



Flaumfarevurdering for gbnr. 51/21 og 32 i Hundeidvik, Sykkylven kommune



Sunnfjord Geo Center

Prosjektinformasjon og status

| Prosjektnummer: | | | | Dokumentkode: | Dokumentnr.: | Dokumenttittel: | | |
|---|-------------------|---------------------------------|--|---|-----------------------|--|--|--|
| 2022-10-329 | | | | FF-H30-M01-01 | 01r | Flaumfarevurdering for gbnr. 51/21 og 32 i Hundeidvik, Sykkylven kommune | | |
| Revisjon: | Skildring: | | | | Leveransedato: | | | |
| 0 | Godkjent rapport | | | | 14.12.2023 | | | |
| Kontraktør: | | | | Kontaktinformasjon: | | | | |
|  Sunnfjord Geo Center | | | | Sunnfjord Geo Center AS Stongfjordvegen 577 6984 Stongfjorden Tlf.: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA | | | | |
| Fagområde: | | Dokumenttype: | | Lokalitet: | | | | |
| Flaumfarevurdering | | Rapport | | Hundeidvik, Sykkylven kommune | | | | |
| HMS-risikovurdering før feltarbeid: | | Dato for risikovurdering | | Hending/avvik meldt: | | | | |
| Risikogruppe 1 | | 04.12.2023 | | Nei | | | | |
| Feltarbeid utført av: | | Dato for feltarbeid: | | | | | | |
| Anders Haaland | | 07.12.2023 | | | | | | |
| Rapport utarbeidd av: | | Dato for ferdigstilling: | | Signatur: | | | | |
| Rev 0: Anders Haaland | | Anders Haaland 13.12.2023 | | Anders Haaland (sign.) | | | | |
| Rapport kvalitetssikra av: | | Godkjend, dato: | | Signatur: | | | | |
| Rev 0: Atle Nesje | | 14.12.2023 | | Atle Nesje (sign.) | | | | |

Samandrag

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Proess AS utført ei flaumfarevurdering etter §7-2 i TEK17 i samband med reguleringsplanarbeid for gbnr. 51/21 og 51/32 i Hundeidvik i Sykkylven kommune. Flaumfarevurderinga er gjort langs Raudåa som renn gjennom planområdet.

20- og 200-årsflaum inkludert eit klimapåslag på 40 % i Raudåa er berekna til høvesvis $4,91 \text{ m}^3/\text{s}$ og $7,75 \text{ m}^3/\text{s}$. Flaumberekningane er gjort med bakgrunn i *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt, den rasjonelle metode* og erfaringstal frå vassdrag på Vestlandet.

HEC-RAS er nytta for å utføre ei 2D-modellering av flaumutbreiinga i planområdet. Modelleringsa viser at Raudåa generelt har kapasitet til å handsame både 20- og 200-årsflaum, med unntak av nokre kritiske punkt der bekkekanten er låg. Det er utarbeida faresonekart for flaum som viser kva for område som er utsette for 20- og 200-årsflaumar. Det er eit kritisk punkt like oppstraums for brua i planområdet der bekken kan bryte ut og ta eit nytt løp parallelt med bekken. Dersom ein ynskjer å utnytte dette området, bør bekkekanten hevast slik at bekken ikkje kan ta eit nytt løp.

Det er også gjort ei vurdering av faren for erosjon langs bekkeløpet. Oppstraums for brua er det generelt tynt lausmassedekke og bekken renn i hovudsak på fast fjell. I dette området er erosjonsfaren vurdert til å vere liten, men byggverk/fyllmassar må likevel fundamenteras på fast fjell. Fyllmassar må ha store nok steinar mot bekken slik at det ikkje kan førekomm erosjon i dei. Nedstraums for brua kan vatnet nå høge hastigheiter, og her er det lausmassar i og langs bekkeløpet. Lausmassane består av strandavsetjingar, med runda blokker. Det er etablert ein levé/voll her, men ein kjenner ikkje til om denne er menneskeskapt eller utforma av bekken. På grunn av høg vasshastighet nedstraums for brua og eroderbart materiale, bør ein etablere ei byggegrense på 5-10 m frå bekken avhengig av avstand frå bru. Alternativt kan ein utbetre vollen eller setje føresetnad om at byggverk/fyllmassar må fundamenteras på fast fjell og at steinane i fyllmassane må vere store nok til å motstå erosjon.

Innhald

| | |
|--|-----------|
| Samandrag..... | 3 |
| 1. Innleining..... | 5 |
| 1.1 Bakgrunn og føremål | 5 |
| 1.2 Tryggleikskrav..... | 5 |
| 2. Det undersøkte området..... | 7 |
| 2.1 Områdeskildring | 7 |
| 2.2 Skildring av vassdraget..... | 8 |
| 2.3 Klima | 10 |
| 2.4 Aktsemndskart for flaum | 10 |
| 3. Fastsetjing av flaumstorleikar | 12 |
| 3.1 Metode | 12 |
| 3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt (NIFS) | 12 |
| 3.1.2 Den rasjonelle metoden..... | 12 |
| 3.2 Fastsetjing av dimensjonerande flaumstorleik | 14 |
| 3.3 Klassifisering av flaumberekninga | 14 |
| 4. Hydraulisk modellering | 16 |
| 4.1 HEC-RAS - Metode..... | 16 |
| 4.2 Resultat | 18 |
| 4.3 Klassifisering av hydraulisk modell..... | 19 |
| 5. Sikkerheitspåslag..... | 22 |
| 6. Vurdering av erosjonsfare | 24 |
| 7. Konklusjon | 26 |
| 8. Referansar | 27 |

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn og føremål

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Proess AS utført ei vurdering flaumfarene langs Raudåa i Sykkylven kommune. Vurderinga er gjort i samband med reguleringsplanarbeid for Nygårdstranda – Hundeidvik – Gbnr.54/21 og 32 i Sykkylven kommune og er gjort i samsvar med §7-2 i TEK17 og NVE sine rettleiarar for flaum og skredfare i arealplanar (rettleiar 2/2022).

1.2 Tryggleikskrav

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

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

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

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

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

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

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

Tryggleiksklasse F3 omfattar byggverk for sårbare samfunnsfunksjonar og byggverk der overfløyming kan gje stor forureining på omgjevnadane. Byggverk som inngår i F3 er byggverk

for særleg sårbare grupper av befolkninga (t.d. sjukeheim), byggverk som skal fungere i lokale beredskapsituasjonar og avfallsdeponi der overfløyming kan gje forureiningsfare.

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

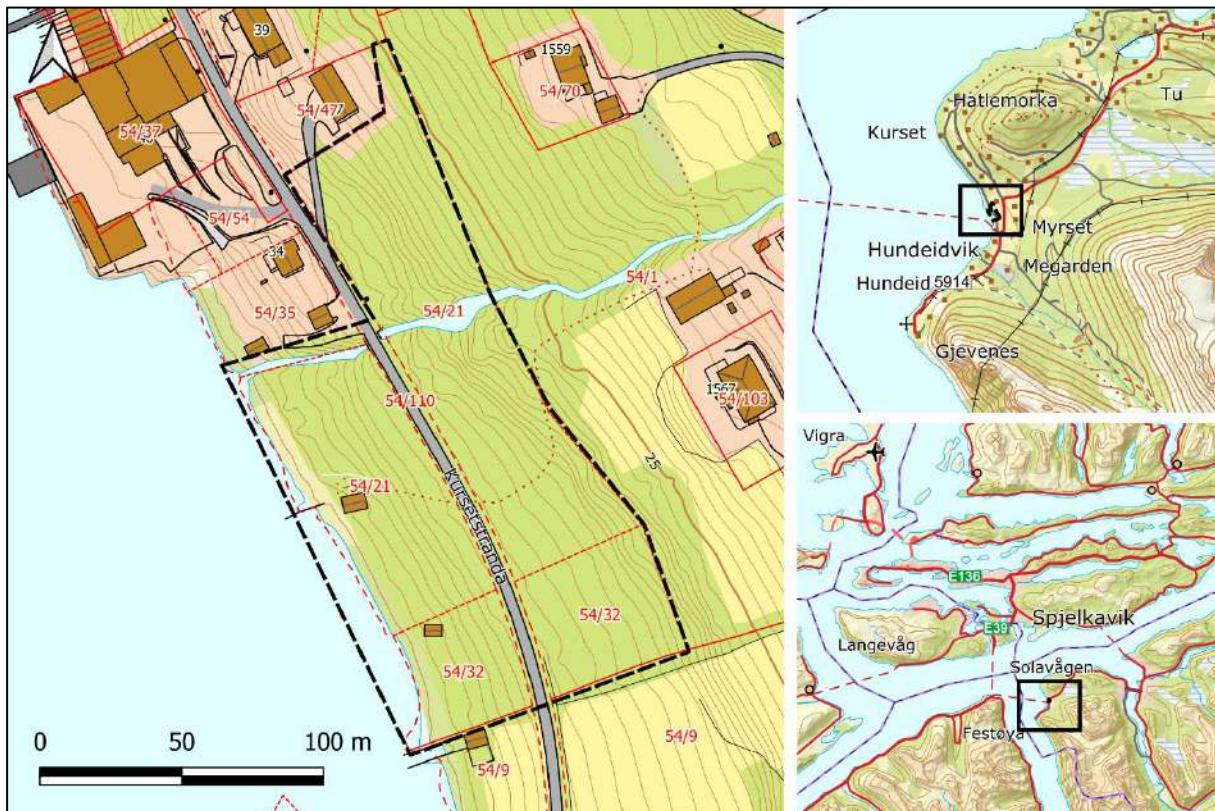
TEK17 opnar for at byggverk i F1 - F3 kan oppnå naudsynt tryggleik ved at det vert gjennomført sikringstiltak.

