

Folldal kommune

► Flomsonekartlegging for Folldal industriområde

Oppdragsnr.: 52105032 Dokumentnr.: R1-J02 Versjon: J02 Dato: 2021-12-15



Oppdragsgiver: Folldal kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Synnøve Kjøsberg
Rådgiver: Norconsult, Lillehammer
Oppdragsleder: Lars Jenssen
Fagansvarlig: Lars Jenssen
Andre nøkkelpersoner: Trond Rinde, Tonje Grini

| J02 | 2021-12-15 | For bruk | Lars Jenssen | Trond Rinde & Tonje Grini | Lars Jenssen |
|---------|------------|-----------------------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
| B01 | 2021-11-26 | Til oppdragsgiver for informasjon / kommentar | LJenssen | Ikke fagkontrollert | LJenssen |
| Versjon | Dato | Beskrivelse | Utarbeidet | Fagkontrollert | Godkjent |

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

På oppdrag fra Folldal kommune har Norconsult beregnet flomsone for Folldal industriområde:

1. Flomsone for 200-års flom med 20 % klimatillegg (276 m³/s) for Folla, fra Folla bro og til industriområdet.
2. Flomsone for vannføring på 1,5 m³/s for Gammelelva fra Folldalsvegen til Folla.

Beregningene omfatter:

- Flomberegning (frekvensanalyse) for å bestemme vannføring for 200-års flom.
- Tillegg for forventet klimaendring på 20 %
- Oppsett av en 2-dimensjonal hydraulisk modell (HEC-RAS).
- Kalibrering og vurdering mot tidligere flom.
- Følsomhetsanalyse
- Beregning av flomsone

For Gammelelva har vi forenklet beregningene bla. fordi vi ikke har informasjon om hvordan bekkeomleggingen oppstrøms beregningsområdet er utformet.

Beregningene viser at deler av industriområdet er flomutsatt. For å få tilstrekkelig sikkerhet mot flom, jfr. teknisk forskrift, må området sikres eller terrenget heves.

Denne rapporten beskriver forutsetninger, beregningsmetode og resultat. I tillegg er beregnet vannstand, flomsone og vannhastighet levert digitalt.

Innhold

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Kravene til sikkerhet mot flom | 6 |
| 1.1 | Valg av dimensjonerende gjentakintervall | 8 |
| 2 | Flomberegning | 9 |
| 2.1 | Tillegg for klimaendring | 9 |
| 2.2 | Nedbørfeltet til Folla ved Folldal industriområde | 9 |
| 2.3 | Målestasjoner | 11 |
| 2.4 | Store flommer i Folla | 12 |
| 2.5 | Flomsesong | 15 |
| 2.6 | Frekvensanalyse | 15 |
| 2.6.1 | <i>Beregning av middelflommen</i> | 16 |
| 2.6.2 | <i>Beregning av vekstfaktor og spesifikk 200-års flom</i> | 16 |
| 2.7 | Beregning av kulminasjonsvannføring (spissverdi) | 19 |
| 3 | Befaring | 20 |
| 4 | Vannlinjeberegning – metode og forutsetninger | 25 |
| 4.1 | Generelt om beregningsmetoden | 25 |
| 4.2 | Strekningen som beregnes | 25 |
| 4.3 | Inngangsdata og forutsetninger | 26 |
| 4.3.1 | <i>Høyre og venstre side</i> | 26 |
| 4.3.2 | <i>Høydereferanse</i> | 26 |
| 4.3.3 | <i>Koordinatsystem / projeksjon</i> | 26 |
| 4.3.4 | <i>Geometri – elveløp og terreng</i> | 26 |
| 4.3.5 | <i>Strømningsmotstand</i> | 26 |
| 4.3.6 | <i>Oppstrøms grensebetingelse</i> | 27 |
| 4.3.7 | <i>Nedstrøms grensebetingelse</i> | 27 |
| 4.4 | Oppsett av beregningsmodellen | 28 |
| 4.5 | Konstruksjoner – broer og terskler | 29 |
| 4.5.1 | <i>Terskel ved Folldal industriområde</i> | 29 |
| 4.5.2 | <i>Folla bru</i> | 30 |
| 4.6 | Kalibrering og kontroll mot kjente flommer | 32 |
| 4.6.1 | <i>Sammenlikning med vannstand under befaring</i> | 32 |
| 4.6.2 | <i>Sammenlikning med flommen i 1934</i> | 32 |
| 4.6.3 | <i>Kalibrering, konklusjon</i> | 34 |
| 4.7 | Følsomhetsanalyse | 34 |
| 4.8 | Hastighetshøyde | 35 |
| 4.9 | Fribord | 36 |
| 5 | Gammelelva nedstrøms Folldalsvegen (FV29) | 37 |

| | | |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| 5.1 | Dagens situasjon | 37 |
| 5.2 | Forenklet vannlinjeberegning | 37 |
| 5.3 | Resultat | 37 |
| 6 | Erosjon og avlagring av masse | 40 |
| 6.1 | Historisk utvikling | 40 |
| 6.2 | Erosjonsutsatte områder langs Folla | 42 |
| 6.3 | Erosjonsfare langs Gammelelva | 48 |
| 7 | Vannlinjeberegning – resultat | 49 |
| 7.1 | Generelt om resultatene - leveransen | 49 |
| 7.2 | Angående bruk av resultatene | 49 |
| 7.3 | Oversiktskart | 49 |
| 7.4 | Vurdering av resultat og konsekvenser | 49 |

Vedlegg oversendt som egne filer

1. Flomsone Folla – vannstand, raster
2. Flomsone Folla – utbredelse, polygon
3. Flomsone Folla – vannhastighet, raster
4. Flomsone Gammelelva – vannstand, raster
5. Flomsone Gammelelva – utbredelse, polygon
6. Flomsone Gammelelva – vannhastighet, raster
7. Ferdig oppsatt beregningsmodell (HEC-RAS)

1 Kravene til sikkerhet mot flom

Byggeteknisk forskrift (TEK 17) § 7-2 stiller krav til sikkerhet mot flom som vist under:

§ 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo

- (1) Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.
- (2) For byggverk i flomutsatt område skal sikkerhetsklasse for flom fastsettes. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. § 7-3.

Tabell: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område

| Sikkerhetsklasse for flom | Konsekvens | Største nominelle årlige sannsynlighet |
|---------------------------|------------|----------------------------------------|
| F1 | liten | 1/20 |
| F2 | middels | 1/200 |
| F3 | stor | 1/1000 |

- (3) Første og annet ledd gjelder tilsvarende for stormflo.
- (4) Byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.
- (5) Sikkerhetsklasse F1 omfatter også følgende tiltak der tiltaket ikke fører til redusert personsikkerhet og ikke omfatter etablering av ny bruksenhet:
- ett tilbygg eller ett påbygg inntil 50 m² BRA i byggverkets levetid
 - bruksendring og ombygging inntil 50 m² BRA.

Bestemmelsen omfatter ikke tiltak som fører til etablering av virksomhet som inngår i § 7-2 første ledd.

Hvilke byggverk som skal i de ulike sikkerhetsklassene, er utdypet i veiledningen til TEK 17. Her er et utdrag:

Sikkerhetsklasser for flom

I denne bestemmelsen er det definert tre sikkerhetsklasser med ulike flomstørrelser (angitt med gjentaksintervall). Hvilken sikkerhetsklasse ulike typer byggverk tilhører er avhengig av konsekvensene ved oversvømmelse. Konsekvensene er igjen avhengig av hvilke funksjoner byggverkene har og/eller kostnadene ved skader.

Sikkerhetskravene i § 7-2 annet ledd kan oppnås enten ved å plassere byggverket utenfor flomutsatt område, ved å sikre det mot oversvømmelse eller ved å dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene og skader unngås. Der det er praktisk mulig bør en velge det første alternativet, dvs. plassere byggverket utenfor området som oversvømmes ved flom med det aktuelle gjentaksintervallet.

Retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom:

Sikkerhetsklasse F1

Sikkerhetsklasse F1 gjelder tiltak der oversvømmelse har liten konsekvens. Dette omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser, eksempelvis:

- garasje
- lagerbygning med lite personopphold

Sikkerhetsklasse F2

Sikkerhetsklasse F2 gjelder tiltak der oversvømmelse har middels konsekvens. Dette omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, eksempelvis:

- bolig, fritidsbolig og campinghytte
- garasjeanlegg og brakkerigg
- skole og barnehage
- kontorbygning
- industribygg
- driftsbygning i landbruket som ikke inngår i sikkerhetsklasse F1

De økonomiske konsekvensene ved skader på byggverket kan være stor, men kritiske samfunnsfunksjoner settes ikke ut av spill.

I deler av flomutsatte områder kan det være større fare enn ellers. I flomutsatte områder der det under flom vil være stor dybde eller sterk strøm bør det være samme sikkerhetsnivå som sikkerhetsklasse F3. Dette gjelder områder der dybden er større enn 2 m og der produktet av dybde og vannhastighet (i m/s) er større enn 2 m/s.

Sikkerhetsklasse F3

Sikkerhetsklasse F3 gjelder tiltak der oversvømmelse har stor konsekvens. Dette omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene, eksempelvis:

byggverk for særlig sårbare grupper av befolkningen, f.eks. sykehjem og lignende

byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjoner, f.eks. sykehus, brannstasjon, politistasjon, sivilforsvarsanlegg og infrastruktur av stor samfunnsmessig betydning. For byggverk som har regional eller nasjonal betydning i beredskapssituasjoner gjelder § 7-2 første ledd.

avfallsdeponier der oversvømmelse kan gi forurensningsfare. For deponier som omfattes av storulykkeforskriften gjelder § 7-2 første ledd.

Sikring mot flom

Forutsetningen for å plassere byggverk i områder der sannsynligheten for flom er større enn minstekravet i forskriften, er at det gjennomføres risikoreduserende tiltak (sikringstiltak i området eller tilpasning av bebyggelsen). De risikoreduserende tiltakene må redusere sannsynligheten for eller konsekvensen av flomvann mot bebyggelsen til det nivå som er angitt i forskriften.

Eksempler på sikringstiltak vil være å heve byggegrunnen til flomsikkert nivå, bygge uten kjeller eller bygge flomvoller eller andre konstruksjoner som holder vannet unna bebyggelsen.

Der det ikke er praktisk mulig å plassere eller sikre byggverk mot flom, kan en utforme og dimensjonere byggverket slik at det tåler oversvømmelse og dermed ikke fører til fare for mennesker eller større materielle skader.

Byggverk som i kraft av sin funksjon må ligge i flomutsatte områder, slik som kaier, bruer, pumpehus og lignende, må konstrueres og oppføres slik at de er i stand til å tåle belastningene under flom. Sikkerheten for dammer og andre vassdragstiltak er regulert etter reglene i vannressursloven og tilhørende forskrifter.

1.1 Valg av dimensjonerende gjentaksintervall

Basert på veiledningen over forutsetter vi at Folldal industriområde er i **sikkerhetsklasse F2 og skal sikres mot 200-års flom.**

2 Flomberegning

Flomberegning er å beregne sammenhengen mellom vannføring (m^3/s) og gjentaksintervall, f.eks. at 100-års flommen er på $1000 m^3/s$.

Flere metoder brukes for flomberegning, f.eks.:

1. Frekvensanalyse av vannføringen som er målt på stasjoner i nærheten.
2. Nedbør – avløpsmodeller.
3. Empiriske formler, f.eks. basert på regionale studier.
4. NVE tilbyr også en internettbasert flomberegning, NEVINA, som baserer seg på empiriske formler.

Frekvensanalyse gir best resultat, men forutsetter at det finnes målestasjoner i nærheten. I Folla er det to stasjoner for vannføring og vi har derfor gjort flomfrekvensanalyse. I tillegg har vi kontrollert mot erfaringstall og regional flomberegning (NEVINA).

2.1 Tillegg for klimaendring

Pga. klimaendring forventes det at flommene i store deler av Norge vil øke, særlig i kystnære strøk. NVE har laget prognoser for hvordan flommene vil øke fram til år 2100 (*Klimaendring og framtidige flommer i Norge*, D. Lawrence, NVE-rapport 81, 2016).

Klimaservicesenter.no gir anbefaling om klimatillegg for alle fylkene. For Hedmark og Oppland anbefales klimatillegg på 20 % når det fremstilles flomsonekart.

Vi har derfor satt klimatillegget for flom i Folla til 20%.

