

Vedlegg 1

Hydrauliske beregninger

Rapport

1.	Bakgrunn og fremgangsmåte	1
2.	Hydrauliske beregninger	2
2.1	HYDRO_AS-2D	2
2.2	Modelloppsett	2
2.3	Resultater nåtilstand	6
2.4	Resultater planlagt tilstand	8
3.	Sammendrag	10

1. Bakgrunn og fremgangsmåte

Bismo ble den 14. og 15. oktober 2018 hardt rammet av flom i Ottaelva. Næringsbygg og boliger på bredden av elva ble oversvømt. For å forhindre oversvømmelser i Bismo i fremtiden skal det i dette flomsikringskonseptet etter oppdrag fra NVE prosjekteres tiltak langs Ottaelva. Art og omfang av tiltakene skal beskrives i det flomsikringskonseptet som legges fram her.

I vedlegg 1 gis det en nærmere redegjørelse for de hydrauliske beregningene som er blitt gjennomført med følgende målsetting:

- Flomfaren i nåtilstand skal beregnes og dokumenteres.
- De planlagte flomsikringstiltak skal dimensjoneres og effekten av dem synliggjøres.

De hydrauliske beregningene skjer med en todimensjonal hydraulisk modell.

Først settes det opp en hydraulisk modell basert på aktuelle måledata og oversvømte områder beregnes i nåtilstanden. Beregningene gjennomføres for en hendelse med returperiode $T = 200$ år og tillegges 20 % klimapåslag (se også hovedrapportens kapittel 3.3). Vannføringen ved flom $Q_{200} + \text{klima}$ er beregnet til $1059 \text{ m}^3/\text{s}$. Basert på eksisterende observasjonsrekke er en 1000-års flom beregnet til ca. $1050 \text{ m}^3/\text{s}$. Det tilsvarer omtrent en $Q_{200} + 20\%$ klimapåslag.

Beregnet flomfare i nåtilstand danner grunnlaget for å planlegge art og omfang av nødvendige tiltak.

De hydrauliske beregningene viser at Ottaelvas kapasitet ved dimensjonerende flom blir overskredet. De planlagte tiltakene skal forhindre at elva går over sine bredder. Effekten av tiltakene skal så i neste omgang påvises ved at de implementeres i den hydrauliske modellen og det beregnes vannstander for planlagt tilstand.

2. Hydrauliske beregninger

2.1 HYDRO_AS-2D

For beregning av vannstander gjøres det bruk av beregningsprogrammet HYDRO_AS-2D. I den 2-dimensjonale, numeriske beregningen kan strømningsforholdene og oversvømmingsprosessene beregnes mer nøyaktig enn med en 1-dimensjonal beregning. Det er ikke nødvendig med separat beregning av elveløpet og flomslettene. Det tas implisitt hensyn til de komplekse strømningsinteraksjonene mellom elveløp og flomsletter, og likeledes muligheten for tilbakestuvning og andre (2-dimensjonale) strømmingseffekter (Nujic¹; 1998).

For å gjennomføre den numeriske simuleringen må hele området deles opp i mindre elementer. Alt etter hvilket regneskjema som benyttes, kan det deles opp i trekantete eller firkantede elementer eller en kombinasjon av disse. Den fremgangsmåten som er brukt her, benytter et beregningsnett med en kombinasjon av de to typene elementer. Bruken av et kombinert nett gjør det bl.a. lettere å tilpasse seg til de topografiske og hydrodynamiske forhold i den aktuelle oppgaven. Slik kan en relativt nøyaktig fastlegge områder med rennende vann, flomvoller og veier, noe som er av avgjørende betydning når strømningsprosessen skal modelleres.

Det er en strekning på ca. 5 km av Ottaelva ved Bismo som inngår i modelleringen.