Føremålet med reguleringsplanen er å legge til rette for bustadar, fritidsbustadar og naust. Bustadar og fritidsbustadar ligg i tryggleiksklasse F2 og naust ligg i tryggleiksklasse F1.

2. Det undersøkte området

2.1 Områdeskildring

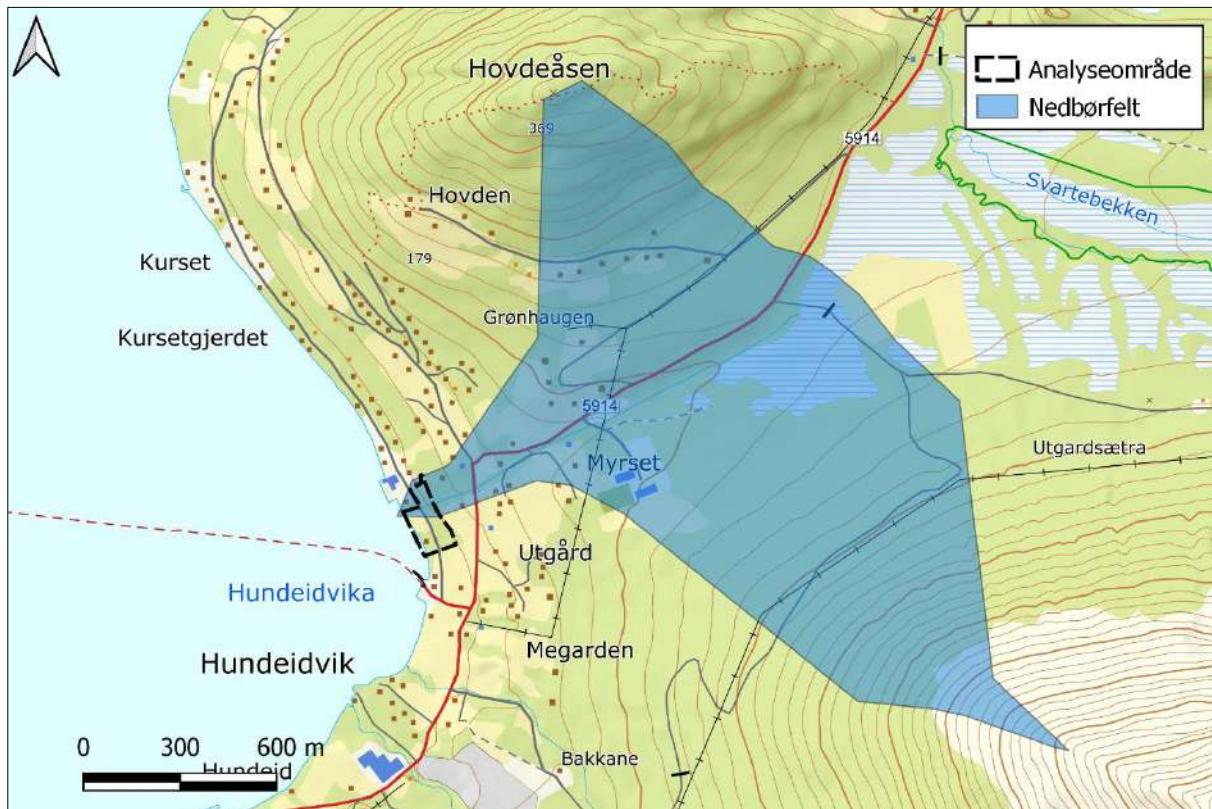
Det kartlagde området gjeld gbnr. 54/21 og 54/32 som ligg i Hundeidvik i Sykkylven kommune. Raudåa renn gjennom nordre deler at planområdet før den renn ut Hundeidvika. Det kartlagde området strekk seg fra havnivå til om lag 20 moh. Figur 1 viser plassering og avgrensning av det kartlagde området som flaumfarevurderinga gjeld for.



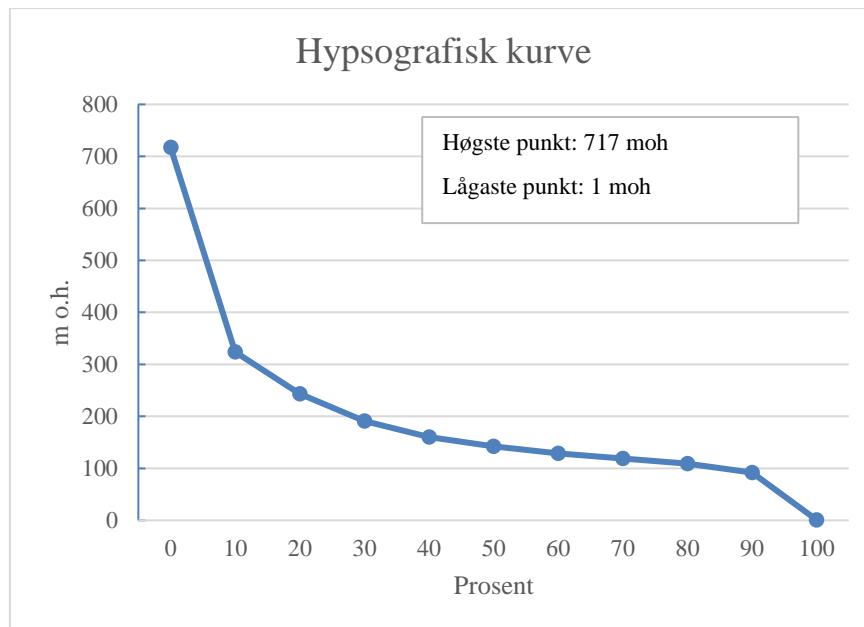
Figur 1: Det kartlagde området gjeld gbnr. 54/21 og 54/32 i Hundeidvik i Sykkylven kommune. Kartkjelde: Kartverket.

2.2 Skildring av vassdraget

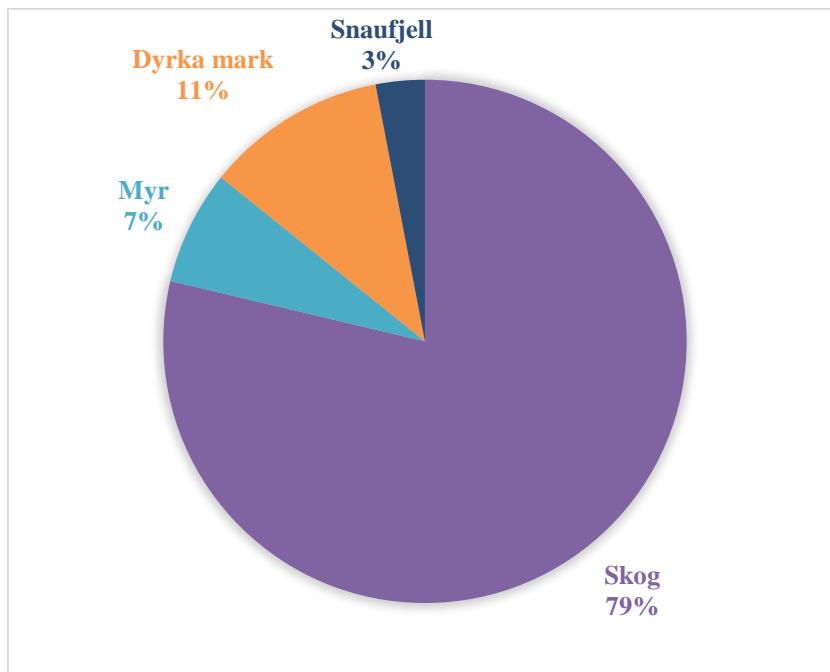
Raudåa er eit lite sidevassdrag som har sitt nedbørfelt i fjellsidene opp mot Hovdeåsen (369 moh.) og Storheia (1086 moh.). Små og bratte felt som dette er kjenneteikna av at dei reagerer raskt på intens nedbør og har eit spist flaumforløp, og er dominert av regnflaumar. Arealtypar ifeltet er hovudsakleg skog (78 %) og dyrka mark (11 %). Dette er arealtypar som kan verke dempande på flaumar. Figur 2 viser nedslagsfeltet, Figur 4 viser arealfordelinga til feltet, medan Tabell 2 viser feltkarakteristikkane til nedslagsfeltet. Feltkarakteristikkane er henta frå NVE sin lågvassapplikasjon NEVINA, medan normalavrenninga er henta frå NVE sitt avrenningskart for referanseperioden 1961-1990.