2.2 Nedbørfeltet til Folla ved Folldal industriområde

Nedbørfeltet til Folla ved Folldal industriområde ble beregnet vha. NVEs analyseverktøy NEVINA. Feltarealet er $576 km^2$. Figur 2-1 viser nedbørfeltet. Tabell 2-1 viser viktige feltparametere (fra NEVINA).

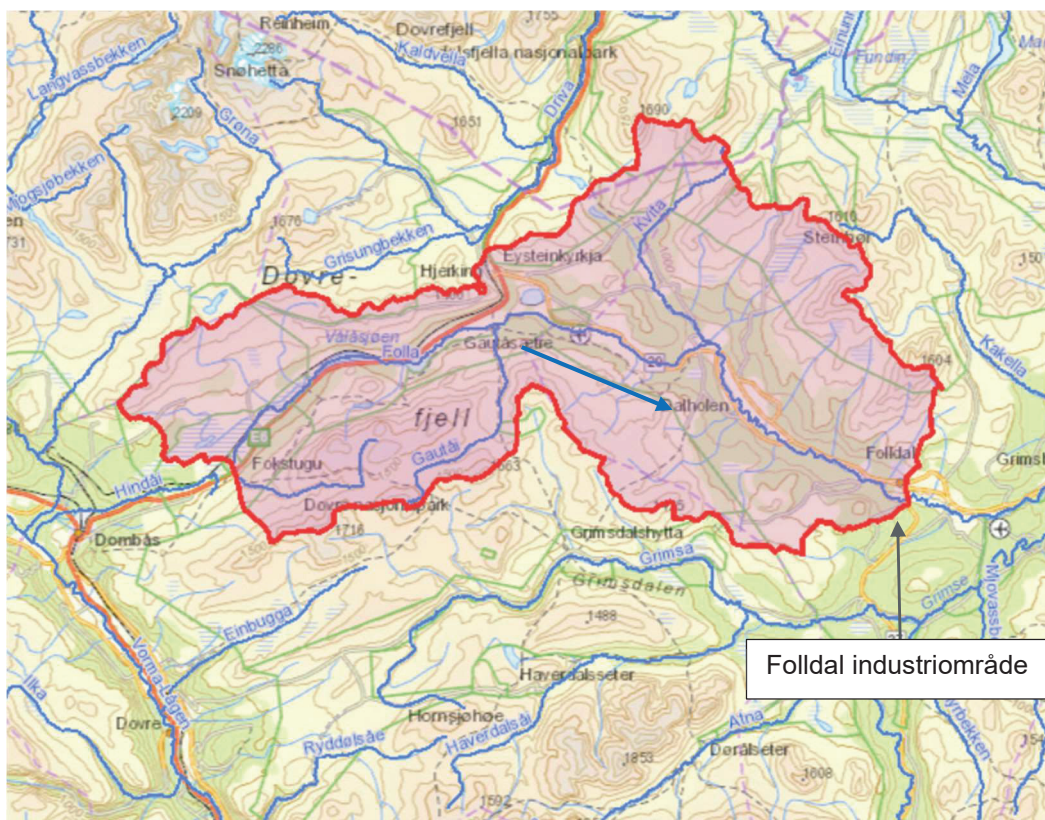
Tabell 2-1 Feltparametere for Folla ved Follidal industriområde

| Feltparametere | | |
|-----------------------------------------------------|------|------------------|
| Areal (A) | 576 | km ² |
| Effektiv sjø (A _{SE}) | 0.11 | % |
| Elvleengde (E _L) | 66.2 | km |
| Elvegradient (E _G) | 13.7 | m/km |
| Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085}) | 7.2 | m/km |
| Helning | 8.2 | ° |
| Dreneringstetthet (D _T) | 1.2 | km ⁻¹ |
| Feltlengde (F _L) | 44.0 | km |

| Hypsografisk kurve | | |
|----------------------|------|---|
| Høyde _{MIN} | 692 | m |
| Høyde ₁₀ | 867 | m |
| Høyde ₂₅ | 959 | m |
| Høyde ₅₀ | 1087 | m |
| Høyde ₇₅ | 1235 | m |
| Høyde _{MAX} | 1708 | m |

| Klima- /hydrologiske parametere | | |
|-------------------------------------|-------|---------------------|
| Avrenning 1961-90 (Q _N) | 11.0 | l/s*km ² |
| Nedbør juni | 54 | mm |
| Nedbør juli | 70 | mm |
| Regn og snøsmelting mai | 128 | mm |
| Regn og snøsmelting juni | 67 | mm |
| Regn og snøsmelting årlig 4d | 64 | mm |
| Regn og snøsmelting november | 5 | mm |
| Temperatur februar | -10.0 | °C |
| Temperatur mars | -7.7 | °C |

| Arealklasse | | |
|------------------------------------------|------|---|
| Bre (A _{BRE}) | 0 | % |
| Dyrket mark (A _{JORD}) | 2.5 | % |
| Myr (A _{MYR}) | 5.3 | % |
| Leire (A _{LEIRE}) | 0 | % |
| Skog (A _{SKOG}) | 29.5 | % |
| Sjø (A _{SJO}) | 1.3 | % |
| Snaufjell (A _{SF}) | 50.3 | % |
| Urban (A _U) | 0.1 | % |
| Uklassifisert areal (A _{REST}) | 11.0 | % |



Figur 2-1 Nedbørfeltet til Folla ved Folldal industriområde

2.3 Målestasjoner

NVE har tre aktuelle målestasjoner i Folla (Tabell 2-2): Grimsmoen, Dølplass og Vålåsjø. Dølplass har målinger fra 1908, men det er betydelige reguleringer i feltet: Elgsjøen, Marsjøen og Fundin. I tillegg overføres Einunna til Savalen. Overføringens kapasitet er ca. 28 m³/s. Reguleringene og overføringen fører til at flommene som måles ved Dølplass blir dempet.

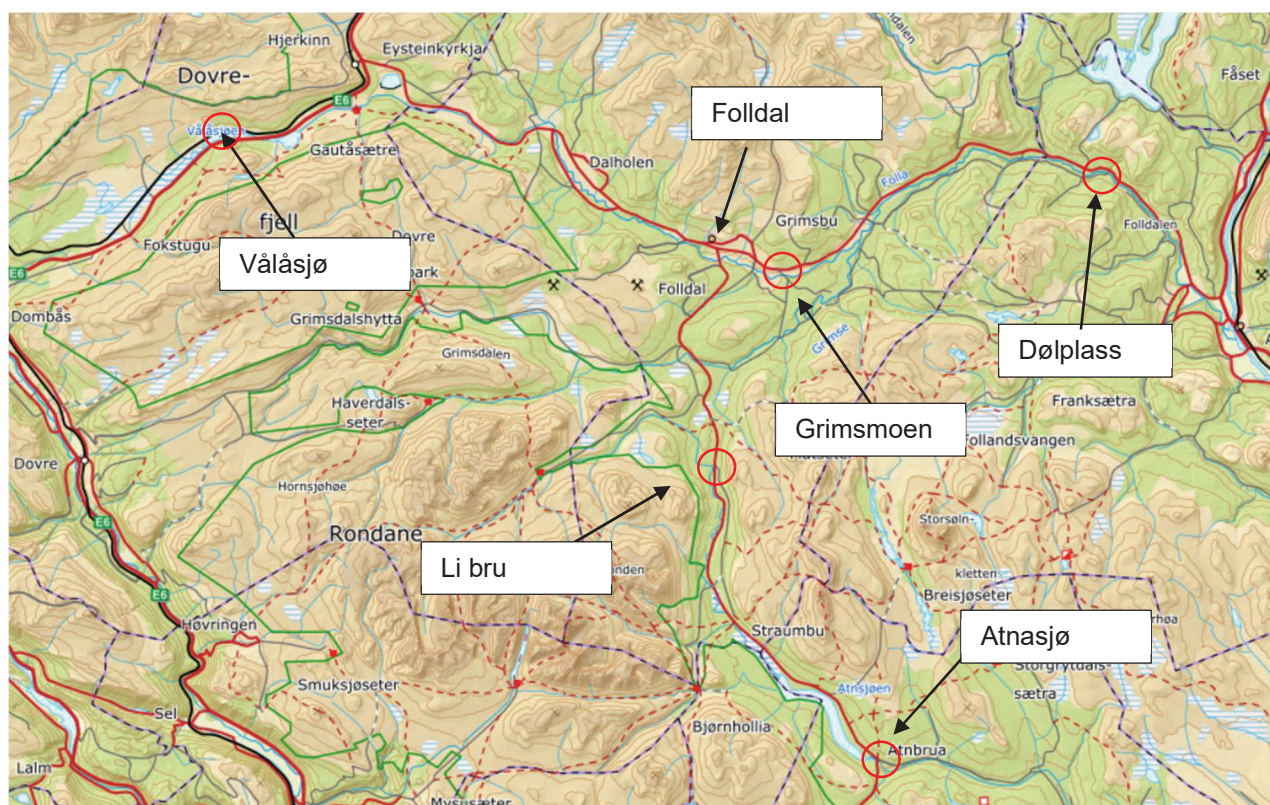
Feltet til Grimsmoen er nesten uregulert, men har en relativt kort måleserie. Nedbørfeltet og flommene ved Grimsmoen er representative for flommene ved Folldal industriområde som bare ligger litt lengre opp i Folla.

Vålåsjø ligger langt opp i Folla og ha et vesentlig mindre felt, men en lang tidsserie med målinger fra 1922.

I nærheten har vi også stasjonene Li bru og Atnasjø, begge i elven Atna.

Tabell 2-2 Stasjonene som ble brukt i flomberegningen

| Stasjonsnavn | Vålåsjø | Grismoen | Dølplass | Atnasjø | Li bru |
|------------------------------|-------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|
| Elv | Folla | Folla | Folla | Atna | Atna |
| Nummer | 2.607 | 2.235 | 2.129 | 2.23 | 2.479 |
| Feltareal (km ²) | 125 | 627 | 2014 | 463 | 157 |
| Antall år med data | 99 | 23 | 101 | 104 | 24 |
| | 1922 – d.d. | 1997 – d.d. | 1908 – d.d. | 1916 – d.d. | 1988 – d.d. |
| Plassering | | Ca. 4 km øst for Follidal sentrum | Ca. 25 km øst for Follidal sentrum | Ved utløpet av Atnasjø | Ved Spranget / Elgvassli ca. 11,5 km oppstrøms Straumbu |



Figur 2-2 Målestasjoner for vannføring

2.4 Store flommer i Folla

Figur 2-3, Figur 2-4 og Figur 2-5 viser de 20 største flommene for stasjonene Dølplass, Grimsbu og Vålåsjø.

| Dato | Vannføring | Spesifikk vannføring |
|-------------|---------------------|---------------------------------|
| - | (m ³ /s) | (l/s/km ²) |
| 10.06.1944 | 486.45 | 242 |
| 10.05.1916 | 422.68 | 210 |
| 30.05.1967 | 417.8 | 207 |
| 02.06.1995 | 391.78 | 195 |
| 19.05.1966 | 385.84 | 192 |
| 28.05.1921 | 378.62 | 188 |
| 23.05.2013 | 371.48 | 184 |
| 03.05.1986 | 357.69 | 178 |
| 03.05.1913 | 355.87 | 177 |
| 14.05.1945 | 354.79 | 176 |
| 03.07.1927 | 346.98 | 172 |
| 10.06.2011 | 335.98 | 167 |
| 31.05.1926 | 323.53 | 161 |
| 23.06.1924 | 323.53 | 161 |
| 23.05.1992 | 317.75 | 158 |
| 21.07.1930 | 313.78 | 156 |
| 13.08.1908 | 309.23 | 154 |
| 11.05.2018 | 299.93 | 149 |
| 02.05.2000 | 294.99 | 146 |
| 26.05.1929 | 291.75 | 145 |