2.2 Modelloppsett

Den hydrauliske modellen av nåtilstand utgjøres av én modell av elveløpet og én av flomslettene. Disse baserer seg på ulike datagrunnlag. Det området av elva (selve elveløpet) som har avgjørende betydning for simuleringen, genereres manuelt på grunnlag av tverrprofiler tatt opp av Hydrateam den 14. og 15.04.2019. I dette tilfellet ble det målt opp 18 tverrprofiler av Ottaelva. Tverrprofilene har en gjennomsnittlig bredde på ca. 30 m og omfatter bare elvebunnen ved middelvannføring. De tilstøtende grunne områdene og elveskråningene har også stor innvirkning på strømningsbildet. Derfor blir høydene her beregnet og tverrprofilene utvidet til å dekke også dette området. Estimeringen av høyder i vann skjer ved en sammenligning mellom oppmålingsdata og høyder fra laserdata fra 2013. Også terrenghøyder på områder utenfor de oversvømte områdene, slik som øvre kant av skråningene, øyer, samt større sand- og grusbanker blir tatt hensyn til på grunnlag av rasterdata. Beliggenheten av områdene som skal utvides samt hele elveløpet beregnes på

Nujic, M. (1998) Praktischer Einsatz eines hochgenauen Verfahrens für die beregning fra tiefengemittelten Strömungen (Praktisk bruk av en ekstremt nøyaktig metode til beregning av dybdemidlede strømninger), Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, nr. 62.

grunnlag av flydata og offentlig tilgjengelige flyfoto (f.eks. www.norgeskart.no). Sør for Bismo og i høyre elveløp oppstrøms Bismo ble det ikke tatt opp noen tverrprofiler. Derfor genereres det flere tverrprofiler ved interpolering av høyder. Basert på de redigerte tverrprofilene settes elveløpsmodellen opp med elvenettgeneratoren. Elveløpet i Otta består av elementer med bredde på gjennomsnittlig ca. 3 m og lengde ca. 9 m. Bunnen mellom de oppmålte profilene blir interpolert.

Nedstrøms Bismo foreligger det ingen oppmålingsdata. Derfor settes modellen av Ottaelva først opp på grunnlag av rasterdata. Deretter justeres bunnhøydene i dette området på grunnlag av de to oppmålte bunnområdene oppstrøms Ofossen. Ved modelleringen av elveløpet differensieres det mellom elvebunn ved middelvannføring, grunnvannsområder og elveskråninger.



Figur 2.1: Oppmålte tverrprofiler (grønt) og utvidelse av profilene (rødt)

Strømningsbildet i Ottaelva påvirkes i betydelig grad av konstruksjonene langs elva. Ved Skamsar bru oppstrøms Bismo og brua oppstrøms Ofossen foreligger det oppmålte data for bruenes underkanter, og disse defineres i den hydrauliske modellen.

Den hydrauliske flomslettemodellen er i sin struktur i stor grad basert på laserdata fra 2013. I det enkleste tilfellet ville hvert punkt i det oppmålte rasteret tilsvare en knute i beregningsnett. For å kunne definere knekkpunkter i terrenget og redusere det samlede antall beregningslementer, blir først rådataene omdannet til et regelmessig raster med avstand 1 m og deretter tynnet ut. I elveløpet, spesielt i områder med stor hydrauliske betydning, er beregningsnett mer tettmasket enn i ubebygde områder lenger unna elva. Knekkpunkter uten angitt høyde er gater/veier, sykkelstier, omrisset av vann/tjern,

elver/bekker samt bygninger med sidebygninger større enn 10 m². Dessuten brukes de foreliggende oppmålingsdata i terrenget punktvis eller som knekkpunkter med høydeinformasjon.

Oppmålingspunktet ved Industrivegen ligger mer enn 1 m over terrenget. Det er rimelig å anta at det her er overkanten av gjerdet som er blitt oppmålt (jf. Figur 2.2). Gjerdet er på grunn av sin beskaffenhet som vist i Figur 2.2, ikke flomrelevant og tas derfor heller ikke hensyn til i den hydrauliske modellen.