Figur 2: Nedbørfeltet til Raudåa ligg i begge fjellsidene og dalen mellom Hovdeåsen og Storheia. Kartkjelde: Kartverket og NEVINA.



Figur 3: Hypsografisk kurve for vassdraget. Kurva syner kor stor del av feltarealet ligg over ei viss høgd.



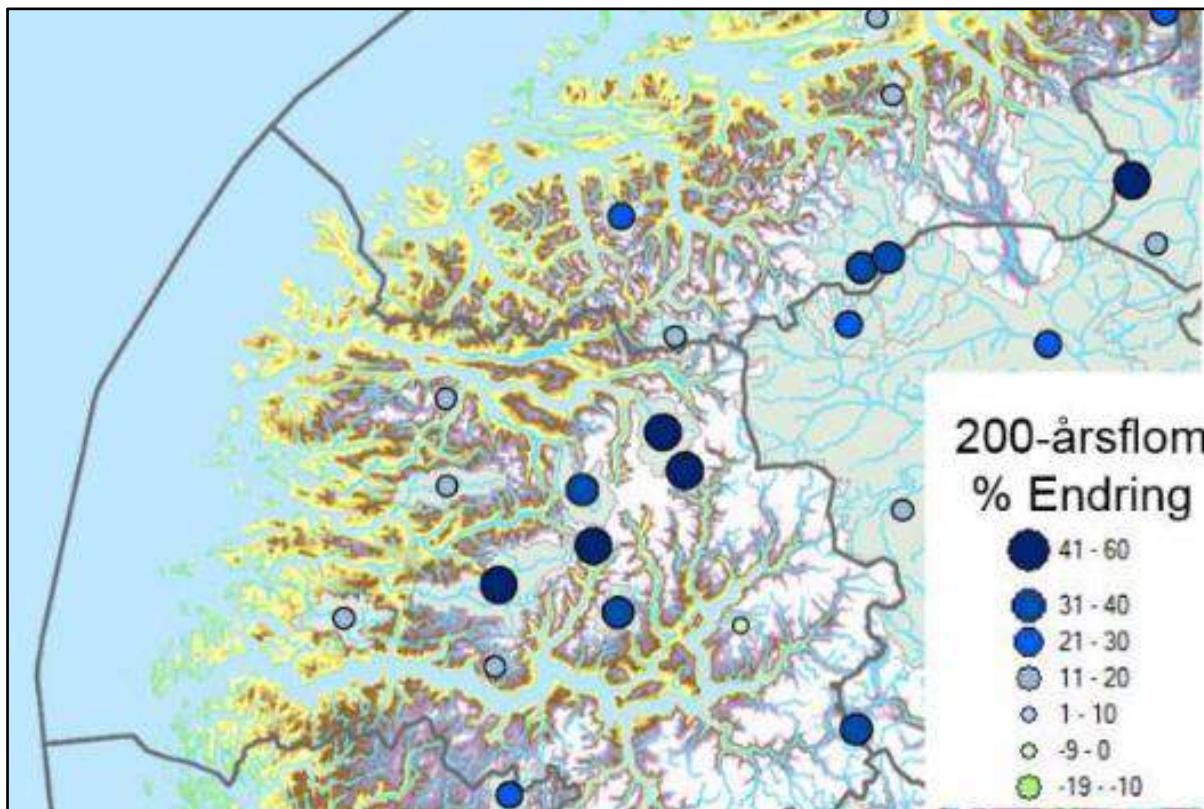
Figur 4: Arealfordeling for nedbørfeltet.

Tabell 2: Feltkarakteristikkar for Raudåa. Kjelde: nevina.nve.no.

| Elv | Felt-storleik (km ²) | Effektiv sjø (%) | Feltlengd (km) | Elvegradient (m/km) | Normal-avrenning (l/s*km ²) | Skog (%) | Dyrka mark (%) | H _{min} - H _{max} (moh.) |
|--------|----------------------------------|------------------|----------------|---------------------|---|----------|----------------|--|
| Raudåa | 1,8 | 0 | 2,2 | 71,3 | 43,9 | 78 | 11 | 1-717 |

2.3 Klima

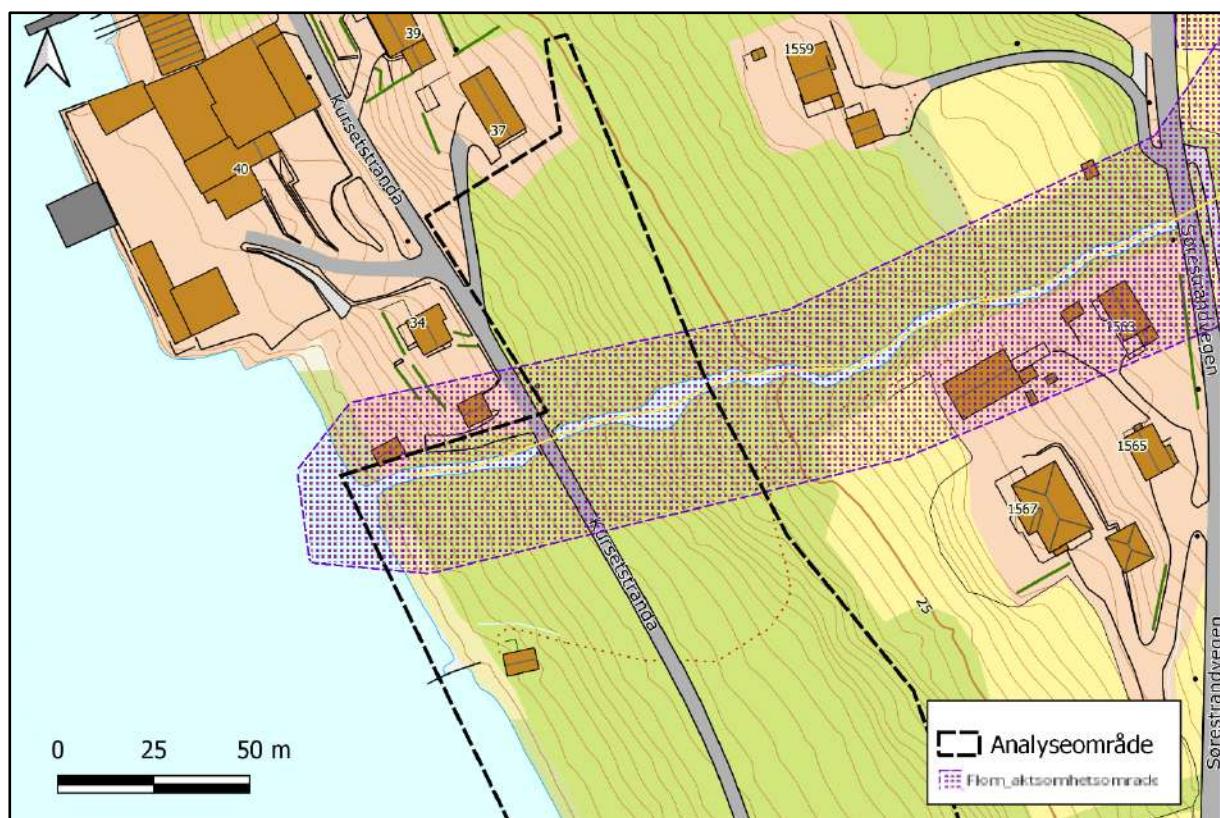
Norsk klimaservicesenter har utarbeidd ein klimaprofil for Møre og Romsdal (Ref-2), som er meint som eit hjelpemiddel i planlegging. I klimaprofilen er det mellom anna skildra korleis ein bør førebu seg på framtidige klimaendringar som stormflo, auka avrenning, hyppigare episodar med styrtregn og større flaumar. I klimaprofilen er det tilrådd å legge til eit klimapåslag på 20 eller 40 % på dei berekna flaumstorleikane avhengig av plassering av feltet og flaumsesong. Figur 5 viser at det kartlagde området ligg mellom to område der ein forventar ei auke på høvesvis 11-20 % og 41-60 %. Sidan Raudåa har eit relativt bratt og lite nedbørfelt som vil reagere raskt på intens nedbør, legg SGC til eit klimapåslag på 40 % på dei berekna flaumstorleikane.



Figur 5: Prosentvis endring i 200-årsflaum for nedbørfelt i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland. Kjelde: Ref. 2.