Figur 2-3 De 20 største flommene målt ved Dølplass (døgnmiddel)

| Dato | Vannføring (m ³ /s) | Spesifikk vannføring (l/s/km ²) |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| - | | |
| 23.05.2013 | 129.95 | 207 |
| 11.05.2018 | 117.82 | 188 |
| 04.05.2008 | 88.55 | 141 |
| 10.06.2011 | 87.64 | 140 |
| 26.05.2012 | 79.66 | 127 |
| 22.05.1999 | 73.89 | 118 |
| 07.05.2004 | 71.04 | 113 |
| 03.05.2000 | 70.78 | 113 |
| 21.05.2010 | 70.05 | 112 |
| 22.05.2017 | 68.78 | 110 |
| 07.06.2020 | 65.87 | 105 |
| 23.05.2014 | 64.78 | 103 |
| 17.05.1998 | 55.84 | 89 |
| 13.05.2002 | 52.5 | 84 |
| 13.06.2005 | 49.08 | 78 |
| 23.05.2019 | 49.05 | 78 |
| 13.05.2001 | 48.53 | 77 |
| 02.05.2009 | 45.51 | 73 |
| 10.05.2006 | 44.5 | 71 |
| 31.05.2007 | 39.48 | 63 |
| 23.05.2016 | 37.25 | 59 |
| 07.07.2015 | 35.46 | 57 |
| 15.08.2003 | 32.81 | 52 |

Figur 2-4 De 20 største flommene målt ved Grimsmo (døgnmiddel)

| Dato | Vannføring (m ³ /s) | Spesifikk vannføring (l/s/km ²) |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 01.06.1973 | 45.12 | 360 |
| 19.05.1966 | 43.29 | 345 |
| 17.05.1970 | 36.83 | 294 |
| 02.06.1995 | 36.16 | 288 |
| 06.05.1934 | 35.14 | 280 |
| 11.05.2018 | 31.8 | 254 |
| 01.06.1967 | 31.11 | 248 |
| 03.05.1993 | 29.39 | 234 |
| 07.06.1972 | 28.56 | 228 |
| 23.05.2013 | 28.54 | 228 |
| 21.06.1939 | 28.43 | 227 |
| 21.05.1983 | 26.88 | 214 |
| 30.05.1971 | 26.69 | 213 |
| 07.06.1968 | 26.18 | 209 |
| 21.05.1976 | 25.79 | 206 |
| 09.06.1997 | 24.5 | 195 |
| 17.05.1981 | 24.03 | 192 |
| 21.06.1962 | 23.97 | 191 |
| 10.06.1944 | 23.75 | 189 |
| 24.05.1992 | 22.92 | 183 |

Figur 2-5 De 20 største flommene målt ved Vålåsjø (døgnmiddel)

2.5 Flomsesong

Vi skiller mellom nedbørfelt som domineres av vårflommer (snøsmelting), felt med høstflommer og felt der det kan komme flommer hele året.

Folla domineres av vårflommer. Av de 20 største flommene ved Dølpluss inntraff 17 i mai eller juni. Ved Grimsmoen inntraff 18 av 20 om våren og ved Vålåsjø var alle de 20 største vårflommer.

2.6 Frekvensanalyse

Frekvensanalyse er en statistisk analyse av observerte (målte) flommer. Analysen gjøres ved å plukke ut store flommer, f.eks. den største flommen hvert år. Hver flom gis en sannsynlighet (plotteposisjon). Deretter tilpasses en statistisk fordeling til de observerte flommene. Vanlig brukte fordelinger er Gumbel og General Extreme Value (GEV).

I områder med ulike flomskapende perioder kan det være nødvendig å analysere hver periode for seg, f.eks. separat analyse av vårflommer (snøsmelting) og høstflommer (regn).

Frekvensanalysen gjøres ofte ved først å bestemme middelflommen (gjennomsnittlig flomstørrelse) og deretter vekstfaktoren, som er forholdet mellom flom meg gjentaksintervall T-år og middelflommen, f.eks. forholdet Q_{200}/Q_M .

Data til frekvensanalysen er hentet fra NVEs database Hydra. Beregningene ble gjort vha. NVEs program for frekvensanalyse som er innebygget i programmene Dagut og Finut.

2.6.1 Beregning av middelflommen

Middelflommen er gjennomsnittet av de største flommene i en sesong, f.eks. gjennomsnittet av største årsflom eller største vårflom hvert år. Tabell 2-3 viser middelflom for de ulike stasjonene.

Spesifikk middelflom for Grimsmo og Dølplass er relativt lav: $q_M = 100 \text{ l/s/km}^2$. Middelflom for Vålåsjø, lengre opp i Folla, er ca. 140 l/s/km^2 . Li bru og Atnasjø har også høyere verdier enn Grimsmo og Dølplass, dels pga. mindre felt (Li bru) og dels pga. høyere nedbør.

Regional flomfrekvensanalyse (RFFA) med NVEs program NEVINA gir $q_M = 125 \text{ l/s/km}^2$ for Follidal industriområde.

For videre beregning antar vi at middelflom (vår) ved Follidal industriområde er $q_M = 125 \text{ l/s/km}^2$

Tabell 2-3 Middelflom (Q_M), årsflom og vårflom (døgnmiddel)

| Stasjon | Feltareal (km^2) | Årsflom | | Vårflom | |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| | | Vannføring (m^3/s) | Spesifikk vannføring (l/s/km^2) | Vannføring (m^3/s) | Spesifikk vannføring (l/s/km^2) |
| Vålåsjø | 125 | 18 | 144 | 17 | 136 |
| Grimsmoen | 627 | 64 | 102 | 63 | 100 |
| Dølplass | 2014 | 210 | 104 | 206 | 102 |
| Li bru | 157 | 29 | 185 | 26 | 166 |
| Atnasjø | 463 | 71 | 154 | 69 | 149 |
| Follidal industri, RFFA- 2018 | 576 | 72 | 125 | * | * |

2.6.2 Beregning av vekstfaktor og spesifikk 200-års flom

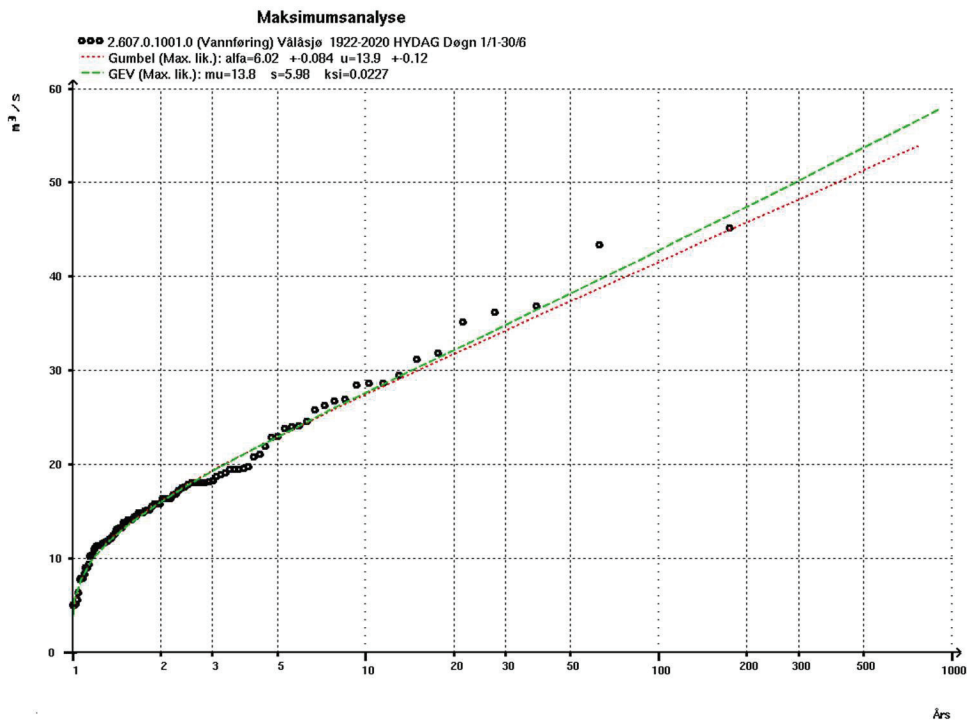
Vekstfaktoren er forholdstallet mellom en flom med gjentaksintervall T-år og middelflommen, f.eks. Q_{200}/Q_M . Tabell 2-4 viser vekstfaktorer for vårflommer for ulike stasjoner. For 200-års flom, som vi skal beregne, er vekstfaktoren $2,29 < Q_{200}/Q_M < 2,64$.

For videre beregning antar vi at vekstfaktoren er $Q_{200}/Q_M = 2,55$.

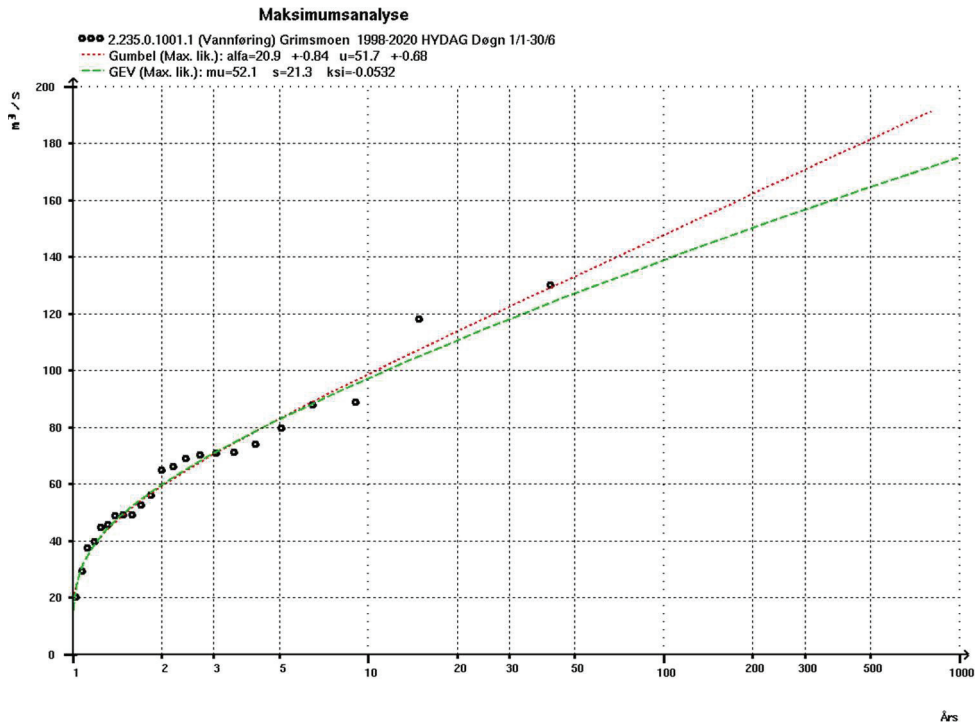
Det gir spesifikk vannføring for 200-års flommen (døgnmiddel) $q_{200} = 2,55 \cdot q_M = 2,55 \cdot 125 \text{ l/s/km}^2 = 319 \text{ l/s/km}^2$

Tabell 2-4 Vekstfaktorer for vårflokker (døgnmiddel)

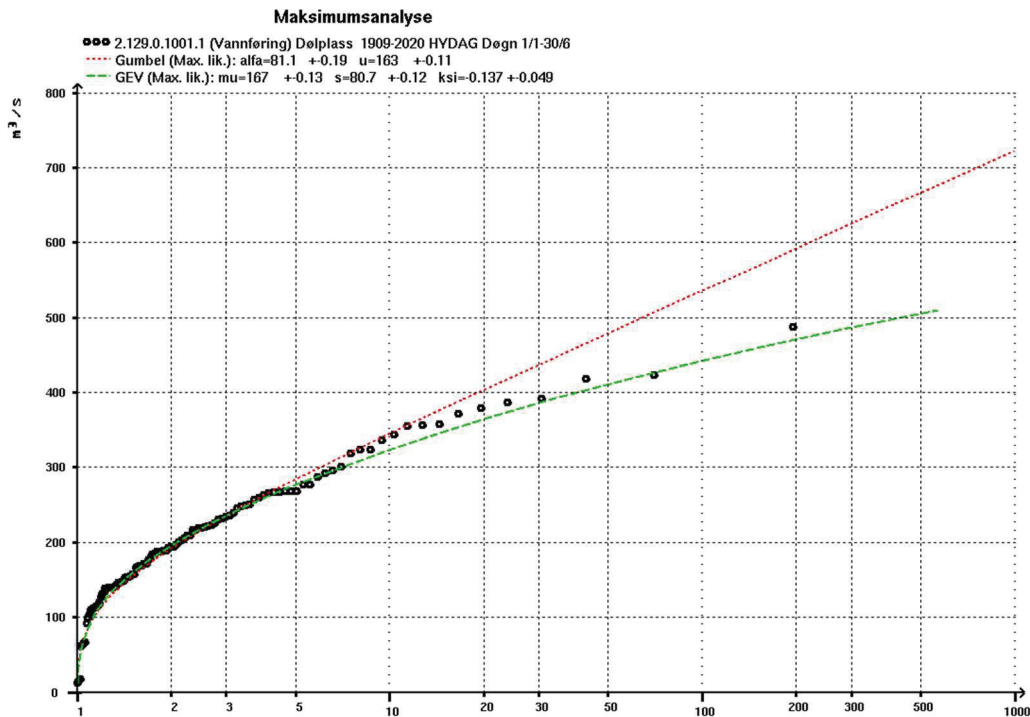
| Gjentaksintervall | Vålåsjø (Q_T/Q_M) | Grimsmoen (Q_T/Q_M) | Dølplass (Q_T/Q_M) | Li bru (Q_T/Q_M) | Atnasjø (Q_T/Q_M) | RFFA-2018 (Q_T/Q_M) |
|-------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Q_M | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 1.55 | 1.56 | 1.57 | 1.52 | 1.48 | 1.57 |
| 20 | 1.84 | 1.80 | 1.77 | 1.74 | 1.68 | 1.79 |
| 50 | 2.13 | 2.10 | 1.99 | 2.05 | 1.94 | 2.09 |
| 100 | 2.41 | 2.33 | 2.15 | 2.27 | 2.13 | 2.31 |
| 200 | 2.64 | 2.55 | 2.29 | 2.46 | 2.33 | 2.53 |
| 1000 | 3.16 | 3.09 | 2.56 | 2.99 | 2.78 | 3.06 |



