

Statens vegvesen

► **E16/E39 - Arna-Vågsbotn-Klauvaneset**
Flomanalyse

Oppdragsnr.: 5194575 Dokumentnr.: 10 Versjon: 02J Dato: 2020-06-15



Oppdragsgiver: Statens vegvesen
Oppdragsgivers kontaktperson: Lilli Mjelde
Rådgiver: Norconsult AS,
Oppdragsleder: Hans Petter Duun
Fagansvarlig: Henrik Opaker
Andre nøkkelpersoner: Françoise Bigillon

02J	2020-06-15	Sluttrapport	FRBIG	HEOPA	HPD
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

► Forord

Denne rapporten er utarbeidet som del av grunnlaget for arbeidet med kommunedelplan med konsekvensutredning for E16/E39 på strekningen Arna-Vågsbotn-Klauvaneset i Bergen kommune.

Statens vegvesen har bedt om konsulentbistand til å utføre utredninger av noen deltema i prosjektet. Dette gjelder blant annet en flomanalyse for planområdet og aktuelle vegkorridorer. Flomanalysen er gjort i tråd med planprogram fastsatt av Bergen kommune.

Henrik Opaker har vært fagansvarlig for flomanalysen, og flomberegningene er utført av Francoise Bigillon som også har skrevet rapporten. Oppdragsleder fra Norconsult er Hans Petter Duun. Hos statens vegvesen har Lilli Mjelde vært prosjektleder og kontaktperson.

15.06.2020
Bergen

Innhold

1 Innledning	9
1.1 Hensikt	9
1.2 Beskrivelse av prosjektet	10
1.2.1 <i>Alternativ i sør</i>	10
1.2.2 <i>Alternativ i nord</i>	12
1.2.3 <i>Nullalternativet</i>	13
1.3 Metode	13
1.3.1 <i>Konsekvensvurdering</i>	13
1.3.2 <i>Datagrunnlag</i>	14
2 Beregningsmetoder	15
2.1 Metode for å beregne feltparametere	15
2.2 Hydrologi - Flomberegning	15
2.2.1 <i>Regional flomfrekvensanalyse</i>	15
2.2.2 <i>Nasjonalt formelverk for små felt</i>	16
2.2.3 <i>Rasjonale formel</i>	16
2.2.4 <i>Påslag for flomberegning og usikkerhetsfaktor</i>	18
2.3 Hydraulisk beregning	19
2.3.1 <i>Metode for beregning av kulvertdimensjoner</i>	19
2.3.2 <i>Metode for beregning av vannstand ved bruer</i>	21
3 Dagens situasjon	22
3.1 Delstrekning Indre Arna - Åsane (E16)	22
3.2 Delstrekning Åsane - Tellevik (E39)	23
3.3 Flomberegning og flomsonekart i Gaupåsvassdraget	25
3.3.1 <i>Damanlegg</i>	25
3.3.2 <i>Hydrologi</i>	27
3.3.3 <i>Hydraulisk beregning – oppstrøms Gaupåsvatnet</i>	28
3.3.4 <i>Hydraulisk beregning – nedstrøms Gaupåsvatnet</i>	29
3.3.5 <i>Resultater</i>	29
3.4 Flomberegning og flomsonekart ved Langavatnet	30
3.4.1 <i>Bakgrunn</i>	30
3.4.2 <i>Magasinkurve</i>	33
3.4.3 <i>Hydrologi - Flomberegning</i>	34
3.4.4 <i>Hydraulisk beregning</i>	34
3.4.5 <i>Resultater</i>	36
4 Vurdering av alternativer	38
4.1 Antall kryssinger	38
4.2 Flomskred	39
4.3 Vurdering der ny E16/E39 sammenfaller med dagens trasé	42
4.4 Vurdering med ny E16 over Gaupåsvatnet	42
4.4.1 <i>Alternativer S5 og S11</i>	42
4.4.2 <i>Vurdering av om Vikane kan brukes som deponi</i>	42
4.4.3 <i>Mulig tiltak for å begrense flomfare</i>	44

4.5	Vurdering av ny E16 ved Gaupåsvassdraget	45
4.6	Vurdering av ny veg ved Langavatnet	47
4.7	Oppsummering og vurdering av alternativer	48
5	Referanser	51
6	Vedlegg Flomberegning Gaupåsvatnet	52
6.1	Flomforløp 1,68xQ200 – Dagen situasjon	52
6.2	Resultater 1,68xQ200 – Dagen situasjon	53
7	Vedlegg: Vegtraséene og vurderte kryssinger	54
7.1	Alternativ S1A/S1B-N1	54
7.2	Alternativ S1A/S1B-N2	56
7.3	Alternativ S3-N1	58
7.4	Alternativ S3-N2	60
7.5	Alternativ S5-N1	62
7.6	Alternativ S5-N2	64
7.7	Alternativ S6-N2	66
7.8	Alternativ S6-N3	68
7.9	Alternativ S6-N3B	70
7.10	Alternativ S9-N2	72
7.11	Alternativ S9-N3	74
7.12	Alternativ S9-N3B	76
7.13	Alternativ S11-N2	78
7.14	Alternativ S11-N3	80
7.15	Alternativ S11-N3B	82

► Sammendrag

Bakgrunn og innhold

I forbindelse med arbeidet med kommunedelplan har Norconsult AS fått i oppdrag fra Statens vegvesen (SVV) å utføre flomvurderinger ny trase for E16/E39 mellom Indre Arna og Klauvaneset i Bergen kommune. Det er vurdert 17 kombinasjoner av sørlige (S) og nordlige (N) delstrekninger i tillegg til dagens situasjon.

For de 17 ulike alternativene er det beregnet feltstørrelser, flomvannføringer og dimensjoner på kulverter og bruer for hovedbekkene som krysser E16/E39. Kapasitetsberegning av kryssinger er basert på dagens krav som tar hensyn til 40% klimapåslag og tilstopping av kulvert.

Det er vurdert konsekvenser for flomskader på E16/E39 for de ulike alternativene. Konsekvensene er vurdert i forhold til nullalternativet (dagens situasjon).

Dagens situasjon

Eksisterende bekke- og elvekryssinger er vurdert å være underdimensjonert i forhold til dagens krav fra Statens vegvesen for å bygge motorveien (en flom med 200-års gjentaksintervall med klimapåslag og tilstopping). Flere kryssinger ved eksisterende trasé må graves opp, og en ny og større stikkrenne eller bru settes inn i stedet. Ved disse krysningene kan flomforholdene bli bedret oppstrøms med nye stikkrenner/bruer.

Nye veglinjer i søndre del av planområdet

Alternativene S3 og S9 er vurdert som de beste blant alternativene i sør fordi de har lengst tunnelling og færrest krysningsspunkt og har dermed mindre risiko for flom.

Det er utført en flomsonekartlegging for Gaupåsvassdraget for dagens situasjon og for alternativ S5 og S11. Alternativene S5 og S11 gir endringer i Gaupåsvassdraget som listet nedenfor:

- Fylling i Gaupåsvatnet pga. motorveien for S5 og S11 vil øke vannstanden i Gaupåsvatnet med inntil 2 cm og øke vannføring for elva ned til Ytre Arna med mindre enn 1% ved dimensjonerende flom. Dette kan virke som en neglisjerbar økning, men dersom flomvannstanden stiger med noen cm i områdene med berørte bygninger, så betyr dette at utfyllingen vil medføre at bygningene oftere vil bli berørt av flom i fremtiden enn i dagens situasjon. En slik økning i hyppigheten av skader ved bygninger og infrastruktur på grunn av flom og er vurdert som negative konsekvenser. Utfylling i Gaupåsvatnet bør ikke gjøres uten at det gjøres kompensierende tiltak ved utløpet som senker normalvannstanden i Gaupåsvatnet. Det er vurdert at senkning av utløpsterskelen med 5 cm vil medføre 10 cm lavere vannstand i Gaupåsvatnet ved 200-årsflom, og øking på 2% i flomvannføring nedstrøms Gaupåsvatnet. Dersom man gjør dette må man være sikker på at økning i flomvannføring nedstrøms Gaupåsvatnet er akseptabelt for de berørte industribygningene ved Ytre Arna.
- Å fylle ut hele Vikane som del av deponivurderinger for alt S5 og S11, vil øke vannstanden i Gaupåsvatnet med 5 cm og øke vannføringen nedstrøms i vassdraget med 1,5 m³/s ved 200-årsflom. Dette betyr at bygningene som i dag ligger i flomsonen vil bli berørt oftere og i større grad av flom i fremtiden enn i dagens situasjon. Dette er vurdert som en stor negativ konsekvens.
- S5 og S11 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred.

Alternativene S5 og S11 er vurdert å gi hyppigere flomskader i områdene med berørte bygninger og infrastruktur i sør-delen av traséene og er derfor vurdert som de dårligste alternativene med tanke på flom og flomskred. De andre sør-alternativene skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

I forhold til fare for flom, rangeres vegalternativene i søndre del av planområdet slik (fra best til dårligst):

1. Alternativ S3 og S9
3. Alternativ S1a og b
5. Alternativ S6
6. Alternativ S5 og S11

Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved utfylling pga. ny veg vil være:

- å redusere nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet med 5 cm. Dette vil medføre varig senket vannstand med 5 cm i Gaupåsvatnet og 10 cm senkning ved $Q_{200,dim}$. Senkning av utløpsterskelen vil øke flomvannføringen nedstrøms med ca. 2% ift. dagens situasjon.
- for å ikke øke flomfaren i elva ned til Ytre Arna bør kulvertkapasiteten til de to kulverter plassert under industribygninger ved Ytre Arna økes. Kulvertene bør dimensjonere for en maksimal vannføring på ca. 75 m³/s. Dette vil forbedre flomsituasjonen i Ytre Arnaelva.
- Det bør sjekkes med Arna kraftverk om muligheten å bruke den eksisterende tunnelen til Arna kraftstasjon (maksimum slukeveve 4,1 m³/s) som bypass for å redusere vannstanden i Gaupåsvatnet og vannføringen i Ytre Arnaelva.

Nye veglinjer i nordre del av planområdet

Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom fordi de har en ca. 5 km lang tunnel under Vetten.

Dagsonen i N2 (N2a og N2b) har flest krysningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom.

I tillegg til for dagens situasjon, er det utført en flomsonekartlegging for Langavatnet for det nordlige alternativet N1 på strekningen Vågsbotn-Plantasjen sør for Langavatnet, Alternativ N1 inkluderer delvis fylling av Langavatnet mot sør slik at det vil etableres en ny strandlinje ca. 50 m nord fra dagens strandlinje. Den planlagte fyllingen og etablering av en ny strandlinje på sørsiden av Langavatnet vil øke flomvannstanden i Langavatnet med noen cm, og øke vannføringen og flomvannstanden nedstrøms i kanalen med noen cm. Dersom flomvannstanden stiger med noen cm i områdene med berørte bygninger, så betyr dette at bygningene vil bli berørt oftere av flom i fremtiden enn i dagens situasjon. Ved Åsane, vil flomvannstanden bli noen cm høyere og oppstuvningseffekten fra kulverten vil øke. Dette er vurdert som en negativ konsekvens. Alternativet N1 er derfor vurdert som det dårligste av de nordlige alternativene med tanke på flom.

I forhold til fare for flom, rangeres vegalternativene i nordre del av planområdet slik (fra best til dårligst):

1. Alternativene N3A og N3B
3. Alternativ N2
4. Alternativ N1

Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved alternativ N1 vil være å grave ut et område ved Langavatnet for å kompensere utfylling i sør og medføre at demping i vannet vil være den samme som for dagens situasjon.

Rangering av traséalternativer

Tabellen nedenfor rangerer de ulike traséalternativene med tanke på flom. Rangeringen er gjort i forhold om det blir bedre eller verre flomforhold sammenlignet med dagens situasjon. Alternativ markert med rødt er dårligst i første rekke på grunn av konsekvensene ved Gaupåsvassdraget og Langavatnet hvor flere boliger vil rammes oftere av flom etter bygging av ny E16/E39.

Tabell: Klassifisering av de ulike alternativene. Grønn = bedre enn dagens situasjon, Gul = omtrent som dagens situasjon, Rød = verre enn dagens situasjon

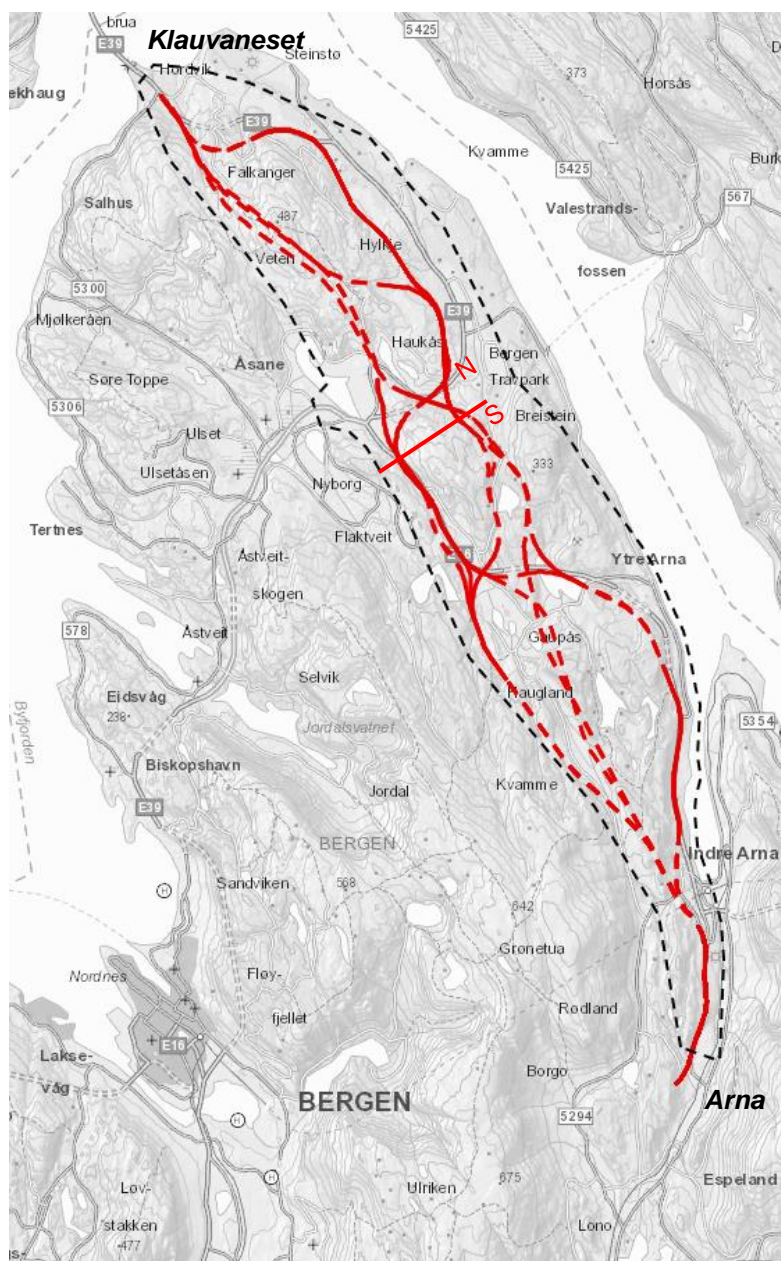
Alt.	L totalt (m)	L daglinje (m)	Antall kryssinger	Kommentar / vurdering	Klassifisering
Null			34 ved E16 76 ved E39	Begrenset kapasitet på kulverter/bruer	
S9-N3B	18250	4100	9		
S9-N3A	18070	5490	11		
S6-N3B	18750	5900	12		
S6-N3A	18460	9060	17		
S9-N2	18530	8170	16	Krysser fareområder	
S3-N2	18240	9830	18	Krysser fareområder	
S1B-N2	19210	10750	21	Krysser fareområder	
S6-N2	18920	12810	21	Krysser fareområder	
S1A-N2	19240	12080	22	Krysser fareområder	
S3-N1	16370	3970	8	Konsekvens i Langavatnet	
S1B-N1	17410	5600	11	Konsekvens i Langavatnet	
S1A-N1	17380	6870	12	Konsekvens i Langavatnet	
S11-N3B	18700	7370	12	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder	
S11-N3A	18120	8760	13	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder	
S11-N2	18580	11020	17	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder	
S5-N1	18050	9280	13	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Konsekvens i Langavatnet Krysser fareområder	
S5-N2	19900	12530	22	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder Mange kryssinger	

1 Innledning

1.1 Hensikt

Norconsult AS er engasjert av Statens vegvesen for å utføre en flomanalyse for ny E16/E39 mellom Arna og Klauvaneset. E16/E39 Arna-Vågsbotn-Klauvaneset ligger Bergen kommune. Korridoralternativer er vist i *Figur 1-1*.

Denne rapporten inneholder beskrivelse og vurdering av flom og overvann for flere alternativer for etablering av en ny trase E16/E39 mellom Arna og Klauvaneset. Rapporten er utarbeidet i forbindelse med kommuneplan med konsekvensutredning (KU) for ny E16/E39 på strekningen.



Figur 1-1: Oversiktskart. Kilde: <https://vegvesen.maps.arcgis.com/>

1.2 Beskrivelse av prosjektet

Det er presentert kombinasjoner av sørlige (S) og nordlige (N) alternativ. Flere alternativer ble silt ut i en tidligere fase. Det foreligger sju alternativ i sør (S1a, S1b, S3, S5, S6, S9 og S11). Alle har felles løsning fra nytt hovedkryss ved ASKO lageranlegg til tunnelpåhugg ved Toro fabrikker. I nord er det fire alternativer (N1, N2, N3A og N3B). Alle disse har felles løsning helt i nord fra tunnelpåhugg til Klauvaneset (Nordhordlandsbroen). De sørlige og nordlige delstrekninger blir presentert og vurdert hver for seg og til slutt blir de slått sammen til 17 kombinasjonsalternativ.

Krysset i sørenden av Langvatnet har navnet Vågsbotn og krysset i Eikås utmark ved Haukås/Brurås er gitt navnet Eikås.

Tabell 1-1: Oversikt over de ulike vegalternativene

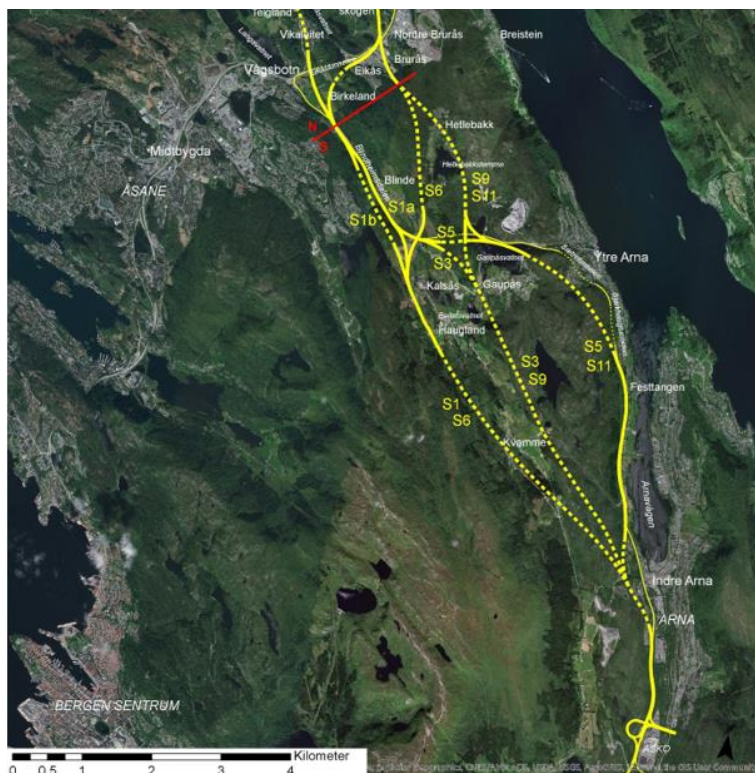
NR.	Alternativ	Via	Kryss
1	S1a-N1	Blindheim	Vågsbotn
2	S1a-N2	Blindheim	Eikås/Vågsbotn
3	S1b-N1	Blindheim	Vågsbotn
4	S1b-N2	Blindheim	Eikås/Vågsbotn
5	S3-N1	Blindheim	Vågsbotn
6	S3-N2	Blindheim	Eikås/Vågsbotn
7	S5-N1	Blindheim	Vågsbotn
8	S5-N2	Blindheim	Eikås/Vågsbotn
9	S6-N2	Eikås	Eikås
10	S6-N3	Eikås	Eikås
11	S6-N3B	Eikås	Eikås
12	S9-N2	Eikås	Eikås
13	S9-N3	Eikås	Eikås
14	S9-N3B	Eikås	Eikås
15	S11-N2	Eikås	Eikås
16	S11-N3	Eikås	Eikås
17	S11-N3B	Eikås	Eikås

1.2.1 Alternativ i sør

Alternativ S1a og 1b

Alternativet S1a består av en rundt 5 km lang tunnel fra Arna til daglinje i vestre del av Haugland. Daglinjen føres opp Blindheimsdalen til Birkeland og retning Vågsbotn i dagens vegkorridor. Det skal etableres kryss ved Blindheimsdalen og dagens lokalveg gjennom dalen blir som i dag.

