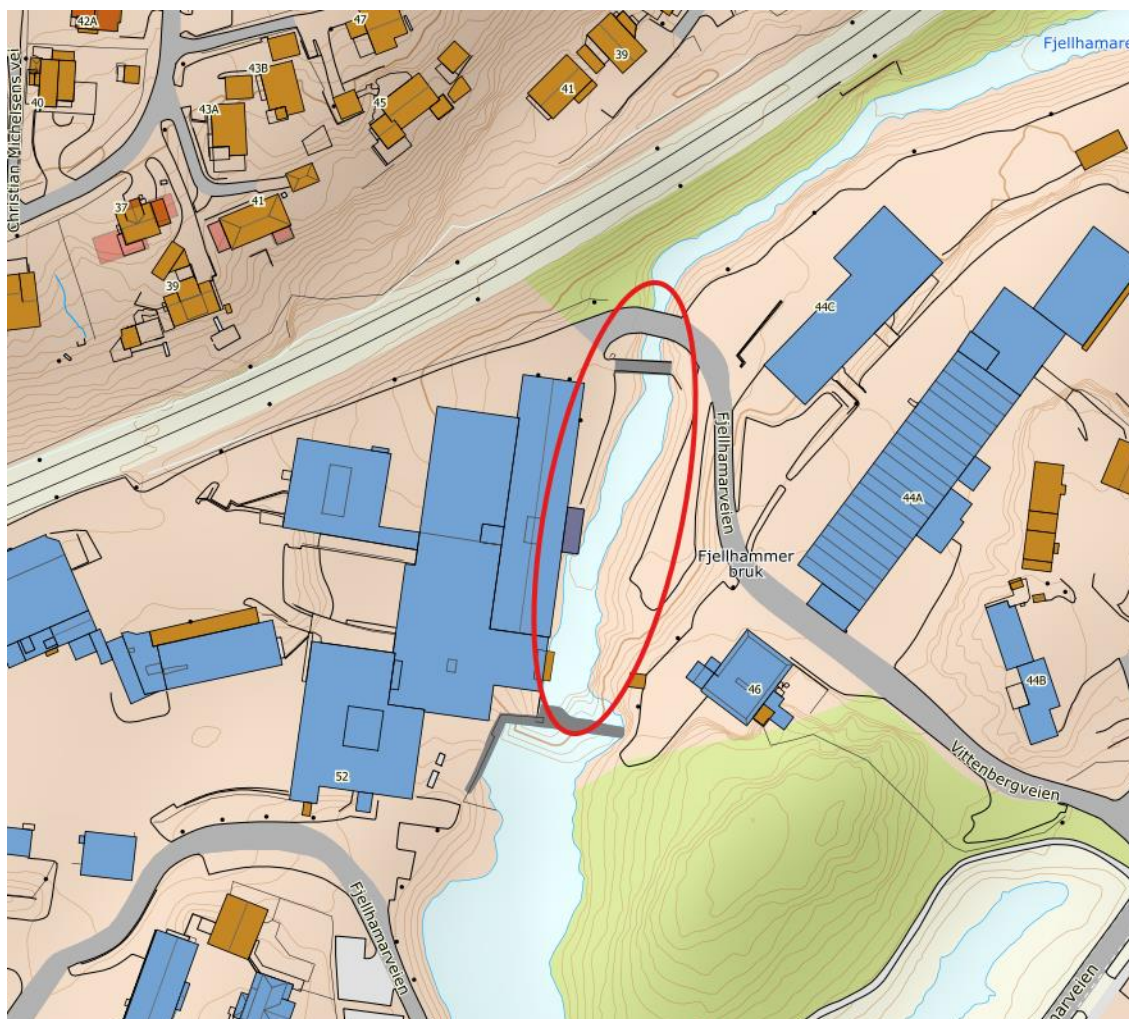


Til: Solon Eiendom AS
Fra: Erlend Brochmann v/ Norconsult Norge AS
Sted, dato: Hamar, 2025-03-24
Kopi til: Henrik Opaker, Håkon Aksnes

Gjennomgang av tidligere utførte vannlinjeberegninger ved Fjellhamar bruk

1 Bakgrunn og hensikt

I forbindelse med områderegulering ved Fjellhamar er det ønskelig med en oppdatert vurdering av tidligere anslått nivå for 200-årsflom ved Fjellhamar bruk. I 2014 kom man fram til et nivå for 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag på kt. 149,7 m.o.h i det aktuelle området (vist i Figur 1). Hensikten med dette notatet er å undersøke om kt. 149,7 m.o.h fremdeles er et brukbart nivå for 200-årsflom på den aktuelle strekningen.