2.4 Aktsemndskart for flaum

NVE har utarbeidd og presentert aktsemndskart for flaum på atlas.nve.no som syner kva område som kan vere utsette for flaum. Aktsemndsområda er generert basert erfaringstal for norske vassdrag som vert kombinert med ein terrengmodell. Aktsemndskarta er som oftast overestimert, og ei meir detaljert kartlegging vil som regel redusere aktsemndsområda si utstrekning. Figur 6 viser at området som ligg langs Raudåa er innanfor aktsemndsområde for flaum.



Figur 6: Aktsemdssone for flaum i det kartlagde området. Kjelde: atlas.nve.no og Statens kartverk.

3. Fastsetjing av flaumstorleikar

3.1 Metode

Det er ingen målestasjonar for vassføring i nedbørfeltet til Raudåa. Nedbørfeltet er lite og det er få samanliknbare felt i nærleiken med målestasjonar. Flaumstorleikane er derfor berekna med tilgjengeleg formelverk. I dette prosjektet er nasjonalt formelverk for flaumberekningar (NIFS) og den rasjonelle metode nyttar, samt erfaringstal for vassdrag på Vestlandet.

3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt (NIFS)

For å fastsetje flaumstorleikar i vassdraget er det mellom anna utført berekningar med nasjonalt formelverk for flaumberekningar i små felt (Ref-4). Formelverket bereknar middelflaum og vassføringar med høgare returperiodar, direkte på kulminasjonsverdiar for små (< ca. 50 km²) uregulerte felt i Norge og er basert på regresjonsanalysar. Formelverket er testa på meir enn 4000 nedbørfelt. Inngåande parameter er feltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. I følgje formelverket er middelflaumen (Q_M) gitt ved:

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

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

Vekstkurva er gitt ved:

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

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

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

Tabell 3 viser resultata frå flaumberekning ved bruk av nasjonalt formelverk for små nedbørfelt.

Tabell 3: Resultat frå flaumberekning ved nasjonalt formelverk for små felt.

| | Q _M | | Q ₂₀ | | Q ₂₀₀ | |
|--------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | m ³ /s | l/s*km ² | m ³ /s | l/s*km ² | m ³ /s | l/s*km ² |
| Raudåa | 2,10 | 1169 | 3,51 | 1949 | 5,54 | 3075 |

3.1.2 Den rasjonelle metode

Den rasjonelle metoden nyttar er ein metode som er eigna for berekningar av avrenning frå nedbørsfelt som er mindre enn 5 km² (SVV, håndbok N200). Avrenninga er berekna ut ifrå ein returperiode på 20 og 200 år; altså 20- og 200-årsflaum. I følgje den rasjonelle metode er avrenninga (Q) gitt ved:

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

der C er avrenningsfaktoren som er midlare vekta og lagt til 30 % for 200-årsflaum. i er dimensjonerande nedbørsintensitet, A er feltarealet og K_f er klimafaktor (1,4, jf. Kap 2.3)

Vekta avrenningsfaktor vert berekna ut i frå følgjande formel:

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

der der $C_1 \dots C_n$ er avrenningsfaktorane og $A_1 \dots A_n$ er areala til dei ulike delfelta.

Tabell 4: Avrenningsfaktor for ulike arealtypar og vekta arealfaktor for Raudåa.

| Arealytype | Areal (km ²) | Avrenningsfaktor (C) |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|
| Skog | 1,42 | 0,35 |
| Dyrka mark | 0,32 | 0,30 |
| Snaufjell | 0,05 | 0,7 |
| Sum/vekta avrenningsfaktor | 1,8 | 0,35 |

Den dimensjonerande nedbørsintensiteten vert rekna ut i frå feltet si konsentrasjonstid (t_c) og varierer med gjentakingsintervallet. I fylge Statens vegvesen, handbok N200, er konsentrasjonstida t_c gitt ved:

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

der L er lengda av feltet (m), H er høgdeskilnaden i feltet (m) og A_{se} er andel innsjø i feltet. Tabell 5 summerer opp utrekninga av konsentrasjonstida og avrenninga frå nedbørsfelta til dei to bekkane. Konsentrasjonstida (tidsfaktoren) er berekna frå formelen ovanfor. Nedbørsintensiteten er henta frå nærmeste stasjon med best samanliknbare forhold. Stasjon 60940 Ålesund Spjelkavik ligg om lag 10 km nord for Hundeidvik, og har ein måleperiode på 22 år (1970-1995). Denne stasjonen er vurdert til å representere tilhøva ved Hundeidvik bra.

| IVF-verdier for Ålesund - Spjelkavik (SN60940), 45 moh. | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Data fra 1970 - 1995, 22 ses. Oppdatert 31.12.2022. | | | | | | | | | | | |
| | Varigheter (minutter) | | | | | | | | | | |
| Gjentaksintervall (år) | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 | 90 |
| 2 | 130,5 | 108,7 | 96,5 | 79,9 | 57,6 | 46,0 | 40,8 | 32,7 | 26,7 | 23,3 | 19,5 |
| 5 | 180,3 | 139,6 | 122,1 | 100,1 | 69,6 | 56,3 | 51,0 | 40,5 | 32,1 | 28,0 | 23,1 |
| 10 | 213,8 | 158,3 | 139,2 | 113,6 | 77,4 | 63,2 | 57,8 | 46,3 | 36,0 | 31,4 | 25,6 |
| 20 | 248,5 | 177,0 | 155,0 | 126,2 | 85,1 | 70,0 | 64,5 | 52,0 | 39,9 | 34,7 | 28,1 |
| 25 | 259,9 | 182,7 | 159,7 | 130,6 | 87,6 | 72,1 | 66,6 | 54,1 | 41,2 | 35,7 | 28,9 |
| 50 | 297,7 | 200,3 | 174,2 | 143,1 | 94,7 | 78,4 | 72,8 | 60,2 | 45,6 | 38,9 | 31,5 |
| 100 | 335,5 | 218,0 | 189,8 | 156,5 | 101,9 | 85,3 | 79,1 | 66,9 | 50,1 | 42,4 | 34,2 |
| 200 | 376,0 | 235,2 | 205,0 | 169,8 | 109,2 | 91,9 | 85,8 | 73,7 | 55,2 | 45,9 | 36,8 |

Figur 7: IVF- verdiar frå stasjon 60940 Ålesund-Spjelkavik (45 moh.).

Tabell 5: Tabellen viser inngangspараметrar nytta i utrekningane og resultat frå berekningane.

| Feltareal (ha) | Avrenningsfaktor (C) | | Konsentrasjonstid (tc) | Nedbørsintensitet (l/s) | | Klimafaktor (Kf) | Q20 (m ³ /s) | Q200 (m ³ /s) |
|-------------------|----------------------|------|---------------------------|-------------------------|------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Q20 | Q200 | | Q20 | Q200 | | | |
| 180 | 0,35 | 0,46 | 49,4 | 38,4 | 52,5 | 1,4 | 2,43 | 4,32 |

3.2 Fastsetjing av dimensjonerande flaumstorleik

Tabell 6 samanliknar resultata frå flaumberekninga. Resultata frå NIFS viser generelt ein god del høgare flaumverdiar enn *den rasjonelle metode*. Det kan vere fleire årsaker til dette, men val av IVF-kurve kan vere eit usikkert moment, og stasjonen som er nytta (Spjelkavik-Ålesund) manglar statistikk frå dei siste tjue åra. På den andre sida tek *den rasjonelle metode* betre omsyn til arealfordelinga i feltet. Høg skogprosent vil ha ein dempande effekt.

Ser ein på den spesifikke avrenninga for 200-årsflom er den moderat med NIFS og noko låg med *den rasjonelle metode* samanlikna med erfaringstal frå vassdrag på Vestlandet. Dei største verdiane finn ein gjerne i bratte vassdrag med låg effektiv sjøprosent. På grunn av usikkerheit til kor representativ IVF-kurva som er nytta i *den rasjonelle metode* og sidan NIFS samsvarar betre med erfaringstal frå spesifikke flaumstorleikar på Vestlandet, vert resultata frå NIFS lagt til grunn for val av dimensjonerande flaumstorleik. Tabell 7 viser dimensjonerande flaumstorleikar som er nytta.

Tabell 6: Resultata frå flaumberekningane med NIFS og *den rasjonelle metode*.

| | Q ₂₀ | | Q ₂₀₀ | |
|------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | m ³ /s | l/s*km ² | m ³ /s | l/s*km ² |
| Raudåa (NIFS) | 3,51 | 1949 | 5,54 | 3075 |
| Fremstelva (den rasjonelle metode) | 2,43 | 1349 | 4,32 | 2399 |

Tabell 7: Dimensjonerande flaumstorleikar Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % på dei berekna flaumstorleikane.

| | Q ₂₀ (m ³ /s) | Q ₂₀₀ (m ³ /s) |
|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Raudåa | 4,91 | 7,75 |

3.3 Klassifisering av flaumberekninga

Det er ingen målestasjonar for vassføring i vassdraga, og det er få felt i nærleiken med målestasjonar som kan nyttast til samanlikning. Det er òg knytt noko usikkerheit til IVF-kurva som er nytta. I tillegg er det ein del skilnad mellom dei to metodane som er nytta.

