

Lillehammer kommune

Vannstandsberregninger Åretta

1D beregninger

Kontroll av kapasitet ved kryssinger



Oppdragsnr.: 5170818 Dokumentnr.: N-08 Versjon: C02
2018-08-02

Oppdragsgiver: Lillehammer kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Anders Breili
Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Steinar Myrabø
Fagansvarlig: Erlend Brochmann
Andre nøkkelpersoner: Henrik Opaker (fagkontroll)

C02	2018-08-02	For gjennomgang hos oppdragsgiver	ErBro	HeOpa	StMyr
A01	2018-05-23	For intern gjennomgang	ErBro	HeOpa	StMyr
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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

I forbindelse med utarbeidelse av en helhetlig tiltaksplan for elva Åretta i Lillehammer kommune er det utført oppdaterte hydrauliske 1D-beregninger for en del av vassdraget. Beregningene er basert på tidligere utførte beregninger av Rambøll i 2016. Rambøll sin HEC-RAS modell er benyttet for de hydrauliske simuleringene, men det er benyttet nye vannføringer som Norconsult har beregnet i 2018. Vassdragsstrekningen ligger mellom Røysliven og Høstmælingsvegen.

Vassdragsstrekningen er simulert for en 200-årsflom inkl. klimatillegg på 40 % for å vurdere konsekvenser og kapasitet for bruer og kulverter i vassdraget. Resultatene skal benyttes i forbindelse med valg og prioritering av tiltak for flomsikring av elva.

Beregningene viser at bruene ved Dampsagvegen og kulverten under Høstmælingsveien ikke har kapasitet til å ta unna 200-årsflom inkl. 40 % klimatillegg. Brua/kulverten ved Hamarvegen forventes å få betydelig oppstuvning, lite gjenværende fribord til veggen, og være spesielt utsatt ved massetransport og/eller tilstopping av brua/kulverten. Kulvertene ved Fredrik Collets veg har totalt sett kapasitet til å ta unna flommen, men en stor andel av vannet vil renne i gangkulverten.

Innhold

1	Bakgrunn og hensikt	5
2	Metode og grunnlagsdata	6
2.1	Beskrivelse av analysestrekningen	6
2.2	Kart, terrenggrunnlag og oppmålingsdata	6
2.3	Flomdata	6
3	Hydraulisk modell	7
3.1	Generelt	7
3.2	Friksjonsforhold	7
3.3	Grensevilkår	7
3.4	Bruer og kulverter i vassdraget	7
4	Beregningsresultater	8
4.1	Generelt	8
4.2	Kulvert under Høstmælingsvegen	8
4.3	Bru ved gangveg, Simen Fougners veg	8
4.4	Bru ved turveg ved tverrløypa	8
4.5	Kulvert under Fredrik Collets veg	8
4.6	Bru/kulvert under Hamarvegen	9
4.7	Gangbru nedstrøms Hamarvegen	9
4.8	Bru ved gangveg oppstrøms Dampsagvegen	9
4.9	Bru ved Dampsagvegen	9
4.10	Bru nedstrøms Dampsagvegen	9
4.11	Trebru ved campingplass	10
4.12	Bru ved utløp til Mjøsa	10
4.13	Oppsummering og sammenstilling	10
4.13.1	Kommentarer	11
5	Sensitivitet og usikkerheter	12
6	Referanser	13
7	Vedlegg	14

1 Bakgrunn og hensikt

Rambøll har i 2015 og 2016 utført hydraulisk modellering og flomanalyser for en vassdragsstrekning i Åretta fra Røyslimoen til kulvertkryssingen ved Høstmælingsvegen, og fra Høstmælingsvegen til utløpet i Mjøsa. Rapportene beskriver dimensjonerende flomvannføringer, beregnet hydraulisk kapasitet for elveløpet og kryssinger i elva.

Norconsult har utarbeidet en ny flomberegning, og det er ønskelig å oppdatere/kontrollere de hydrauliske beregningene utført av Rambøll med nye og høyere flomvannføringer.