Figur 2-6 Vålåsjø, frekvensplott av observerte vårflokker, døgnmiddel (x-akse = gjentaksintervall i år, y-akse = vannføring i m^3/s)



Figur 2-7 Grimsmoen, frekvensplott av observerte vårflokker, døgnmiddel (x-akse = gjentakintervall i år, y-akse = vannføring i m³/s)



Figur 2-8 Dølplass, frekvensplott av observerte vårflokker, døgnmiddel (x-akse = gjentakintervall i år, y-akse = vannføring i m³/s)

2.7 Beregning av kulminasjonsvannføring (spissverdi)

Hittil har vi brukt døgnflommer i beregningene, dvs. gjennomsnittlig vannføring over ett døgn. For å beregne flomsoneens utbredelse må vi bruke flommens spissverdi, som alltid er større enn døgnflommen.

For Grimsmoen ligger forholdet mellom spissverdi og døgnmiddel for de største flommene i intervallet 1,05 til 1,29, og for Vålåsjø i intervallet 1,05 til 1,08. Forholdstallene er funnet ved å sammenlikne timesverdi fra NVEs program FINUT og døgnverdi for samme flom (DAGUT).

For Atnasjø og Li bru er forholdet hhv. 1,05 og 1,37 (fra *Retningslinjer for flomberegninger*, NVE 04/2011).

Regional flomfrekvensanalyse (NEVINA) gir kulminasjonsfaktor 1,1.

Beregning med regresjonslikning gitt i *Retningslinjer for flomberegninger* (NVE 4/2011) er vist under:

$$\begin{aligned} \text{Vårflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} &= 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{\text{SE}}^{0,5} \\ \text{Høstflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} &= 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{\text{SE}}^{0,5} \end{aligned}$$

| | |
|-----------|------|
| Vårflom: | 1.21 |
| Høstflom: | 1.40 |

For videre beregning antar vi at forholdet mellom spissverdi og døgnmiddel er 1,25.

Spissverdien for 200-års flom inkludert 20 % klimatillegg ved Følldal industriområde blir da $1,2 \cdot Q_{200} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 319 \text{ l/s/km}^2 \cdot 576 \text{ km}^2 = 276 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er vannføringen som brukes i vannlinjeberegningen.

Spesifikk vannføring for 200-års flom med 20 % klimatillegg (spissverdi) er $1,2 \cdot q_{200} = 479 \text{ l/s/km}^2$

3 Befaring

Folla ble befart fra industriområdet og ned til Folla bro den 14. september 2021. Det var lite vann i elva, ca. 5 m³/s. Under befaringen ble det målt inn vannstander langs elva.

Bildene under viser den aktuelle strekningen, fra oppstrøms og ned til broen.



Figur 3-1 Folla oppstrøms industriområdet - I



Figur 3-2 Folla oppstrøms industriområdet – II



Figur 3-3 Folla med industriområdet i bakgrunnen



Figur 3-4 Folla, grusør med industriområdet i bakgrunnen



Figur 3-5 Folla, grusør ca. 200 m oppstrøms Folla bro



Figur 3-6 Folla, grusør ca. 200 m oppstrøms Folla bro



Figur 3-7 Folla bro



Figur 3-8 Folla rett nedstrøms Folla bro

4 Vannlinjeberegning – metode og forutsetninger

4.1 Generelt om beregningsmetoden

Vannlinjeberegning er å beregne hvor høyt vannstanden stiger for en gitt vannføring. I tillegg til vannstand gir beregningene opplysninger om hydrauliske parametere som vannhastighet, dybde, skjærspenning mot bunnen osv.

Som grunnlag for beregningene trenger vi:

- Vannføring (m^3/s) f.eks. fra en flomberegning.
- Elvas geometri, f.eks. fra målte tverrsnitt, fra laserskann eller fra kart.
- Elvas ruhet (strømningsmotstand), som vi vanligvis anslår skjønnsmessig basert på tabeller.
- Grensebetingelser i oppstrøms og nedstrøms ende av beregningsstrekningen. I oppstrøms ende bruker vi vanligvis vannføringen (tilstrømmende vann) som grensebetingelse. I nedstrøms ende bruker vi vannstanden.

Beregningene kan gjøres i en, to eller tre romlige dimensjoner (1D, 2D, 3D).

Ved en-dimensjonal beregning deles elva opp i tverrsnitt som går over hele bredden av elven. Vi forutsetter samme vanddybde og hastighet over hele tverrsnittet, og beregningene gir gjennomsnittsverdier for hvert tverrsnitt.

Hvis vi ønsker mer detaljerte resultat så kan vi bruke en to-dimensjonal modell. Da deles beregningsstrekningen opp i et gitter, og vi beregner vannhastighet og dybde for hver celle i gitteret. Vi får da et ganske detaljert bilde av strømmingen, men bare i horisontalplanet.

Hvis vi i tillegg deler opp slik at vi får flere celler i dybden, så kan vi også beregne hvordan strømmingen varierer over dybden. Da gjør vi en 3D-beregning.

Der strømmingen er parallell, f.eks. der vannet følger et definert elveløp, er endimensjonale modeller tilstrekkelig. Hvis strømmingen spres utover, f.eks. over en flomslette, bør man bruke en todimensjonal modell. Hvis vi trenger et detaljert bilde av strømmingen, f.eks. sekundærstrømmer som går på tvers av hovedstrømmen, må vi gjøre beregningen i tre dimensjoner.

Beregningene gjøres i et dataprogram. Programmet velges ut fra hvor avanserte beregningene skal være, men programmet HEC-RAS fra US Army Corps of Engineers er mye brukt til 1 D og 2 D beregninger.

Beregningene vi har gjort tar ikke hensyn til erosjon eller avlagring av masse, men forutsetter at elveløpet ikke endrer form.

Resultatene fra vannlinjeberegningen er vanligvis kart og lengdeprofil som viser vannstanden, og vannhastighet. I tillegg gir beregningene en rekke andre hydrauliske parametere som kan tas ut hvis det er behov.

4.2 Strekningen som beregnes

Målet med beregningene var å bestemme vannstand og flomsone ved Follidal industriområde. Av beregningstekniske årsaker har vi inkludert en lengre strekning av Folla, men vi har konsentrert oss om strekningen fra Folla bru og opp til industriområdet. Resultat for strekningen oppstrøms og nedstrøms bør derfor brukes med forsiktighet.

4.3 Inngangsdata og forutsetninger

4.3.1 Høyre og venstre side

Når vi angir *høyre* og *venstre* side av elven, så er det alltid når vi ser mot nedstrøms. F.eks. ligger industriområdet på venstre side av Folla.

4.3.2 Høydereferanse

Hvis ikke annet er angitt er høydereferansen NN2000.

4.3.3 Koordinatsystem / projeksjon

Koordinater er gitt i ETRS89 / UTM sone 32 N.

4.3.4 Geometri – elveløp og terreng

Terrenget ble definert av en høydemodell med 0,25 * 0,25 m oppløsning som er basert på laserskanning fra fly hentet fra høydedata.no (NDH-Follidal-2018).

Laserskanning gir svært gode data for terrenget rundt elven, men gir vannflaten og ikke bunnen i elveløpet. For å finne omtrentlig bunnivå tok vi utgangspunkt i høydene fra laserskannet som vi justerte ned tilsvarende antatt dybde.

Skanningen ble utført 27. mai 2018 og da var vannføringen ved Grimsmoen 11,5 m³/s. Vi brukte først terrenget fra skanningen og beregnet vanddybden for vannføring på 11,5 m³/s. Deretter laget vi en ny terrengflate der høyden var skannet nivå minus beregnet dybde. Utenfor elveløpet endret vi ikke terrenget.

Det var liten vannføring under skanningen, så vi mener at denne fremgangsmåten gir et tilstrekkelig nøyaktig bunnivå sett i forhold til de store vannføringene som skal beregnes.

4.3.5 Strømningsmotstand

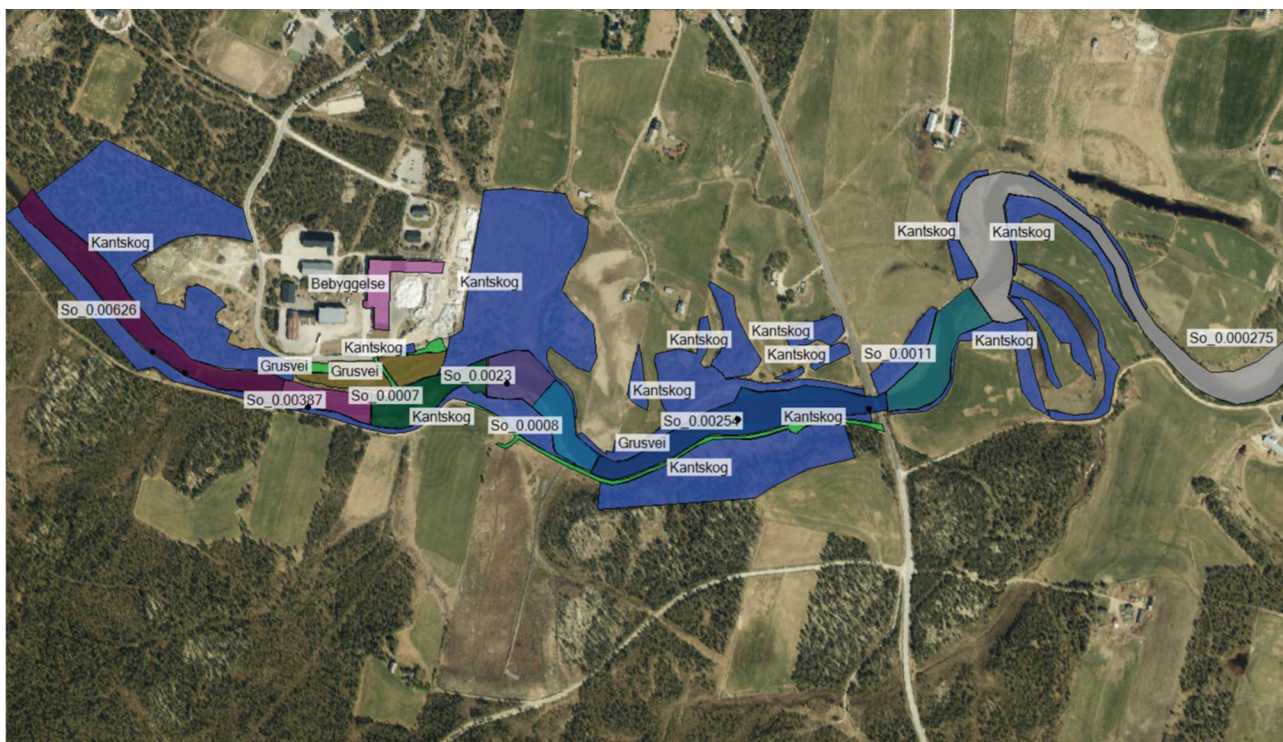
Strømningsmotstanden beskrives med Mannings-koeffisient, n . I beregningene har vi brukt n som vist i Tabell 5. Inndelingen er vist i Figur 4-1.