Alternativet S1b samsvarer med S1a fram til Blindheim. Men i stedet for å gå i dagens trase føres den i en ca. 1,3 km lang tunnel vest for Blindheimsdalen. Vegen føres videre mot Birkeland og Vågsbotn som i S1a. Linjeføring blir noe ulik om det skal kobles til N1 eller N2. Dagens E16 blir lokalveg på hele strekningen Arna-Vågsbotn i dette alternativet.



Figur 1-2 Alternativ i sør

Alternativ S3

Alternativet består av en rundt 6,3 km lang tunnel fra Arna som går under Gaupås til Blindheim. Daglinje føres herfra opp Blindheimsdalen til Birkeland i dagens vegkorridor og med fullt kryss i Vågsbotn.

Alternativ S5

Alternativet består av en rundt 1,8 km lang tunnel forbi Indre Arna til en daglinje langs Arnavågen. Denne føres videre i tunnel til daglinje langs nordre del av Gaupåsvatnet. Videre etter en kort tunnel på ca. 2,1 km under Gaupåsen føres vegen opp Blindheimsdalen til Birkeland i dagens korridor og med fullt kryss i Vågsbotn. Det blir to halve kryss i Indre Arna og to halve kryss for tilknytting til Ytre Arna. Det etableres lokalveg i Blindheimsdalen. Eksisterende tunneler vest for Ytre Arna blir omkjøringsveg, og lokalveg mellom Festtangen og Indre Arna må opprustes.

Alternativ S6

Alternativet er som S1 fram til Blindheim. Kombinasjonen S6-N3A med hovedkryss på Eikås er 17,7 km lang. Alternativet består av en rundt 5,4 km lang tunnel fra Arna til dagsone i vestre del av Haugland. Dagsonen krysser over dalen sør for Blinde ved Sandgothaugen, før den går inn i en 1,6 km lang tunnel. Etter tunellen kommer en dagsone med kryss på Eikås og dagsone videre forbi lokalvegkryss i Haukåsskogen. N3A i nord er en 4,7 km lang tunnel fra Haukåsskogen til Klauvaneset. Total tunnallengde er cirka 11,8 km.

Alternativ S9

Kombinasjonen S9-N2 med hovedkryss på Eikås er 17,8 km. Alternativet består av en rundt 6,4 km lang tunnel fra Arna til en kort dagsone ved nordøstre del av Gaupåsvatnet. Veglinjen går videre i en ca. 2,3 km lang tunnel til dagsone med kryss på Eikås. N2 fortsetter videre som daglinje via Tuft. I nord finnes varianter for tunnelføring mot Klauvaneset. Total tunnallengde er cirka 10,3 km.

Alternativ S11

Kombinasjonen S11-N2 med hovedkryss på Eikås er 17,9 km. Alternativet består av en rundt 1,8 km lang «bypass tunnel» forbi Indre Arna til en dagsone langs Arnåvågen. Denne føres videre i en ca. 3,5 km lang tunnel til dagsone med utfylling langs nordre del av Gaupåsvatnet. Kryss plasseres med utfylling i nordvestre del av vannet. Veglinjen går videre i en 2,3 km lang tunnel til dagsone med kryss på Eikås. N2 fortsetter videre som daglinje via Tuft. I nord finnes varianter for tunnelføring mot Klauvaneset. Total tunnellengde er cirka 7,5 km.

1.2.2 Alternativ i nord

Alternativ N1

N1 starter med et kryss ved Vågsbotn, legges over eksisterende Eikåstunnel, og går i en ca. 5,3 km lang tunnel fra Krosslia under Vetten til Tellevik og Klauvaneset. Det blir et stort nytt hovedkryss mellom E16 og E39 i Vågsbotn og lokalvegkryss ved Plantasjen. Løsningen krever noe utfylling i Langavatnet.

Alternativ N2

Korridor for N2 er avhengig av hvilket alternativ man skal koble til i sør. Alternativ N2a (vest) via Blindheimsdalen starter ved Vågsbotn og går i en ny tunnel sør for Eikåstunnelen. Det etableres et halvt kryss i retning Arna i Vågsbotn. Halvt kryss i nordlig retning vil være via Eikåstunnelen.

Alternativ N2b (øst) for sørlige alternativ som ikke går via Blindheimsdalen vil ha et fullt kryss ved Eikås og i tillegg et kryss som håndterer lokaltrafikk i Haukåsskogen. Videre nordover går N2 i dagen gjennom Haukåsskogen forbi Almås og Tuft til Hordvik ovenfor bebyggelsen. Etter en kort tunnel på 350 m ender alternativet som N1 ved Tellevik.



Figur 1-3 Alternativ i nord

Alternativ N3

Alternativ N3A tilsvarer N2(øst) til og med Haukåsskogen. Herfra er det lagt inn tunnel til Tellevik og ender som N1 og N2 i Tellevik.

Alternativ N3B

N3B starter med et kryss ved Eikås, krysser i vest eksisterende Eikåstunnel og går i en ca. 5,3 km lang tunnel fra Vikaleitet under Vetten til Tellevik og Klauvaneset.

1.2.3 Nullalternativet

Sammenligningsgrunnlaget i konsekvensutredningen er et nullalternativ. Nullalternativet representerer forventet utvikling gitt at tiltaket ikke gjennomføres. Det tas utgangspunkt i nåværende infrastruktur på dagens trasé og flomsituasjon. Nullalternativet er vurdert i avsnitt 3.

1.3 Metode

1.3.1 Konsekvensvurdering

I denne fagrapporten vil ulike kritiske problemstillinger knyttet til flom og overvann belyses for de alternative korridorene. Det gjøres en vurdering av sannsynlige konsekvenser for flomskader på E16/E39 for de ulike korridorene.

Det vurderes også hvordan de ulike korridorene påvirker flomforholdene for tredje part (tettsteder, boligområder, jordbruksdrift m.m.). Konsekvensene er vurdert i forhold til nullalternativet. Aktuelle tiltak for å motvirke negative konsekvenser er vurdert.

Dagens situasjon er beskrevet, og det er beregnet feltstørrelser og flomvannføringer for noen av de bekkene som krysser dagens E16/E39. For de ulike alternativene vil feltene endres noe. Det er derfor utført kartlegging av feltene for de ulike alternativene og beregnet flomvannføring for feltene. Dette gir en indikasjon på hvor man kan forvente størst utfordringer knyttet til flom. Beregnede flomstørrelser bør ikke benyttes ukritisk for dimensjonering.

Beregningen av flomstørrelser er i hovedsak gjort med metodikken rasjonale metode pga. størrelsen på feltene. En nærmere beskrivelse av metodikken er gitt i avsnitt 2. Det gjøres oppmerksom på at konsekvensene for flomsikkerhet er vanskelige å tallfeste, spesielt i en tidlig og overordnet fase av prosjektet. Konsekvensvurderingene er dermed en kvalifisert faglig skjønnsvurdering.

Følgende punkter utredes:

- Hovedresultatene fra tidligere vurderinger beskrives.
- Omkringliggende områders sårbarhet for flom på grunn av den nye og eksisterende motorveien vurderes og beskrives.

Kryssing av elver og utfylling i vassdrag og flomsoner kan føre til økt flom- og erosjonsfare for tilstøtende områder. I elver kan inngrep i vassdraget eller flomsone gi oppstuvning eller endre strømningsforholdene og dermed øke flom- og erosjonsfaren på den måten. Reduksjon av overflate- og flomarealene til vann og tjern reduserer den flomdempende effekten. Dette kan gi større og raskere flomtopper nedstrøms.

I vurderingene av flom er det spesielt fokus på områder ved Gaupåsvatnet og ved Langavatnet. I disse vannene er det planlagt å fylle ut en del av vannet. Dette vil redusere overflaten og flomarealet til innsjøene, og dermed redusere flomdempingen. Dette kan gi større og raskere flomtopper i forhold til dagens situasjon, noe som kan påvirke hus og natur rundt og nedstrøms vannene. Dette er noe som bør utredes nærmere.

1.3.2 Datagrunnlag

Utredningen tar utgangspunkt i kjent kunnskap og erfaringer fra både planområdet og fra lignende områder.

For Gaupåsvassdraget har Norconsult i 2014 utarbeidet flomberegning [1] og dambruddbølgeberegning på den øvre delen av vassdraget (Hetlebakkstemmen, Hjortlandstemmen og Spåkevatnet). Vi har dermed et meget godt grunnlag for flomberegning og kartlegging ved Gaupåsvatnet, og for å si hva som skal til for å sikre motorveien langs Gaupåsvatnet.

Vi har hentet inn data for eksisterende stikkrenner under dagens E16/E39 fra vegkart og SVV. Kartgrunnlag for beregningen er hentet fra høydedata.no. Laserdata (LIDAR) er med 0,25 m oppløsning (Prosjekt Bergen 5 pkt 2018). Laserskanningen ble utført i 2015. Kotehøyder refererer seg til NN2000-høyder.

2 Beregningsmetoder

2.1 Metode for å beregne feltparametere

Feltparametere til kryssingene er beregnet ved hjelp av 3 forskjellige program:

- Nevina som bruker grid 10m×10m
- Scalgo som bruker grid 1m×1m
- ArcGis som bruker terrengmodell med 0,25 m oppløsning (avsnitt 3.3.3).

Normalavrenning for feltet er beregnet ut fra avrenningskart/Nevina (normalavrenning basert på normalperioden 1961-90).

2.2 Hydrologi - Flomberegning

Det hydrologiske grunnlaget er noe begrenset i området, og det er få vannføringsstasjoner med lite feltareal som kan brukes.

De forskjellige hydrologiske beregningsmetodene som er brukt for å beregne 200-årsflom ved bekkene som krysser E16/E39 er presentert i følgende avsnitt. Hvilken beregningsmetode som benyttes er avhengig av feltareal.

- Den regionale flomfrekvensanalysen utført i [1] (Avsnitt 2.2.1)
- Nasjonalt formelverk for små felt (Avsnitt 2.2.2)
- Den rasjonale formel (Avsnitt 2.2.3)

2.2.1 Regional flomfrekvensanalyse

Denne metoden er basert på regresjonsanalysen utført i flomberegning for Gaupåsvassdraget i 2014 [1]. Metoden beregner middelflom Q_M ut fra normalavrenning Q_N , og feltareal A ved hjelp av følgende formel:

$$Q_M = 347 - 1,513 \times A + 6,85 \times Q_N$$

Middelflommen skaleres opp til flom med returperiode T ved bruk av vekstkurver [2]. Regresjonsanalysen er basert på 10 målestasjoner i området. Analysegrunnlaget er følgende:

- Feltareal A : 3,3 - 233 km²
- Normalavrenning Q_N : 50,3 – 110,6 l/s/ km²
- Effektiv sjøprosent: 0,09 – 4,09

Tabell 2-1: Kulminasjonsverdi beregnet fra regresjonsanalyse utført i flomberegning for Gaupåsvassdraget i 2014.

Felt	A (km ²)	QN (l/s*km ²)	A _{SE} * (%)	Døgn (l/s/km ²)		
				Q _M	Q ₁₀₀₀	Q ₁₀₀₀ /Q _M
Hetlebakkstemmen	0,7	79,2	0,001	889	2301	2,59
Hjortlandstemmen	3,2	76,5	0,001	866	2244	2,59
Spåkevatnet	4,5	81,4	0,5	898	2326	2,59
Middel				884	2290	2,59

*Om effektiv sjøprosent er null, settes den til $A_{SE} = 0,001$ i beregningene

2.2.2 Nasjonalt formelverk for små felt

I henhold til *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt* [2] kan nasjonalt formelverk for flom i små nedbørfelt (mellom ca. 0,2 km² og ca. <50 km²) brukes for beregning av momentanflommer opp til 200-årsflom. Middelflom beregnes da ved hjelp av følgende formel:

$$Q_M = 18,87 \cdot Q_N^{0,864} e^{-0,251\sqrt{A_{SE}}}$$

hvor Q_N er nedbørfeltets middelvanntføring (m³/s), A_{SE} er den effektive sjøprosenten (%) og e er grunntallet $e \approx 2,718$. Flomverdi for returperiode 200 år beregnes videre med vekstkurven [2].

Tabell 2-2 viser resultater med bruk av nasjonalt formelverk for Hetlebakkstemmen, Hjortlandstemmen og Spåkevatnet. Døgnmiddel for middelflom Q_M er beregnet til $Q_M=780 - 1004$ l/s/km² med NIFS-formelverket. De største verdiene refererer seg til meget små felt med lav effektiv sjøprosent.

Tabell 2-2: Flommer (kulminasjonsverdi) beregnet fra nasjonalt formelverk for småfelt.

Felt	A (km ²)	QN (l/s*km ²)	A _{SE} * (%)	Kulminasjon (l/s/km ²)			Døgn (l/s/km ²)	
				Q _M	Q ₂₀₀	Q ₂₀₀ /Q _M	Q _M	Q ₂₀₀
Hetlebakkstemmen	0,7	79,2	0,001	2209	5528	2,50	1004	2513
Hjortlandstemmen	3,2	76,5	0,001	1743	4376	2,51	792	1989
Spåkevatnet	4,5	81,4	0,5	1482	3726	2,51	780	1961
Middel				1812	4543	2,51	859	2154

*Om effektiv sjøprosent er null, settes den til $A_{SE} = 0,001$ i beregningene.

Beregningene utført for middelflom hentet fra flomberegningen ($Q_M=866-898$ l/s/km²) og ved hjelp av nasjonalt formelverk, er konsistente. Det forventes derfor at nasjonalt formelverk gir realistiske verdier for feltene og kan brukes for videre vurdering av flomstørrelsen ved bekkene.

Forholdet mellom Q_{200}/Q_M er beregnet til ca. 2,5 med vekstkurven [2].

2.2.3 Rasjonale formel

Den rasjonale formelen kan brukes for beregning av momentanflommer med gjentaksintervall opp til og med 200 år for flom i små nedbørfelt. NVEs retningslinjer anbefaler at den rasjonale metoden bare brukes for felt med nedbørfeltareal mindre enn 0,5 km², mens Statens vegvesen Håndbok N200 anbefaler at den rasjonale metoden skal brukes for felt med areal mindre enn 2 km².

Flommer med gjentaksintervall inntil 200 år beregnes da ved hjelp av følgende formel:

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

Hvor: Q: avrenning i m³/s; C: avrenningsfaktor; A: feltareal (ha); i: dimensjonerende nedbørintensitet fra IVF kurver (l/s/ha) over feltets kritiske varighet; Kritisk varighet settes lik konsentrasjonstiden, T_c , til feltet.

For naturlige felt [2] beregnes T_c med følgende formel:

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

For urbane felt [2] beregnes T_c med følgende formel:

$$T_c = 0,02 \times L^{1,15} \times H^{-0,39}$$

Hvor: L er lengden av feltet langs elva (m), H er høydeforskjellen i feltet langs hovedelva (m) og A_{se} er andel innsjø i feltet. Når det ligger et magasin i feltet, defineres L som lengden mellom hovedelvas innløp til magasinet til det mest fjerne punktet på vannskillet.

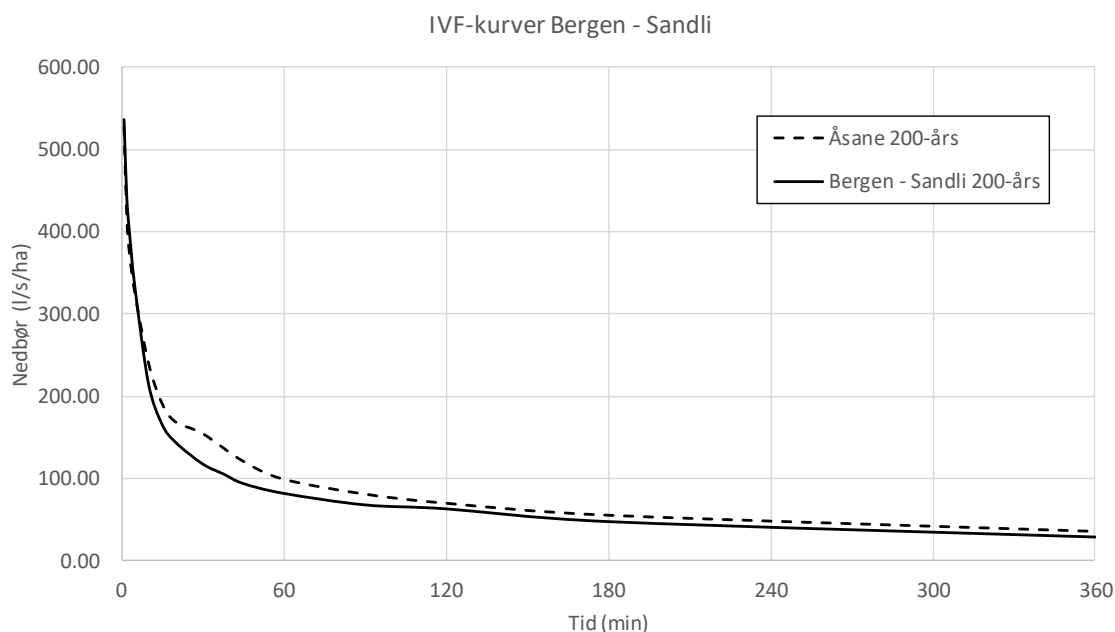
Dimensjonerende nedbørintensitet

Nedbørintensitet er hentet fra IVF-kurver¹ i *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt* [2].

Nedbørintensiteten er beregnet med IVF-kurven til målestasjon 50480 Bergen - Sandsli. Kurven er basert på nedbørdata fra 1984-2019 hentet fra Meteorologisk institutt sin klimadatabase (<http://eklima.met.no>).

Årlig nedbør for 50480 Bergen - Sandsli er ca. 2260 mm.

Tre målestasjoner (Åsane, Bergen Florida og Sædalen) ligger nærmere området, men disse seriene har bare lengde på 13 år (2003-2019). Da IVF-kurven for målestasjon 50480 Bergen - Sandsli er beregnet ut fra en lengre måleperiode (33 år), har vi valgt å bruke denne til å estimere nedbørintensitet. IVF-kurven er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1: IVF-kurve for målestasjon Bergen-Sandsli.

Avrenningsfaktor

Avrenningsfaktoren C varierer fra maksimalt 0,9 for bart fjell til minimalt 0,2 for skogsområder og områder med dyrka mark [2]. [2] anbefaler å bruke lave verdier for regn med varighet kortere enn 1 time og høye verdier om varigheten er mer enn 3 timer. Videre anbefales det å bruke en verdi i øvre sjiktet for bratte felt og mer tette overflater eller der grunnvannet ofte går opp til overflaten. For fjellområder med skog, anbefales det å bruke verdier 0,3-0,5 [3]. Den rasjonale formelen er veldig sensitiv for avrenningsfaktoren.

Tabell 2-3: Avrenningsfaktor C for nedbørfelt med forskjellig dekke ved nedbør med returperiode 10 år [2].

Overflatetype	Avrenningsfaktor, C
- Betong, asfalt, bart fjell og lignende	0,6 – 0,9
- Grusveger	0,3 – 0,7
- Dyrket mark og parkområder	0,2 – 0,4
- Skogsområder	0,2 – 0,5

Det er oppgitt at c-faktoren ligger innenfor intervallet 0,2-0,5 for skogsområder og 0,6-0,9 for snaufjell [2]. For feltene hvor vi benytter den rasjonale metode er varigheten på nedbøren godt under 3 timer (for de fleste feltene under 1 time) noe som tilsier lav c-faktor. Helningen i feltene vi vurderer (15%-40%) tilsier høye c-faktorer. Feltene vi vurderer består av 50-60% skog og 10-40% snaufjell. Derfor har vi valgt å sette C-

¹ IVF-kurve viser = nedbørintensitet i form av Intensitet-Varighet-Frekvens

faktoren lik 0,45, for feltene som helhet. Det anbefales videre å øke faktoren med 30 % for gjentaksintervall 200 år. Vi har derfor benyttet c-faktor lik 0,6.

Resultater fra den rasjonale formel for Hetlebakkstemmen

Tabell 2-4 viser resultater med bruk av den rasjonale formel for Hetlebakkstemmen. Den rasjonale formelen gir kulminasjonsverdier. Forholdet mellom momentanflom og døgnflom er beregnet etter formelverket i retningslinjene til 2,2. Forholdet mellom Q_{200}/Q_M er beregnet til ca. 2,5 med vekstkurven [2].

Konsentrasjonstiden til Hetlebakkstemmen er beregnet til 27 minutter. Ut fra dette har vi valgt å bruke dimensjonerende nedbørintensitet for konsentrasjonstid 30 minutter i beregningen. For returperiode 200 år, gir dette nedbørintensitet på 118 l/s/ha og nedbør på ca. 21 mm.

Vi har brukt en verdi $C=0,3$ for skogområdet og $T<1$ time. For nedbør med returperiode mer enn 200 år, økes C-verdien med 30% [2]. Det gir en C-verdi på 0,39 som er brukt i beregningen med den rasjonale formel.

Tabell 2-4: Flom beregnet fra den rasjonale formel for Hetlebakkstemmen.

Felt	A (km ²)	L (m)	H (m)	A _{SE} [*] (%)	T _c (mn)	C	Kulminasjon (l/s/km ²)	Døgn (l/s/km ²)	
							Q ₂₀₀	Q ₂₀₀	Q _M
Hetlebakkstemmen	0,7	650	2	0,0	27	0,39	4602	2092	837

*Effektiv sjøprosent er uten magasin.

