerhet, samt er gunstig med tanke på biologiske forhold.

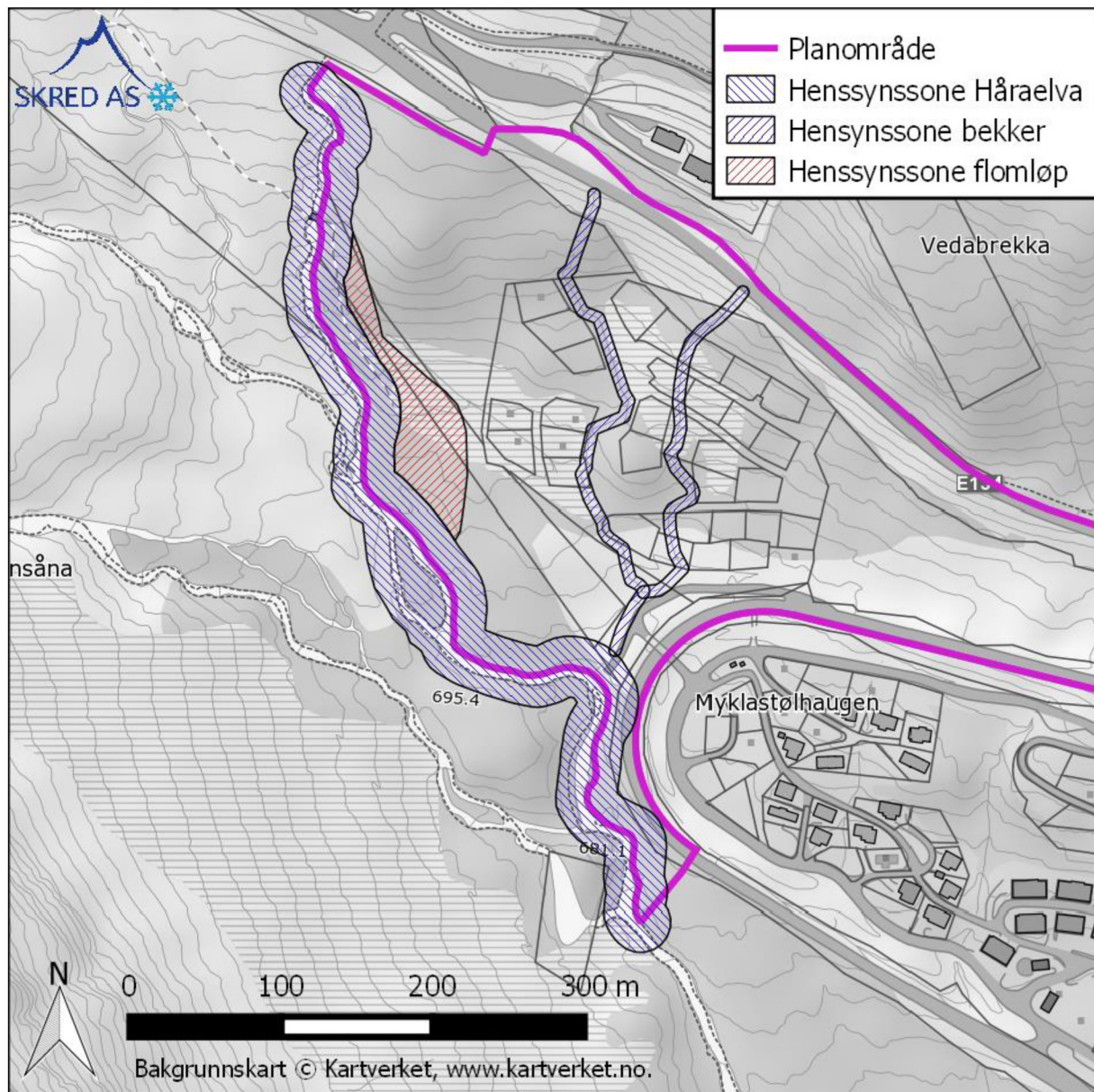
Det må ikke gjøres tiltak i forbindelse med elveløpet som reduserer vassdragets kapasitet. Ved det kritiske punktet bør det etableres et trygt overløp som leder flomvann, som kulvertene ikke kan ta unna for, trygt tilbake til elveløpet på motsatt side.