Figur 1 Aktuell strekning av elva

2 Kort oppsummering av tidligere analyser og resultater

NVE gjorde flomberegninger for vassdraget i 2005, og kom fram til en 200-årsflom (momentanverdi, uten klimapåslag) på 43 m³/s ved det aktuelle området ved Fjellhamar.

Norconsult gjorde i 2014 vannstandsregninger i Fjellhamarelva, for 20- og 200-årsflom. Vannstand ved 200-årsflom inkl. sikkerhetsmargin ble beregnet til kt. 149,7 moh. (NN2000). Denne vannstanden ble beregnet i en hydraulisk modell med utgangspunkt i vannføringen fra NVEs flomberegninger fra 2005, oppjustert med et klimapåslag på 20% og tillagt en sikkerhetsmargin på 0,5 m. Vannføringen som ble lagt til grunn var 51,6 m³/s. Den aktuelle strekningen som ble omtalt var fra Fjellhamardammen og ned til buebrua nedstrøms, en strekning på om lag 100 m (Figur 1).

I 2024 ble det gjort vurderinger av hvilke konsekvenser fjerning av et brudekke på en eksisterende gangbru, og etablering av en lav voll/mur ville ha på vannhastigheter og vannstander i elva på den samme strekningen som nevnt i avsnittet over. Det ble i den forbindelse gjort et grovanslag for oppdaterte flomvannføring ved 200-årsflom. Analysen ble gjort ved sammenligning av flommer beregnet med RFFA-2018 (NVEs formelverk for regional flomfrekvensanalyse) mot verdiene fra NVEs flomberegning fra 2005. I studien ble det funnet at 200-årsflommen beregnet av NVE i 2005 lå ca. 20 % lavere enn verdiene fra RFFA-2018, og de høyeste verdiene (fra RFFA-2018) ble da lagt til grunn. Det ble satt opp en ny hydraulisk modell for strekningen. Vannstandene ved simulering av en antatt 200-årsflom uten klimapåslag i området ble på like i underkant av 148,5 moh. (ved vannføring 52,1 m³/s), som inkludert det samme fribordet som benyttet i 2014 gir en resulterende vannstand på ca. 149,0 moh.

Til sammenligning kom en fram til en 1000-årsflom på 61 m³/s ved Fjellhamardammen i forbindelse med et annet oppdrag i vassdraget av nyere dato (noen ganger er oppdrag og resultater knyttet til hydrologiske og/eller hydrauliske vurderinger i vassdrag av ulike årsaker informasjon som oppdragsgivere og/eller myndighetene ikke anser som åpen informasjon, derfor noe sparsom kildehenvisning her). Om vi bruker frekvensfaktoren $Q_{200}/Q_{1000} \approx 0,83$ fra RFFA-2018, gir dette et estimat for 200-årsflom på 50,4 m³/s, som inkludert klimapåslag på 20% gir en 200-årsflom på 60,5 m³/s.

Klimaprofilen for Oslo og Akershus anbefaler 20% klimapåslag for Sagelva/Fjellhamar. Det samme klimapåslaget ble lagt til grunn i 2014 er altså fremdeles gyldig.