NVE har utarbeidd ein ny metodikk for å klassifisere flaumberekningar (Ref-1). Det hydrologiske datagrunnlaget i området er vurdert til å vere avgrensa og det er noko därleg samsvar mellom dei to metodane som er nytta. Flaumberekninga er derfor sett i klasse 5 jf. Tabell 8.

Tabell 8: Klassifisering av flaumberekning (Ref-1).

| Klasse | Klassifiseringskriterier |
|--------|--|
| 1 | Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget. |
| 2 | Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget. |
| 3 | Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store grader i spesifikke flomstørrelser i området. |
| 4 | Begrenset hydrologisk datagrunnlag. |
| 5 | Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store grader i spesifikke flomstørrelser i området. |

4. Hydraulisk modellering

4.1 HEC-RAS – Metode

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

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

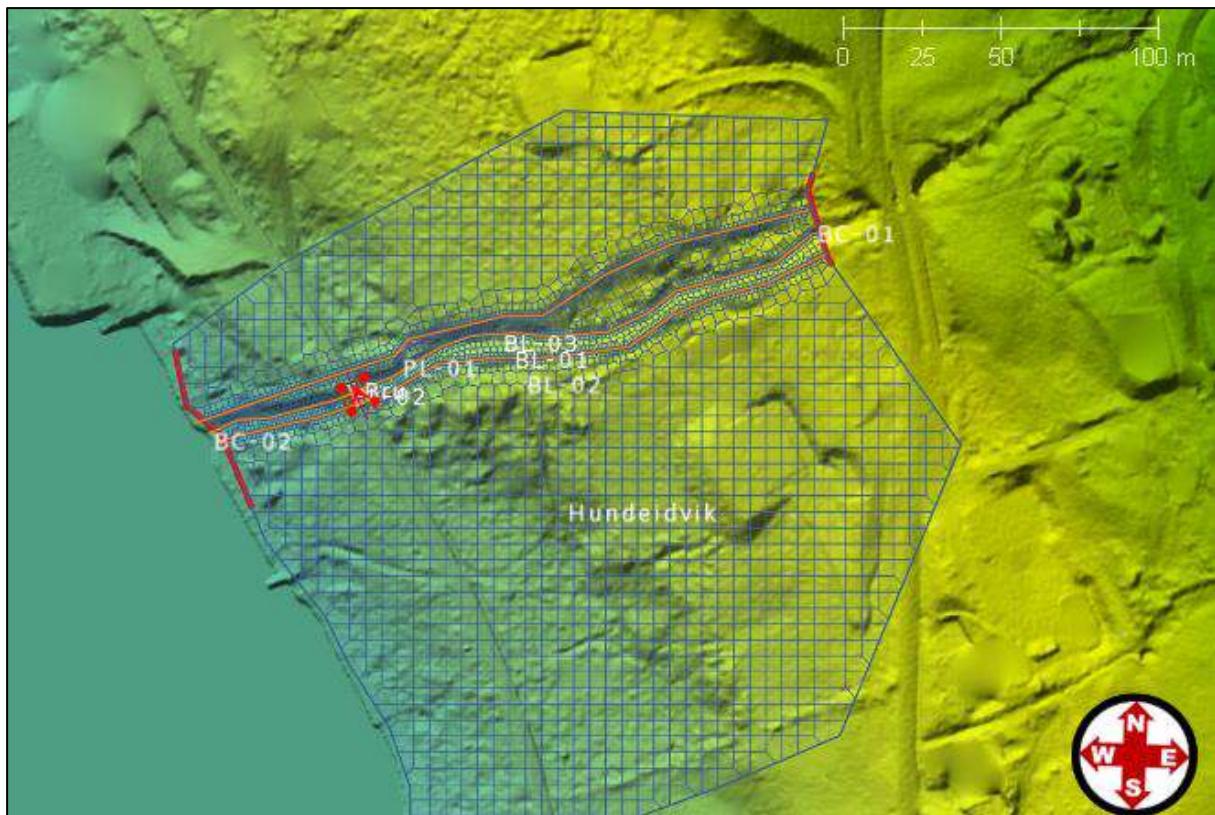
Det er utarbeida terregmodell basert på tilgjengeleg laserdata. I dette prosjektet, er det nytta laserdata frå prosjekt Sykkylven 2016 som har ein punktettleik på 2 pkt/m². I tillegg er det gjort oppmåling av lysopning ved bilvegbrua langs vegen som går gjennom det kartlagde området.

I dette prosjektet er det utarbeidd ein hydraulisk 2D-modell. Modellen er utarbeidd med ein fast cellestorleik på 5 m. Der det er store terregendringar og langs bekkeløp er det lagt inn brolinjer der cellestorleiken er 0,5 m. Som oppstraums grensevilkår er det konstruert eit flaumforløp , og som nedstraums grensevilkår er vasstand ved 1-årsstormflo i Hundeidvika nytta. Brua som går over elva i det kartlagde området er inkludert som ei 2D bru i modellen.

Ein viktig parameter i modellane, er elva og kringliggende terreg si ruheit. Ruheita vert gjeve som Mannings-tal. Verdiane som er nytta er henta frå Chow, 2009 (Ref-5), og overflatetypene er henta frå observasjonar gjort under synfaringa, flybilete og FKB-data. Tabell 9 viser manningstala som er nytta.

Tabell 9: Manningstal nytta i den hydrauliske modellen.

| Overflate | Manningstal |
|-----------------|-------------|
| Elveløp | 0,06 |
| Dyrka mark | 0,03 |
| Skog | 0,06 |
| Bebygde områder | 0,03 |



Figur 8: 2D-modell over analyseområdet. Cellestorleiken er 5 m i 2D-området. Langs brolinene er det ein cellestorlek på 0,5. Kartgrunnlag: hoydedata.no

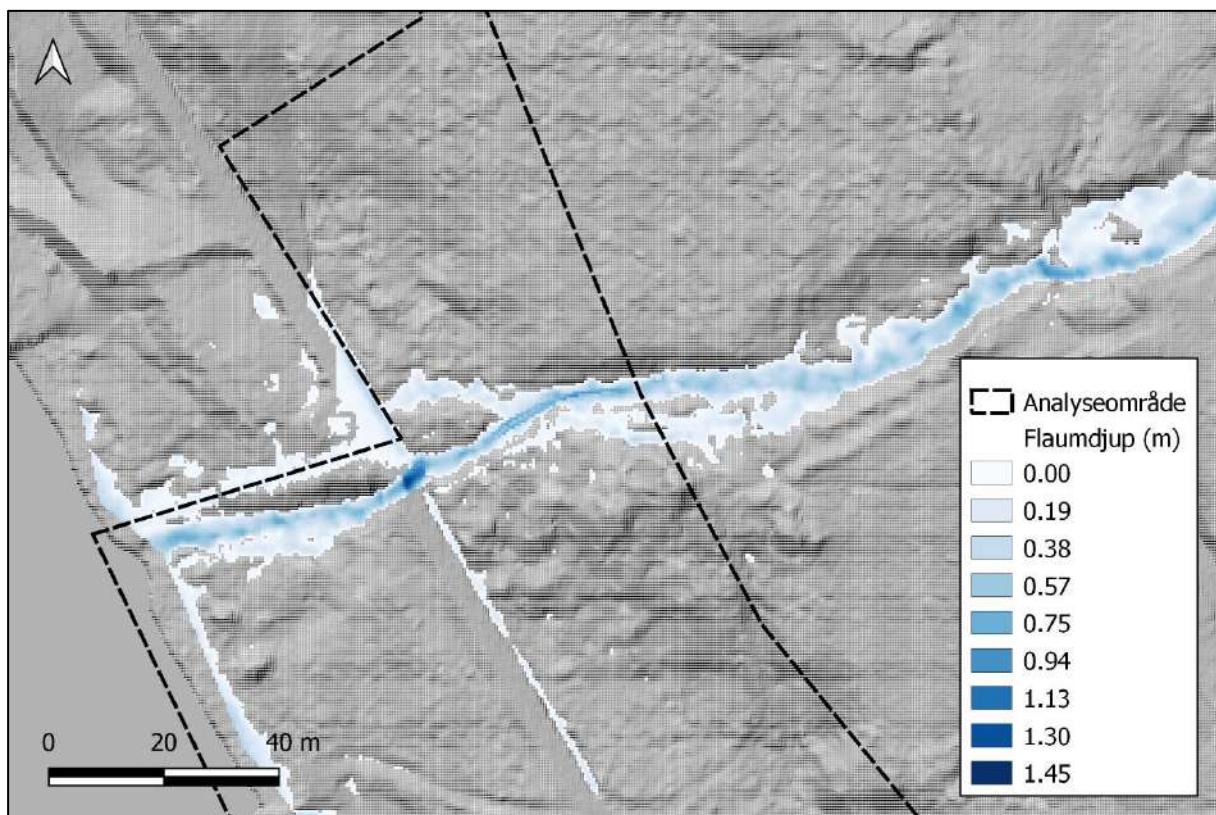


Figur 9: Bru over Raudåa langs Kursetstranda.