For elveløpet er Mannings- n beregnet som funksjon av bunnhellingen, S_0 , med følgende uttrykk (se *Flow resistance in Gravel-bed Rivers*, i *Gravel Bed Rivers*, Hey, Brathurst, Thorne, John Wiley & Sons, 1982).

$$n = 0,104S_0^{1,77}$$

Tabell 5 Mannings- n brukt i beregningene

| Område | Mannings- n | Kommentar |
|-----------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I elveløpet | $0,024 < n < 0,042$ | Bunnmateriale: Stein og grus i brattere parti, sand i slake parti. n beregnet fra S_0 |
| Kantskog | $n = 0,06$ | |
| Gress og busker | $n = 0,05$ | Sprede trær, busker og gress |
| Trafikkareal, grusvei | $n = 0,025$ | Vei, grusvei, parkeringsplass |
| Bebyggelse | $n = 1$ | For bygning på industriområdet. Gir i praksis ingen strømning. |
| Andre områder | $n = 0,035$ | Områder som ikke er klassifisert på Figur 4-1, i hovedsak dyrka mark og rundt industriområdet. |



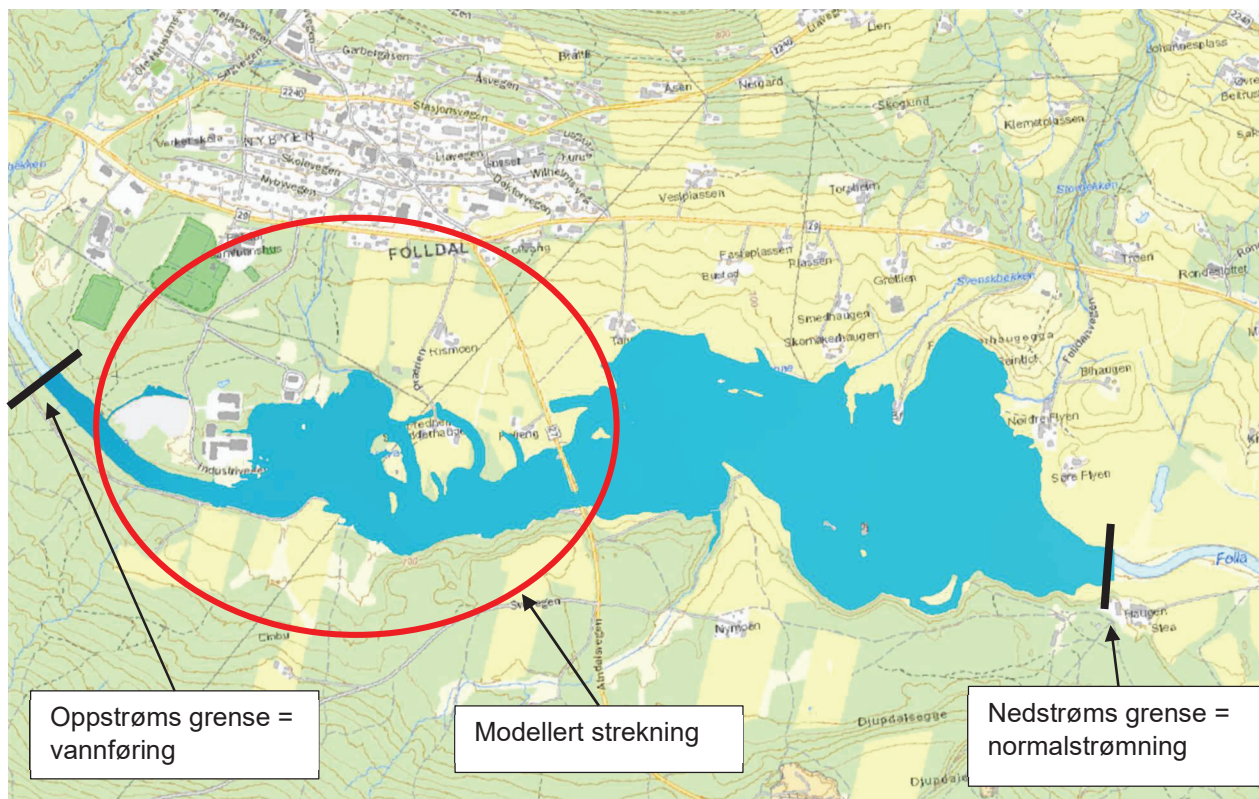
Figur 4-1 Inndeling av områder for strømningsmotstand. For elveløpet er Mannings-n beregnet fra bunnhellingen (S_o)

4.3.6 Oppstrøms grensebetingelse

Som oppstrøms grensebetingelse bruker vi beregnet flomvannføring, se avsnitt 2.7. Vannføringen holdes stasjonær i hele beregningsperioden.

4.3.7 Nedstrøms grensebetingelse

Som nedstrøms grensebetingelse har vi brukt vannstand ved normalstrømning med bunnhelling, $S_o = 0,0002$. Nedstrøms grense er plassert ca. 3 km nedstrøms Føldal industriområde. Usikkerhet knyttet til nedstrøms grensebetingelse vil derfor ikke påvirker vannstanden ved industriområdet.

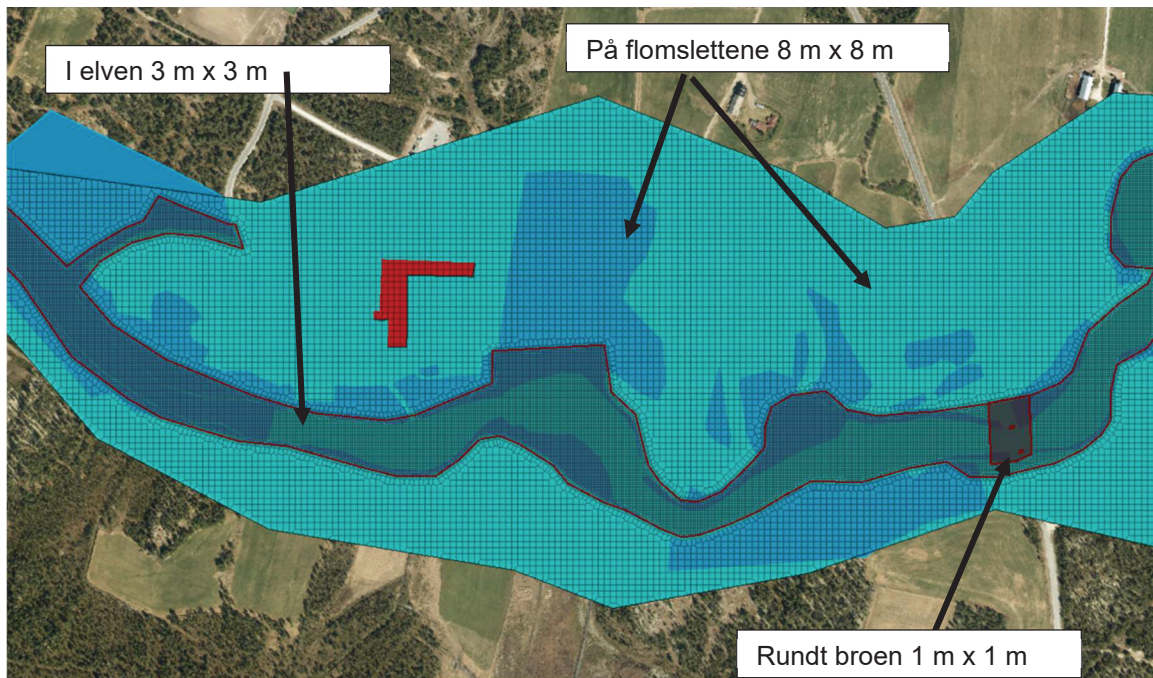


Figur 4-2 Beregningsstrekning og grensebetingelser

4.4 Oppsett av beregningsmodellen

I dette avsnittet er et sammendrag av beregningsparametere. For mer informasjon om hva parametere betyr henvises til HEC-RAS manualer som finnes her: www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

- Beregningene bruker et rutenett (*grid*) som vist i Figur 4-3. Vannstand og vannføring beregnes for hver rute.
- Beregningsmetode: 2D, ikke stasjonær
- Likningssett: *Shallow water equations – ELM*
- Tidsskritt: $0,4 < Courant < 0,95$
- Turbulence model: ingen
- Ellers standard oppsett
- Beregningsperiode: Stasjonær vannføring i 6 timer. Resultatene tas fra siste tidsskritt.



Figur 4-3 Rutenettet som er brukt i beregningene

4.5 Konstruksjoner – broer og terskler

Konstruksjoner i vassdraget, f.eks. broer, dammer og terskler kan påvirke vannstanden.

4.5.1 Terskel ved Folldal industriområde

Litt oppstrøms Folldal industriområde er det en lav terskel i elva, sannsynligvis anlagt ifm. VA-ledning som krysser elven. Terskelen ligger inne i terrengmodellen, og vi antar at den lave terskelen har liten betydning for vannstanden under flom.



Figur 4-4 Lav terskel (ledning som krysser?)

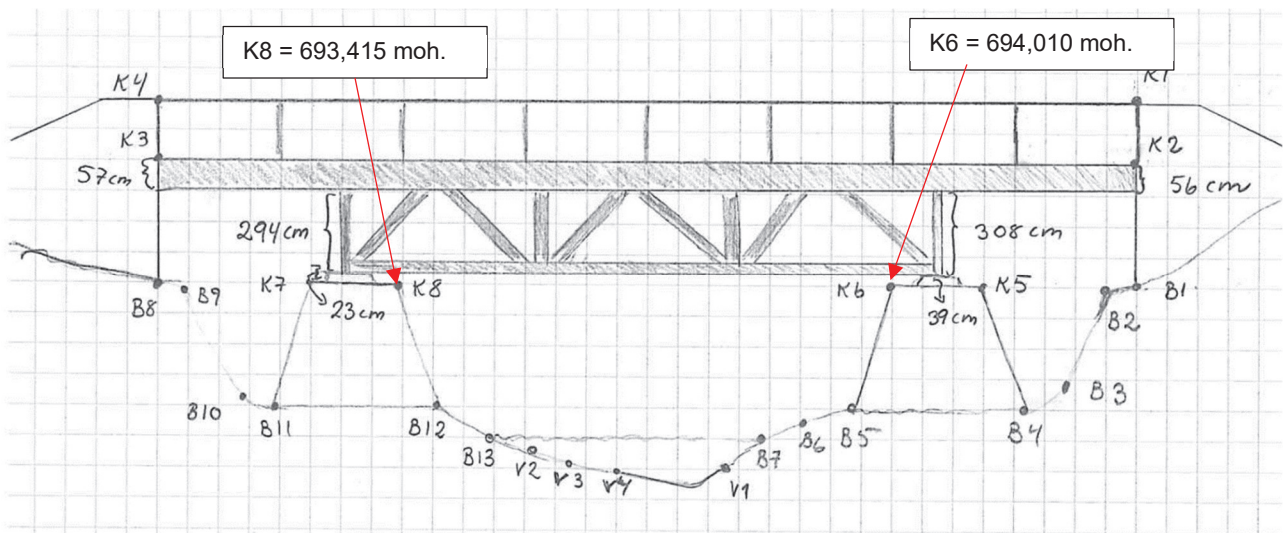
4.5.2 Folla bru

Folla bru fører til en betydelig innsnevring av strømningsarealet ved store flommer. Synnøve Kjønsdal (Folldal kommune) har målt inn broen, se Figur 4-6.

Beregnet vannstand under broen er lavere enn 693,0 moh., som betyr at vannstanden ikke når opp til undergurten ($H > 693,6$ moh.). Vi får derfor ikke trykkstrømning under broen. Broen modelleres derfor ved å legge inn de to brokarene som forhøyninger i terrengmodellen. Ut over det er det ikke nødvendig med spesielle metoder for å modellere broen.