3 Kommentarer til NVEs flomvannføringer fra 2005

I NVEs beregning fra 2005 (*Flomberegning for Fjellhamarelva/Sagelva*, rapport nr. 4/2005) ble det blant annet utført flomfrekvensanalyse på 5 stasjoner (*Høgfoss, Gryta, Bjørnegårdssvingen, Sæternbekken og Kråkfoss*). Vi har utført frekvensanalyse ved de samme stasjonene, men med periode fram t.o.m. 2024. Frekvensplott er vist i Figur 2. Resultater fra NVEs frekvensanalyse er vist i Tabell 1, mens oppdaterte resultater er vist i Tabell 2. Frekvensanalysene viser en gjennomsnittlig økning i middelflom siden 2005 på ca. 9 % (fra ca. 190 l/s/km² til ca. 207 l/s/km²). Videre gir også den oppdaterte frekvensanalysen en økning i den gjennomsnittlige frekvensfaktoren Q_{200}/Q_m fra 2,37 til 2,45 (en økning på ca. 3 %). Samlet gir dette et estimat for økning av 200-årsflommen på ca. 13%.

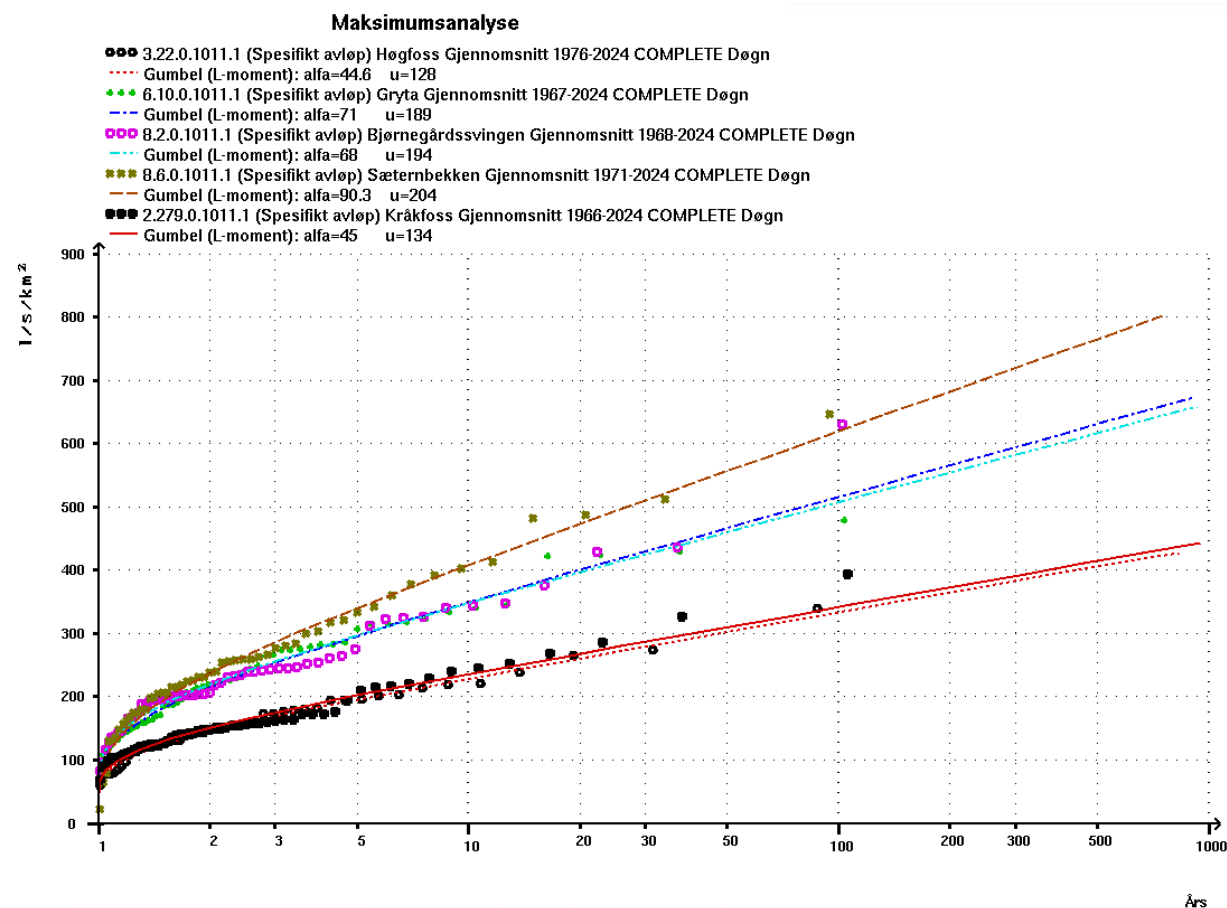
Tabell 1 NVEs flomfrekvensanalyse fra 2005 (Langvann regresjonsligning inngikk ikke i middelverdien som NVE benyttet i beregningen fra 2005, men er tatt med til orientering da den inngikk i NVEs resultattabell).