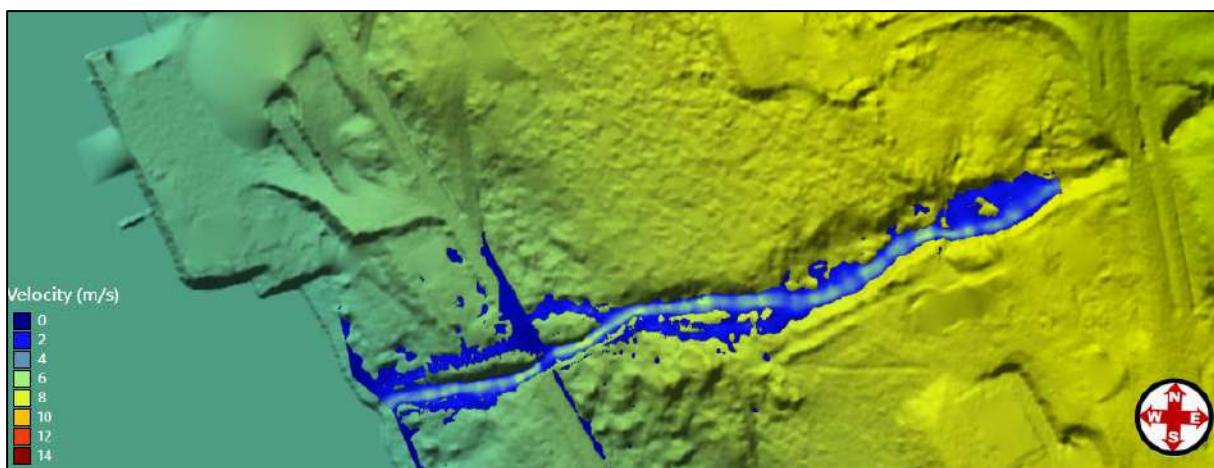
4.2 Resultat

Raudåa har eit generelt godt definert bekkeløp og modelleringa viser at ein 200-årsflaum vil i hovudsak følgje bekkeløpet. Det er likevel nokre kritiske punkt der modelleringa viser at bekken kan ta eit nytt løp. Begge desse punkta samsvarar bra med observasjonar gjort under synfaringa. Det eine punktet ligg om lag 20 m oppstraums for bruа, kor det er eit lågpunkt der vatnet kan bryte ut. Det er òg eit punkt like oppstraums for grensa til det kartlagde området, men her vil terrenget styre vatnet attende til bekkeløpet.

Figur 10 viser at flaumdjupet ved 200-årsflaum ligg på rund 1 m og opptil 1,45 m enkelte stader. Strøymehastigheita er relativt høg, der dei høgaste hastigheitene er midt i elva, på rundt 6 m/s (Figur 11).



Figur 10: Modellert flaumdjup ved 200-årsflaum.



Figur 11: Modellerte vasshastigheter ved 200-årsflaum. Hastigheita er stort i midten av bekkeløpet og her er den rund 6 m/s.

4.3 Klassifisering av hydraulisk modell

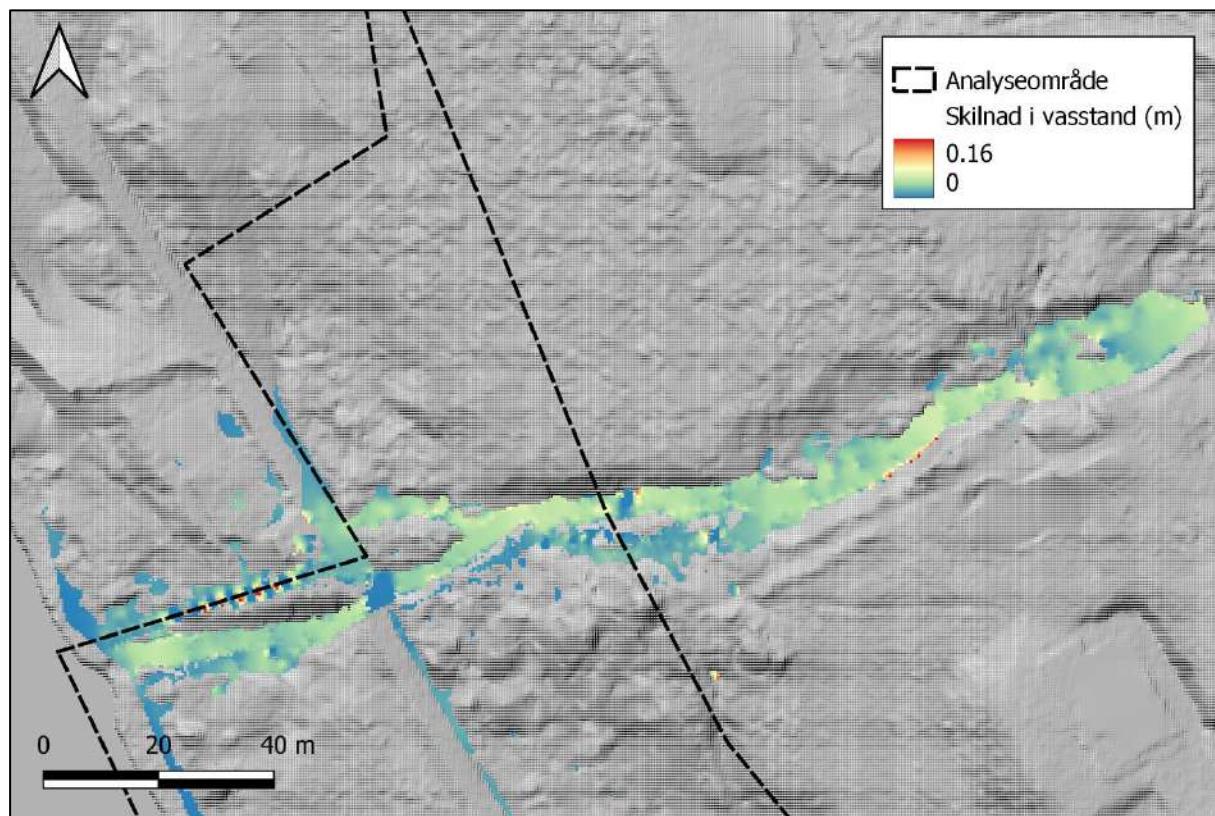
NVE har utarbeidd ein metode for på klassifisere hydrauliske modellar, som vert bestemt ut ifrå ei vurdering på kvaliteten på modellen (Ref-1). Det beste grunnlaget er tilgang på pålitelege kalibreringsdata og kor godt den hydrauliske modellen er tilpassa desse data. Dersom det ikkje finst kalibreringsdata, vert resultat frå ei sensibilitetsanalyse nytta. Tabell 10 summerer opp klassar og klassifiseringskriteria.

Det finst ikkje påliteleg kalibreringsdata frå området, og det er derfor utført ei sensitivitetsanalyse på den hydrauliske modellen ved å auke flaumstorleik og manningstal med 20 %. Resultata frå sensitivitetsanalysen er vist i Figur 12 og Figur 13. Det er om lag like stor auke i vasstand med auke i begge parametrane, og største auke er om lag 16 cm.