Beregningen utført for middelflom hentet fra flomberegningen ($Q_M=889$ l/s/km²) og ved hjelp av den rasjonale formel er konsistente. Det forventes derfor at den rasjonale formel gir realistiske verdier for feltene og kan brukes for videre vurdering av flommene i de små nedbørfeltene ($A<2$ km²).

2.2.4 Påslag for flomberegning og usikkerhetsfaktor

I henhold til Håndbok N200 fra Statens Vegvesen [4], skal det brukes en klimafaktor F_k for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer og en faktor F_u for å ta hensyn til usikkerheten ved beregning av dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$.

Usikkerhetsfaktoren er avhengig av hvilken sikkerhetsklasse vegen er plassert i. E16 (ÅDT 15-17000) og E39 (ÅDT 20000) har begge ÅDT >4000, og er dermed plassert i sikkerhetsklasse V3. For veger i sikkerhetsklasse V3 skal det legges til en usikkerhetsfaktor på $F_u = 1,2$.

I henhold til rapporten «Klimaprofil fra Hordaland» utarbeidet av Norsk Klima Servicesenter i 2017 [5], skal det brukes klimapåslag på 20-40%, avhengig av plassering og flomsesong. I henhold til Håndbok N200 fra Statens Vegvesen, bør det for Hordaland benyttes en klimafaktor på $F_k = 1,4$ for både små (<10 km²) og store nedbørfelt. Det er valgt å legge til grunn 40% klimapåslag på de beregnede momentanflommene pga. at nedbørfeltene i vår vurdering er ganske små og reagerer raskt.

Totalt vil usikkerhetspåslag og klimapåslag dermed utgjøre en faktor på 1,68 som 200-årsflom skal ganges opp med.

$$Q_{dim,200} = Q_{200} \times 1,4 \times 1,2$$

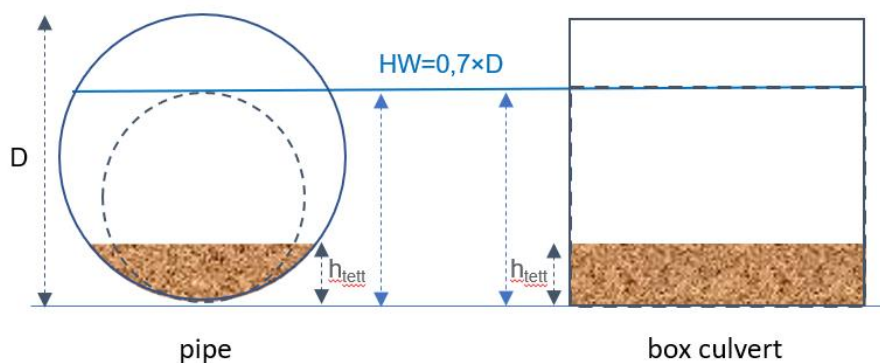
2.3 Hydraulisk beregning

Kulverter kan benyttes opp til rundt 20 m³/s vannføring (ca. diameter 2500mm), mens vassdrag med større flomvannføring krever konstruksjon av bruer. De følgende avsnitt presenterer beregningsmetode for nødvendig kulvertstørrelse og for bestemmelse av nødvendig høyde for underkant bru i en flomsituasjon.

2.3.1 Metode for beregning av kulvertdimensjoner

For å beregne kulvertdimensjoner er det antatt at stikkrenner bygges med minimum fall 0,4% - 0,6% slik at man får innløpskontroll på kulvert. Kulvertdimensjonen bestemmes videre ved bruk av nomogram for rørkulvert eller rektangulærkulvert av betong (konservativt i forhold til plast) med innløpskontroll.

Dimensjonering av kulvert tar hensyn til gjentetting gjennom kulvert. I henhold til [4] det skal antas gjentetting i 1/3 av innløpets høyde. Dette kravet tar hensyn til retningslinjer for vedlikehold pluss en sikkerhetsfaktor (se avsnitt 2.2.4). Rørdiameterne er dimensjonert for 200-årsflom tillagt en faktor på 1,68 (se avsnitt 2.2.4). Ved dimensjonering ut fra nomogrammer settes vannstand ved innløpet lik $0,7 \times D$, hvor D er rørdiameter ($HW/D=0,7$). Dette gir en diameter større enn hva $HW/D=1$ vil gi, og tar hensyn til den forventet reduserte kapasiteten til gjennomløpet. Verdiene for minimum diameter er lest ut fra nomogram (Chart 1A for rør og Chart 8A for rektangulærkulvert) fra rapporten *Hydraulic design of highway culverts* [6].

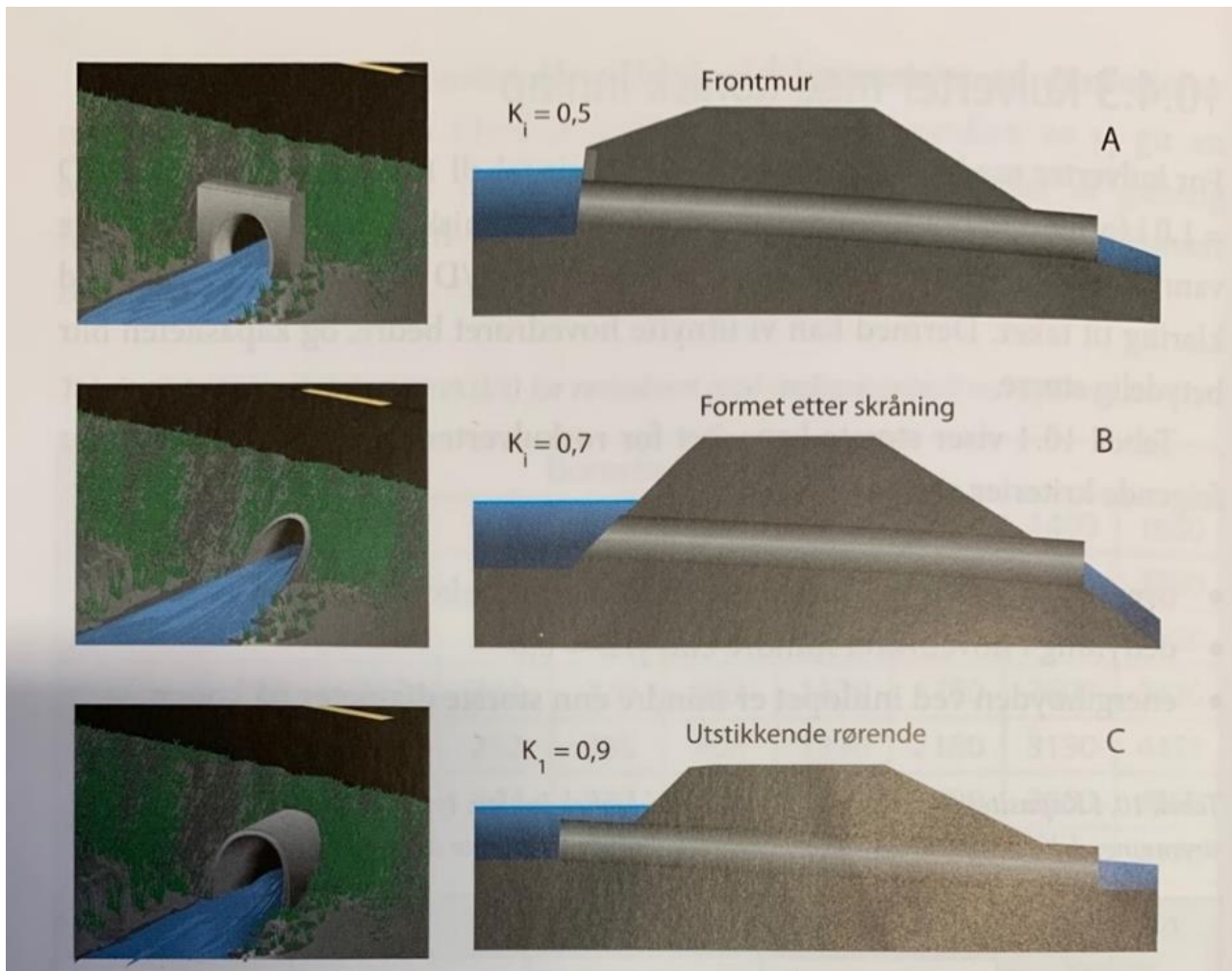


Figur 2-2: Dimensjonering av kulvert med gjentetting.

I nomogrammet for rør må det velges én av tre innløpstyper for hvert kryssningspunkt (se Figur 2-3):

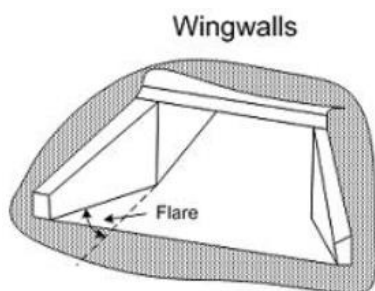
- Type A: Square edge with headwall
- Type B: Groove end with headwall
- Type C: Groove end projecting

For de eksisterende rørene/kulvertene må det velges riktig innløpstype ut fra faktisk geometri. For de nye kryssingene er det valgt type A, som tilsvarer et rør med frontmur og er et vanlig kulvertinnløp med sidevegger.



Figur 2-3: Ulike innløpstyper for kulvert/rør. Kilde [7].

I nomogrammet for rektangulær kulvert må det velges én av tre innløpstyper avhengig av vinkel på sidevegg i forhold til strømningsretning [7]. For de nye kryssingene er det valgt en 0° vinkel på sideveggene (Figur 2-4).



Figur 2-4: Innløpstypen med 0° vinkel på sidevegger for rektangulærkulvert [6].

Minste indre diameter på ordinære stikkrenner er 300 mm. Iht [4] er minste diameter for stikkrenner under vegger 600 mm.

2.3.2 Metode for beregning av vannstand ved bruer

For å omregne dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ ($1,68 \times Q_{200}$) til flomvannføring må det settes opp en hydraulisk beregning ved bruene. Bruene som vurderes ligger ved et punkt der vannstrømmen i elva vil være overkritisk. Strekningene er bratte med helning på 5-10%. Dette gjør at beregningen av vannstandsstigning kan gjøres forenklet med Mannings formel for et tverrsnitt i elva der bruene ligger. Mannings formel er gitt av:

$$Q = MA(h)R(h)^{2/3}I^{1/2}$$

Friksjonforholdene på modellert tverrsnitt er bestemt av Mannings ruhetstall M . M (Mannings tall²) er satt til $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $I=5-10\%$ (elvehelning) er beregnet ut fra elveprofil langs strekningen i elva der bruene ligger, $R(h)$ hydraulisk radius, $A(h)$ strømmingsareal og h vanddybde.

Det beregnes vanddybde og vannstand for tre bruer (Tangelandselva, Ytre Arnaelva og Hjotlanstema). Tverrsnittsprofiler ved bruene er hentet fra terrengmodell. Terrengmodellen er basert på laserdata (LIDAR) hentet fra høydedata.no. med 0,25 m oppløsning (Prosjekt Bergen 5 pkt 2018). For beregning antas det at lysåpning er tilnærmet rektangulærformet.

For bru over Gaupåsvatnet, er vannstanden hentet direkte fra de hydrauliske modellene utført ved hjelp av programmet Hec-Ras for Gaupåsvassdraget (se avsnitt 3.3).

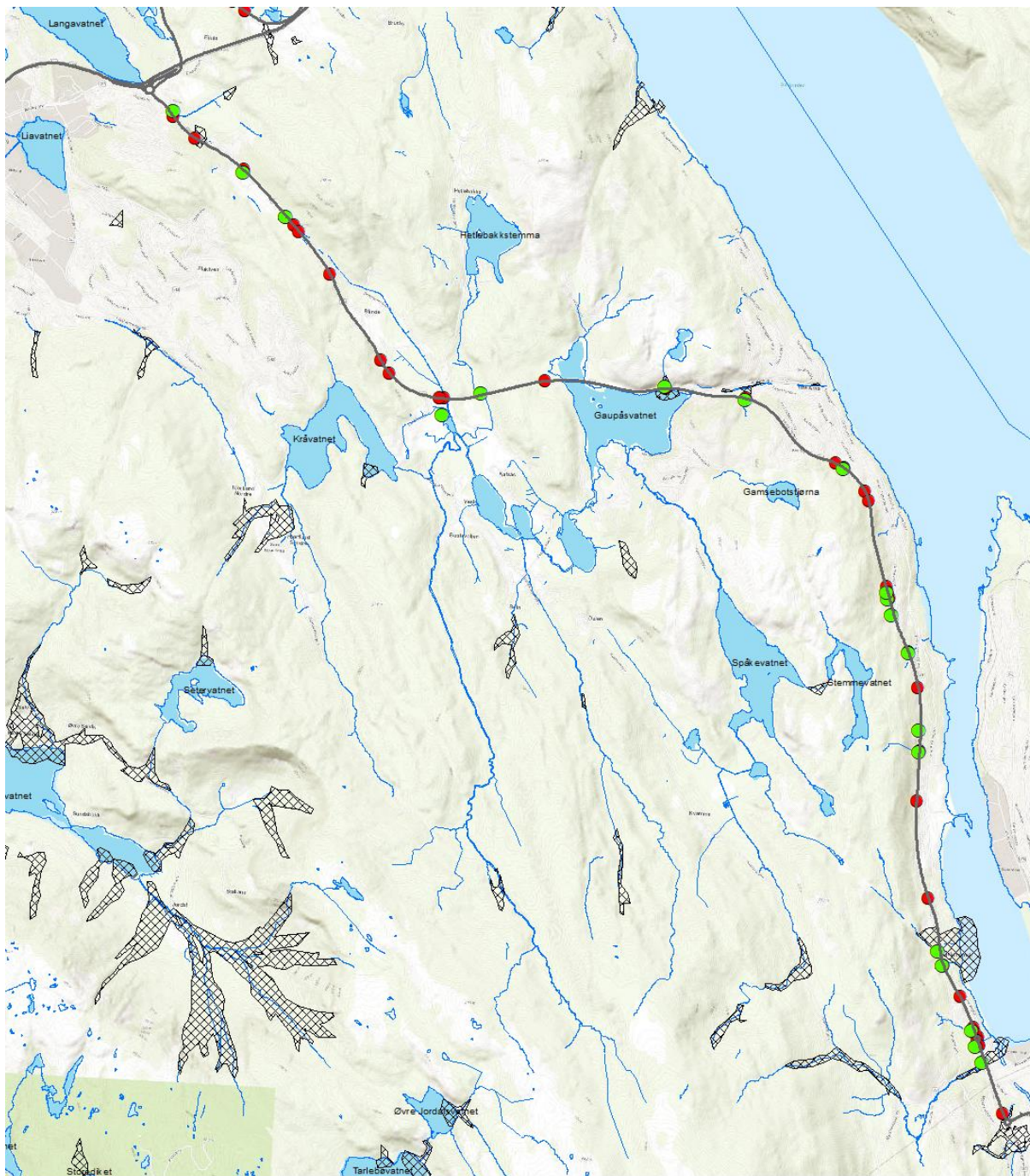
Det er brukt sikkerhetsmargin på 0,5 m fra beregnet vannstand ved dimensjonerende flom til underkant brudekke. Denne sikkerhetsmarginen tar hensyn til usikkerhet i beregning, i kote på elvebunn og tilstopping av bruer.

² Mannings tall sier noe om ruhet eller friksjon for vannstrøm i grøfter, kulverter, kanaler og elve- og bekkeløp. Et høyere Mannings tall gir mindre friksjon

3 Dagens situasjon

3.1 Delstrekning Indre Arna - Åsane (E16)

Dagens E16 går gjennom skog og flere bebygde områder. På strekningen krysser den flere bekker/elver og jord- og flomskred aktsomhetsområde (se Figur 3-1).



Figur 3-1: Beliggenhet E16 - dagens situasjon. Røde punkter viser alle kulverter registrert i Vegkart. Grønne punkt viser vurdert kryssing. Svartskraverte områder viser aktsomhetsområder for jord- og flomskred.

Totalt har Statens vegvesen registrert 34 stikkrenner på strekningen (markert i Figur 3-1). Det kan være flere stikkrenner enn de som er registrert. Diameterne på stikkrennene (hentet fra Statens vegvesens kartløsning på nett) på delstrekningen er mellom 500 mm og 1200 mm (stikkrennen som ligger ved Gaupåsvatnet). Lengde på stikkrennene er inntil 30 m. Vi har utført en kartlegging av feltene og flomberegning for hovedstikkrennene. Resultater er vist i Tabell 3-1 og viser at de eksisterende rørene ikke har kapasitet til å avlede dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ med dagens krav som skal ta hensyn til tilstopping (se avsnitt 2.3). Ved dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ vil dermed en god del av vannet ikke renne i de lukkede bekkene, men på overflaten over terrenget.

Tabell 3-1: Kryssing alternativ Null. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

Alt.	Beskrivelse	Diameter (mm)	Feltareal (km ²)	Q_{200} (m ³ /s)	$Q_{dim,200}$ (m ³ /s)	Min. diameter (mm)
Null	-	800	0,04	0,51	0,9	1100
Null	-	2*150	0,12	1,05	1,8	1450
Null	-	600	0,29	1,77	3,0	1750
Null	Gaupåsvatnet	1200	0,18	0,5	0,9	1100

E16 krysser Gaupåsvassdraget. Gaupåsvassdraget har feltareal på 20,8 km². I dag krysser E16 over utløpet til Gaupåsvatnet med en bru. Videre krysser E16 gjennom Vikane og Gaupåsvatnet som er koblet med en 10 m lang bru i fylling. Ved flom i Gaupåsvassdraget, vil vannstanden i Gaupåsvatnet øke og oversvømme området rundt.

I 2014 ble det utført flomberegning for damanleggene Hettebakkstemmen, Hjortlandstemmen og Spåkevatnet som ligger oppstrøms Gaupåsvatnet i Gaupåsvassdraget. Det finnes verken flomberegning for Gaupåsvatnet eller flomsonekart for Gaupåsvassdraget. Flomberegning for Gaupåsvatnet og flomsonekart er derfor utarbeidet i avsnitt 3.3.

3.2 Delstrekning Åsane - Tellevik (E39)

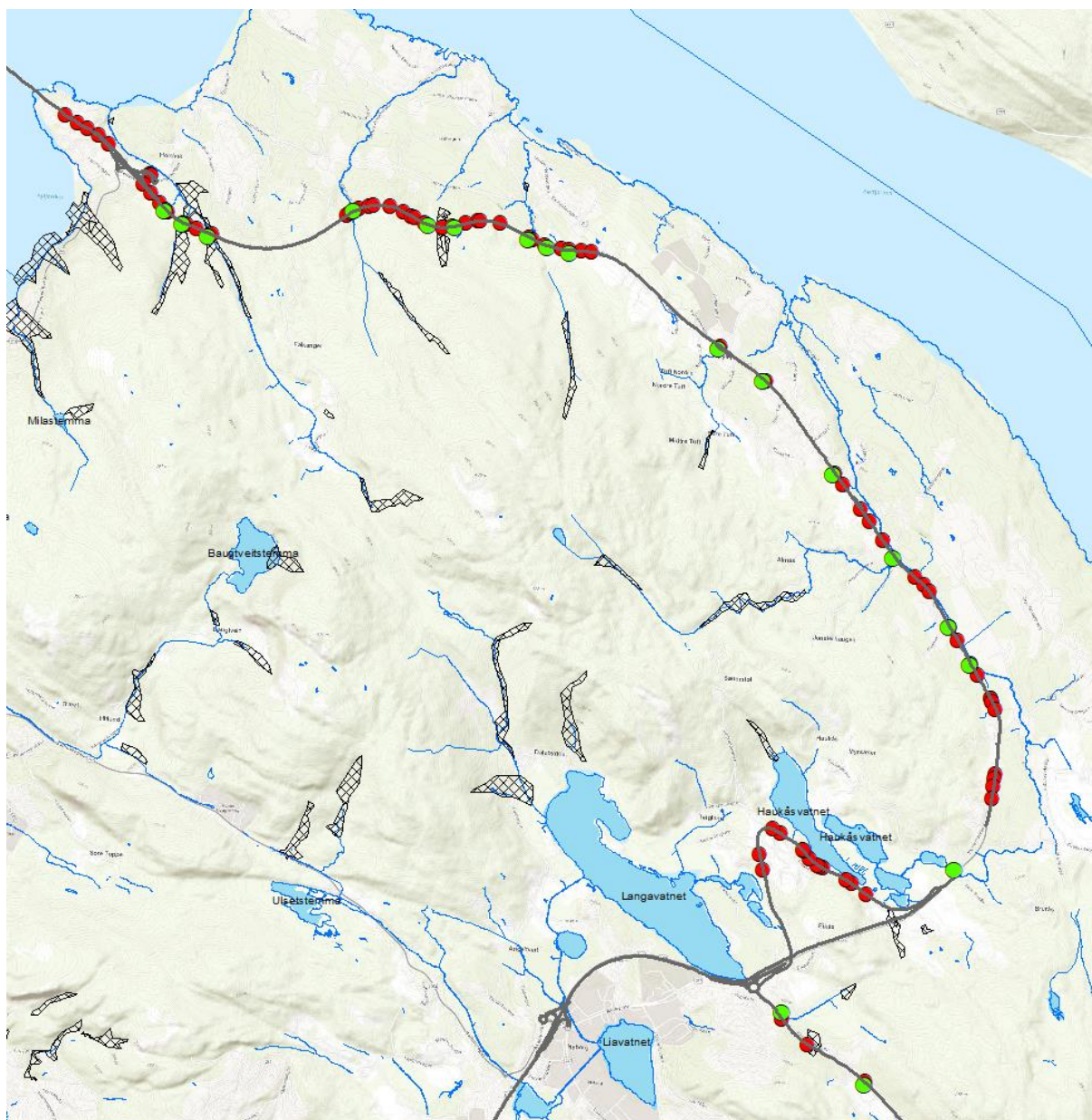
Dagens E39 går gjennom skog og flere bebygde områder. På strekningen krysser veien flere bekker/elver. Totalt har Statens vegvesen registrert 76 stikkrenner på strekningen og jord- og flomskred aktsomhetsområde (markert i Figur 3-2). Diameterne på stikkrennene (hentet fra Statens vegvesens kartløsning på nett) på delstrekningen er mellom 100 mm og 2000 mm (stikkrennen som ligger ved kryssing av Tellevikelva). Lengde på stikkrennene er mellom 6 m og 40 m. E39 krysser sørenden av Kråvatnet med en bru som er ca. 17 m lang. Feltet til Kråvatnet er nabofelt med Langavatnet mot øst. Feltet til Kråvatnet er på 1,5 km².