Stasjon	Periode (år)	Ant. (år)	Areal (km ²)	Q _M (l/s/km ²)	Q ₅ /Q _M	Q ₁₀ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₅₀₀ /Q _M
3.22.0 Høgfoss	1976-2003	27	301	120	1.25	1.45	1.65	1.9	2.09	2.29	2.54
6.10.0 Gryta	1967-2002	35	6.96	206	1.32	1.55	1.77	2.04	2.23	2.42	2.65
8.2.0 Bjørnegårdssvingen	1968-2002	34	190	222	1.27	1.49	1.69	1.96	2.16	2.36	2.63
8.6.0 Sæternbekken	1971-2002	28	6.33	252	1.29	1.53	1.76	2.06	2.28	2.5	2.79
2.279.0 Kråkfoss	1966-2003	37	433	148	1.25	1.46	1.66	1.92	2.11	2.3	2.55
- Langvann-regresjon (NVE 2005)	1977-2002	26	38.6	113	1.33	1.65	1.96	2.39	2.73	3.08	3.56
- Sagelvvassdraget (middel)				190	1.28	1.5	1.71	1.98	2.18	2.37	2.63

Tabell 2 Oppdatert flomfrekvensanalyse, de samme stasjonene som NVE benyttet i 2005 forlenget til d.d.

Stasjon	Periode (år)	Ant. (år)	Areal (km ²)	Q _M (l/s/km ²)	Q ₅ /Q _M	Q ₁₀ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₅₀₀ /Q _M	Q ₁₀₀₀ /Q _M
3.22.0 Høgfoss	1976-2024	48	301	154	0.94	1.11	1.26	1.46	1.61	1.76	1.96	2.11
6.10.0 Gryta	1967-2024	57	6.96	230	1.43	1.69	1.93	2.25	2.49	2.73	3.05	3.29
8.2.0 Bjørnegårdssvingen	1968-2024	56	190	234	1.43	1.68	1.92	2.22	2.45	2.68	2.98	3.21
8.6.0 Sæternbekken	1971-2024	53	6.33	256	1.64	1.97	2.28	2.69	2.99	3.30	3.70	4.00
2.279.0 Kråkfoss	1966-2024	58	433	160	0.98	1.14	1.30	1.50	1.65	1.80	2.00	2.15
- Middel				207	1.28	1.52	1.74	2.02	2.24	2.45	2.74	2.95

NVE benyttet dog ikke den spesifikke middelflommen og 200-årsflommen direkte i sine resultater fra 2005, men kombinerte to mindre felt, og summerte og arealskalerte disse. Dette gjorde at de kom fra til et litt lavere estimat for middelflom og 200-årsflom i sine resultater enn frekvensanalysene deres viste. Basert på NVE sin frekvensanalyse direkte, ville resultatene deres ha blitt en 200-årsflom (Q₂₀₀) på 54,3 m³/s (momentanverdi, med momentanfaktor på 1,25, slik som forutsatt av NVE). Dette tilsvarer en spesifikk døgnmiddelverdi på ca. 449 l/s/km². Resultatene NVE presenterte for momentan 200-årsflom ved Fjellhamar bru var 43 m³/s (som tilsvarer en spesifikk døgnmiddelflom på 356 l/s/km²). Verdien NVE la til grunn i sin beregning av 200-årsflom ved Fjellhamar bru i 2005, utgjør slik sett om lag 79 % av snittverdien fra deres frekvensanalyser. For ordens skyld nevnes det at avvikene er større ved middelflom, men disse er ikke sammenlignbare da NVE la til grunn demping av mindre flommer på grunn av reguleringer i vassdraget, mens for 200-årsflom ble det av NVE forutsatt liten/ingen demping.