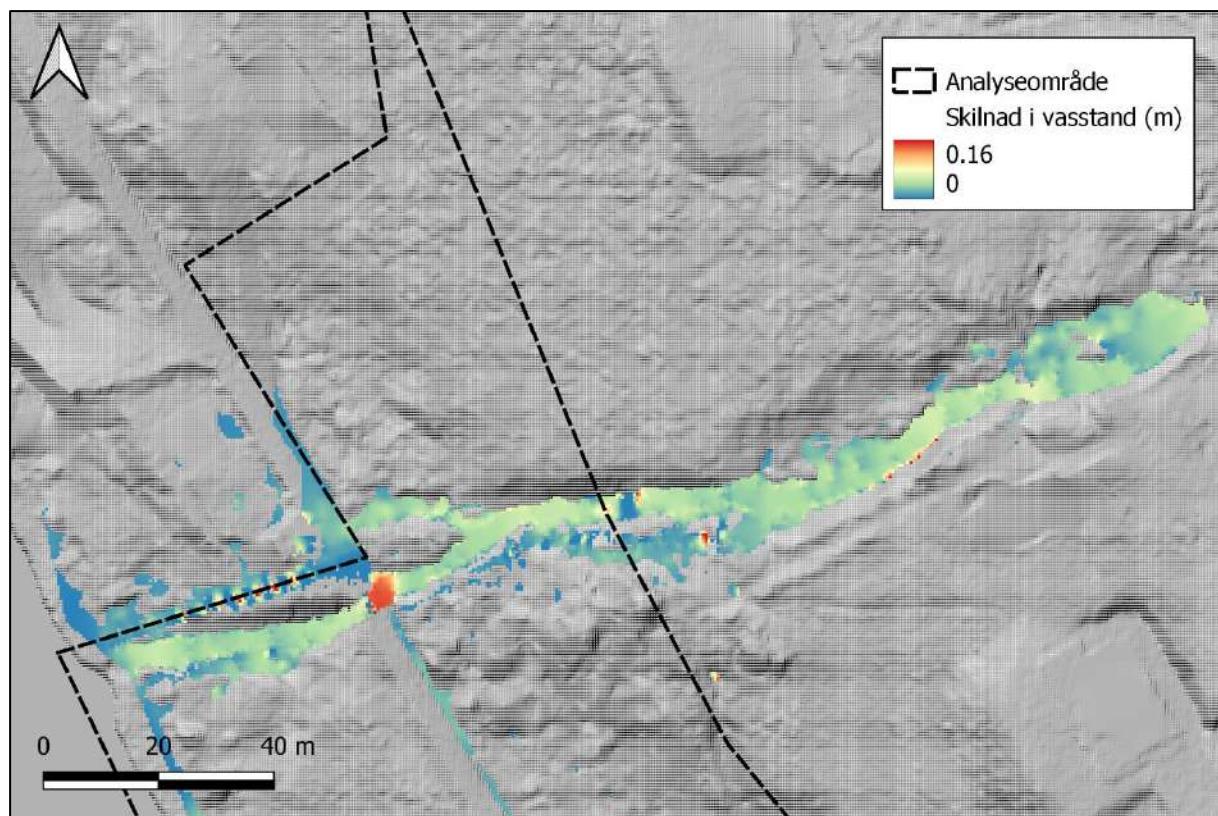
På bakgrunn av endringar i vasstand på rundt 10 cm, vert den hydrauliske modellen plassert i klasse E.

Tabell 10: Klassifisering av hydraulisk modell (Ref-1).

| Klasse | Klassifiseringskriterier |
|--------|---|
| A | Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm. |
| B | Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 og 30 cm. |
| C | Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30 cm. |
| D | Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere. |
| E | Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje. |



Figur 12: Auke i flaumdjup som følge av auke i manningstal på 20 %. Største auke er på om lag 16 cm.



Figur 13: Resultat frå sensitivitetsanalyse ved å auke flaumstorleiken med 20 %. Største auke er på om lag 16 cm.

5. Sikkerheitspåslag

I samband med arealplanar og byggesaker er det tilrådd å legge til eit sikkerheitspåslag på dei berekna vasstandane ved praktisk bruk. Sikkerheitspåslaget kan verte fastsett ved å nytte tre trinn (Ref-1):

- Bestemme prosentvis påslag på vassføringa ved å nytte Tabell 11
- Bestemme storleiken på sikkerheitspåslaget ved å legge det prosentvise påslaget til modellen og samanlikne resultata med og utan påslag. Skilnaden mellom dei to berekna vasstandane utgjer det berekna sikkerheitspåslaget
- Det berekna sikkerheitspåslaget gjev grunnlaget for å bestemme den ekstra høgda som leggast til flaumvasstanden. Skilnaden mellom vasstandane kan variere i ulike område i den hydrauliske modellen, slik at ein definerer sikkerheismarginen for område i 2D-modellen med om lag same verdiar for sikkerheitspåslaget

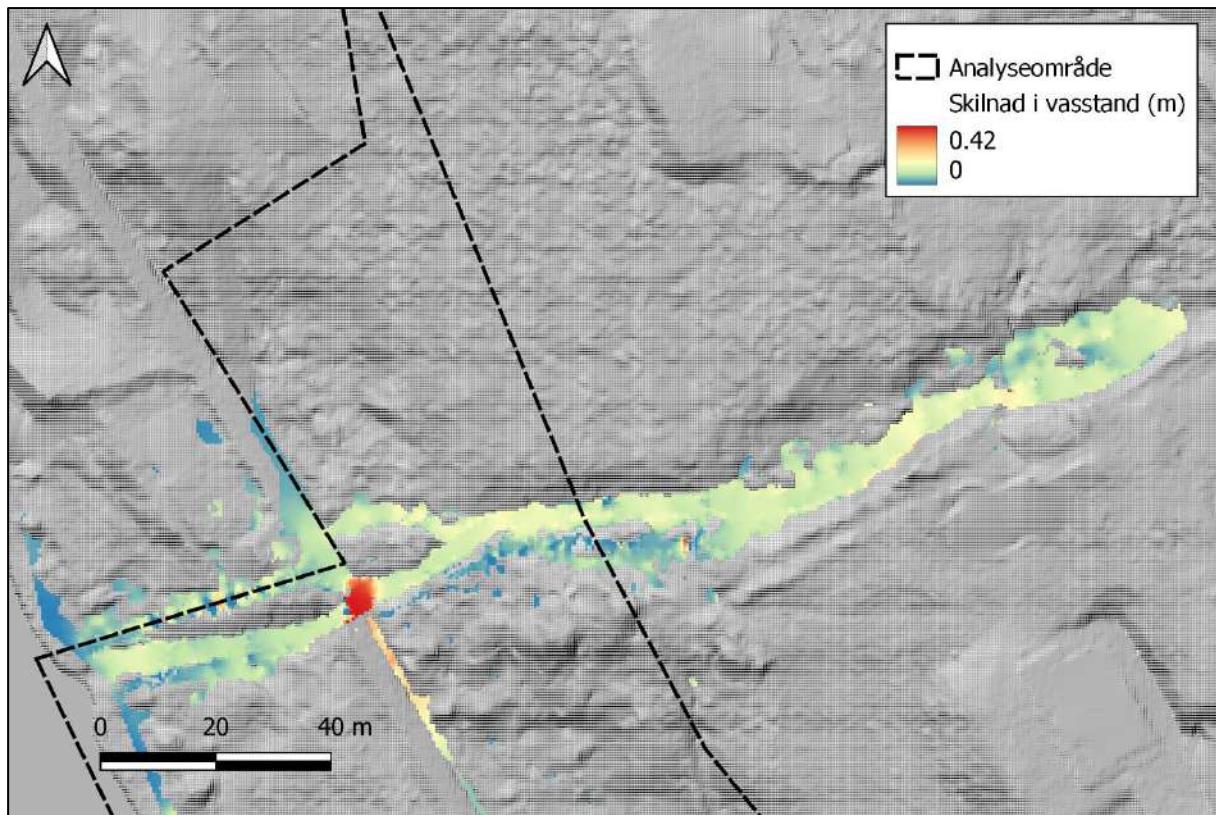
Flaumberekninga for begge elvene er klassifisert i klasse 5 og den hydrauliske modellen er klassifisert i klasse E. Dette gjev eit påslag på vassføringa på 60 %.

Figur 14 viser opphaveleg modell samanlikna med modell der eit påslag på 60 % er lagt til vassføringa. Langs det kartlagde området ligg auken mellom 10-20 cm, med unntak av ved bruva som langs køyrevegen kor auken er opp mot 45 cm. Årsaka til den store auke er oppstuvingseffekt på grunn av bruva. Sidan bekken er relativt bratt er det ikkje mogeleg å fastsetje ei eksakt trygg byggehøgde for heile bekkeløpet, dette må gjerast for kvar einskilde tomt. På bakgrunn av modellering med 60 % auking i flaumstorleik, tilrår vi at det vert lagt til eit sikkerheitspåslag på 20 cm på det berekna vasstandane. På grunn av terrenggradienten langs bekkeløpet, bør trygg byggehøgde verte fastsett for kvar einskilde tomt.

Tabell 11: Fastsetting av påslag på vassføringa basert på klassifisering av hydraulisk modell og flaumberekningane (Ref-1).

| Prosentvis påslag på vannføringen | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|---------------|
| Klasse E | 40 % | 45 % | 50 % | 60 % |
| Klasse D | 20 % | 30 % | 40 % | 50 % |
| Klasse C | 15 % | 20 % | 30 % | 40 % |
| Klasse B | 10 % | 15 % | 20 % | 30 % |
| Klasse A | 5 % | 10 % | 15 % | 25 % |
| | Klasse 1 | Klasse 2 | Klasse 3 | Klasse 4 og 5 |

Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2



Figur 14: Skilnad i vasstand mellom opphaveleg modell og modell der eit påslag på 60 % er lagt til.