Tabell 3-2: Kryssing alternativ Null. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

Alt.	Beskrivelse	Diameter (mm)	Feltareal (km ²)	Q_{200} (m ³ /s)	$Q_{dim,200}$ (m ³ /s)	Min. diameter (mm)
Null	-	300	0,04	0,7	1,2	1200
Null	Tellevikelva	2000	1,26	7,0	11,7	3000
Null		800	0,32	2,1	3,5	1800

Vi har utført en kartlegging av feltene og flomberegning for hovedstikkrennene. Resultatene er vist i Tabell 3-2 og viser at de eksisterende rørene ikke har kapasitet til å avlede dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ med dagens krav som skal ta hensyn til tilstopping (se avsnitt 2.3). Ved dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ vil dermed en god del av vannet ikke renne i de lukkede bekkene, men på overflaten over terrenget.

I dag krysser E39 langs sørsiden av Langavatnet. Langavatnet har sitt utløp i vestre del av vannet. Feltet til Langavatnet er 4,6 km² Utløpet renner åpent til det krysser i kulvert under E39. Området rundt Langavatnet er ganske flatt med jordbruksområder. Ved flom i Langavatn-vassdraget, vil vannstanden i Langavatnet og nedstrøms i kanalen øke. Kulverten under E39 ligger 1 m lavere enn normalvannstand i Langavatnet. Det er sannsynlig at kulverten under E39 kan begrense kapasiteten ut av utløpet og føre til høyere vannstand i Langavatnet. Langavatnet er uregulert og det finnes fra før av ikke flomberegning og flomsonekart ved Langavatnet. Flomberegning og flomsonekart for Langavatnet er utarbeidet i avsnitt 3.4.

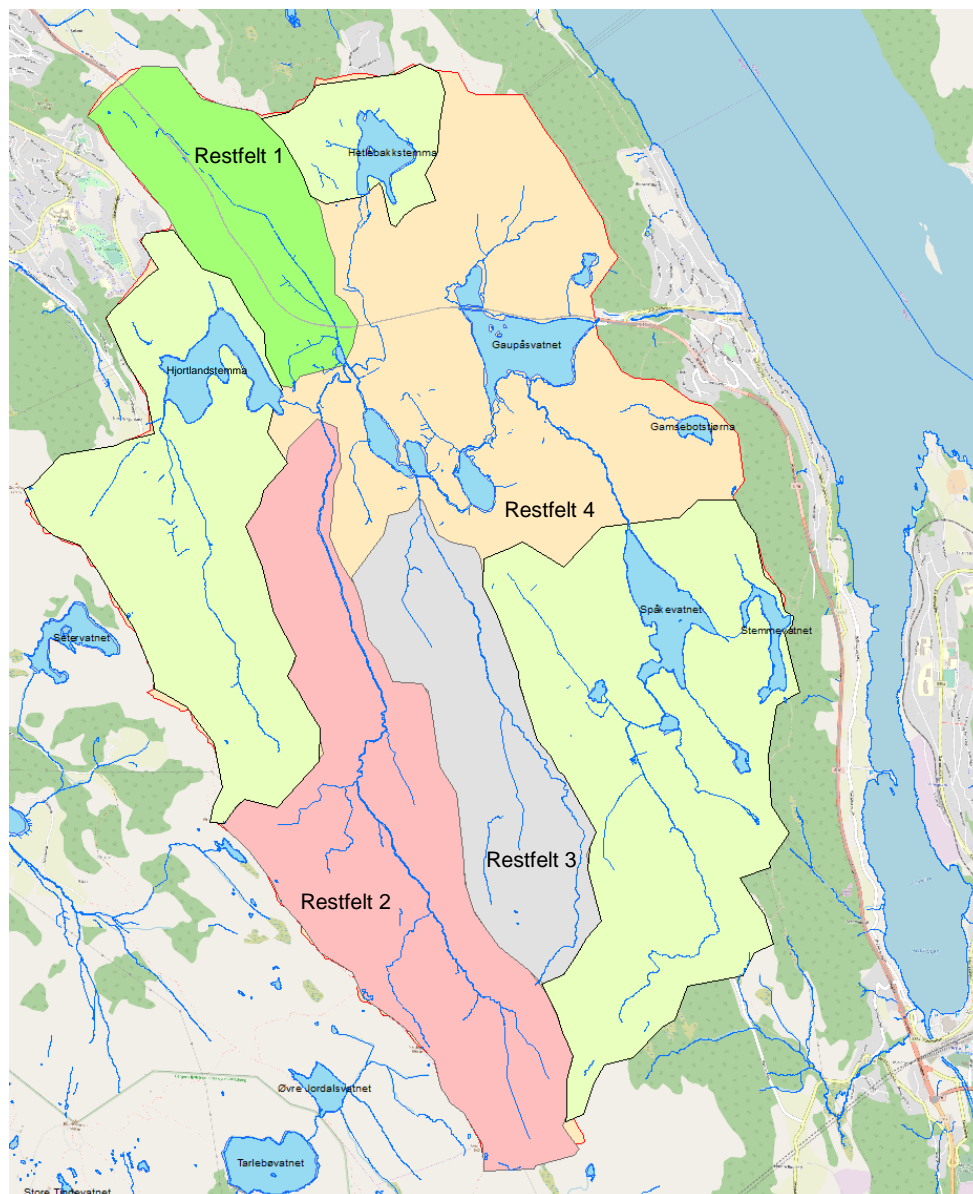


Figur 3-2: Beliggenhet E39 - dagens situasjon. Røde punkter viser alle kulverter registrert i Vegkart. Grønne punkt viser vurdert kryssing. Svartskravert områder viser jord- og flomskred aktsomhetsområde.

3.3 Flomberegning og flomsonekart i Gaupåsvassdraget

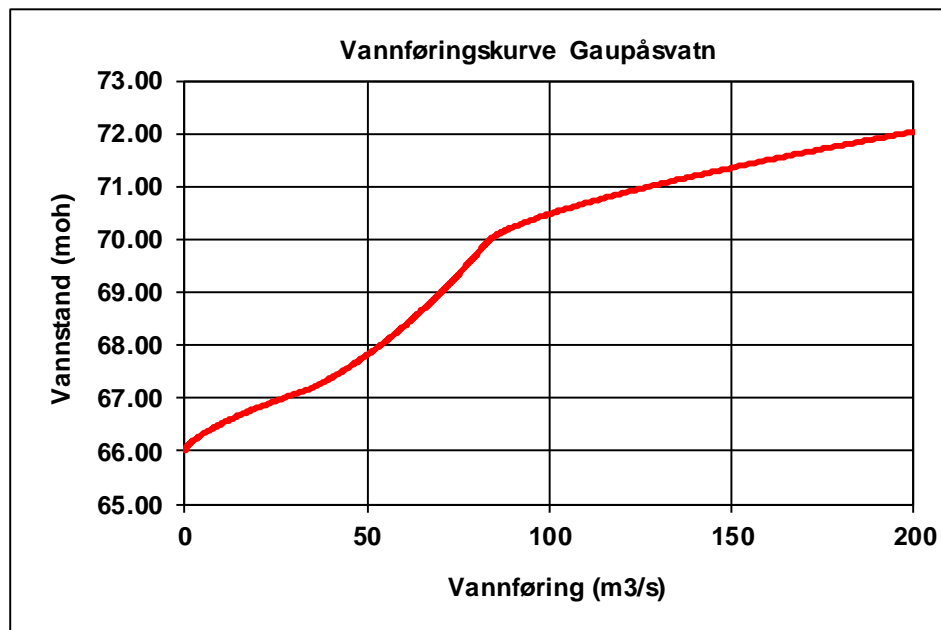
3.3.1 Damanlegg

Gaupåsvatnet er inntaksmagasin til Arna vannkraft fra BKK (Bjørn Batalden VTA). Figur 3-3 viser Gaupåsvassdraget med de forskjellige delfeltene.



Figur 3-3: Gaupåsvassdraget med de forskjellige regulerte og uregulerte delfelt.

Utløpet av Gaupåsvatnet består av en sprengt tunnel i fjellet. Inne i tunnelen er det plassert en terskel som sørger for at vannstanden i Gaupåsvatnet ikke synker for mye. Terskelen har topp på kote 65,74 med lengde 15 m. Gjennomsnittlig høyde opp til taket i tunnelen er 1,2 m. C-faktor ble anslått til 1,8. Ved kote 70 vil vann i tillegg begynne å renne over veien ved Gaupåsvatnet (Gaupåsvegen mot sør og E16 mot nord). Ut fra disse forutsetningene er det laget en kapasitetskurve for Gaupåsvatnet, som er vist i Figur 3-4.

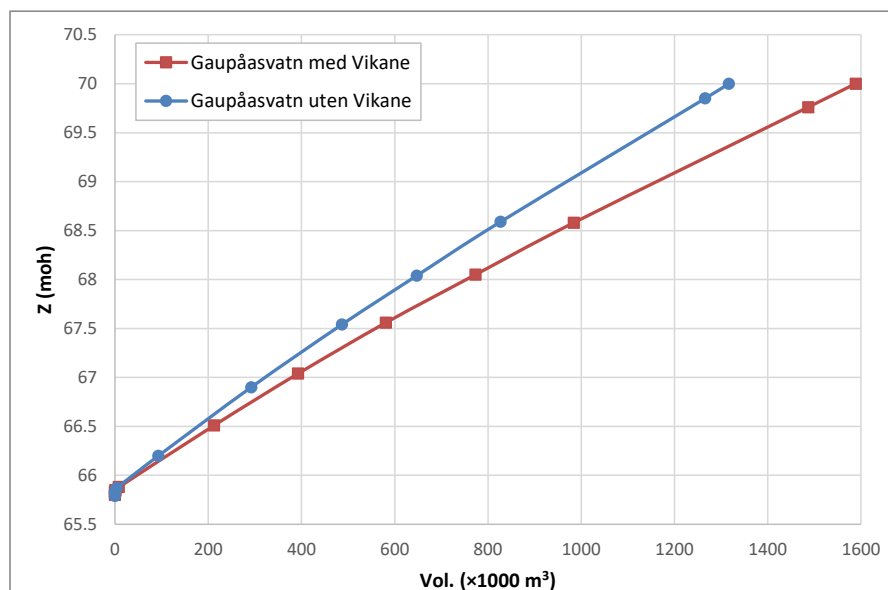


Figur 3-4: Kapasitetskurve for Gaupåsvatnet

Magasinet er delt i to: Gaupåsvatnet og Vikane som ligger nord for Gaupåsvatnet. De to delene er koblet til hverandre via bru for E39. NVE Atlas gir magasinareal på 0,2771 km² ved 65 moh. (NN54). Fra kart/terrengmodell (NN2000) har vi beregnet:

- et areal (som inneholder Vikane) på 0,32 km² ved høyeste regulerte vannstand (HRV),
- et areal på litt over 0,26 km² for selve Gaupåsvatnet.

Det finnes dybdeedata for Gaupåsvatnet på nettsiden <http://www.dybdekart.no/Map/View/5>. Magasinkurven over HRV kan beregnes fra terrengmodell ved hjelp av verktøy i Hec-Ras (Figur 3-5).



Figur 3-5: Magasinkurve for Gaupåsvatnet med og uten Vikane

3.3.2 Hydrologi

Flomberegning for Gaupåsvatnet er basert på den tidligere flomberegningen utført av Norconsult i 2014 for de tre dammene oppstrøms Gaupåsvannet (Hetlebakkstemmen, Hjortlandstemmen og Spåkevatnet) i Gaupåsvassdraget.

Hovedresultatene fra flomberegningen er følgende:

- Flomsesongen er årsflom.
- Det ble utført multiple regresjonsanalyser mot middelflommen Q_M . Beste korrelasjon ble mot parameterne feltareal A og normalavrenning Q_N . Ligningen for å beregne middelflom er $Q_M = 347 \cdot 1,513 \times A + 6,85 \times Q_N$.
- Resultatet tilsvarer et døgnmiddel i tilløpsflommen ved Q_{1000} på 2300 l/s/km².
- Forholdstall mellom Q_{1000} og Q_M er beregnet fra flomfrekvensanalyse til 2,59 (årsflom).
- Resultatet tilsvarer et døgnmiddel i tilløpsflommen ved Q_M på ca. 885 l/s/km²
- Forholdet mellom momentanflom og døgnflom for feltene til Hetlebakkstemmen, Hjortlandstemmen og Spåkevatnet er hhv. 2,2, 2,2 og 1,9.

For å beregne 200-årsflom ved Gaupåsvatnet er det brukt flomberegning utført i 2014 for de tre dammene oppstrøms Gaupåsvatnet og flomberegning for det uregulerte restfeltet til Gaupåsvatnet. Det uregulerte restfeltet er beregnet til 12,4 km² og totalt nedbørfeltareal til Gaupåsvatnet er 20,8 km².

For de regulerte feltene Hetlebakkstemmen, Hjortlandstemmen og Spåkevatnet er tilløpsflommen til magasinene rutet gjennom magasinene og avløpsflommen beregnet. Flomforløpet er hentet fra godkjent flomberegning og nedskalert med $Q_{200}/Q_{1000} = 0,97$ ($Q_{1000}/Q_M = 2,59$ [1] og $Q_{200}/Q_M = 2,5$ beregnet med vekstkurven [2]). Tabell 3-3 viser maksimal verdi for avløpsflommene.

Det gjøres oppmerksom på at i forbindelse med ombygging av Hetebakkstemmen, er flomberegningen revidert for denne dammen i 2017. Tilløpsflom for 200-årsflom er derfor rutet gjennom magasinet med tanke på nytt fast overløp med lengde på 3 meter og HRV satt til 119,8 moh. [9].

Restfeltet er delt i 4 delfelt (se Figur 3-3) for å ta hensyn til flomdemping i flere innsjøer (Kolhusvatnet, Kålsasvatnet, Beitelsvatnet) langs vassdraget. Flomforløpet for restfeltene er basert på flomfrekvensanalyser for varigheter 1-3 døgn for vannmerke 55.5 Dyralsvatnet [1]. Forholdet mellom momentanflom og døgnflom er beregnet etter formelverket i retningslinjene for totalfeltet til Gaupåsvatnet, redusert for de tre oppstrøms magasinarealene ($Q_{mom}/Q_{døgn} = 1,6$). Tilløpsflommen til hvert restfelt er videre beregnet ut fra flomforløpet for totalfeltet med arealskalering.

Tabell 3-3 gir feltegenskapene til de forskjellige feltene og 200-årsflom beregnet for hver delfelt.

Tabell 3-3: Feltegenskaper til delfeltene i Gaupåsvassdraget og maks verdi for 200-årsflom.

Delfelt	HRV	A (km ²)	Q_N (l/s/km ²)	A_{SE} (%)	Q_{200} (m ³ /s)
Hetlebakkstemmen (nytt overløp)	119,8	0,7	79,2	0,001	1,83
Hjortlandstemmen	109,50	3,2	76,5	0,001	9,63
Spåkevatnet	116,10	4,5	81,4	0,5	18,11
Totalfelt til Gaupåsvatnet (Totalfelt hvorav 0,28 km ² er magasinareale)	66,0	20,8	82,60	1,7*	55,8
Restfelt 1 (Blindheimsvegen) til Kolhusvatnet	/	1,8	Ca. 75	/	4,8
Restfelt 2 (Ytre Arnaelva, ved Bustevollen) til Kalsåvatnet	/	4	100,4	/	10,7
Restfelt 3 (Ristangen) til nedre Kalsåvatnet	/	2,1	89,7	/	5,6
Restfelt 4 til Gaupåsvatnet	/	4,2	Ca. 80	/	12,1

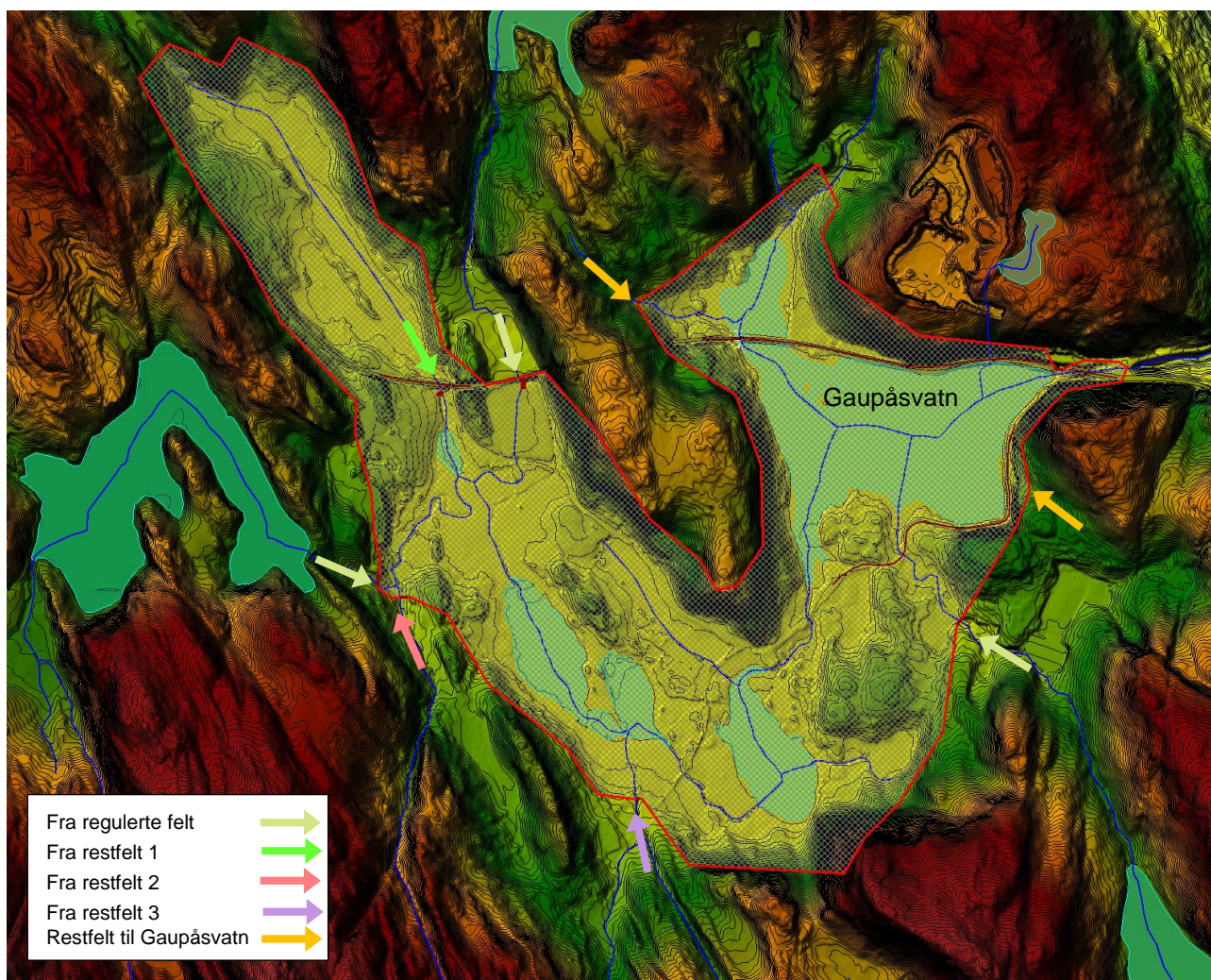
*Ase til Gaupåsvatnet er redusert for de tre oppstrøms magasinarealene.