Figur 4-5 Folla bru sett fra oppstrøms side



Figur 4-6 Folla bru, skisse av Synnøve Kjøsberg

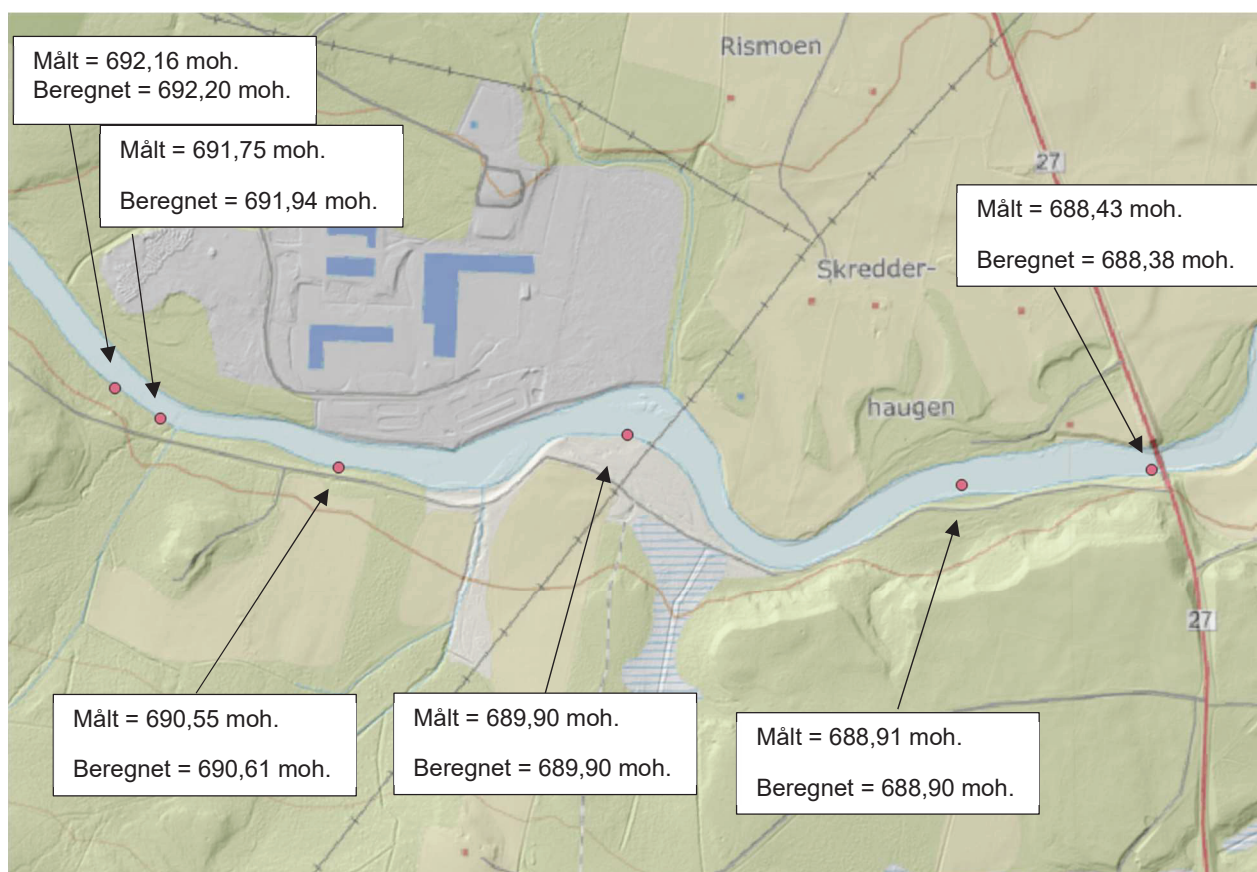
4.6 Kalibrering og kontroll mot kjente flommer

Hvis mulig bør beregningsmodellen kalibreres mot målte flomvannstander. Vi har etterspurt flomnivå fra kommunen, men de kjenner ikke til flomnivå for det aktuelle området.

4.6.1 Sammenlikning med vannstand under befaring

Ifm. befaring den 14. september 2021 målte Synnøve Kjøsberg (Folldal kommune) inn vannstander langs elven. Vannføringen var da ca. 5 m³/s. Målt vannstand ble kontrollert mot beregnet vannstand, se Figur 4-7.

Kalibrering av flommodeller mot svært lave vannføringer har liten hensikt fordi strømningsmotstanden kan endre seg mye med stigende vannstand, men sammenlikningen viser godt samsvar mellom målt og beregnet vannstand.



Figur 4-7 Målt og beregnet vannstand (Q = 5 m³/s)

4.6.2 Sammenlikning med flommen i 1934

På digitalmuseum.no fant vi bilder av gårdene Brevan, Husøy og Øygard fra flommen i 1934, se figurene under. Fra bildene anslår vannstanden til ca. 692 moh., men dette er usikkert. Til sammenlikning er terrenghøyden ved Folldal industriområde ca. 693,5 moh., altså bare 1,5 m høyere. Vannstanden fra bildene er ikke så nøyaktig at vi kan bruke den til kalibrering, men bildene gir en indikasjon.

Flommen i 1934 var den 5. største ved Vålåsjø med $34 \text{ m}^3/\text{s}$ / 280 l/s/km^2 .



Figur 4-8 Flommen i 1934. Brevan til høyre, Husøy og Øygard lenger bak. (Gunnar O. Moseng / digitalmuseum.no)



Figur 4-9 Uthuset på Husøy under flommen i 1934 (digitalmuseum.no)



Figur 4-10 Plassering av Brevan, Husøy, Øygard

4.6.3 Kalibrering, konklusjon

Beregningsmodellen gir godt resultat for små vannføringer. For store flommer har vi ikke kalibreringsgrunnlag.

4.7 Følsomhetsanalyse

Det er gjort følsomhetsanalyse for å undersøke hvordan vannstanden ved industriområdet påvirkes ved endring av vannføring og ruhet (Mannings-n).

Fordi grunnlaget for flomberegningen vurderes som godt (klasse 1) ser vi på vannføringsendring på + / - 10 %. Fordi Folla er slak og med lav vannhastighet ser vi på endring i Mannings-n på + / - 10 %.

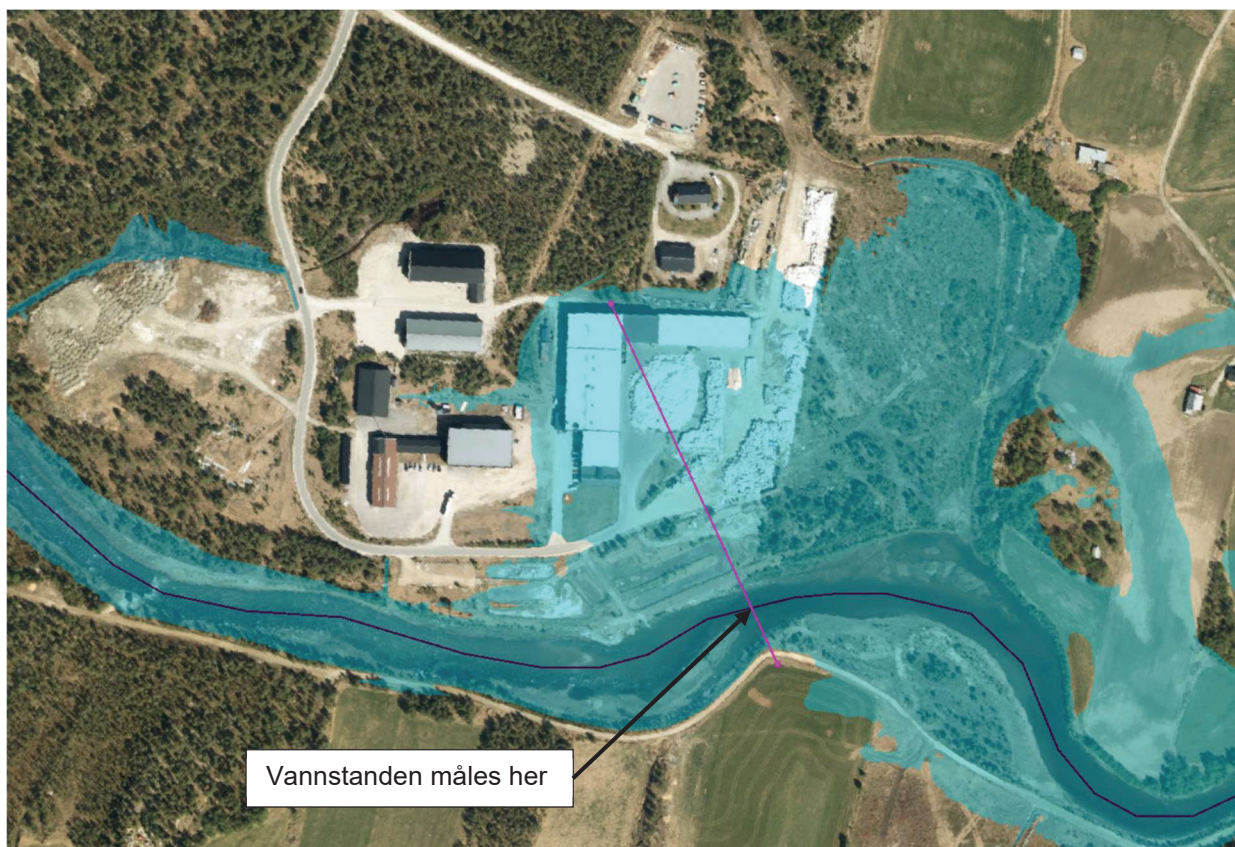
Resultatene er vist i Tabell 6 og Tabell 7.

Tabell 6 Resultat av følsomhetsanalyse for vannføring

| | Lav | Basis | Høy |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| Endring (%) | -10 % | 0 | +10 % |
| Vannføring (m ³ /s) | 248 | 276 | 304 |
| Vannstand ved industriområdet (moh.) | 693,37 | 693,52 | 693,66 |
| Endring i vannstand (m) | -0,15 | 0 | 0,14 |

Tabell 7 Resultat av følsomhetsanalyse for Mannings-n

| | Lav | Basis | Høy |
|--------------------------------------|--------|----------|--------|
| Endring (%) | -10 % | 0 | +10 % |
| Mannings-n | - | varierer | - |
| Vannstand ved industriområdet (moh.) | 693,44 | 693,52 | 693,60 |
| Endring i vannstand(m) | -0,08 | 0 | 0,08 |



Figur 4-11 Måling av referansevannstand for følsomhetsanalyse

4.8 Hastighetshøyde

Når vannstrømmen bremses eller endrer retning vil vannstanden stige fordi noe av vannets hastighetsenergi gjøres om til trykkstigning. Et typisk eksempel er at vannstanden stiger rett oppstrøms en broplatar.

Vannstandsstigningen kan knyttes til vannets hastighetshøyde:

$$H = \frac{v^2}{2g}$$

Her er:

H = hastighetshøyden (m)

V = vannhastighet (m/s)

g = tyngdens akselerasjon = $9,81 \text{ m/s}^2$

Hvis vannhastigheten bremses helt til 0, så er H den resulterende vannstandsstigningen. Er $V = 1 \text{ m/s}$ gir det en vannstandsstigning på bare 5 cm, men hvis vannhastigheten er 5 m/s så blir $H = 1,3 \text{ m}$. For elver med stor vannhastighet bør man ta hensyn til hastighetshøyden ved vurdering av flomfare.

Ved industriområdet er vannhastigheten 2 m/s til 3 m/s , som gir $0,2 \text{ m} < H < 0,5 \text{ m}$.

Flomsonene vi beregner inkluderer vannstandsstigning pga. hastighetshøyde, så det er ikke nødvendig å legge til ekstra vannstand, men dersom man bygger noe ut i elva som ikke er med i modellen vi har brukt, så må man vurdere ekstra vannstandsstigning pga. hastighetshøyden.

4.9 Fribord

Når man skal fastsette sikkert nivå for bygging er det vanlig å legge til en sikkerhetsmargin, et fribord, over beregnet vannstand. Fribordet er ofte i intervallet $0,3 \text{ m}$ til $0,5 \text{ m}$. Størrelsen på fribordet bør ta hensyn til hvor usikre beregningene er.

Følsomhetsanalysen viste at 10% økt vannføring gav 14 cm høyere vannstand, og at 10% ekstra ruhet økte vannstanden ved industriområdet 8 cm . Vannhastigheten er moderat, med hastighetshøyde 20 til 50 cm .

Fordi vi ikke har målte flomvannstander så er ikke modellen kalibrert, den er bare kontrollert mot vannstanden som var under befaring. Når vi ikke kan kontrollere beregningene mot flomvannstander øker usikkerheten.