6. Vurdering av erosjonsfare

Nedstraums for bruа renn bekken i lausmassar, som er tolka til å vere godt sorterte strandavsetjingar. På sørsida av bekkeløpet er det etablert ein voll, men ein kjenner ikkje til om denne er menneskeskapt eller om den er laga av bekken. Nedstraums for bruer kan vatnet ha høge hastigheiter. Samstundes består lausmassane av partiklar frå sand til stein, som kan karakteriserast som eroderbart materiale. På grunn av høg hastigkeit nedstraums for bruа og eroderbart materiale, må ein definere ei byggegrense for byggverk langs bekken. Ein avstand på om lag 5-10 m frå bekken vil vere tilstrekkeleg, avhengig av avstanden til bruа. For å redusere byggegrensa, kan ein utbetre vollen slik at den ikkje er utsett for erosjon. Alternativt kan ein setje som føresetnad at byggverk og fyllingar skal verte fundamentert på fast fjell og at blokkene i fyllinga er store nok til å motstå erosjon.

Oppstraums for bruа renn bekken på fast fjell og det er generelt eit tynt lausmassedekke over fast fjell. Ein kunne ikkje observere teikn på omfattande erosjon under synfaringa og skyggerelieffkart frå området viser ikkje teikn på at bekken tidlegare har hatt andre løp enn dagens. Her er erosjonsfaren vurdert til å vere liten. Byggverk og fyllingar på dei nærmeste tomtane langs elva må likevel verte fundamentert på fast fjell og blokkene i fyllinga må vere store nok til å motstå erosjon.



Figur 15: Bilete teke frå bruа mot vest. På venstre side er det ein levé/forbygging. Det er truleg høge vasshastigheiter nedstraums for bruа.

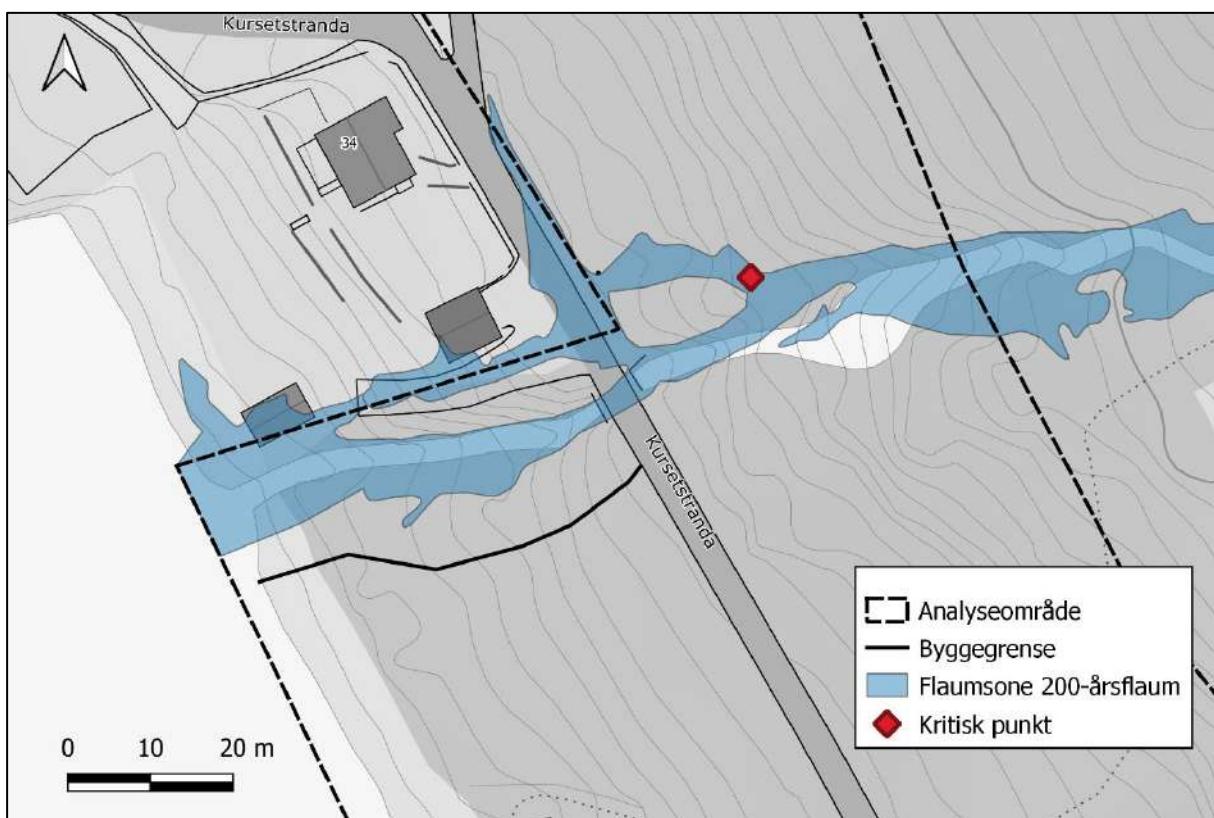


Figur 16: Bilete teke frå bruå mot aust (mot oppstraums) som syner eit bratt parti ned mot bruå der bekkeløpet består av fast fjell.

7. Konklusjon

20- og 200-årsflaum, inkludert klimapåslag, er berekna til høvesvis $4,91 \text{ m}^3/\text{s}$ og $7,75 \text{ m}^3/\text{s}$ og den hydrauliske modelleringa viser at Raudåa generelt har god kapasitet til å håndtere både 20- og 200-årsflaum. Unntaka er to kritiske punkt der det er låge bekkekantar oppstraums for vegen. Ved det øvste vil terrenget leie vatnet attende til bekkeløpet, medan ved den nedste, som er like oppstraums for bruа, går det ein flaumveg nord for bekken. Ved det nedste kritiske punktet er det allereie etablert ein flaumvoll, men denne er truleg for liten til å hindre store flaumar. Dersom ein ønsker å nytte området der flaumvegen går til utbygging, må ein utbetre denne vollen.

Det er også gjort ei vurdering av faren for erosjon langs bekkeløpet. Oppstraums for bruа er det generelt tynt lausmassedekke og bekken renn i hovedsak på fast fjell. I dette området er erosjonsfaren vurdert til å vere liten, men byggverk/fyllmassar må likevel fundamentert på fast fjell. Fyllmassar må ha store nok steinar mot bekken slik at det ikke kan førekjemme erosjon i dei. Nedstraums for bruа kan vatnet nå høye hastigheter, og her er det lausmassar i og langs bekkeløpet. Lausmassane består av strandavsetjingar, med runda blokker. Det er etablert ein levé/voll her, men ein kjenner ikke til om denne er menneskeskapt eller utforma av bekken. På grunn av høy vasshastighet nedstraums for bruа og eroderbart materiale, bør ein etablere ei byggegrense på 5-10 m fra bekken avhengig av avstand fra bruа. Alternativt kan ein utbetre vollen eller setje føresetnad om at byggverk/fyllmassar må fundamentert på fast fjell og at steinane i fyllmassane må vere store nok til å motstå erosjon.



Figur 17: Tilrådd byggegrense og plassering av kritisk punkt som kan utbetraast. Kartkjelde: Kartverket.

8. Referansar

- Ref-1: NVE, 2020: *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE-rapport 10/2020
- Ref-2: Norsk Klimaservicesenter, 2017: *Klimaprofil Møre og Romsdal*
- Ref-3: NVE, 2015: *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE-veileder 7/15
- Ref-4: NVE, 2009: *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer i stein*. NVE-veileder 4/2009
- Ref-5: Chow, V.T., 2009: *Open Channel Hydraulics*.

Internettsider:

Kart, satellittbilete og topografiske profil:

<http://www.norgeskart.no>

<http://hoydedata.no>

Hydrologiske data:

<http://nevina.nve.no>

Klima:

<http://www.eklima.no>

<http://www.yr.no>

<http://www.senorge.no>

<http://klimaservicesenter.no>

Føreskrifter:

<http://www.lovdata.no>



Teiknforklaring

- Analyseområde
- Faresone for 20-årsflaum inkludert klimapåslag

Vedlegg 1 Flaumsonekart 20-årsflaum

Oppdrag: 2022-10-329 Flaumfarevurdering for gbnr. 51/21 og 51/32 i Sykkylven kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N

| | | |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Dato: 13-12-2023 | Utarbeida av: Anders Haaland | Kontrollert av: Atle Nesje |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|



Teiknforklaring

Analyseområde

Faresone for 200-årsflaum
inkludert klimapåslag

Vedlegg 1 Flaumsonekart 200-årsflaum

Oppdrag: 2022-10-329 Flaumfarevurdering for gbnr.
51/21 og 51/32 i Sykkylven kommune

Koordinatsystem: Euref 1989 UTM Sone 32N

Dato:
13-12-2023

Utarbeida av:
Anders Haaland

Kontrollert av:
Atle Nesje



Sunnfjord Geo Center