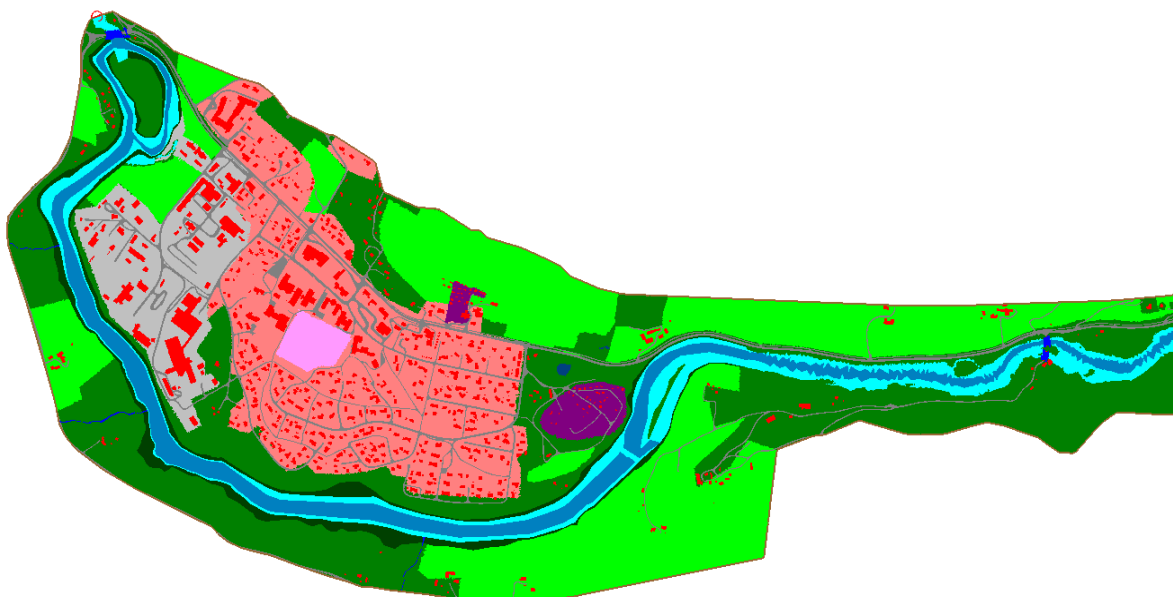


Figur 2.2: Oppmålingspunkt ved Industrivegen

For den todimensjonale hydrauliske beregningen tilstrebes et beregningsnett som er mest mulig realistisk tilpasset til de topografiske forholdene i undersøkelsesområdet. Nettet som til slutt benyttes for det undersøkte området består av ca. 170 000 knuter og ca. 320 000 elementer. Det omfatter et areal på ca. 3,2 ha.

Etter oppsetting av beregningsnettet bestemmes ruheten for de enkelte nettelementer iht. arealbruken. Disse får tildelt erfaringsbaserte ruhetskoeffisienter etter Manning-Strickler; koeffisientene er basert på erfaring. En nøyaktig oversikt over omfanget av den hydrauliske modellen og de brukte ruhetene er vist i Figur 2.3. Ruhetskoeffisienter for de benyttede marktypene er oppført i Tabell 2.1.

Ved den hydrauliske modellens østre kant defineres en utløpsgrensebetingelse på 8 promille tilsvarende vannlinjens helningen. Tilløpet som benyttes til simuleringen defineres oppstrøms Skamsar bru.