Denne rapporten inngår som en del av hovedrapport *Tiltaksplan for Åretta*, og skal danne grunnlag for valg av løsninger og prioritering av eventuelle flomsikringsarbeider i og langs vassdraget.

2 Metode og grunnlagsdata

2.1 Beskrivelse av analysestrekningen

Analysestrekningen dekker et elveavsnitt av Åretta fra like oppstrøms Høstmælingsvegen til utløpet i Mjøsa. Strekningen er om lag 2,5 km lang og har et gjennomsnittlig fall på ca. 10 %.

2.2 Kart, terrenggrunnlag og oppmålingsdata

Tverrsnitt er laget av Rambøll fra oppmålte data i og langs vassdraget. Grunnlaget er beskrevet i detalj i Rambøll sin rapport fra 2016 (vedlagt).

2.3 Flomdata

Rambøll har tidligere utført flomberegninger og har i sine hydrauliske simuleringer benyttet følgende flomvannføringer for en 200-årsflom inkl. 20% klimatillegg nedover i vassdraget:

Tabell 1 - Flomverdier benyttet av Rambøll

Pr. nr. i modell *	Lokalitet	Rambøll Q200+20% (m ³ /s)
2429	Oppstrøms Høstmælingsvegen	30
1509	Fredrik Collets veg	31.5
921	Hamarvegen	33.3
345	JB kulvert	35.2
152	Dampsagvegen	37

* "Pr. nr. i modell" henviser til aktuelt profil i HEC-RAS modellen

Oppdatert flomberegning er utført for vassdraget av Norconsult og presenteres i eget notat/rapport. Notatet med flomberegninger er vedlagt hovedrapporten som denne rapporten inngår i. Etter oppdatering av flomberegningene er følgende data benyttet i simuleringene for kontroll av bruer og kulverter i analyseområdet (vannføringer er økt i øvre del av vassdraget):

Tabell 2 - Oppdaterte flomverdier benyttet for kontroll

Pr. nr. i modell *	Lokalitet	Benyttet Q200+40% (m ³ /s)
2429	Oppstrøms Høstmælingsvegen	34
1509	Fredrik Collets veg	35
921	Hamarvegen	36
345	JB kulvert	37
152	Dampsagvegen	37

* "Pr. nr. i modell" henviser til aktuelt profil i HEC-RAS modellen

3 Hydraulisk modell

3.1 Generelt

Rambøll har utarbeidet en hydraulisk modell for vassdraget ved hjelp av programmet HEC-RAS. Grensevilkår og friksjonsforhold beskrevet nedenfor er hentet fra Rambøll sin modell/rapport.

Modellen er satt opp med en stasjonær 1D beregning basert på oppmålte snitt i vassdraget og oppmåling av bruer og kulverter. I Rambøll sin rapport "Flomanalyser av Åretta fra Høstmælingsveien til utløp i Mjøsa" beskrives modellen i detalj.

3.2 Friksjonsforhold

I den hydrauliske modellen er friksjonskoeffisienter $n=0.035$ benyttet for elveløpet, og $n=0.04$ benyttet for flomsletter/sideterreng utenfor elveløpet. Oppgitte n -verdier er benyttet gjennomgående i alle profilene.

3.3 Grensevilkår

Oppstrøms grenseverdi er satt til normalstrøm med estimert helning på 1 %.

Nedstrøms grensevilkår er satt til vannstand 124,19 m.o.h. i Mjøsa, som tilsvarer vannstanden ved en 10-årsflom i Mjøsa.