3.3.3 Hydraulisk beregning – oppstrøms Gaupåsvatnet

Den hydrauliske beregningen er utført ved hjelp av programmet HEC-RAS 5.0.7 fra US Corps of Engineers. Det er brukt en to-dimensjonal hydrodynamisk simulering. I en 2D-modell er vassdraget representert med et grid over terrenngmodellen. I beregningen er det antatt at terrenget ikke endrer form pga. erosjon, utglidninger eller lignende. Det er brukt celler på 5x5m. Beregningsgridet er tilpasset til kritiske strukturer som kan påvirke vannstand (for eksempel, veifyllinger som krysser flomsletter) ved hjelp av såkalte «breaklines». Modellen beregner vannstand med løsning av «full momentum equation». Tidsoppløsning Δt velges slik at Courant-Friedrichs-Lewy vilkåret er oppfylt ($C=V \times \Delta t / \Delta x < 1$, hvor V er vannhastighet og Δx er cellestørrelse) og modellen er stabil.

Terrenngmodellen er basert på laserdata (LIDAR) hentet fra høydedata.no. med 0,25 m oppløsning (Prosjekt Bergen 5 pkt 2018). Laserskanningen ble utført i 2015. Kotehøyder refererer seg til NN2000-høyder. Terrenget er bearbeidet på flere steder slik at det er mulig for vann å renne gjennom bruer og for å få riktig bunnivå ved utløpet av Gaupåsvatnet:

- under E16/Arnavegen ved bru Gaupås II (mellom Gaupåsvatnet og Vikane)
- under E16 ved kryssing med Blindheimsvegen
- ved utløpet av Gaupåsvatnet hvor bunnivå er senket til 64,5 moh. (ca. 1,5 m under terskeltoppen).



Figur 3-6: Hec-Ras modell brukt i flomberegning for Gaupåsvatnet.

Friksjonforholdene på modellert strekning er bestemt av Mannings ruhetstall. Mannings ruhetstall M for beregningsstrekningen er satt opp med utgangspunkt i arealtypekart fra kartverket, og vurdert mot verdier beskrevet i litteraturen [10]. Benyttede M tall for ulike flater er gjengitt i Tabell 3-4.

Tabell 3-4: Mannings tall *)

Flatetype	n	M=1/n
Elveløp	0.040	25
Flomslette, myr	0.050	20
Flomslette, snaufjell/åpne områder/fastmark	0.050	20
Flomslette, skog	0.100	10
Flomslette, jordbruk/beite el. tilsvarende	0.035	29
Flomslette, gårdsplasser/åpne områder ved bebyggelse	0.020	50
Flomslette, veger	0.020	50

*) Mannings tall sier noe om ruhet eller friksjon for vannstrøm i grøfter, kulverter, kanaler og elve- og bekkeløp. Et høyere Mannings tall gir mindre friksjon

Tilløpsflommer vist i Tabell 3-3 legges til grunn som oppstrøms grensebetingelse i den hydrauliske modellen. Kapasitetskurven ved utløpet fra Gaupåsvatnet (Figur 3-4) legges til grunn som nedstrøms grensebetingelse i den hydrauliske modellen. Det er ikke tatt hensyn til kapasiteten til Arna kraftstasjon (maks slukevene 4,1 m³/s) i beregningen.

Initialsituasjonen er normalsituasjon. Normalvannstand defineres som vannstanden ved normalvannføring ved Gaupåsvatnet (82,6 l/s/km²). Normalvannstand er beregnet til 66,16 moh.

3.3.4 Hydraulisk beregning – nedstrøms Gaupåsvatnet

Det er satt opp en 1D-modell fra Gaupåsvatnet ut til Sørfjorden. I en 1D-modell er vassdraget representert med tverrsnitt. Den modellerte strekning er ca. 0,9 km lang og går gjennom Ytre Arna sentrum. Strekingen er bratt og går i et dypt og trangt gjel ned til fjorden. Mellom Gaupåsvatnet og fjorden går elva i kulvert under to gamle industribygninger. Elva krysses av FV 238 i Ytre Arna sentrum.

Avløpsflom $Q_{dim,200}$ beregnet fra 2D-modellen for Gaupåsvatnet legges til grunn som oppstrøms grensebetingelse i 1D-modellen. Som nedstrøms grensebetingelse er det benyttet vannstand i fjorden lik kote 1,0 (stormflo med 1-års gjentaksintervall).

3.3.5 Resultater

Resultater av flomberegning for Gaupåsvatnet for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ er vist i Tabell 3-5. Utbredelsen av flomsoner for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ er vist i Figur 3-7.

Tabell 3-5: Resultater for Gaupåsvatnet beregnet ved hjelp av Hec-Ras. Dagens situasjon

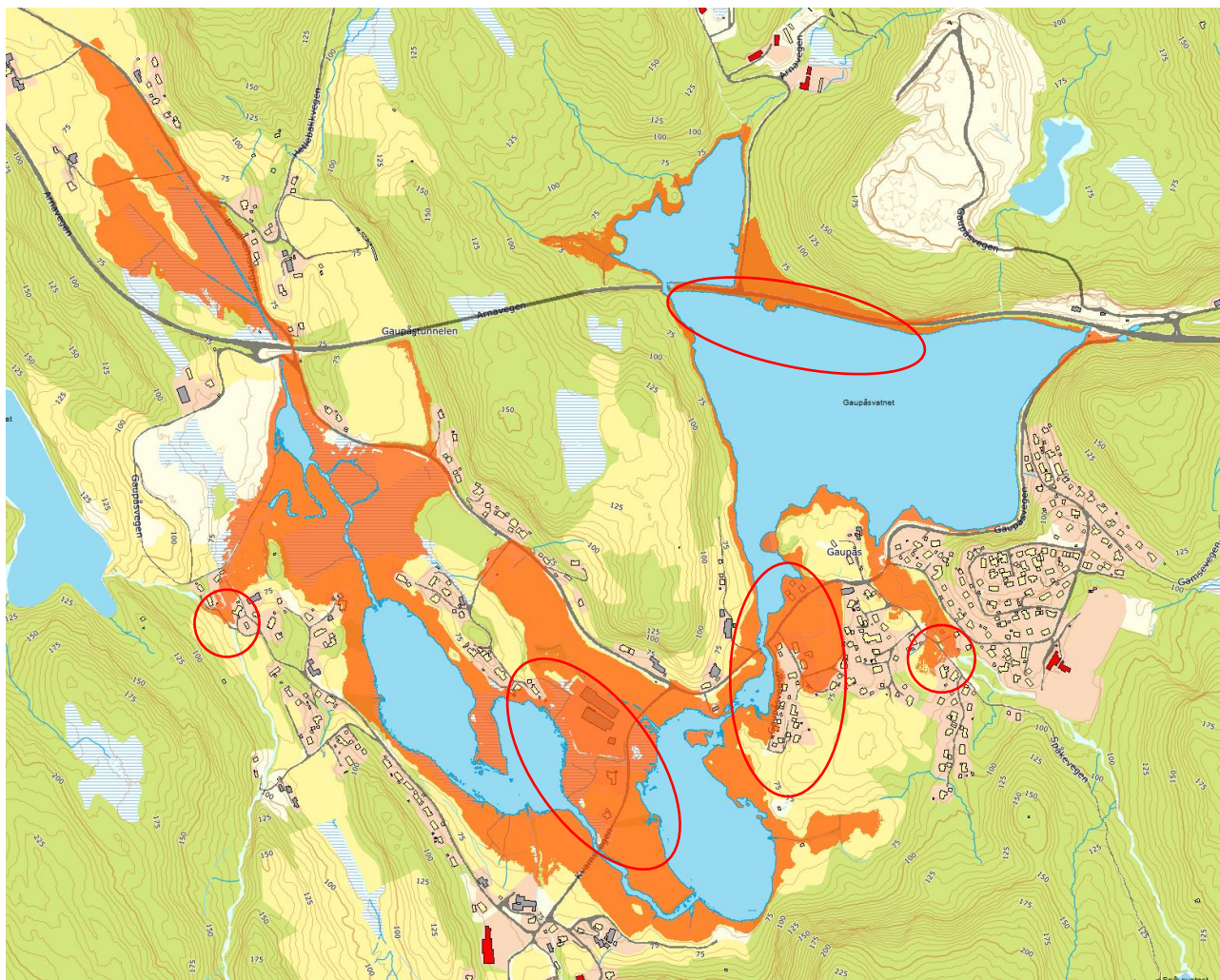
Flom	HRV (moh)	Tilløp* (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)	Vannstand utløpet (moh)	Vannstand Gaupåsvatnet
$Q_{dim,200}$	66,0	102,9	72,0	68,20	68,48

*Beregnet fra NIFS for totalfelt med redusert Ase for Gaupåsvatnet

Flere bygninger og infrastruktur er berørt med dagens situasjon.

- E16 mot nordsiden av Gaupåsvatnet. Der er laveste kote ca. 67 moh.
- 5 eneboliger ved innløpet til Gaupåsvatnet
- 3 boliger og to industribygninger mellom Kalsåvatnet og Beitelvatnet
- 1 enebolig langs strekningen fra Spåkevatnet
- 1 enebolig langs strekningen fra Bustevollen
- 15 garasjer
- Lokalveier Gaupåsvegen, Kvamsvegen, Blindheimsvegen

- 2 industribygninger langs strekningen nedstrøms Gaupåsvatnet pga. begrenset kulvertskapasitet.

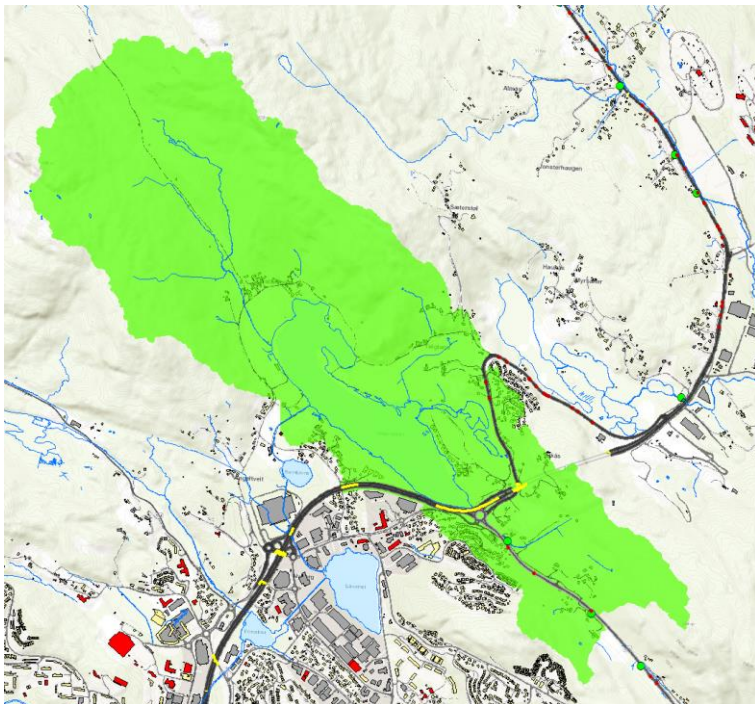


Figur 3-7: Flomsonekart for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ i Gaupåsvassdraget dagens situasjon. Berørte bygninger og jordbruksområder er markert med rød sirkel.

3.4 Flomberegning og flomsonekart ved Langavatnet

3.4.1 Bakgrunn

Figur 3-8 viser feltet til Langavatnet. Feltet til Langavatnet er 4,6 km². Feltet er uregulert. For flomberegningen har vi delt feltet i to: Et delfelt som ligger sør for E39 og et delfelt som ligger nord for E39. Nedbørfeltet til Langavatnet mot sør er usikkert fordi området er flatt og det er mange kryssinger /kanaler.



Figur 3-8: Felt til Langavatnet. Feltet består av et delfelt som ligger sør for E39 og et delfelt som ligger nord for E39.

Utløpet av Langavatnet er uregulert. Normalt ligger vannspeilet på ca. kote 88,0 og bunnen i øvre del av elven ved utløpet til Langavatnet ligger på kote 87,83. Fra Langavatnet sitt utløp renner vannet langs en 4 m bred kanal ned til Banntjørna. Der er det et fall på ca. 10 cm. Laveste punkt i utløpsprofilen til Banntjørna er kote 87,70. Elva renner videre til kulverten under motorveien E39 og bru under Fv578/Åsamyrane vei (se Figur 3-9). Vassdraget har svært lite fall gjennom Langavatnet og kulverten under E39. Elveløpet mellom utløpet og kulverten er ca. 1100 m langt og med et fall på omtrent 40 cm. Elvebunn ved kulverten under E39 ligger på kote 87,30. Liavatnet har et flomløp på 87,25 moh., og det er et fall på 0,75 m fra Langavatnet til Liavatnet. Avløpskapasiteten ut fra Liavatnet er stor, slik at dette trolig ikke vil påvirke elva oppstrøms [11].



Figur 3-9: Vannvei nedstrøms Langavatnet. Fra Langavatnet sitt utløp renner vannet langs en 4 m bred kanal ned til Banntjørna. Elva renner videre til kulverten under motorveien E39 og bru under Fv578/Åsamyrane vei.

Kulverten under motorveien ble ombygget i forbindelse med bygging av nytt IKEA varehus i Åsane. Kulverten er ca. 180 m lang med dimensjoner 6 m x 2 m (B x H oppmålt på befaring). Elvebunn ved brua ligger på kote ca. 87,20. Figur 3-10 viser innløpet av kulverten ved rundkjøring Åsaneveien og Figur 3-11 viser lysåpningen til brua på Fv578 (B=5 m x H=2 m). Kulvertskapasiteten er ikke kjent, men ifølge [11] ble kulverten ombygget slik at kapasiteten ikke er begrenset og at vann ikke stuves oppover i vassdraget ved 200-årsflom lik 15 m³/s. Vårt estimat av dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ for dimensjonering av kulvert under E16/E39 er ca. 12 m³/s (se Tabell 3-7), slik at kulverten har tilstrekkelig kapasitet.



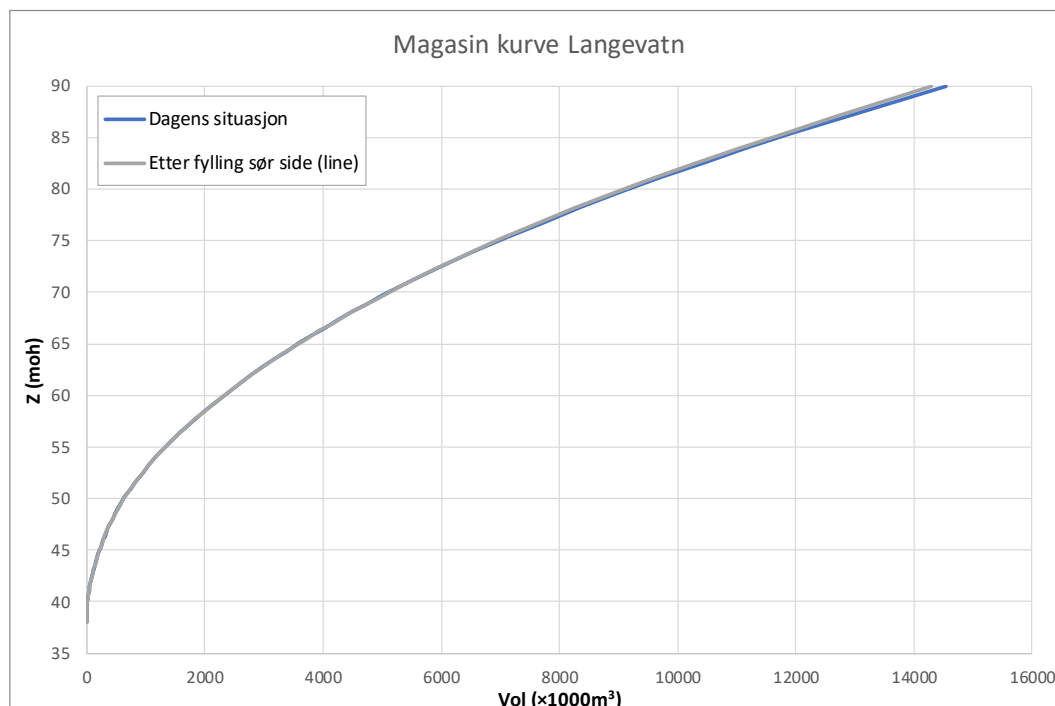
Figur 3-10: Innløpet til kulvert under E39 ved rundkjøring Åsaneveien



Figur 3-11: Bru under Fv578 ved Coop på Åsamyrane. Bruen er 5 m bred med lysåpning på ca. 10 m².

3.4.2 Magasinkurve

I henhold til NVE Atlas har Langavatnet areal på 0,42 km² ved kote 90 moh. (NN54). Magasinkurven over normalvannstand for dagens situasjon kan beregnes fra terrengmodell ved hjelp av verktøy i Hec-Ras. Det også finnes dybdekart for Langavatnet. Magasinkurven er vist i Figur 3-12.



Figur 3-12: Magasinskurve Langavatnet for dagens situasjon og etter utfylling av sørsiden (se avsnitt 4.5).

3.4.3 Hydrologi - Flomberegning

Kulminasjonsverdi for 200-årsflom ved Langavatnet er beregnet med NIFS for totalfelt med redusert effektiv sjøprosent for Langavatnet ($Q_{200} = 19,7 \text{ m}^3/\text{s}$). Den effektive sjøprosenten er redusert pga. at tilløpsflommen Q_{200} er rutet gjennom Langavatnet i den hydrauliske modellen. Q_{200} for Langavatnet inkludert Banntjørn ble beregnet til $15 \text{ m}^3/\text{s}$ i 2006 [11]. Beregning ble da basert på flomfrekvensanalyse.

Flommens varighet er vurdert ut fra kritisk varighet for Langavatnet og lokalfeltets konsentrasjonstid. Total varighet av tilløpsflommen settes til 72 timer og flomforløpet er basert på flomfrekvensanalyser for varigheter 1-3 døgn for vannmerke 55.5 Dyrdalsvatnet [1]. Forholdet mellom momentanflom og døgnflom er beregnet etter formelverket i retningslinjene for feltet til Langavatnet redusert for selve Langavatnet ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}=2,1$).

Tabell 3-6 gir feltegenskapene for feltet til Langavatnet og beregnet 200-årsflom.

Tabell 3-6: Feltegenskaper til feltet til Langavatnet og maks verdi for 200-årsflom

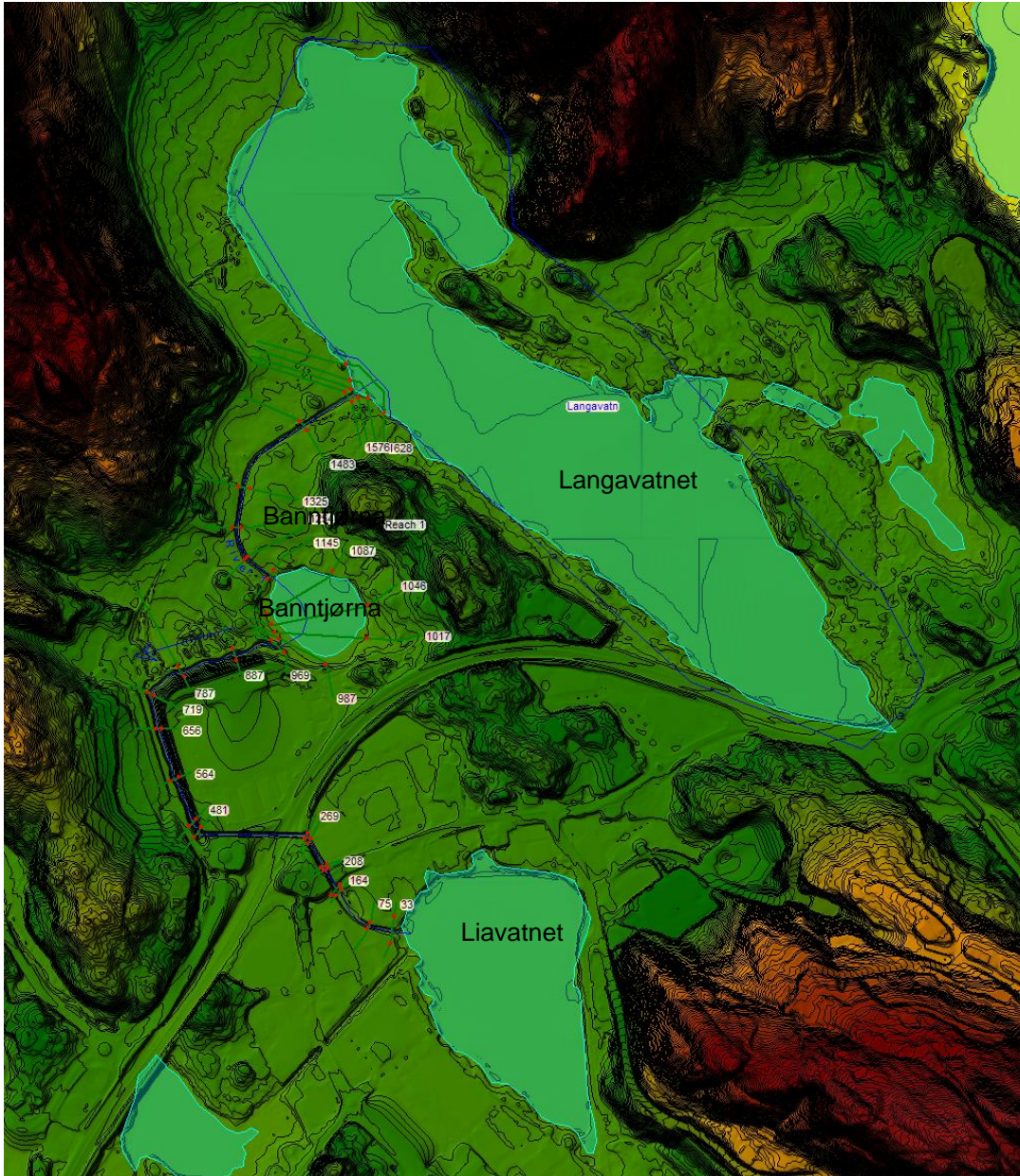
Delfelt	HRV	A (km ²)	Q_N (l/s/km ²)	A_{SE}^* (%)	L_f (km)	Q_{200} (m ³ /s)
Langavatnet	/	4,6	78,5	0	2,3	19,7

*Ase for feltet til Langavatnet er redusert for selve Langavatnet

3.4.4 Hydraulisk beregning

Vannlinjeberegningen er utført ved hjelp av programmet HEC-RAS 5.0.7 fra US Corps of Engineers. Det er brukt en enn-dimensjonal hydrodynamisk simulering. I en 1D-modell er vassdraget representert med tverrsnitt. I beregningen er det antatt at terrenget ikke endrer form pga. erosjon, utglidninger eller lignende.