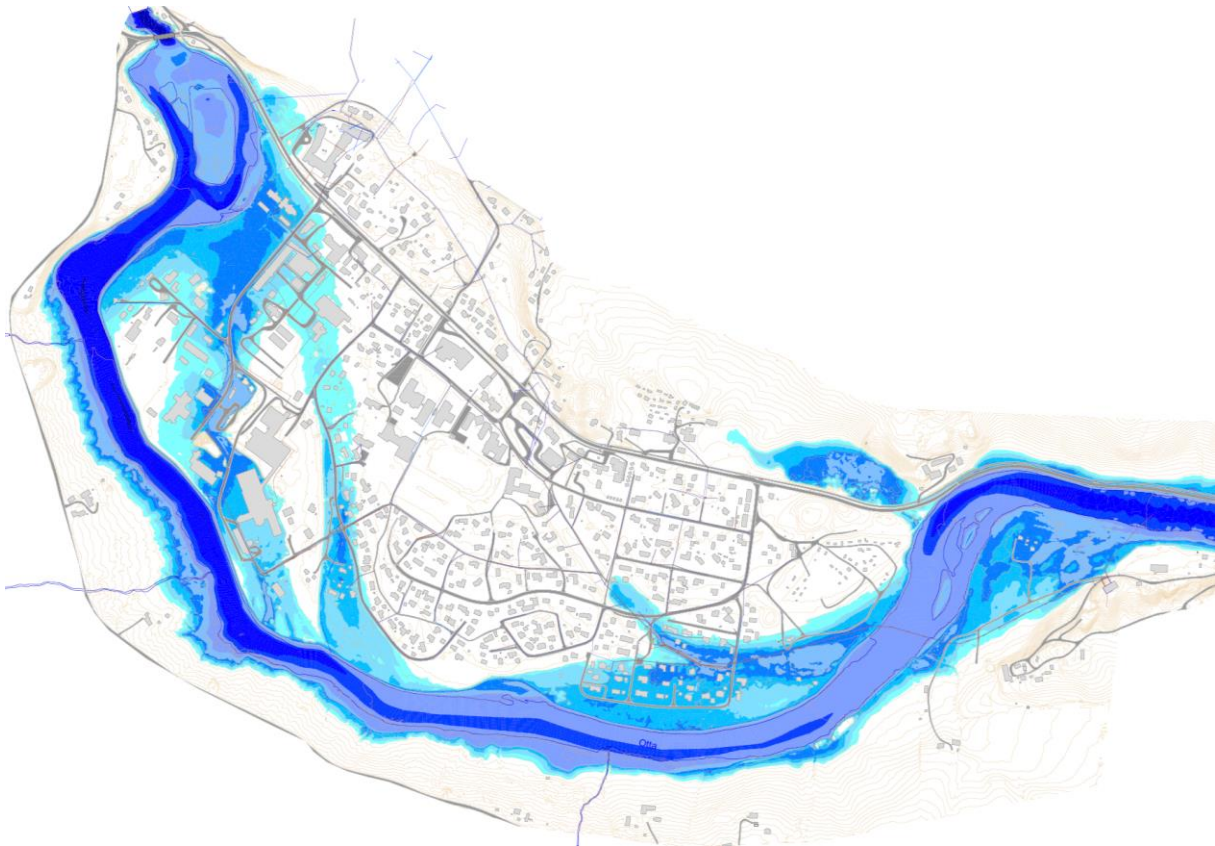
Figur 2.3: Arealbruk og randbetingelser

Tabell 2.1: Tilordning av ruhetskoeffisienten k_{st} til arealbruken

Arealbruk	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	Farge
Skog	10	
Ottaelva	30	
Ekstensivt_nyttet_skogsareal	18	
Areal med pukk/singel	26	
Blandet arealbruk boligareal	15	
Næringsområde	12	
Idrettsplass	16	
Campingplass	16	
Tjern	30	
Vei_arealer med fast_dekke	40	
Elver	28	
Elveskråning	16	
Ottaelva_bunn	28	
Gruntvannsområde_Ottaelva	30	

2.3 Resultater nåtilstand

Den hydrauliske beregningen av nåtilstand gjennomføres med flom Q200 inklusive 20 % klimapåslag ($Q_{200} + \text{klima} = 1059 \text{ m}^3/s$). Det hydrologiske grunnlaget er beskrevet i hovedrapportens kapittel 3.3. Beregningen utføres stasjonært med konstant tilløp. Det kan derfor ikke trekkes noen konklusjoner angående retensjonsvolum og flomforløp. Maksimal oversvømte arealer fremgår av Figur 2.4:



Figur 2.4: Oversvømmelse i nåtilstand

Resultatet viser at Bismo rammes av omfattende oversvømmelser ved en Q200 inklusive 20 % klimapåslag. I nordvest er det et lengre avsnitt av elvebredden som oversvømmes og utgjør en trussel mot næringsområdet bakenfor. Vannet følger terrenget gjennom stedet. Sør i Bismo går Ottaelva over bredden på en lengre strekning og forårsaker oversvømmelse av store arealer i laveliggende bebygde områder.

2.4 Resultater planlagt tilstand

På grunnlag av modellen for nåtilstand implementeres forskjellige planlagte tiltak i den hydrauliske 2D-modellen.