Figur 2 Samplott, flomfrekvensanalyse ved utvalgte målestasjoner

4 Estimerer for 200-årsflom

Gjennomgangen over er ikke en fullverdig flomberegning, men gir en pekepinn på at det ikke er urimelig å legge til grunn noe høyere flommer i dag enn man gjorde i 2005. Økningen i middelflom er en tydelig indikasjon på dette (middelflommen er i dag større ved samtlige stasjoner som inngikk i frekvensanalysen til NVE fra 2005).

I tabellen nedenfor (Tabell 3) er det listet opp ulike anslag for 200-årsflom, basert på ulike kilder. Ved omregning av spesifikke flomstørrelser er det benyttet et nedbørfelt på 96,7 km², som er feltstørrelsen til et beregningspunkt ved damkonstruksjonen i Fjellhamardammen.

Tabell 3 200-årsflommer basert på ulike kilder

Kilde:	Spes. døgnmiddelflom	Momentan- faktor	Flomverdi u/klima	Flomverdi m/klima
	q_{200} (l/s/km ²)	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$	Q_{200} (m ³ /s)	$Q_{200} + 20\% \text{ klima}$ (m ³ /s)
NVE flomberegning 2005	356	1.25	43	51.6
Benyttet i 2014 vannlinjeberegning	356	1.25	43	51.6
Basert på NVEs frekvensanalyser fra 2005 direkte	449	1.25	54.3	65.2
Baser på oppdatert frekvensanalyse til d.d. (GUMBEL)*	507	1.25	61.3	73.6
RFFA-2018	466	1.16	52.2	62.7
NVEs nedre erfaringstall for 1000-årsflom, skalert til 200-årsflom, normalområde**	415	-	-	-
NVEs øvre erfaringstall for 1000-årsflom, skalert til 200-årsflom, normalområde**	830	-	-	-

* Den samme momentanfaktoren som NVE benyttet i 2005 er lagt til grunn for beregning av momentanflom

** Benyttet $Q_{200}/Q_{1000} \approx 0.83$, verdien er den samme i både frekvensanalyser og RFFA-2018

Oppsummering flomestimat 200-årsflom inkl. klimapåslag:

- Økning av flomverdien fra 2005 med 13%, som omtalt i avsnitt 3, gir ca. 58 m³/s
- Om lag 80% av verdien fra den oppdaterte flomfrekvensanalysen gir ca. 59 m³/s
- RFFA-2018 gir ca. 63 m³/s
- Flomestimat fra et annet oppdrag av nyere dato i vassdraget ble ca. 61 m³/s

Alle disse flomverdiene ligger innenfor normalområdet til erfaringstallene til NVE for middels store nedbørfelt på Østlandet. For videre undersøkelser av vannstanden rundt vi litt opp, og benytter **65 m³/s** som et estimat for 200-årsflom inkl. klimapåslag. Dette innebærer en økning på om lag 25% siden beregningen i 2014.

5 Kontrollsimuleringer med økte vannføringer

For å kontrollere hvilke vannstander vi får i det aktuelle området (Figur 1), ble det utført simuleringer i modellen som ble satt opp i 2024 (i forbindelse med undersøkelsene av konsekvenser ved fjerning av gangbrua). Det har vært en vesentlig utvikling av både simuleringsprogram og tilgang på underlag/terrengdata siden modellen fra 2014 ble satt opp, og den oppdaterte modellen forventes derfor å gi de beste resultatene. For informasjon om modellen som er benyttet henvises det til notat *Kontroll av vannstander ved fjerning av bru*, rev. J01 utarbeidet av Norconsult og datert 2024-09-29. Det er knyttet noen kommentarer og forklaringer til avvik og forskjeller i de to modellene i avsnitt 7.