Det er noe risiko knyttet til Folla bro. Under store flommer vil det komme mye drivgods som kan bli liggende mot brokarene og redusere gjennomløpet. Vannstanden ved broen er bare ca. 50 cm lavere enn ved industriområdet, og tilstopping av gjennomløpet kan føre til at vannstanden ved industriområdet stiger.

Skjønnsmessig anbefaler vi et fribord på 40 cm eller mer over beregnet vannstand.

5 Gammelelva nedstrøms Follidalsvegen (FV29)

Oppdraget omfatter også flomfarevurdering for Gammelelva ved industriområdet.

5.1 Dagens situasjon

Gammelelva er lagt om. Vi antar at den er overført til Gorbekken (se Figur 5-1), men dette vet vi ikke. Vi har ikke fått informasjon om omleggingen, og heller ikke kartlagt mulige flomveier ved innløpet til omleggingen.

I det gamle løpet til Gammelelva, rett nedstrøms Follidalsvegen, munner det ut to stikkrenner med diameter ca. 300 mm, se Figur 5-2. Disse har kapasitet på 1 m³/s til 2 m³/s, som er lite i forhold til elveløpets opprinnelige kapasitet.

5.2 Forenklet vannlinjeberegning

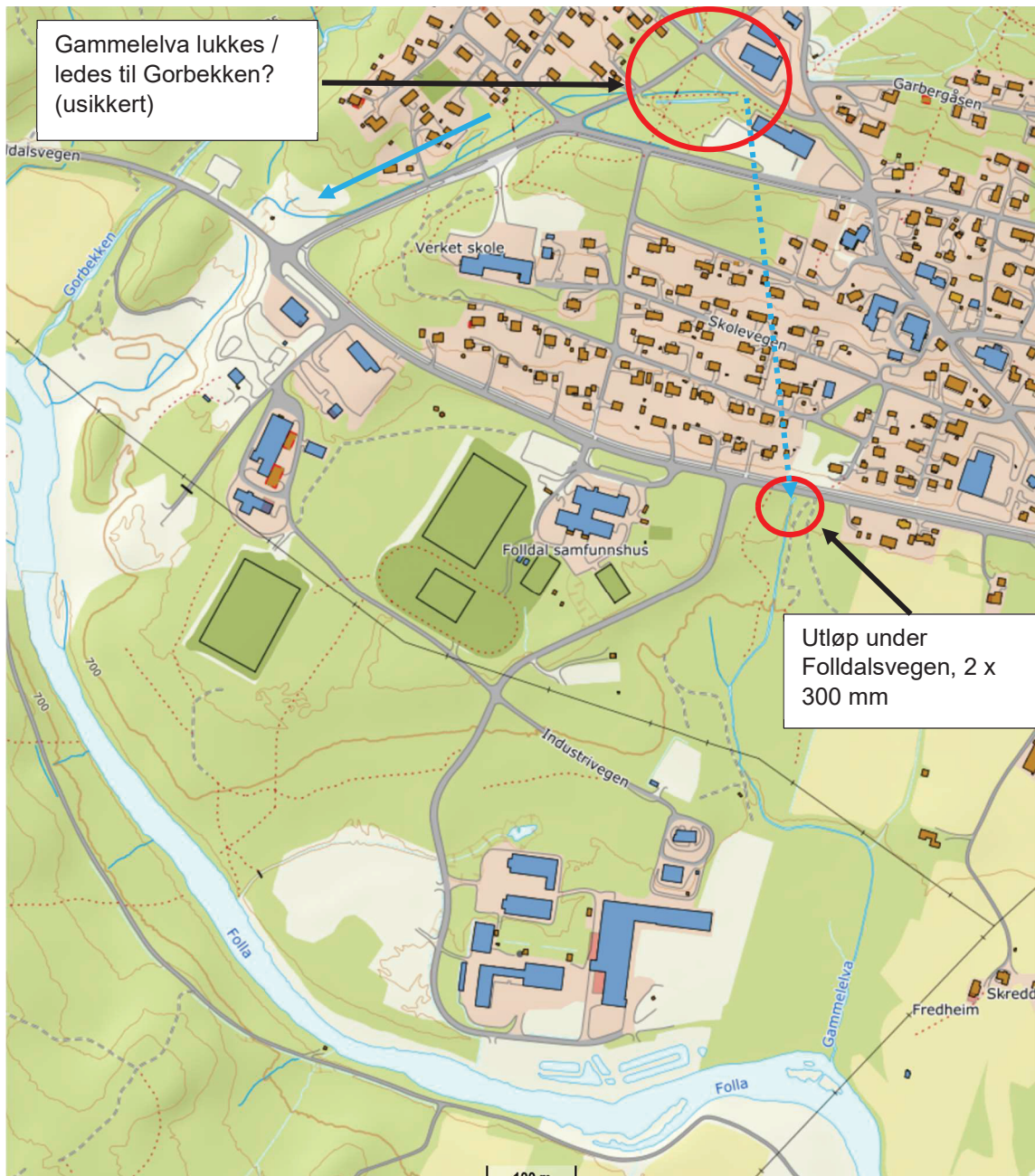
For å gi en omtrentlig flomsone har vi gjort en forenklet vannlinjeberegning for Gammelelva fra Follidalsvegen til Folla. Beregningen er forenklet i den betydning at vi bare har anslått en maksimal vannføring, ikke kalibrert modellen og ikke har gjort følsomhetsanalyse. Forutsetningene vi har gjort er på den sikre siden slik at flomsone vi beregner blir større enn vi mener er sannsynlig.

Tabell 8 Gammelelva, forenklet beregning, sammendrag av forutsetninger

| Parameter | Verdi | Kommentar |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oppstrøms grense, vannføring | 1,5 m ³ /s | Høy vannføring, utløpshastigheten fra rørene er antatt 10 m/s |
| Nedstrøms grense, vannstand i Folla | 691,5 moh. | Omtrentlig vannstand når Folla er breddfull. I nedre del vil vannstanden i Folla for 200-års flom uansett bestemme flomsoneens utbredelse, ikke flommen i Gammelelva. |
| Mannings-n | 0,05 | Høy ruhet, alle flater. |
| Rutenett | 1 m x 1 m | |
| Beregningstid | 1 time | Stasjonær vannføring, resultat leses ut ved siste tidsskritt. |
| Beregningsoppsett ellers | Som for Folla | |

5.3 Resultat

Figur 7-2 viser flomsone. Flomsone, vannstand og vannhastighet er i tillegg oversendt digitalt.



Figur 5-1 Gammelelva, oversikt



Figur 5-2 Gammelelva, utløp av stikkrenner under Folldalsvegen



Figur 5-3 Gammelelva mot industriområdet / Folla

6 Erosjon og avlagring av masse

6.1 Historisk utvikling

Figur 6-1 viser Folla i 1963 og i 2018. Vi ser at løpet har endret seg betydelig. Utenfor industriområdet er elvebredden 30 – 40 m nærmere i dag enn for 60 år siden. Ved utløpet av Gammelelva har løpet flyttet seg motsatt vei, omtrent like mye.

Fra gamle flyfoto ser det ut til at Folla fikk tilført mye masse fra Gorbekken og Gammelelva, kanskje fra gruvedeponiet? Nå er graven nedlagt og tilførselen betydelig redusert. Sannsynligvis har erosjonssikring av elvebreddene videre oppstrøms også redusere tilførselen av masse.

Det ser ut til at meandersvingene blir mindre og at Folla retter seg ut. Det er vanlig respons. Når en meanderende elv tilføres mindre masse, så retter elven seg ut og samtidig senker bunnen seg.

Denne prosessen vil fortsette, med gradvis utretting og bunnsenkning. Vi må derfor forvente at bunnen utenfor industriområdet vil fortsette å senke seg, og at hovedløpet vil komme nærmere den nordlige elvebredden. Prosessen går sakte, men vil øke faren for undergraving av elvebredden og skade på ledninger som krysser elven.