### 5.5.3 Reinstigbekken

Planområdet har i dag tilstrekkelig sikkerhet mot flom i Reinstigbekken. Det må ikke gjøres tiltak i forbindelse med bekken som reduserer vassdragets kapasitet.

#### 5.5.4 Hensynssoner

Anbefalte hensynssoner for flom er vist i figur 19.



Figur 19: Anbefalte hensynssoner for flom.

## 6 Konklusjon

### 6.1 Skred

I planområdet vurderes det dels en fortetting av hytter og en utvidelse av hyttefeltet. Så vidt vi kjenner til, har hyttene mindre enn 10 boenheter. Disse skal tilfredsstillere kravene i sikkerhetsklasse S2. Basert på en risikovurdering, mener vi det kan argumenteres for å redusere sikkerhetskravet for uteareal til sikkerhetsklasse S1 (1/100). Eventuelle uthus og garasjer skal tilfredsstillere kravene i sikkerhetsklasse S1 (1/100). Vi har vurdert faresoner for S2 (1/1000) og S1 (1/100).

Øst i planområdet (Sjuravingen) er dimensjonerende skredtype snøskred fra de mindre forsenkningene mellom Reinsstigen og Nilsanuten. I skisse for oppstartsvarsel er det ikke planlagt hytter i faresonen. Langs den vestlige planavgrensning er dimensjonerende skredtype sørpeskred og snøskred. Faresoner for skred er vist i figur 7. Merk at bare planområdet er vurdert. Det er ikke faresoner for skred med årlig sannsynlighet på 1/100 inn i det vurderte området.

### 6.2 Flom

Det er to mindre elver og to bekker som potensielt kan utgjøre en flomfare for planområdet. Planområdet faller innenfor sikkerhetsklasse F2 i TEK10, som medfører at bebyggelse skal være flomsikkerhet mot en 200-årsflom.

Håraelva har tilstrekkelig kapasitet for dimensjonerende flommer, med unntak av et kritisk punkt ved kryssing av alpinløypa. Dersom flomvannføringen overskrider kapasiteten til kulvertene ved kryssingen, eller kulvertene går tett, kan vannet ta en alternativ vei østover inn i planområdet. Flomveien bør merkes med hensynssone i reguleringsplanen. Det anbefales i tillegg å utforme terrenget ved kryssingen på en slik måte at flomvann ledes kontrollert tilbake til elveløpet dersom kapasiteten til kulvertene overskrides. Det anbefales å opprettholde et vegetasjonsbelte langs Håraelva på 20 meter, både med tanke på flomsikkerhet og biologisk mangfold.

Planområdet har under dagens forhold tilstrekkelig flomsikkerhet mot Reinstigbekken.

Det anbefales å etablere hensynssoner langs de to bekkene som renner gjennom planområdet. Dette for å sikre at de blir tatt hensyn til i byggeplanen samt at det blir satt av tilstrekkelig med plass. Hensynssonene bør ha en bredde på minimum 4 meter og bekken bør utformes som anbefalt i denne rapporten.

## 7 Referanseliste

Asplan Viak, 2013. Odda, Røldal Skisenter - Skredfarevurdering for nedre del av planlagt ekspressehøy, Asplan Viak Rapport.

Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Reg. Sci. Technol. 63, 1–14.  
doi:10.1016/j.coldregions.2010.04.005

DiBK, 2016. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK10) [WWW Document]. Hjemmeside.  
URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>

NGI, 2003. Håradalen, Odda. Vurdering av fare for skred ved kommunedelplan, NGI Rapport.

NGU, 2016a. Nasjonal berggrunnsdatabase [WWW Document]. URL  
<http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>

NGU, 2016b. Nasjonal løsmassedatabase [WWW Document]. URL  
<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

NVE, 2016. Skredatlas [WWW Document]. URL <http://skredatlas.nve.no>

NVE, 2011 Retningslinjer for flomberegninger. NVE retningslinjer 4-2011.

NVE, 2015a Flaumfare langs bekker – Råd og tips om kartlegging. NVE veileder 3-2015.

NVE, 2015b Veileder for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE veileder 7-2015.

NVE, 2015c Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte nedbørfelt. NVE rapport 97-2015.

NVE, 2016 Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.

SINTEF, 1992 Flomberegning og kulvertdimensjonering. Vann og avløp September 1992.  
STF60 A92101