I den hydrauliske modellen er det utført simuleringer med vannføringer på 65 m³/s og 104 m³/s. 65 m³/s er benyttet som et anslag for 200-årsflom, mens 104 m³/s representerer 60% økning av 200-årsflommen. Sistnevnte er ikke av direkte interesse med tanke på vannstander, men benyttes som et underlag for å si noe om fribord/sikkerhetsmargin. 60% økning av vannføringen for å bestemme sikkerhetspåslag, er det mest konservative påslaget iht. NVEs veileder nr. 3/2022 *Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i*

reguleringsplan og byggesak. En så høy vannføring «drukner» dog det «kritiske» snittet i modellen nedstrøms det aktuelle området, slik at er noe usikkerhet knyttet til det simulerte nivået for fribord/sikkerhetsmargin.

Ved simulering av 200-årsflom på 65 m³/s får vi en maksimal vannstand i det aktuelle området på 148,76-148,82 moh. 60% økning i vannføringen viser en maksimal vannstand på 149,61-149,67 moh. Spennet på 6 cm i maksimale vannstander er resultat av variasjon i Manningstall (n) fra 0,04 til 0,05 i den hydrauliske modellen fra 2024. I modellen fra 2014 ble det benyttet n=0,04 i dypløp i elva og n=0,05 langs breddene. Variasjonen fra 0,04 til 0,05 tilsvarer 25% økning i ruhet, og vannstandsendringen vi får i 2D-modellen på 6 cm indikerer at resultatene ikke er spesielt sensitive for endringer i ruheten.

Vi får med dette en vannstand ved 200-årsflom, på tross av økt vannføring, som ligger ca. 39-45 cm lavere enn verdien man kom fra til i 2014. Simuleringen med 60% økning i vannføringen antyder et noe høyere fribord/sikkerhetspåslag enn lagt til grunn i 2014. Vannstand inkludert fribord/sikkerhetsmargin i oppdatert beregning ligger nå samlet sett ca. 3-9 cm lavere enn verdien man kom fra til i 2014.

6 Konklusjon

Det vurderes med bakgrunn gjennomgangen og beregningene i forutgående avsnitt, at verdien man kom fram til i 2014 på 149,7 m.o.h for nivå ved 200-årsflom inkl. klima og usikkerhetspåslag fremdeles er et brukbart estimat.

En oppdatert og forventet mer presis hydraulisk modell gir noe lavere vannstand, på tross av et oppjustert estimat for flomvannføring ved 200-årsflom i vassdraget. Ny metodikk for fastsetting av fribord/sikkerhetsmargin antyder et noe økt fribord/sikkerhetsmargin, slik at resulterende vannstand inkl. sikkerhetsmargin i praksis er tilnærmet den samme som man kom fra til i 2014.