3.4 Bruer og kulverter i vassdraget

Det finnes 11 bruer og kulverter i vassdraget som skal kontrolleres. Et oversiktskart og tabell er vist i avsnitt 4.13. Tekst i parentes angir mål på lysåpningen på oppstrøms side av bru/kulvert:

- **Kulvert under Høstmælingsvegen** (Ø 1900 mm korrugert stålrør)
- **Bru ved gangveg, Simen Fougners veg** (høyde ca. 2,3 m, bredde ca. 5,6 m)
- **Bru ved turveg ved tverrløypa** (høyde ca. 3,2 m, bredde ca. 5-8 m)
- **Kulvert under Fredrik Collets veg** (korrugert stål høyde ca. 2,2 m, parallell gangkulvert på høyere nivå med tilsvarende dimensjon)
- **Bru/kulvert under Hamarvegen** (buet innløp høyde 1,75 m, bredde 5,5 m)
- **Gangbru nedstrøms Hamarvegen** (høyde ca. 3,4 m, bredde ca. 6,9 m)
- **Kulvert under jernbanen*** (rektangulær med buet tak, høyde 3 m, bredde 2,75 m)
- **Bru ved gangveg oppstrøms Dampsagvegen** (høyde ca. 1,8 m, bredde ca. 4,3 m)
- **Bru ved Dampsagvegen** (høyde ca. 1,2 m, bredde ca. 4,2 m)
- **Bru nedstrøms Dampsagvegen**, bak gitterport (høyde ca. 1,3 m, bredde ca. 7 m)
- **Trebru ved campingplass** (høyde ca. 2,2 m, bredde ca. 5,8 m)
- **Bru ved utløp til Mjøsa** (høyde ca. 2,2 m, bredde ca. 6,2 m)

* Kulverten under jernbanen er under bygging/omlegging og vurderes ikke i denne rapporten.

4 Beregningsresultater

4.1 Generelt

Beregning med økte vannføringer gir generelt liten vannstandsøkning (mindre enn 10-20 cm) på store deler av elvestrekningen. Elva er forholdsvis bratt og strømmingen er overkritisk de fleste steder. Den økte vannføringen gir en økning i vannhastighet på ca. 0,2 – 0,4 m/s på strekningen.

Oppstrøms enkelte av kryssingene får vi større grad av oppstuvning enn i opprinnelig beregning, som resulterer i økte vannstander et stykke oppstrøms disse. Dette er spesielt gjeldende ved kryssingen ved Hamarvegen og oppstrøms Dampsagveien.

Nedenfor gjennomgås hver enkelt kryssing, og til slutt i avsnittet er det presentert en sammenstilling.

4.2 Kulvert under Høstmælingsvegen

Rambøll sin beregning viser at kulverten ikke har kapasitet til å ta unna en 200-årsflom med 20 % klimatillegg. Beregningen indikerer at kulverten har kapasitet til å ta unna ca. en 10-årsflom.

Beregning med økte vannføringer viser tilsvarende resultat. Kapasiteten til kryssingen antas å ligge et sted mellom en årsflom og en 10-årsflom (som beregnet av Rambøll). Kulverten har betydelig underkapasitet med tanke på en 200-årsflom inkl. 40 % klimatillegg.

4.3 Bru ved gangveg, Simen Fougners veg

Rambøll sin beregning viser at brua har god klaring til vannstanden ved en 200-årsflom inkl. 20 % klimatillegg.

Beregning med økt vannføring for 200-årsflom inkl. 40 % klimatillegg gir en økt vannstand på ca. 10 cm under brua, noe som gir et fribord på ca. 95 cm til underkant bru. Brua forventes ikke å bli berørt og fribord antas å være tilstrekkelig.

4.4 Bru ved turveg ved tverrløypa

Rambøll sin beregning viser at brua har god klaring til vannstanden ved en 200-årsflom inkl. 20 % klimatillegg.

Beregning med økt vannføring for 200-årsflom inkl. 40 % klimatillegg gir en økt vannstand på ca. 15 cm under brua, noe som gir et fribord på ca. 2 m til underkant bru. Brua forventes ikke å bli berørt og fribord antas å være tilstrekkelig.

4.5 Kulvert under Fredrik Collets veg

Rambøll sin beregning viser at vann vil renne i både kulverten for elva og den parallelle gang- og sykkelkulverten ved en 200-årsflom inkl. 20 % klimatillegg. Kulverten for elva antas å ha kapasitet til å ta unna en 10-årsflom før vannet begynner å renne over i gang- og sykkelkulverten. Kulverten(e) gir oppstuvning, men god klaring/fribord til veien kulvertene krysser under.