I 1D-modellen er Langavatnet modellert med magasinkurven fra Figur 3-12 (i modellen legges denne som et «storage area») og tverrprofiler er hentet direkte fra terrenngmodellen. Bunnivåene i profilene langs strekningen er endret manuelt slik at bunnkoter langs strekningen tilfredsstill oppmålingene [11].



Figur 3-13: Hec-Ras modell brukt i flomberegning for Langavatnet.

Terrengmodellen er basert på laserdata (LIDAR) hentet fra høydedata.no. med 0,25 m oppløsning (Prosjekt Bergen 5 pkt 2018). Laserskanningen ble utført i 2015. Kotehøyder refererer seg til NN2000-høyder. Terrenget er bearbeidet ved Langavatnet ved kulvert under motorveien E39 og bru under Fv578 slik at det er mulig for vann å renne gjennom infrastrukturen. Kartgrunnlaget (FKB) er datert 2019.

Benyttede Mannings tall for ulike flater er gjengitt i Tabell 3-4.

Tilløpsflommer $Q_{dim,200}$ basert på Q_{200} vist i Tabell 3-6 legges til grunn som oppstrøms grensebetingelse i den hydrauliske modellen. Tilløpsflommen er beregnet for hele totalfeltet (4,6 km²). Normaldybde med helning 0,2% (Figur 3-13) legges til grunn som nedstrøms grensebetingelse i den hydrauliske modellen (oppstrøms Liavatnet).

Initialsituasjonen er normalsituasjonen. Normalvannstand defineres som vannstanden ved normalvannføring (360 l/s) ved Langavatnet (78,5 l/s/km²). Det er tidligere utført en vannlinjeberegning for normalvannføring [12]. Normalvannstand ble da beregnet til ca. 88,00 moh. ved Langavatnet, til 87,9 moh. ved Banttjørn, til 87,6 moh. ved innløpet av kulverten under motorveien, og til ca. 87,05 i Liavatnet.

3.4.5 Resultater

Resultater fra flomberegningen for Langavatnet for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ er vist i Tabell 3-7.

Tabell 3-7: Resultater for Langavatnet beregnet ved hjelp av Hec-Ras. Dagens situasjon

Flom	Tilløp* (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)	Vannstand utløpet (moh)	Vannstand Banntjørna (moh)	Vannstand kulvert E39 (moh)	Vannstand Bru Fv578 (moh)
$Q_{dim,200}$	33,1	11,9	90,03	89,65	89,36	89,12

*Beregnet fra NIFS for totalfelt med redusert Ase for Langavatnet

Vannstand ved kulverten under motorveien ligger på kote 89,36 og vannstand ved brua ligger på kote 89,12. Dette er omtrent på samme kote som topp av kulverten og underkant brudekke. Vi mener at oppstuvningen er ubetydelig i beregningen. Vannstand ved Langavatnet er beregnet til ca. 90,0 moh. Utbredelsen av flomsone for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ er vist i Figur 3-14.

Flere bygninger og jordbruksområder rundt Langavatnet er berørt med dagens situasjon. Disse er vist i Figur 3-14 med røde sirkler.

- 6 eneboliger (rundt Langavatnet og ved Banntjørna),
- 1 hytte ved Eikåsneset
- 12 garasjer
- 2 verkstedbygninger



Figur 3-14: Flomsonekart dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ i Langavatnet dagens situasjon. Berørte bygninger og jordbruksområder er markert med rød sirkel.

4 Vurdering av alternativer

I rapporten er det ikke vurdert fare for tilstopping og ras som kan påvirke kapasiteten til kulvertene og bruene. Konsekvenser av alternativene er vurdert i forhold til endringer mellom dagens situasjon og ny trasé, hovedsakelig i Gaupåsvassdraget og feltet til Langavatnet. Det er også vurdert antallet kulverter og bruer for hver alternativ.

Vegtraséene og vurderte kryssinger for de ulike alternativer er vist i vedlegg 7.

4.1 Antall kryssinger

Med tanke på flom så er alternativene med lengst tunnelinje / færrest krysningspunkt antageligvis best. Selv om dimensjoneringen gjøres med tanke på noe tilstopping, så vil det fortsatt være en viss risiko for at tilstoppingen blir større.

Nord-alternativ N1, N3A og N3B har en ca. 5 km lang tunnel under Vetten. Alternativet S3 har en ca. 6,3 km lang tunnel fra Arna som går under Gaupås til Blindheim. Alternativet S9 har en ca. 6,4 km lang tunnel fra Arna til en kort dagsone ved nordøstre del av Gaupåsvatnet.

Tabell 4-1 viser antall kryssinger for hver alternativ. Kombinasjoner med færrest krysningspunkt er S3-N1, S9-N3B. S5-N2 er kombinasjonen med flest krysningspunkt.

Bruer har mindre risiko for tilstopping enn kulverter.

Tabell 4-1: Antall kryssinger og lengde på daglinje ved de ulike alternativene.

Alt.	L totalt (m)	L daglinje (m)	Antall kryssinger	Antall bruer	Kommentar / vurdering
Null			34 ved E16 76 ved E39	2 (Gaupåsvatnet og sør fra Kråvatnet)	
S1A-N1	17380	6870	12	3 (Tangelandselva, Ytre Arna elva, Hjortandstemma)	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S1B-N1	17410	5600	11	3 (Tangelandselva, Ytre Arna elva, Hjortandstemma)	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S1A-N2	19240	12080	22	3 (Tangelandselva, Ytre Arna elva, Hjortandstemma)	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S1B-N2	19210	10750	21	3 (Tangelandselva, Ytre Arna elva, Hjortandstemma)	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S3-N1	16370	3970	8	0	Alt. med minste dagsone. Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S3-N2	18240	9830	18	0	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S5-N1	18050	9280	13	1 (Gaupåsvatnet)	Traseen krysser over Gaupåsvatnet
S5-N2	19900	12530	22	1 (Gaupåsvatnet)	Traseen krysser over Gaupåsvatnet
S6-N2	18920	12810	21	3 (Tangelandselva, Ytre Arna elva, Hjortandstemma)	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S6-N3	18460	9060	17	3 (Tangelandselva, Ytre Arna elva, Hjortandstemma)	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget
S9-N2	18530	8170	16	1 (Tangelandselva)	Veldig lik dagens situasjon. Traseen går over vestsiden av Vikane i Gaupåsvassdraget
S9-N3	18070	5490	11	1 (Tangelandselva)	Trasé med lite dagsone. Traseen går over vestsiden av Vikane i Gaupåsvassdraget.

S11-N2	18580	11020	17	1 (Gaupåsvatnet)	Traseen krysser over Gaupåsvatnet
S11-N3	18120	8760	13	1(Gaupåsvatnet)	Traseen krysser over Gaupåsvatnet
S11-N3B	18700	7370	12	2 (Tangelandselva, Gaupåsvatnet)	Traseen krysser over Gaupåsvatnet
S9-N3B	18250	4100	9	1 (Tangelandselva)	Alt. med lite dagsone. Traseen går over vestsiden av Vikane i Gaupåsvassdraget
S6-N3B	18750	5900	12	3 (Tangelandselva, Ytre Arna elva, Hjortandstemma)	Traseen treffer flomutbredelse ved Gaupåsvassdraget

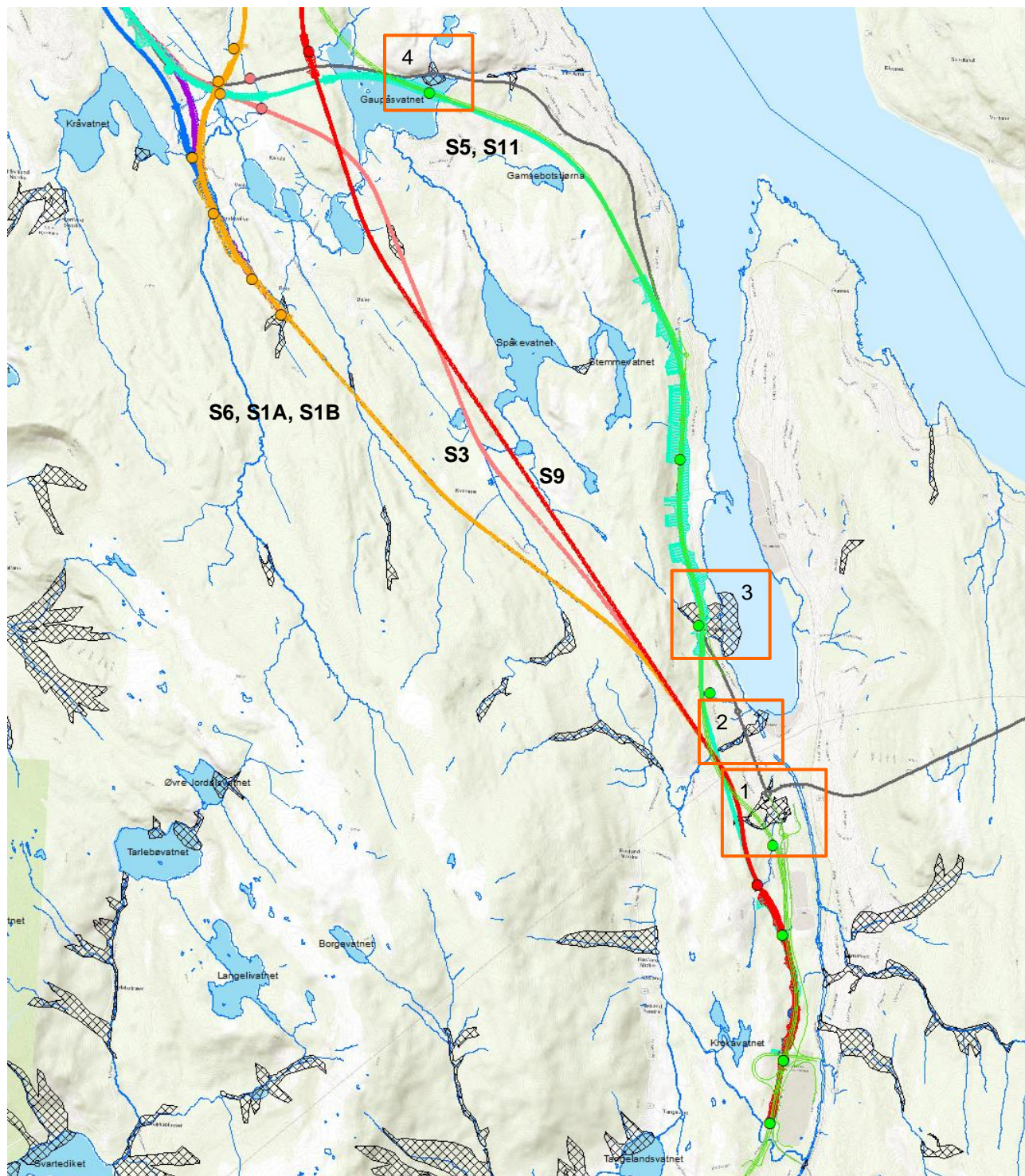
4.2 Flomskred

Figur 4-1, Figur 4-2 og Tabell 4-2 viser aktsomhetsområder med risiko for jord- og flomskred (Kilde NVA Atlas), samt de ulike alternativene. Nummerering i figurene henviser til tabell med nummerering av hvert enkelt jord- og flomskredområde. Jord- og flomskredområdene markert 1-2, 4-8 har svært lite eller lite areal i forhold til de andre områdene. Alternativer som har færrest kryssinger av jord- og flomskredområder, eller krysser de minste jord- og flomskredområdene er å foretrekke.

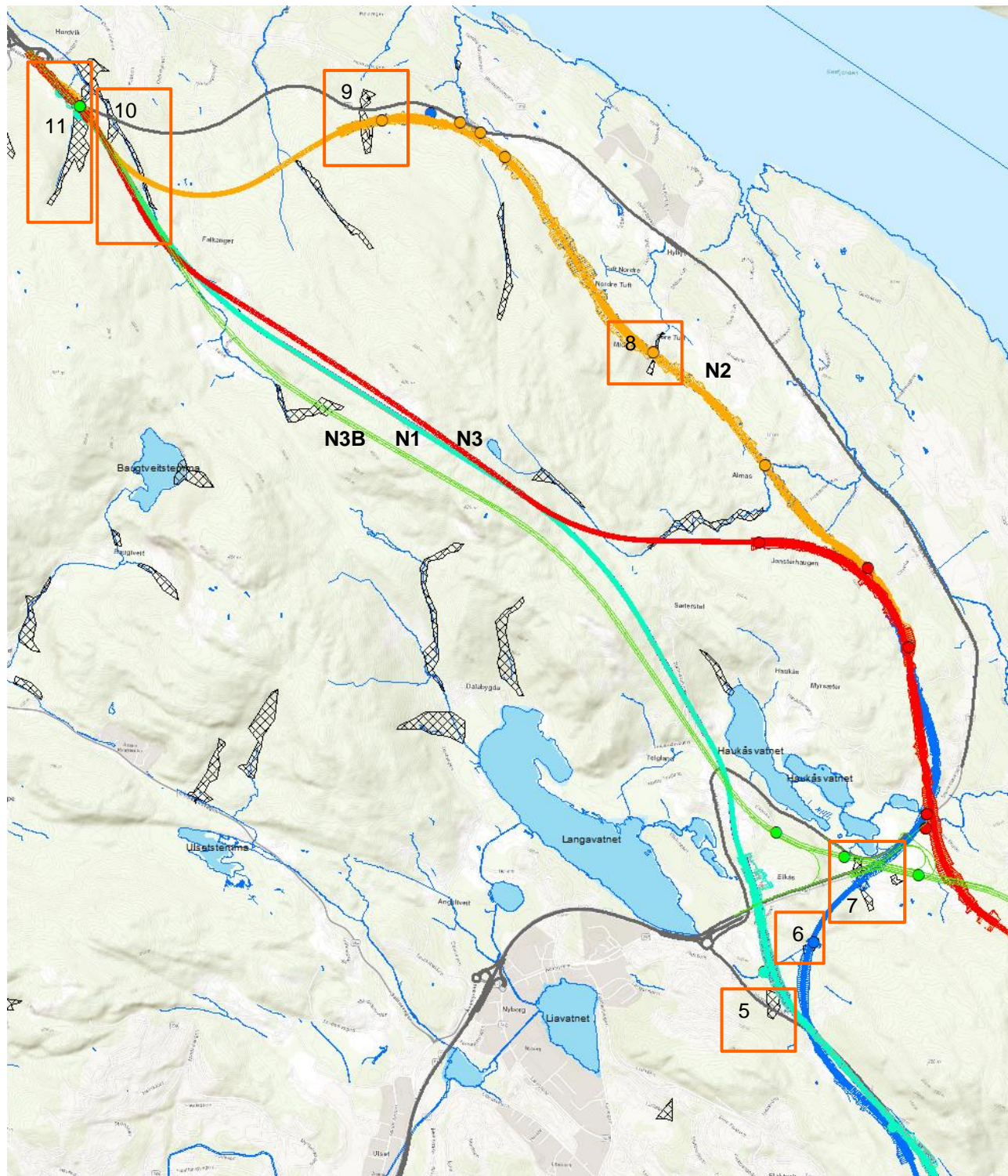
Det er vurdert at alternativene S5, S11 og N2 er det dårligste med tanke på jord- og flomskred

Tabell 4-2: Områder med risiko for jord- og flomskred (Kilde NVA Atlas)

Nr.	Områder	Alt	Beskrivelse
1	Bekk ved Hardangervegen	Null	Lite område
2	Bekk til fjorden	Null	Lite område
3	Bekk ved Arnavegen	Null, S5, S11	-
4	Gaupåsvatnet	Null, S5, S11	Lite område
5	Birkeland / Arnavegen	Null, N1	Lite område
6	Langebrunane	N2	Svært lite område
7	Stemhøyen	Null, N2, N3B	Lite område
8	Tuft	N2	Svært lite område
9	Setdalen	Null, N2	-
10	Tellevikelva	Null,	-
11	Solskiva	Null, N1, N2, N3, N3B	-



Figur 4-1: Oversikt over aktsomhetsområder for jord- og flomskred langs sør-delen av traséene.



Figur 4-2: Oversikt over aktsomhetsområder for jord- og flomskred langs nord-delen av traséene.

4.3 Vurdering der ny E16/E39 sammenfaller med dagens trasé

Eksisterende bekke- og elvekryssinger for eksisterende E16/E39 er vurdert å være underdimensjonert i forhold til en flom med 200-års gjentakintervall med klimapåslag og tilstopping. Begrenset kapasitet kan medføre økt flom og erosjonsfare for områder oppstrøms, samtidig som at underdimensjonering medfører økt risiko for at vann kan renne opp på veien og ta et nytt løp på nedstrøms side.

Der ny E16/E39 sammenfaller med dagens trasé, vil flomsituasjonen være bedre enn nullalternativet i områdene som ligger oppstrøms dagens stikkrenner og bruer.

På nedstrøms side er det vurdert om dagens vei har virket som en flombarriere, og dempet flommen nedstrøms. I et slikt tilfelle kan ny vei med større stikkrenner føre til at flommen passerer under veien uten dempning og øke flommen nedstrøms.

Vi vurderer at for dagens vei er det ikke mulighet for oppdemning av store nok volum vann på oppstrøms side av veien (hovedsakelig grunnet bratt terreng), slik at selv om det settes inn større stikkrenner/bruer så vil det ikke gi noen vesentlig økning i flomvannføringen nedstrøms ny vei. Vi vurderer også at eventuelle endringer i overflaten pga. ny vei (som gir tapt infiltrasjon og øking i avrenningsfaktor) vil ikke øke avrenningen nedstrøms i vesentlig grad.

Ved eksisterende E16 er det en stikkrenne oppstrøms Kolhusvatnet i Gaupåsvassdraget med diameter 200 mm. Her er det et større flatt område oppstrøms, slik at man kunne tenke seg at veien har dempet flommer nedstrøms. Det ligger imidlertid en veibru ved siden av stikkrennen som gjør det mulig for vannet å renne videre nedstrøms ved flom, slik at selv om det settes inn større stikkrenne så vil det ikke gi økning i flomvannføringen nedstrøms ny vei.

For alle sør-alternativ må det regnes med at ledningen ved kryssing av Tangelandselva ved Hardangervegen (Bru i fylling Tungeland II) i sørenden av traséen må graves opp, og at en ny og større ledning eller bru settes inn i stedet.

For alle nord - alternativ må det regnes med at ledningen ved Tellevik/Klauvaneset (Solskiva) i nordenden av traséen må graves opp, og at en ny og større ledning settes inn i stedet.