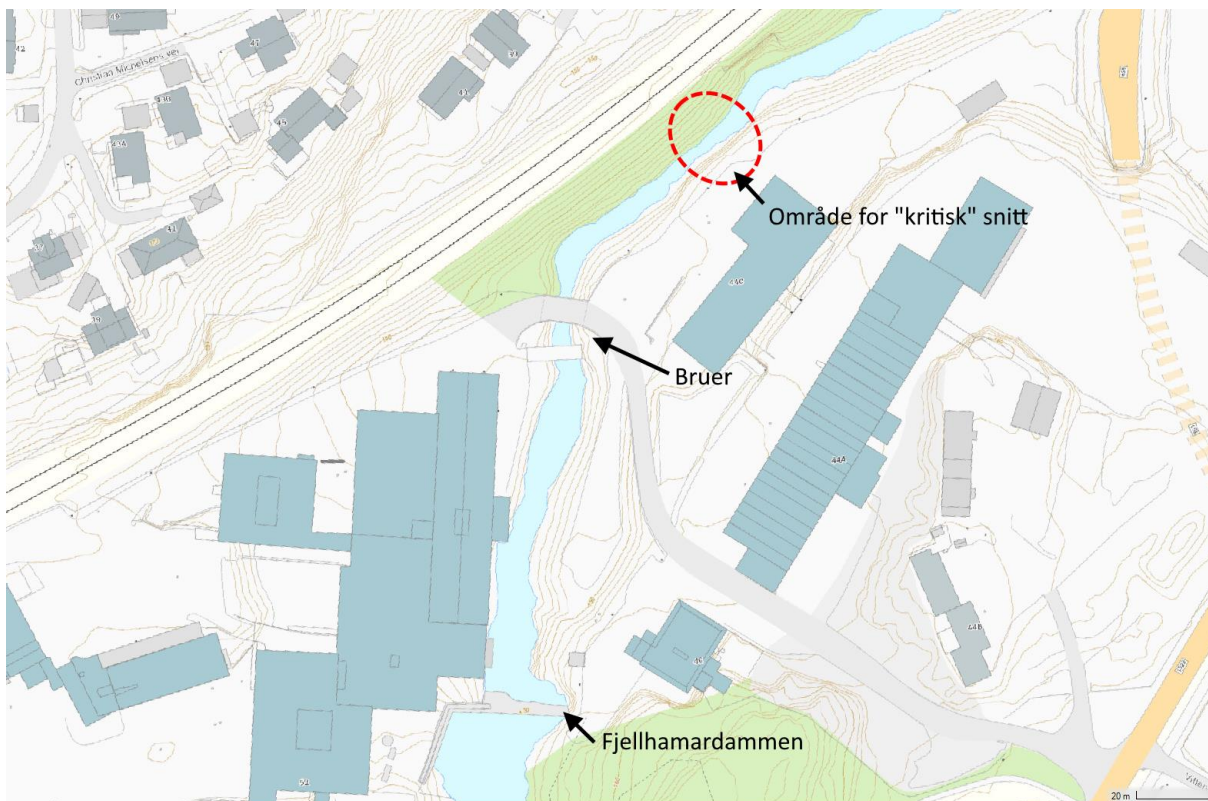
7 Kommentarer

Årsaken til at vi her kommer frem til en lavere vannstand ved høyere vannføring sammenlignet med resultater fra 2014 skyldes hvordan de to modellene er bygget opp. 1D-modellen fra 2014 ble basert på enkelte oppmålte tverrprofiler, og deretter interpolert til en sammenhengende modell. Modellen fra 2024 er en 2D-modell basert på en laserscannet terrengmodell for terreng over vannivået på scanningstidspunktet, og elvas bunn er lagt inn basert på oppmålingene fra 2014. 2D-modellen forventes slik sett å fange opp både det reelle terrenget og strømningsmønstre bedre enn 1D-modellen.

Vi ser at det fra bruene (vist i Figur 3) og om lag 60 m nedstrøms er «underkritisk» strøm i modellen, mens det i området ca. 60 m nedstrøms bruene er «kritisk» strøm ved simulering av antatt 200-årsflom. Plasseringen av det «kritiske» snittet opptrer på litt forskjellige steder i 1D- og 2D-modellen. Videre gir de interpolerte snittene i 1D-modellen fra 2014 på strekningen oppstrøms det kritiske snittet/området, en smalere geometri enn terrengmodellen/laserscanningen viser. Begge disse effektene gav et økt falltap og høyere vannstand oppstrøms i 1D-modellen enn i 2D-modellen. Ved bruene, som begge overtoppes både i 1D- og 2D-modellen, er trolig også 2D-modellen bedre egnet til å vurdere vannstandene, da vannet flyter over på terrenget på begge sider av bruene.

Som nevnt er det større usikkerhet knyttet til simuleringen med 60% økning i vannføringen for å bestemme fribord/sikkerhetspåslag. Det «kritiske snittet» i 2D-modellen, om lag 60 m nedstrøms bruene (Figur 3), druknes ved så stor vannføring og vi får underkritisk strøm i hele modellen. Resultatene vil derfor være påvirket av nedstrøms grensebetingelse. Sikkerhetspåslaget/fribordet som fremkommer i modellen ved 60% økning av antatt vannføring ved 200-årsflom, er på ca. 85 cm. Dette er litt høyere enn man kom fram til i

2014 (50 cm ble da lagt til grunn). Normale sikkerhetspåslag ligger i de fleste tilfeller mellom 10 cm og 100 cm, gjerne rundt 50 cm. 85 cm er slik sett høyt, men allikevel innenfor «normalområdet».



Figur 3 Kartutsnitt med beliggenhet av bruer og kritisk snitt i den hydrauliske modellen