Beregning med økt vannføring gir tilsvarende resultat. Flommen fordeler seg på de to løpene med ca. 21 m³/s i kulverten for elva og ca. 14 m³/s i gang- og sykkelkulverten. Vannstanden oppstrøms kulvertene øker med ca. 30 cm i beregningen med økt vannføring, og gir et gjenværende fribord til topp veg på ca. 1,5-1,8 m. Overløp fra elva til gang- sykkelveien forventes mellom årsflom og 10-årsflom (som beregnet av Rambøll) p.g.a. oppstuvning oppstrøms kulverten.

4.6 Bru/kulvert under Hamarvegen

Rambøll sin beregning viser at det vil bli betydelig oppstuvning oppstrøms kulverten under Hamarveien, men at veien ikke vil overtoppes ved 200-årsflom med 20 % klimatillegg.

Beregning med økt vannføring gir en tilleggsoppstuvning på ca. 40 cm, og et gjenværende fribord til veien på ca. 20 – 30 cm.

4.7 Gangbru nedstrøms Hamarvegen

Rambøll sin beregning viser at det er god klaring til underkant bru ved 200-årsflom med 20 % klimatillegg, og ingen oppstuvning ved brua.

Beregning med økt vannføring gir tilsvarende resultat. Vannstandsøkning p.g.a. økt vannføring blir ca. 5 cm, som gir et fribord til underkant bru på ca. 2 m.

4.8 Bru ved gangveg oppstrøms Dampsagvegen

Rambøll sin beregning viser at brua vil bli oversvømt ved 200-årsflom inkl. 20 % klimatillegg.

Beregningen med økt vannføring har sammenfallende vannføringer som beregningen til Rambøll i dette området, og gir tilsvarende resultater. Anslått kapasitet til brua ligger mellom en årsflom og en 10-årsflom.

4.9 Bru ved Dampsagvegen

Rambøll sin beregning viser at brua vil bli oversvømt ved 200-årsflom inkl. 20 % klimatillegg. Omtrentlig kapasitet for brua er anslått til en 10-årsflom, men det presiseres at resultatene er usikre, og de hydrauliske forholdene er kompliserte.

Beregningen med økt vannføring har sammenfallende vannføringer som beregningen til Rambøll i dette området, og gir tilsvarende resultater. Anslått kapasitet til brua ligger mellom en årsflom og en 10-årsflom.

4.10 Bru nedstrøms Dampsagvegen

Rambøll sin beregning viser at brua vil bli oversvømt ved 200-årsflom inkl. 20 % klimatillegg.

Beregningen med økt vannføring har sammenfallende vannføring med beregningen til Rambøll i dette området, og gir tilsvarende resultater. I beregningene er det stor hastighet ved innløpet til brua og evt. vannstandssprang vil slå opp i brua og/eller overtoppe brua. Kompliserte hydrauliske forhold, både tilknyttet oppstrøms bruer, vannstandssprang og kurvatur på elva gjør det vanskelig å fastsette kapasiteten til brua.

4.11 Trebru ved campingplass

Rambøll sin beregning viser at brua har god klaring til beregnet vannstand ved en 200-årsflom inkl. 20 % klimatillegg.

Beregningen med økt vannføring har sammenfallende vannføringer som beregningen til Rambøll i dette området, og gir tilsvarende resultater. Beregnet fribord mellom vannstanden ved 200-årsflom inkl. 20 % klima og underkant bru er ca. 1 m.