4.4 Vurdering med ny E16 over Gaupåsvatnet

4.4.1 Alternativer S5 og S11

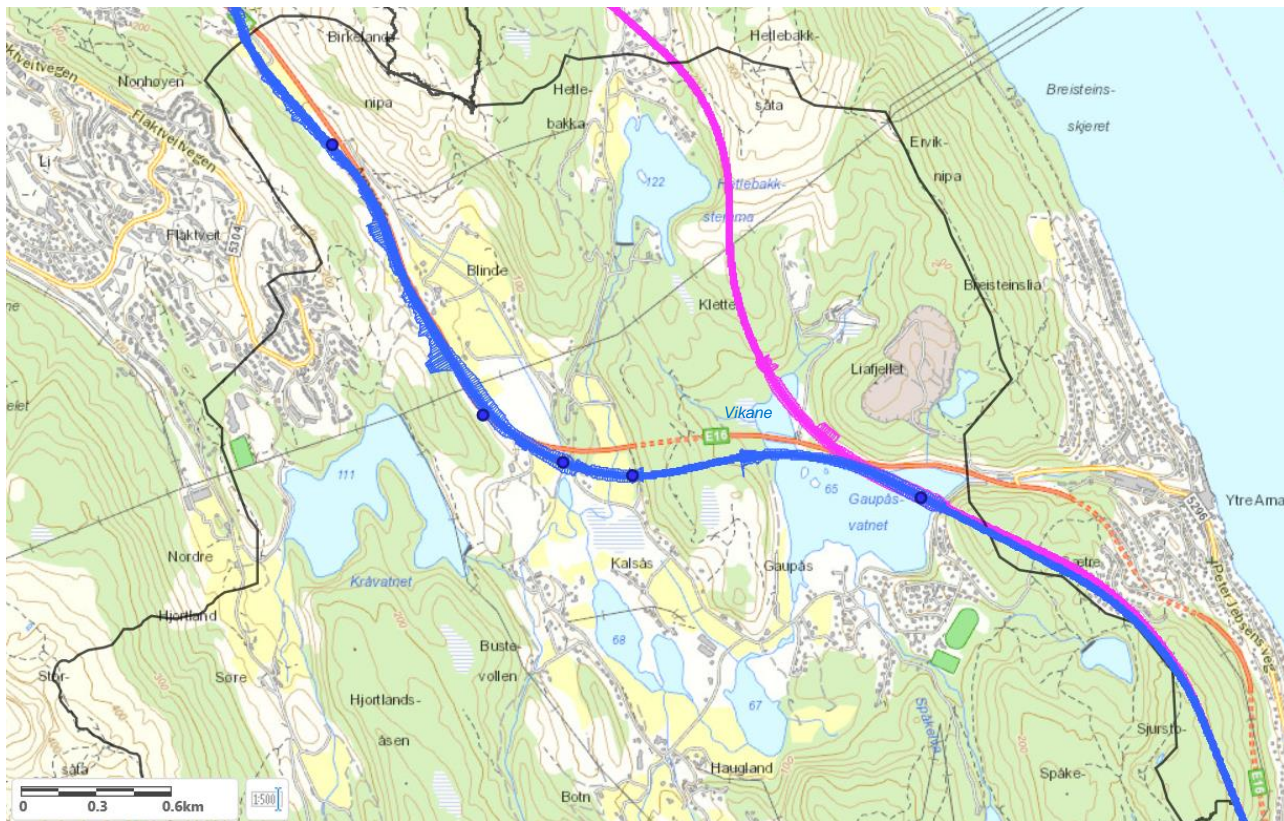
Alternativene S5 og S11 krysser over Gaupåsvatnet (se Figur 4-3 og Figur 4-4). For begge alternativer er det planlagt en bru med lengde ca. 300 m, bredde 2x13,5 m, og høyde ca. 10 m over vannspeilnivået i grunnkartet som er lik den høyeste regulerte vannstanden (HRV). I forbindelse med bygging av brua er det behov for utfylling av nordøstre del av vannet i tillegg til fylling pga. veien selv over Gaupåsvatnet.

Fylling av vannet er planlagt til kote 59,66 moh. som ligger 4 m under den laveste regulerte vannstanden (LRV). Endelig løsning for fylling ved Gaupåsvatnet er ikke bestemt ennå, men om fyllingen skjer kun under HRV, vil fyllingen ikke ha påvirkning på flomdempingen i vassdraget.

Fylling pga. motorveien for S5 og S11 slik det er vist på Figur 4-4 gir en liten reduksjon i magasinarealet på 5% (fra 0.32 km² ca. 0.303 km²) og 2% (fra 0.32 km² ca. 0.315 km²) for hhv. S5 og S11. Vi beregnet at med disse endringene vil vannstanden i Gaupåsvatnet øke med inntil 2 cm ved 200-årsflom.

4.4.2 Vurdering av om Vikane kan brukes som deponi

Det er videre undersøkt om det er mulighet for å fylle ut hele Vikane.



Figur 4-3: Kryssing over Gaupåsvatnet/Vikane for Alt. S5 og alt. S11.



Figur 4-4: Kryssing over Gaupåsvatnet/Vikane for Alt. S5 (til venstre) og alt. S11 (til høyre). Utfylling av nordøstre del av vannet til kote 59,66 er markert med gul linje. Fylling av hele Vikane er markert med rød linje.

For å vurdere endringer i vannstand ved Gaupåsvatnet er det utført en flomberegning av vannstand med tanke på:

- Fylling til kote 59.66
- Igjenfylling av Vikane og delen av Gaupåsvatnet mellom traseen S5 og dagens trasé (vist i rødt i på Figur 4-4).

Igjenfylling av Vikane gir en reduksjon i arealet på 18% (fra 0,32 km² til 0,26 km²) og reduksjon i volumet over HRV mellom 15 % og 17% (se Figur 3-5) i forhold til eksisterende situasjonen.

Vi beregner at med disse endringene vil vannstanden i Gaupåsvatnet øke med 6 cm og tilsvarende avløpsflom øke med 1,5 m³/s (ca. 2%) ved dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$. Resultater av flomberegning for Gaupåsvatnet for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ (m³/s) uten og med tiltak er vist i Tabell 4-3.

Tabell 4-3: Resultater for Gaupåsvatnet uten og med Vikane beregnet ved hjelp av Hec-Ras for $Q_{dim,200}$.

Alternativ	HRV (moh)	Tilløp* (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)	Vannstand utløpet (moh)	Vannstand Gaupåsvatnet
S5 uten Vikane	66,0	102,9	73,5	68,25	68,54
Nullalternativ	66,0	102,9	72,0	68,20	68,48

*Beregnet fra NIFS for totalfelt med redusert Ase for Gaupåsvatnet

Utbredelsen av flomsoner for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ (m³/s) hvis Vikane fylles igjen, vil være større enn ved nullalternativet (Figur 3-7). Vi vurderer at det vil ikke være mer infrastruktur/flere boliger som blir berørt ved en 200-årsflom om Vikane fylles igjen. Flomvannstanden stiger imidlertid i områdene med berørte bygninger. Den samme vannstandsstigningen får man ved mindre flommer. Det finnes et gjentakintervall for flom under 200 år, der bygningene innen flomsonen for 200-årsflom akkurat ikke blir berørt. I en slik situasjon vil utfyllingen medføre, selv med en relativt liten vannstandstigning, flomskader på bygningene. Utfyllingen kan slik, selv om den medfører liten vannstandsstigning, medføre at et bygg som ligger innenfor flomsonen for 200-årsflom f.eks. ikke blir berørt av flom hvert 100. år, men i stedet hvert 50. år. Utfylling av Vikane er dermed ikke akseptabelt, med mindre det gjøres tiltak for å kompensere for redusert flomdempning.

Det skal bemerkes at laveste kote på dagens E16 er 67,1 moh. Nivået på E16 i området der ny E16 kommer inn på dagens trasé ligger på kote ca. 67,7. Ved flom for alt. S5 er det derfor mulig at vann renner over dagens E16 til Vikane ved vannstander i Gaupåsvatnet større enn 67,7 moh. I dette tilfellet, vil demping av flommen være større og maksimal vannstand vil være noe lavere enn 68,25 moh. Pga. miljø, og for å forbedre gjennomstrømmingen i Gaupåsvatnet, skal det vurderes om det er ønskelig at vann renner bak den planlagt veien for Alt S5.

4.4.3 Mulig tiltak for å begrense flomfare

Et mulig tiltak ved utfylling vil være å redusere nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet. Dette vil medføre varig senket vannstand, og økt flomvannføring nedstrøms (som må sjekkes om er akseptabelt). Modellene viser at å senke nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet med 5 cm vil redusere vannstanden i Gaupåsvatnet med 10 cm ved $Q_{dim,200}$. Senkning av utløpsterskelen vil øke flomvannføringen nedstrøms med ca. 2% ift. dagens situasjon. Økingen i vannføring i elva ned til Ytre Arna betyr at de to industribygningene ved Ytre Arna vil bli berørt oftere av flom i fremtiden enn i dagens situasjon. Det må sjekkes om dette er akseptabelt gitt at de to store industribygningene som blir berørt nedstrøms Gaupåsvatnet, virker å stå delvis tomme, men med noen bedrifter i aktivitet i deler av byggene.

Dersom det ikke er akseptabelt å øke flomvannføringen nedstrøms Gaupåsvatnet, må det gjøres tiltak. Et mulig tiltak er å øke kapasiteten til kulvertene under de flomutsatte industribyggene i Ytre Arna. Kulvertene bør dimensjoneres for en maksimal vannføring på ca. 75 m³/s (se Tabell 4-3). Dette vil forbedre flomsituasjonene i Ytre Arnaelva.

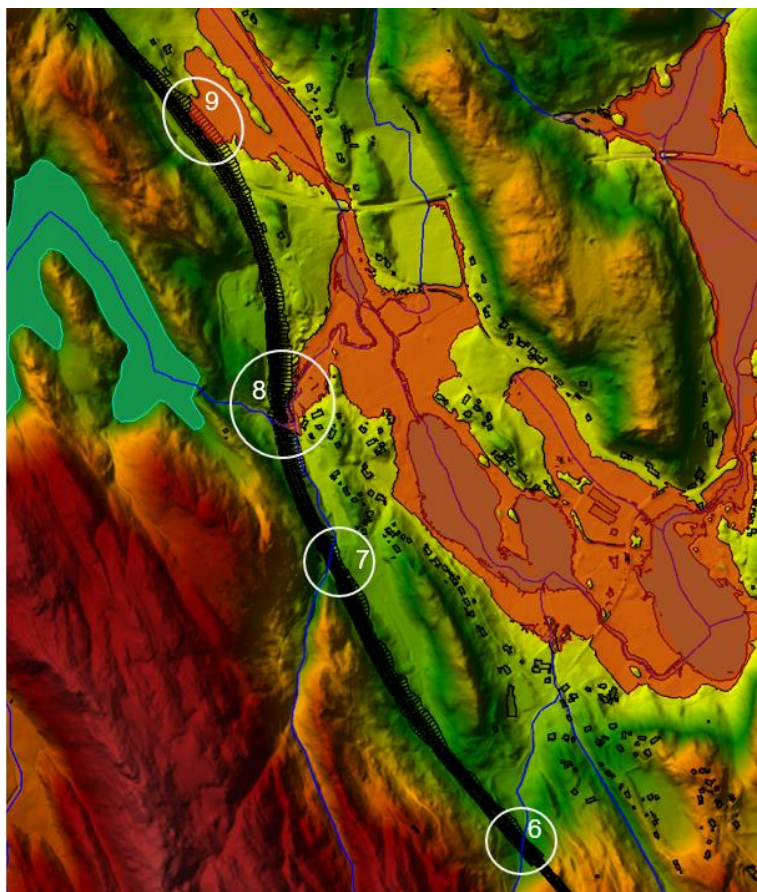
Det bør sjekkes med Arna kraftverk om muligheten å bruke den eksisterende tunnelen til Arna kraftstasjon (maksimum slukeveve 4,1 m³/s) som bypass for å redusere vannstanden i Gaupåsvatnet og vannføringen i Ytre Arnaelva.

4.5 Vurdering av ny E16 ved Gaupåsvassdraget

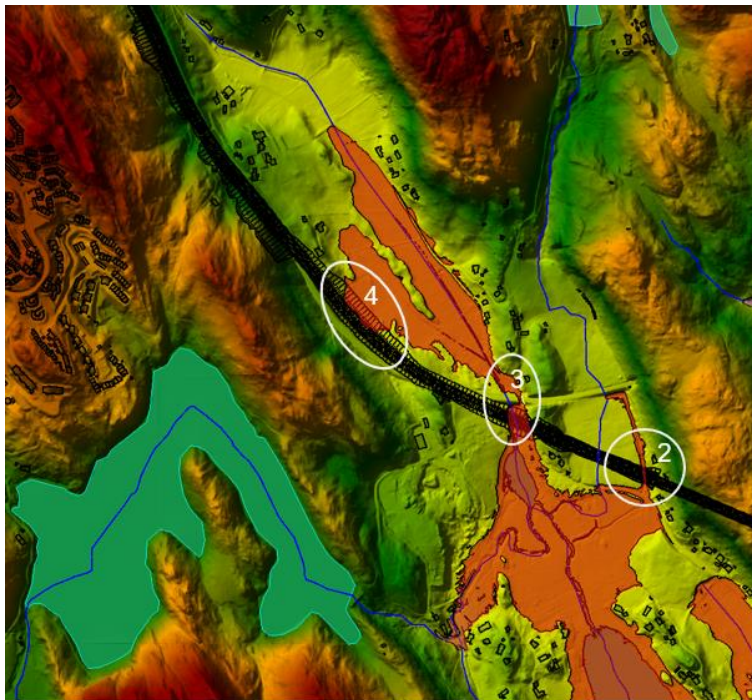
Andre sørlige traséer enn S5 og S11 krysser Gaupåsvassdraget utenfor Gaupåsvatnet. Disse traséene treffer flomutbredelsen ved Gaupåsvassdraget. Dette betyr at ved flom vil vannspeilet treffe vegfyllingen. Fylling pga. motorveien gir en svært liten reduksjon i flomarealet. Norconsult mener at vegfyllingen ikke vil endre flomdempingen ved Gaupåsvatnet sammenlignet med eksisterende situasjon. Ny E16 skal ikke være av betydning for flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

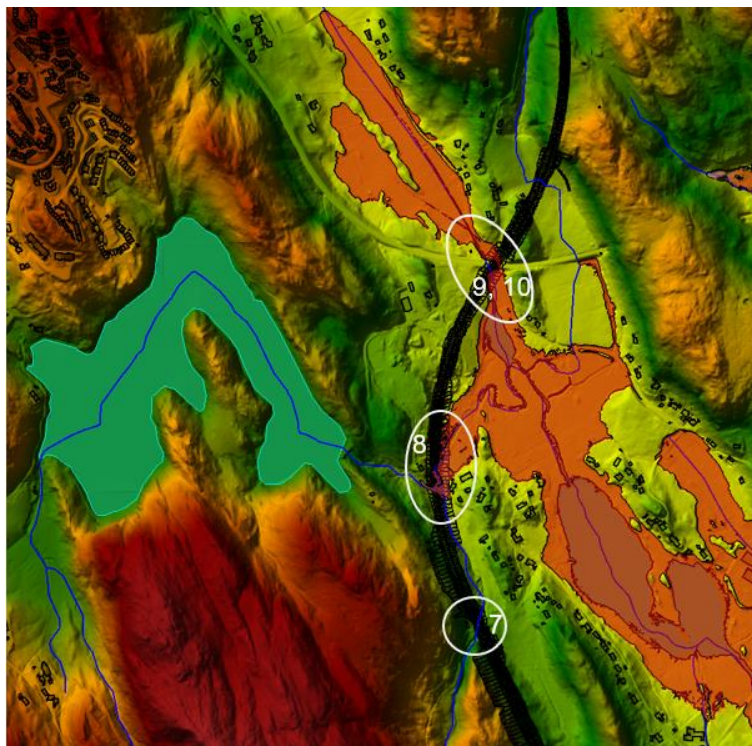
Etterfølgende figurer viser områder hvor flomarealet krysses for traseene S1A, S3, S6 og S9. Nummerering i figurene henviser til tabeller med nummerering av krysningspunkt for hver enkelt trasé.



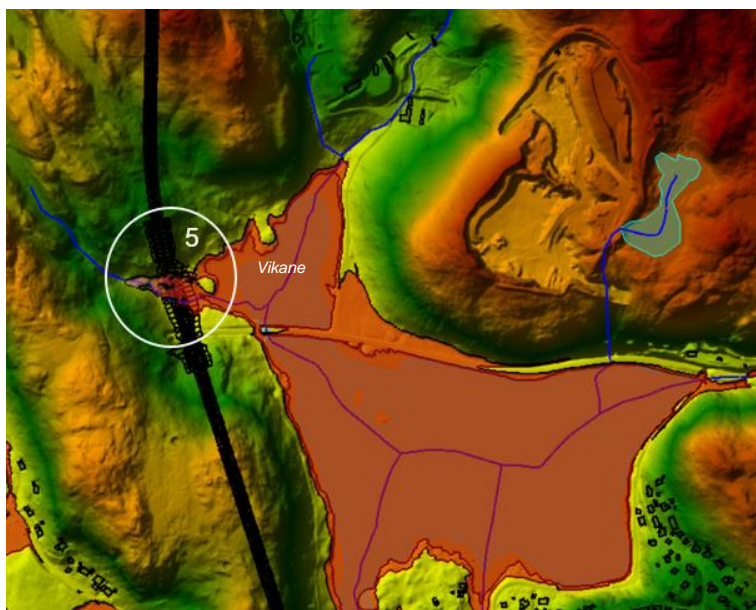
Figur 4-5: Kryssing av Gaupåsvassdraget ved Alt S1A. Traseen S1A krysser Gaupåsvassdraget mellom Kalsåsvatnet og Kråvatnet. Sirklene viser vurderte kryssinger og områder hvor traseen treffer dagens flomvannstand. Nummerering i figurene henviser til Tabell 7-1 med nummerering av krysningspunkt



Figur 4-6: Kryssing av Gaupåsvassdraget ved Alt S3. Traseen S3 krysser Gaupåsvassdraget mellom Kalsåsvatnet og Hetlebakkstemma. Der er området delvis berørt for dagens situasjon. Sirklene viser vurderte kryssinger og områder hvor traseen treffer dagens flomvannstand. Nummerering i figurene henviser til Tabell 7-3 med nummerering av kryssingspunkt



Figur 4-7: Kryssing av Gaupåsvassdraget ved Alt S6. Traseen S6 krysser Gaupåsvassdraget mellom Kalsåsvatnet og Kråvatnet, og mellom Kalsåsvatnet og Hetlebakkstemma. Sirklene viser vurderte kryssinger og områder hvor traseen treffer dagens flomvannstand. Nummerering i figurene henviser til Tabell 7-7 med nummerering av kryssingspunkt



Figur 4-8: Kryssing av Gaupåsvassdraget ved Alt S9. Sør-delen S9 krysser over vestsiden av Vikane. Ved flom (for vannstand høyere enn ca. 66,6 moh.) vil vannspeil treffer fylling ved Vikane pga. motorveien. Dette gir en svært liten reduksjon i flomarealet (ca. 3000 m²) til magasinet Gaupåsvatnet/Vikane. Sirkelen viser vurdert kryssing og området hvor traseen treffer dagens flomvannstand. Nummerering i figurene henviser til Tabell 7-10 med nummerering av kryssningspunkt

4.6 Vurdering av ny veg ved Langavatnet

I forhold til bygging av nord-delen av alternativet N1 er det planlagt å fylle ut sør-siden av Langavatnet slik at det kan etableres ny veg med grønn buffer og turveg. Området som skal fylles ut er vist i Figur 4-9. Fyllingen skal ligge på ca. kote 92 moh. Dette vil gi en ny strandlinje ca. 50 m nord for dagens strandlinje. Fyllingsarealet er beregnet til 0,023 km², som gir en reduksjon i magasinarealet på ca. 5% (fra 0,42 km² til ca. 0,4 km²) og reduksjon i volumet over normalvannstand på ca. 1% (se Figur 3-12) i forhold til eksisterende situasjon.

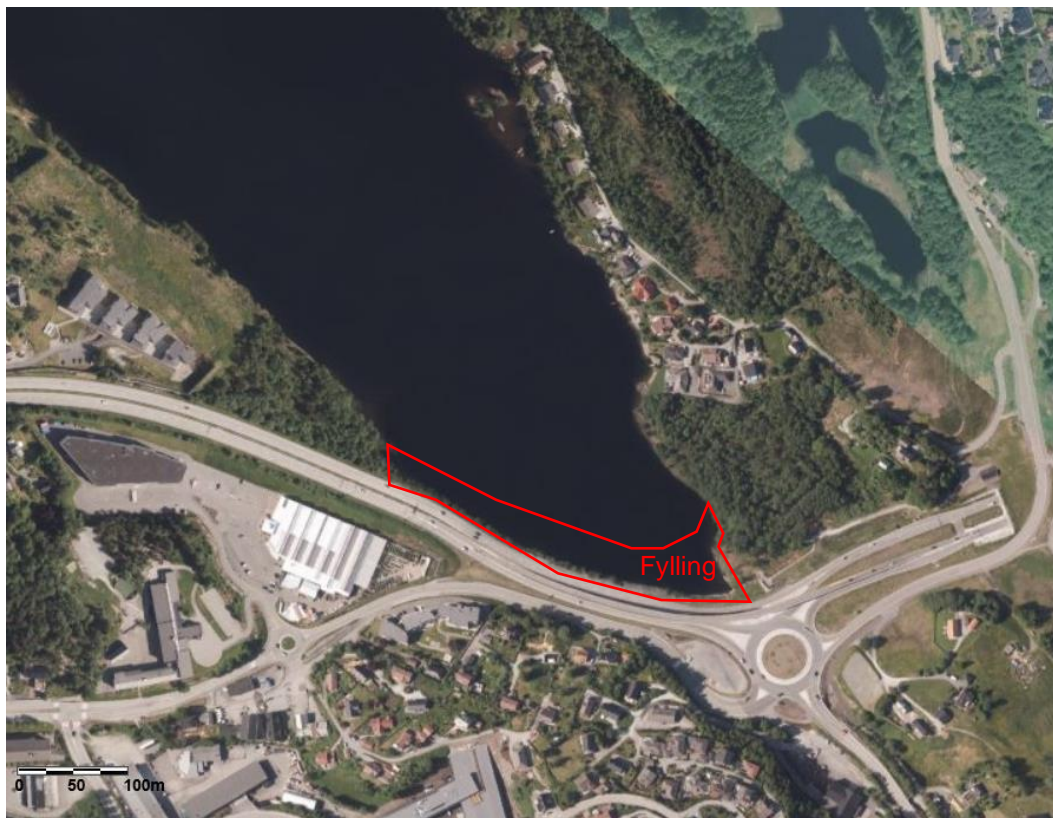
Resultater for beregning av dimensjonerende flom ved Langavatnet med utfylling er vist i Tabell 4-4. Reduksjonen i volumet pga. utfylling vil øke vannstanden ved Langavatnet og langs strekningen nedstrøms med 2-3 cm.