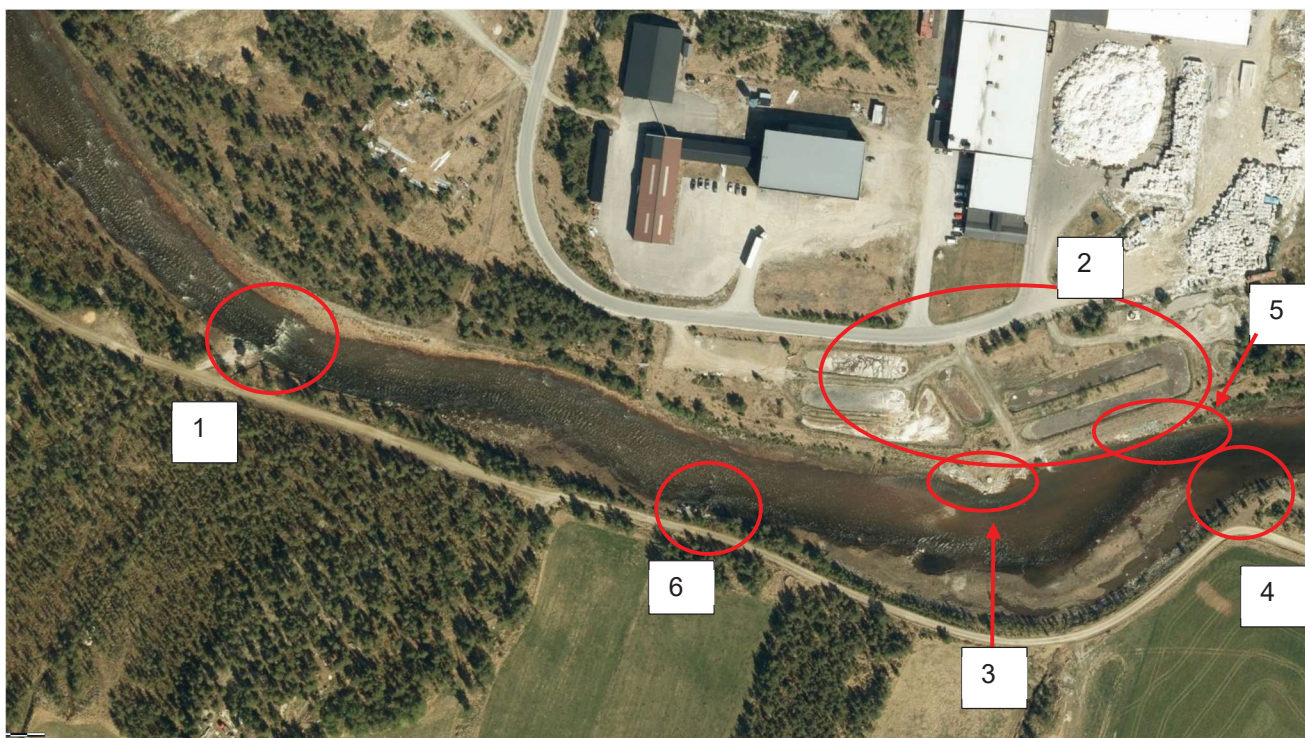


Figur 6-1 Sammenlikning av Follas løp i 1963 og 2018

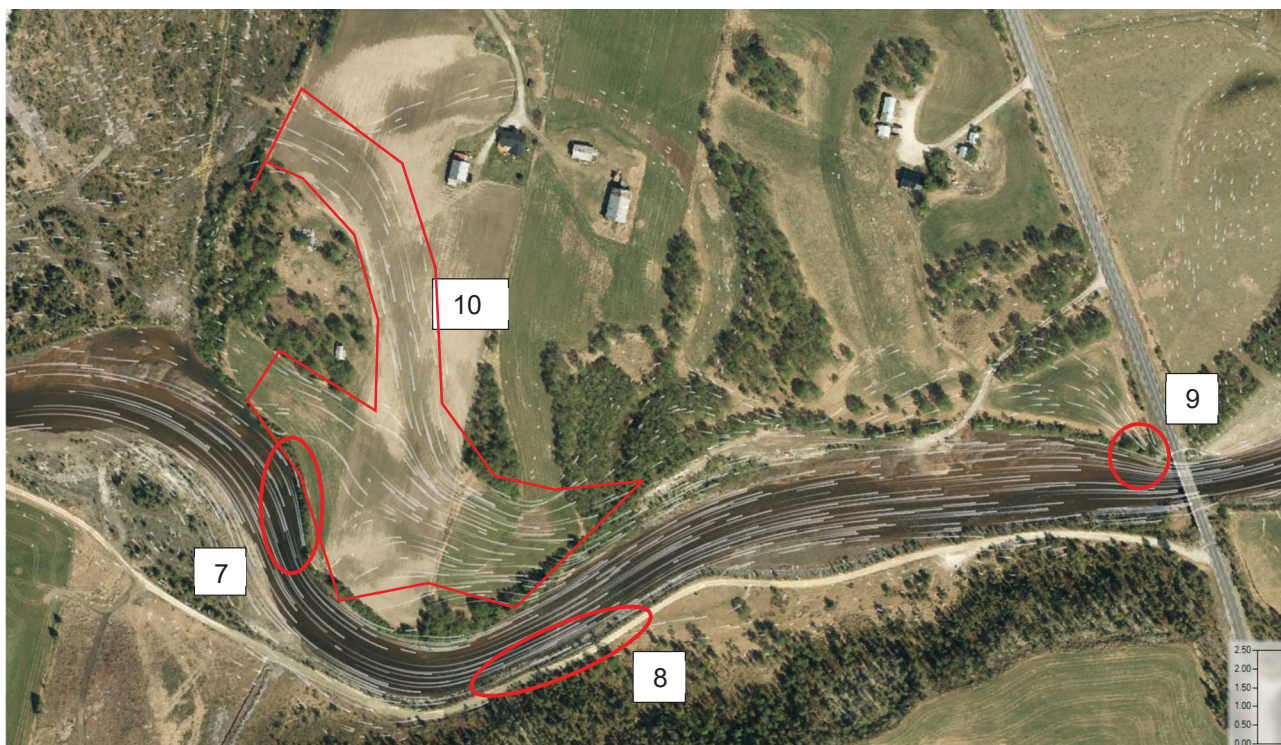
6.2 Erosjonsutsatte områder langs Folla

Under store flommer kan det være stor massetransport, erosjon og avlagring. Dette er en del av vanndragets naturlige utvikling. Ved 200-års flom må vi forvente at elvebredden eroderer, særlig i yttersving, og at elvebunnen senker seg i enkelte områder og hever seg andre steder.

Fra resultatene fra vannlinjeberegningen, befaring, bilder og flyfoto har vi forsøkt å peke på områder som er spesielt utsatt for erosjon. Disse er beskrevet under, se Figur 6-2 og Figur 6-3 for nummerering.



Figur 6-2 Nummerering av erosjonsutsatte områder - I, beskrivelse under



Figur 6-3 Nummerering av erosjonsutsatte områder - II, beskrivelse under

1. Terskel, kryssende ledning, pumpestasjon

Terskelen, sannsynligvis anlagt ifm. en kryssende ledning, vil være utsatt for skade under flom. Vannhastigheten er opp mot 4 m/s, skjærspenning 175 N/m² krever steinstørrelse > 300 mm for å være stabil.

På høyre bredd er det en bygning, kanskje en pumpestasjon. Vannet vil strømme rundt bygningen og fundamentet kan være utsatt for erosjon.

2. Slambassengene og industriområdet

Vann vil strømme fra elva, over / gjennom slambassengene og inn mot industriområdet. Vannhastigheten er lav, under 0,5 m/s. Rundt bassengene er det langt gress, som gir noe beskyttelse, men kanten av slambassengene er spesielt utsatt. Man må også forvente at slammet i bassengene vaskes ut.

I områder der overflaten har lite motstand mot erosjon (bar jord / sand) må vi også forvente erosjon.



Figur 6-4 Slambasseng, industriområdet til venstre, Folla til høyre

3. Utslippspunkt

Her er det etablert en utstikker i elva med to kummer og flere utløpsledninger, se Figur 6-5. Hastigheten er moderat, mindre enn 2,5 m/s, men utstikkende konstruksjoner er ofte utsatt for erosjon og undergraving. Det ligger en del stein som sikring i skråningen mot elven. Denne steinen er sannsynligvis stabil, men vi vet ikke om sikringen er fundamentert godt ned i elvebunnen. Hvis den ikke er det, kan den bli undergravd under flom.

Det går flere ledninger ut i elva, og det er flere usikrede ledninger i elva, se bildene under. Disse ledningene kan bli skadet / revet bort under flom.



Figur 6-5 Utslippspunkt, oversikt



Figur 6-6 Ledninger ved utslippspunkt



Figur 6-7 Sikring av kum ved utslippspunkt



Figur 6-8 Ledninger til utslippspunkt, usikret

4. Elvebredden, høyre side

Ved område nr. 4 er vi i nedstrøms ende av en yttersving og samtidig blir elven smalere. Hastigheten nær bredden er opp mot 2,3 m/s, og bredden er usikret. Noe erosjon i dette området virker sannsynlig, men det vil neppe få vesentlige konsekvenser.

5. Elvebredden, venstre side

Ved område nr. 5 smalner elva inn og strømmingen rettes mot venstre bredd. Bredden er delvis erosjonssikret. Noe erosjon er sannsynlig.

6. Kum og ledningskryssing

Her stikker en stor betongkum opp av elvebredden, og herfra går sannsynligvis en ledning over elven. Vann vil renne rundt kummen. Lokal hastighetsøkning gjør både kummen og kryssingen utsatt under flom.



Figur 6-9 Kum og ledningskryssing

7. Elvebredden, venstre side, yttersving

Vannhastigheten er opp mot 2 m/s, det er yttersving og djupålen ligger nær elvebredden. Under stor flom er erosjon sannsynlig.

8. Elvebredden, høyre side, yttersving

Vannhastigheten er opp mot 2 m/s, det er yttersving og djupålen ligger nær elvebredden, men bredden er erosjonssikret. Noe erosjonsfare under stor flom.

9. Elvebredden, venstre side, innsnevring mot broen

Her tvinges vann som har strømmet over terrenget på venstre siden av elva inn under broen. Hastigheten øker til over 1,5 m/s så her må vi forvente lokal erosjon.

10. Gammelt elveløp

Vann som strømmer i terrenget på venstre side av elven samles i gamle elveløp der terrenget ligger litt lavere enn ellers. Vannhastigheten er lav, 0,5 – 1 m/s, men området har sannsynligvis liten evne til å motstå erosjon. Her må vi forvente at jorden vaskes bort.

6.3 Erosjonsfare langs Gammelelva

Vi har ikke vurdert erosjonsfaren langs Gammelelva nøye. Vi har ikke fått opplysninger om bekkelukkingen oppstrøms Følldalsvegen, og vet ikke hvor mye vann som kan komme i Gammelelva.

Det ser ut til at bekkelukkingen har liten kapasitet, og at vannmengden som kan komme i Gammelelva i dag, er mye mindre enn det som har gått der før bekken ble lukket. Det tilsier at erosjonsfaren er liten.

Samtidig ser vi fra gamle bilder, f.eks. Figur 6-1, at det kan ha vært et delta av finmasse der Gammelelva møter Folla. Dette kan være masse som eroderes lett. Vegetasjonen på det gamle deltaet virker tynn og gir nok lite beskyttelse mot erosjon. Massene i dette området kan bli satt i bevegelse både av flom i Gammelelva og flomvann fra Folla.

7 Vannlinjeberegning – resultat

7.1 Generelt om resultatene - leveransen

Resultatene som leveres fra dette oppdraget består av:

1. Denne rapporten
2. Flomsone – vannstand, digitalt, raster.
3. Flomsone – utbredelse, digitalt, polygon.
4. Flomsone – vannhastighet, digitalt, raster.
5. Ferdig oppsatt beregningsmodell (HEC-RAS)

Resultatene for Folla er flomsone for 200-års flom med 20 % klimatillegg. Et eventuelt fribord er ikke lagt til.

7.2 Angående bruk av resultatene

Norconsult har opphavsretten til det som er produsert ifm. oppdraget. Follidal kommune står fritt til å publisere resultatene, f.eks. på sine hjemmesider.

7.3 Oversiktskart

Figur 7-1 og Figur 7-2 viser oversikt over flomsoneene.

7.4 Vurdering av resultat og konsekvenser

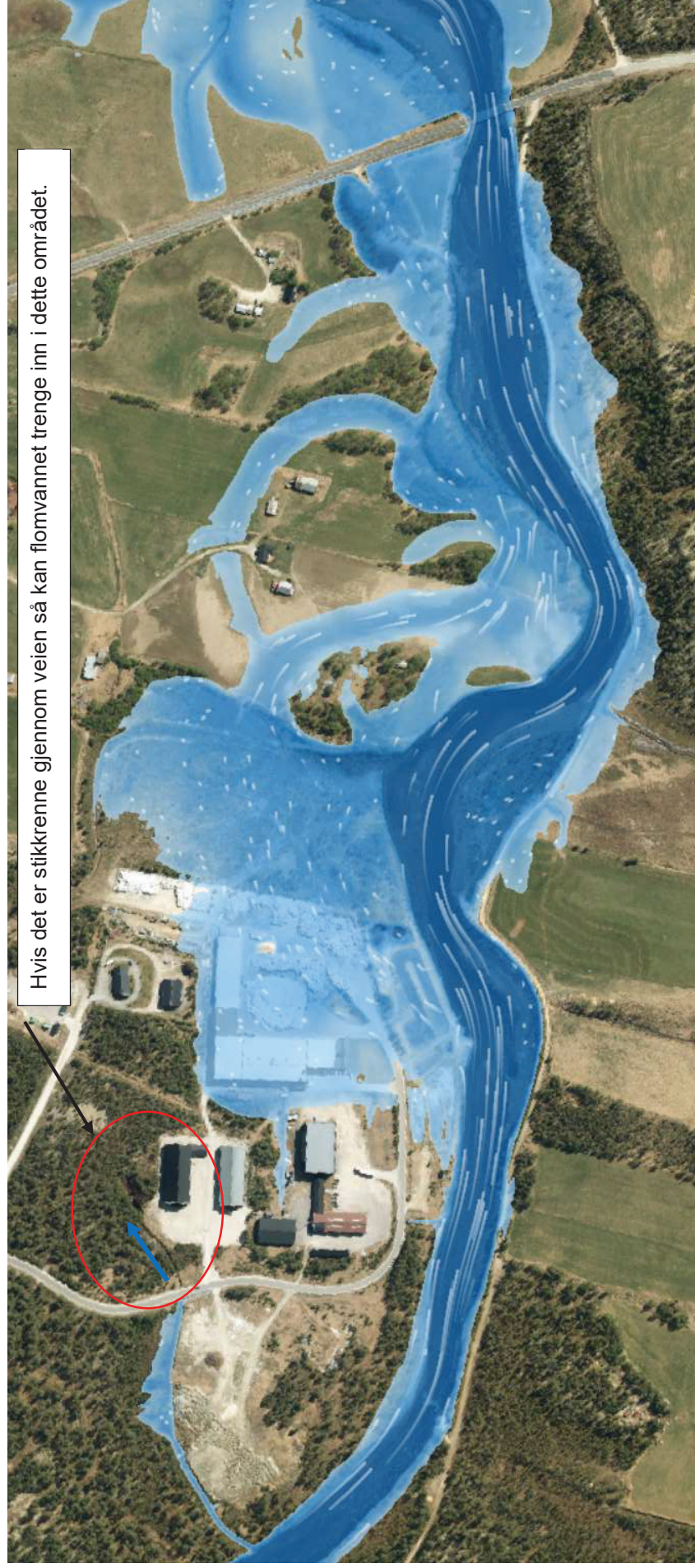
For følsomhetsanalyse og forslag til fribord se kapittel 4.7 og 4.9.

Beregningene viser at deler av industriområdet vil bli oversvømt ved 200-års flom med 20 % klimatillegg. De områdene må sikres mot flom før de bygges ut. Områdene kan f.eks. sikres ved å heve terrenget eller ved å bygge voller.

Befaringen viste at det er konstruksjoner langs elva som kan bli skadet under en stor flom: pumpestasjon, ledningskryssinger, mm. Kommunen bør vurdere risikoen og eventuelt sikre mot flom.

Det er store mengder plastavfall til gjenvinning lagret i det flomutsatte området og kommunen bør vurdere risikoen for spredning.

Det er flere slambasseng mellom industriområdet og Folla. Disse kan bli oversvømt under stor flom og kommunen bør vurder risikoen for spredning.



Figur 7-1 Flomsone for Folla for 200-års flom med 20 % klimatillegg ($Q = 276 \text{ m}^3/\text{s}$)



Figur 7-2 Flomsone for Gammelelva for $Q = 1,5 \text{ m}^3$