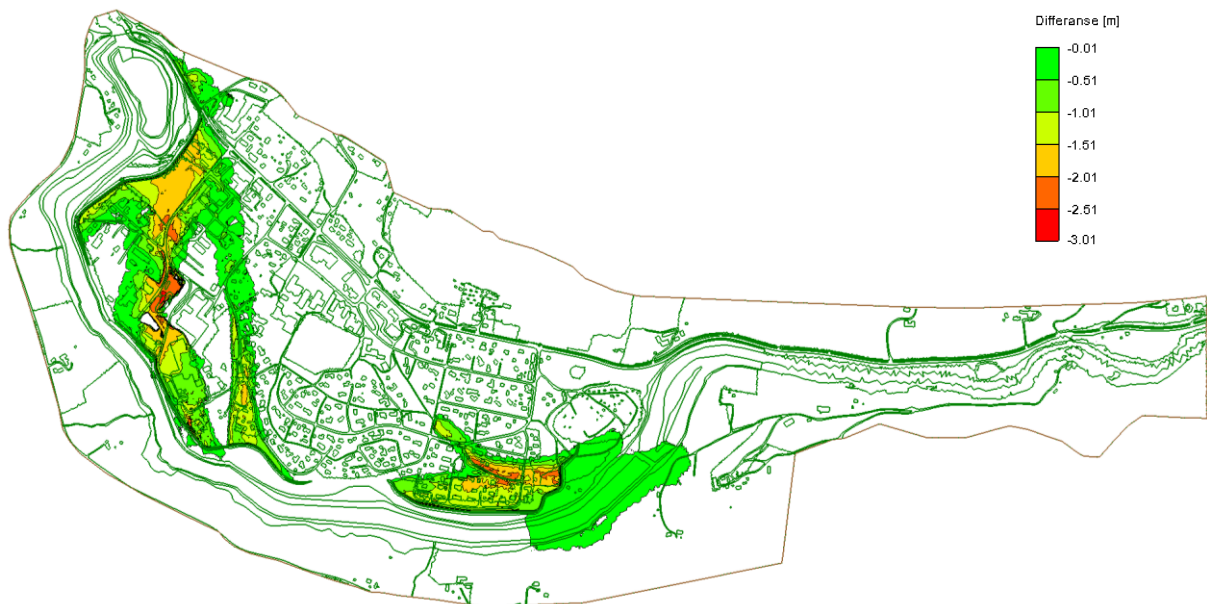


Figur 2.5: Oversvømte områder i planlagt tilstand

På venstre bredd av Ottaelva modelleres det først en flomvoll på hele elvebreddens lengde. For å bestemme hvilken vannstand som fremkommer med de planlagte tiltakene, modelleres flomvollen som ikke gjennomstrømbar. Det innebærer at flomvann ikke renner inn i tettstedet, men holder seg i vassdraget.

På grunnlag av vannstanden beregnet ved denne hydrauliske beregningen er det nå mulig å prosjektere flomsikringstiltakene langs Ottaelva. Ved neste simulering implementeres flomsikringstiltakene i modellen og det gjennomføres en ny beregning (Figur 2.5).

Flomsikringstiltakene har ingen innvirkning på vannstanden ovenfor eller nedenfor tiltakene. Innenfor tiltaksområdet blir vannstanden ved en 200-års flom inkl. 20% klimapåslag påvirket. Figur 2.6 viser områdene med en senkning av vannstanden sammenlignet med nåværende tilstand. I figur 2.7 blir områdene med høyere flomvannstand sammenlignet med nåværende tilstand vist. På motsatt side av flomsikringstiltakene stiger vannstanden med opptil 20 cm, men det fører ikke til oversvømmelse eller større fare for bebyggelsen på denne siden av Ottaelva.



Figur 2.6: Vannstandssenknninger i planlagt tilstand



Figur 2.7: Vannstandsstigninger i planlagt tilstand

Flomsikringstiltakene fører ikke til noen nevneverdig forandring av skjærspenningen på elvebunnen eller i skråningene på høyre side av Ottaelva. Derfor forventes det ikke at hverken erosjon, massetransport eller masseavlagring forandres som følge av tiltakene.

En detaljert beskrivelse av de planlagte tiltakene er å finne i hovedrapportens kapittel 4.

3. Sammendrag

I oktober 2018 førte flom i Ottaelva til oversvømmelser i Bismo. Bebygde områder på elvebredden ble oversvømt og det oppstod store materielle skader.

For å unngå fremtidige oversvømmelser skal det prosjekteres effektive flomsikringstiltak for Bismo. Grunnlaget for dette er en hydraulisk modell av nåtilstand basert på aktuelle laserdata og oppmålingsdata. Med Hydro_as-2d beregnes vannstander og oversvømt område for en Q200+klime i Ottaelva. På dette grunnlaget kan det iverksettes målrettede tiltak for å unngå oversvømmelser.

De planlagte flomsikringstiltakene i form av flomvoller og en flomsikringsvegg vil sikre bebygde områder mot flom. Det blir påvist ved at tiltakene settes inn i den hydrauliske modellen og det blir gjennomført hydrauliske beregninger for planlagt tilstand.