4.12 Bru ved utløp til Mjøsa

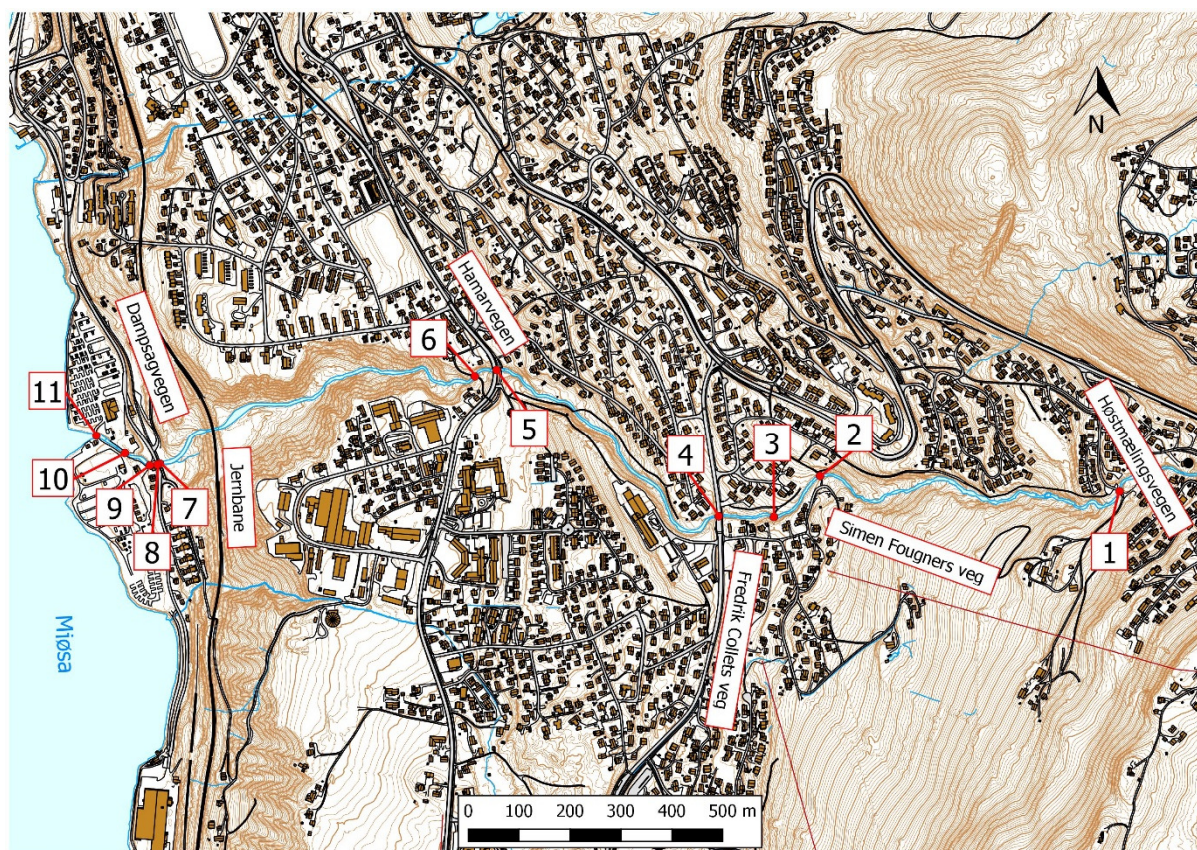
Vannstanden ved denne brua er sensitiv for vannstander i Mjøsa, og grad av berøring/overtopping styres i stor grad av nedstrøms vannstand.

4.13 Oppsummering og sammenstilling

Kapasitetsvurdering for bruene er oppsummert i Tabell 3 nedenfor, plassering er vist i Figur 1:

Tabell 3 - Kapasitetsvurdering for bruer og kulverter

Nr.	Beskrivelse	Dimensjon lysåpning / type	Kapasitetsvurdering for 200-årsflom inkl. 40% klimatillegg
1	Kulvert under Høstmælingsvegen	Ø 1900 mm korrugert stålør	Betydelig underkapasitet, overtopping av veg også ved mindre flommer
2	Bru ved gangveg, Simen Fougners veg	Høyde ca. 2,3 m, bredde ca. 5,6 m	OK
3	Bru ved turveg ved tverrløypa	Høyde ca. 3,2 m, bredde ca. 5-8 m	OK
4	Kulvert under Fredrik Collets veg	Korrugert stål høyde ca. 2,2 m, parallell gangkulvert på høyere nivå med tilsvarende dimensjon	Underkapasitet i elvekulvert, flommen fordeles på to løp, ikke overtopping av veg
5	Bru/kulvert under Hamarvegen	Buet innløp høyde 1,75 m, bredde 5,5 m	Kapasitet, men lite fribord og betydelig oppstuvning.
6	Gangbru nedstrøms Hamarvegen	Høyde ca. 3,4 m, bredde ca. 6,9 m	OK
7	Bru ved gangveg oppstrøms Dampsagvegen	Høyde ca. 1,8 m, bredde ca. 4,3 m	Betydelig underkapasitet, overtopping av veg antas også ved mindre flommer
8	Bru ved Dampsagvegen	Høyde ca. 1,2 m, bredde ca. 4,2 m	Betydelig underkapasitet, overtopping av veg antas også ved mindre flommer
9	Bru nedstrøms Dampsagvegen, bak gitterport	Høyde ca. 1,3 m, bredde ca. 7 m	Antas å ha for liten kapasitet, vanskelige strømningsforhold
10	Trebru ved campingplass	Høyde ca. 2,2 m, bredde ca. 5,8 m	OK
11	Bru ved utløp til Mjøsa	Høyde ca. 2,2 m, bredde ca. 6,2 m	Kan være utsatt, men i stor grad styrt av vannstand i Mjøsa



Figur 1 - Plassering av bruer og kulverter

4.13.1 Kommentarer

For videre arbeid med tiltaksplanen anses kryssingene ved Dampsagvegen å være av stor betydning for å sikre bebyggelse mot skader ved en flom.

Videre er kryssingen ved Hamarvegen utsatt da den vil få betydelig oppstuvning, som i kombinasjon med evt. massetransport som reduserer kapasiteten gjennom kulverten/brua vil kunne føre til overtopping av vegen.

Kryssingen ved Høstmælingsvegen har betydelig underkapasitet, og vegen forventes overtoppet allerede ved hyppige flommer (årsflom – 10-årsflom). Bebyggelsen ved kryssingen forventes ikke berørt, men lokal erosjon og skader forventes.

Ved Fredrik Collets veg har de to kulvertene kapasitet til å ta unna beregnede vannføringer. Tilløpet og terskel ved inntaket til elvekulverten bør tilpasses og optimaliseres for å få bedre kontroll på hvor mye vann som går i overløp til gangkulverten. Ved utløpet fra gangkulverten bør terrenget tilpasses, evt. etableres ledevegg el. lign for å besørge et kontrollert avløp tilbake til elva.

5 Sensitivitet og usikkerheter

Det er utført sensitivitetsanalyser med 20 % økning av friksjonskoeffisientene (mannings n) for beregningene med økte vannføringer for 200-årsflom med 40 % klimatillegg.

Sensitivitetsanalyse med 20 % økning av 200-årsflom inkl. 40 % klimatillegg er ikke utført da beregnede flomvannføringer anses som konservative.

20 % økning av mannings n:

Ved 20 % økning av mannings n i beregningene øker vannstanden med ca. 0 – 20 cm på strekningen. Enkelte profiler får vannstandssprang som gir en økning fra 0,4 – 1,3 m. Grad av berøring og oppstuvning ved bruene er tilsvarende som opprinnelig beregning.

6 Referanser

Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. US ARMY CORPS OF ENGINEERS HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER (HEC).

Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw Hill Book Company.

Rambøll. (2015). *Hydraulisk modell - Flomanalyser Røyslimoen*.

Rambøll. (2016). *Flomanalyser av Åretta fra Høstmælingsvegen til utløp i Mjøsa*.

7 Vedlegg

1 – Flomanalyser av Åretta fra Høstmælingsvegen til utløp i Mjøsa, Rambøll 2016