Utbredelsen av flomsone for dimensjonerende flom $Q_{dim,200}$ (m³/s) med utfylling vil være veldig lik som ved nullalternativet (Figur 3-14). Vi vurderer at det vil ikke være mer infrastruktur/flere boliger som blir berørt ved en 200-årsflom ved utfylling. Flomvannstanden stiger imidlertid i områdene med berørte bygninger. Den samme vannstandsstigningen får man ved mindre flommer. Det finnes et gjentakintervall for flom under 200 år, der bygningene innen flomsone for 200-årsflom akkurat ikke blir berørt. I en slik situasjon vil utfyllingen medføre, selv med en relativt liten vannstandsstigning, flomskader på bygningene. Utfyllingen kan slik, selv om den medfører liten vannstandsstigning, medføre at et bygg som ligger innenfor flomsone for 200-årsflom f.eks. ikke blir berørt av flom hvert 100. år, men i stedet hvert 50. år. Økningen i hyppigheten av skader ved bygninger rundt Langavatnet på grunn av flom er vurdert som en negativ konsekvens. Utfyllingen i Langavatnet gir redusert flomdemping slik at vannføringen ut av Langavatnet øker. Av den grunn øker vannstanden også nedstrøms Langavatnet. Ved kulverten under motorveien vil vannstanden ved dimensjonerende flom bli noen cm høyere etter utfylling, og oppstuvningseffekten fra kulverten vil øke.

Tabell 4-4: Resultater for Langavatnet ved $Q_{dim,200}$ beregnet ved hjelp av Hec-Ras. Situasjon med f og uten fylling.

Alternativ	Tilløp* (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)	Vannstand utløpet (moh)	Vannstand Banntjørna (moh)	Vannstand kulvert E39 (moh)	Vannstand Bru Fv578 (moh)
Alt null	33,1	11,9	90,03	89,65	89,36	89,12
N1	33,1	12,2	90,05	89,68	89,39	89,15

*Beregnet fra NIFS for totalfelt med redusert Ase for Langavatnet



Figur 4-9: Fylling på sør-siden av Langavatnet i forhold til Alt. N1

Mulig tiltak for å begrense flomfare

Utløpet av Langavatnet er avhengig av et system med kanal og kulvert under E39, som ifølge [11] ble ombygget slik at kapasiteten ikke er begrenset og at vann ikke stuves oppover i vassdraget ved 15 m³/s. Vårt estimat av den maksimale vannføring nedstrøms Langavatnet for alternativ N1 er ca. 12 m³/s (se Tabell 4-4), slik at kulverten har tilstrekkelig kapasitet for både dagens og fremtidig situasjonene. Utløpet av Langavatnet er uregulert og det er lite fall nedstrøms Langavatnet. Det er ikke mulig å senke utløpet i Langavatnet for å begrense økning i flomvannstand i Langavatnet pga. fyllingen i sør.

For å ikke øke flomfaren ved de berørte bygningene rundt og nedstrøms Langavatnet, bør det graves ut et område på et annet sted langs strandlinjen i Langavatnet slik at volumet/arealet ved vannet ikke reduseres pga. fylling i sør. Dette tiltaket skal kompensere utfylling i sør og medføre at demping i vannet vil være det samme som for dagens situasjon.

4.7 Oppsummering og vurdering av alternativer

Eksisterende bekke- og elvekryssinger er vurdert å være underdimensjonert i forhold til en flom med 200-års gjentaksintervall med klimapåslag og tilstopping. Flere kryssinger ved eksisterende trasé må graves opp, og en ny og større stikkrenne eller bru settes inn i stedet. Ved disse kryssingene kan flomforholdene bli bedret lokalt oppstrøms nye stikkrenner/bruer. Det blir ikke en forverring av flomforholdene nedstrøms.

Med tanke på tilstopping så har bruer mindre risiko enn kulverter.

Alternativene S3 og S9 er vurdert som de beste blant alternativene i sør fordi de har lengst tunnellinge / færrest krysningspunkt og har dermed mindre risiko med tanke på flom.

Alternativene S5 og S11 gir negative konsekvenser i sør-delen av traséene og er derfor vurdert som de dårligste alternativene med tanke på flom og flomskred.

- Fylling i Gaupåsvatnet pga. motorveien for S5 og S11 vil øke vannstanden i Gaupåsvatnet med inntil 2 cm ved dimensjonerende flom. Dette kan høres som en neglisjerbar endring, men dersom flomvannstanden stiger med noen cm i områdene med berørte bygninger, så betyr dette at bygningene vil bli berørt oftere av flom i fremtiden enn i dagens situasjon. Økning i hyppigheten av skader ved bygninger og infrastruktur på grunn av flom i fremtiden sammenlignet med dagens situasjon er vurdert som en negativ konsekvens. Utfylling i Gaupåsvatnet kan ikke gjøres uten at det gjøres tiltak ved utløpet som senker normalvannstanden i Gaupåsvatnet. Dersom man gjør dette må man være sikker på at økning i flomvannføring nedstrøms Gaupåsvann er akseptabelt.
- Å fylle ut hele Vikane som del av deponivurderinger for alt S5 og S11 viser at dette vil øke vannstanden i Gaupåsvatnet med 5 cm og øke vannføring nedstrøms i vassdraget med 1,5 m³/s. Dette betyr at bygningene som i dag ligger i flomsone vil bli berørt oftere og i større grad av flom i fremtiden enn i dagens situasjon. Dette er vurdert som en stor negativ konsekvens.
- S5 og S11 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred.

De andre sør-alternativene skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle.
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

Vi vurderer at endringer i overflaten pga. ny vei (som gir tapt infiltrasjon og øking i avrenningsfaktor) ikke vil øke avrenningen vesentlig nedstrøms.

Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom på grunn av at de inneholder en ca. 5 km lang tunnel under Vetten.

N2 er kombinasjonen med flest kryssningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom.

Det nordlige alternativet N1 inneholder kryssing Vågsbotn-Plantasjen sør for Langavatnet. Den planlagte fyllingen og etablering av en ny strandlinje på sørsiden av Langavatnet vil øke flomvannstanden i Langavatnet og øke vannføringen nedstrøms i kanalen. Dette er vurdert som negative konsekvenser ved Langavatnet. Dersom flomvannstanden stiger med noen cm i områdene med berørte bygninger, så betyr dette at bygningene vil bli berørt oftere av flom i fremtiden enn i dagens situasjon. Alternativet N1 er derfor vurdert som det dårligste av de nordlige alternativene med tanke på flom.

Tabell 4-5 på neste side viser en oppsummering av hvordan de ulike traséalternativene rangeres med tanke på flom. I tabellen er de beste alternativene gitt fargekode grønn, mens de dårligste er gitt fargekode rød. Sammenlignet med dagens situasjon, alternativ 0, mener vi at alternativene markert med rødt vil være dårligere. Alternativene markert med gult og grønt mener vi er bedre enn null alternativet. Dette skyldes konsekvensene ved Gaupåsvassdraget og Langavatnet, hvor flere boliger vil rammes oftere av flom etter bygging av ny E16/E39.

Tabell 4-5: Klassifisering av de ulike alternativene. Grønn = bedre enn dagens situasjon, Gul = omtrent som dagens situasjon, Rød = verre enn dagens situasjon

Alternativ	L totalt (m)	L daglinje (m)	Antall kryssinger	Kommentar / vurdering	Klassifisering
Null			34 ved E16 76 ved E39	Begrenset kapasitet på kulverter/bruer	
S9-N3B	18250	4100	9		
S9-N3	18070	5490	11		
S6-N3B	18750	5900	12		
S6-N3	18460	9060	17		
S9-N2	18530	8170	16	Krysser fareområder	
S3-N2	18240	9830	18	Krysser fareområder	
S1B-N2	19210	10750	21	Krysser fareområder	
S6-N2	18920	12810	21	Krysser fareområder	
S1A-N2	19240	12080	22	Krysser fareområder	
S3-N1	16370	3970	8	Konsekvens i Langavatnet	
S1B-N1	17410	5600	11	Konsekvens i Langavatnet	
S1A-N1	17380	6870	12	Konsekvens i Langavatnet	
S11-N3B	18700	7370	12	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder	
S11-N3	18120	8760	13	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder	
S11-N2	18580	11020	17	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder	
S5-N1	18050	9280	13	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Konsekvens i Langavatnet Krysser fareområder	
S5-N2	19900	12530	22	Negative konsekvenser i Gaupåsvatnet Krysser fareområder Mange kryssinger	

5 Referanser

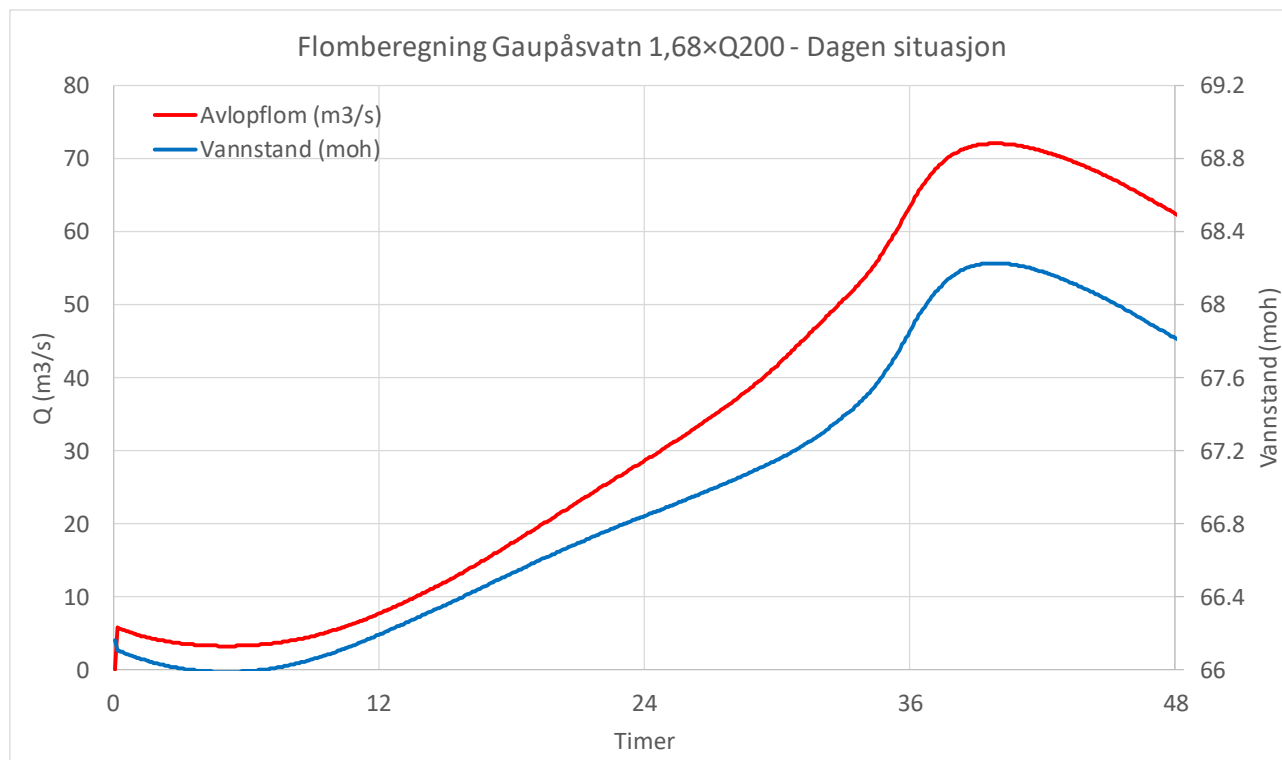
1. Norconsult (2014), Flomberegning Gaupåsvassdraget. Hetlebakksteen, Hjortlandsteen og Spåkevatnet Oppdrag nr. 5136195.
2. NVE (2015). Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Veileder nr. 7 – 2015
3. Bergen kommune (2005). Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune
4. Statens vegvesen 2014, 2018. Håndbok N200, Vegbygging
5. Norsk Klimaservice Senter (2017). Klima profil Hordaland
6. Federal Highway Administration 2012. *Hydraulic Design of Highway Culverts*.
7. NVE (1998). Vassdrag håndboka
8. Landbruks og Matdepartementet (2016). Normaler for landsbruksveier – vedlegg 1.
9. Multiconsult (2017), Notat flomberegning for Hetlebakksteen.
10. Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw Hill Book Company.
11. NVE (2006). Omlegging av deler av elveløpet i Midtbygdavassdraget. Flom- og hydrauliske beregninger.
12. Rådgivende biologer AS (2006). Konsekvensutredning for nytt IKEA varehus i Åsene. Vassdrag, hydrologi og vannkvalitet.

6 Vedlegg Flomberegning Gaupåsvatnet

6.1 Flomforløp 1,68xQ200 – Dagen situasjon

Maksverdi	5.95	3.40	26.39	17.30	32.05	28.42	8.1	18.0	9.5	20.3
Felt / Restfelt	Heltebakkstemmen		Hjortlandstemmen		Spåkevatn		1	2	3	4
timer	Tilløp	Avløp	Tilløp	Avløp	Tilløp	Avløp	1.8	4	2.1	4.5
0.00	0.30	0.00	1.33	0.00	1.88	0.00	0.56	1.25	0.66	1.41
1.00	0.30	0.00	1.33	0.03	1.88	0.04	0.68	1.51	0.79	1.69
2.00	0.36	0.01	1.60	0.06	2.26	0.13	0.79	1.76	0.92	1.98
3.00	0.42	0.03	1.88	0.10	2.64	0.27	0.91	2.01	1.06	2.27
4.00	0.48	0.05	2.15	0.14	3.02	0.46	1.02	2.27	1.19	2.55
5.00	0.55	0.07	2.42	0.19	3.40	0.72	1.14	2.52	1.32	2.84
6.00	0.61	0.10	2.69	0.25	3.78	1.00	1.25	2.78	1.46	3.12
7.00	0.67	0.14	2.96	0.30	4.16	1.32	1.36	3.03	1.59	3.41
8.00	0.73	0.18	3.23	0.37	4.54	1.67	1.48	3.28	1.72	3.70
9.00	0.79	0.23	3.50	0.43	4.92	2.05	1.59	3.54	1.86	3.98
10.00	0.85	0.28	3.77	0.43	5.30	2.45	1.71	3.79	1.99	4.27
11.00	0.91	0.33	4.04	0.84	5.68	2.87	1.82	4.05	2.12	4.55
12.00	0.97	0.39	4.31	1.12	6.06	3.31	1.94	4.30	2.26	4.84
13.00	1.03	0.45	4.58	1.34	6.45	3.76	2.05	4.56	2.39	5.12
14.00	1.09	0.51	4.85	1.56	6.83	4.21	2.16	4.81	2.53	5.41
15.00	1.16	0.58	5.12	1.82	7.21	4.83	2.28	5.06	2.66	5.70
16.00	1.22	0.65	5.40	2.15	7.59	5.73	2.39	5.32	2.79	5.98
17.00	1.28	0.72	5.67	2.55	7.97	6.57	2.51	5.57	2.93	6.27
18.00	1.34	0.79	5.94	3.01	8.35	7.29	2.62	5.83	3.06	6.55
19.00	1.46	0.86	6.48	3.50	9.11	7.90	2.74	6.08	3.19	6.84
20.00	1.46	0.93	6.48	3.97	9.11	8.40	2.85	6.33	3.33	7.13
21.00	1.52	1.00	6.75	4.49	9.49	8.88	2.96	6.59	3.46	7.41
22.00	1.58	1.07	7.02	4.98	9.87	9.33	3.08	6.84	3.59	7.70
23.00	1.64	1.15	7.29	5.45	10.25	9.76	3.19	7.10	3.73	7.98
24.00	1.71	1.22	7.56	5.89	10.63	10.17	3.29	7.32	3.84	8.23
25.00	1.76	1.29	7.80	6.30	10.96	10.55	3.44	7.65	4.02	8.61
26.00	1.84	1.37	8.16	6.70	11.47	10.99	3.65	8.10	4.25	9.12
27.00	1.92	1.44	8.52	7.09	12.14	11.55	3.85	8.56	4.50	9.63
28.00	2.06	1.53	9.12	7.53	12.82	12.18	4.18	9.30	4.88	10.46
29.00	2.16	1.62	9.60	7.98	13.49	12.84	4.51	10.03	5.27	11.29
30.00	2.35	1.72	10.43	8.51	14.67	13.78	4.96	11.01	5.78	12.39
31.00	2.54	1.84	11.27	9.10	16.02	14.96	5.51	12.23	6.42	13.76
32.00	2.70	1.97	11.99	9.71	17.04	16.08	6.17	13.70	7.19	15.42
33.00	2.98	2.13	13.19	10.44	18.72	17.53	6.83	15.17	7.96	17.07
34.00	3.38	2.32	14.99	11.37	21.59	19.81	7.38	16.39	8.61	18.44
35.00	3.92	2.58	17.39	12.63	24.96	22.82	8.10	18.01	9.46	20.26
36.00	5.95	3.13	26.39	16.18	32.05	28.42	7.71	17.13	8.99	19.27
37.00	4.19	3.35	18.59	17.30	26.99	27.69	7.05	15.66	8.22	17.62
38.00	3.52	3.40	15.59	16.75	23.28	25.02	6.17	13.70	7.19	15.42
39.00	3.03	3.34	13.43	15.68	19.40	21.69	5.32	11.82	6.20	13.30
40.00	2.79	3.24	12.35	14.71	17.71	19.36	4.96	11.03	5.79	12.41
41.00	2.60	3.13	11.51	13.88	16.53	17.75	4.61	10.24	5.38	11.52
42.00	2.46	3.01	10.91	13.17	15.35	16.42	4.41	9.79	5.14	11.02
43.00	2.35	2.90	10.43	12.56	14.67	15.46	4.20	9.34	4.90	10.51
44.00	2.24	2.79	9.95	11.99	14.00	14.68	4.05	9.00	4.73	10.13
45.00	2.16	2.68	9.60	11.49	13.49	14.05	3.85	8.55	4.49	9.62
46.00	2.06	2.58	9.12	10.99	12.82	13.41	3.75	8.33	4.37	9.37
47.00	2.00	2.48	8.88	10.55	12.48	12.93	3.65	8.10	4.25	9.12
48.00	1.95	2.39	8.64	10.14	12.14	12.53	3.48	7.73	4.06	8.70
49.00	1.86	2.31	8.24	9.74	11.59	12.06	3.43	7.62	4.00	8.57
50.00	1.83	2.23	8.12	9.39	11.42	11.74	3.38	7.51	3.94	8.45
51.00	1.80	2.16	8.00	9.09	11.25	11.49	3.33	7.40	3.88	8.32
52.00	1.78	2.10	7.88	8.83	11.08	11.29	3.28	7.28	3.82	8.19
53.00	1.75	2.05	7.76	8.60	10.92	11.11	3.23	7.17	3.77	8.07
54.00	1.72	2.00	7.64	8.39	10.75	10.93	3.18	7.06	3.71	7.94
55.00	1.70	1.95	7.52	8.20	10.58	10.76	3.13	6.95	3.65	7.82
56.00	1.67	1.91	7.40	8.02	10.41	10.59	3.08	6.84	3.59	7.69
57.00	1.64	1.87	7.28	7.86	10.24	10.43	3.03	6.72	3.53	7.56
58.00	1.62	1.83	7.16	7.71	10.08	10.26	2.98	6.61	3.47	7.44
59.00	1.59	1.79	7.05	7.56	9.91	10.09	2.92	6.50	3.41	7.31
60.00	1.56	1.76	6.93	7.43	9.74	9.93	2.87	6.39	3.35	7.19
61.00	1.53	1.73	6.81	7.29	9.57	9.76	2.82	6.28	3.29	7.06
62.00	1.51	1.69	6.69	7.16	9.40	9.60	2.77	6.16	3.24	6.93
63.00	1.48	1.66	6.57	7.03	9.24	9.43	2.72	6.05	3.18	6.81
64.00	1.45	1.63	6.45	6.90	9.07	9.26	2.67	5.94	3.12	6.68
65.00	1.43	1.60	6.33	6.78	8.90	9.10	2.62	5.83	3.06	6.56
66.00	1.40	1.57	6.21	6.66	8.73	8.93	2.57	5.71	3.00	6.43
67.00	1.37	1.55	6.09	6.53	8.56	8.77	2.52	5.60	2.94	6.30
68.00	1.35	1.52	5.97	6.41	8.39	8.60	2.47	5.49	2.88	6.18
69.00	1.32	1.49	5.85	6.29	8.23	8.44	2.42	5.38	2.82	6.05
70.00	1.29	1.46	5.73	6.17	8.06	8.27	2.37	5.27	2.76	5.92
71.00	1.27	1.43	5.61	6.05	7.89	8.11	2.32	5.15	2.71	5.80
72.00	1.24	1.41	5.49	5.94	7.72	7.94				

6.2 Resultater 1,68xQ200 – Dagen situasjon

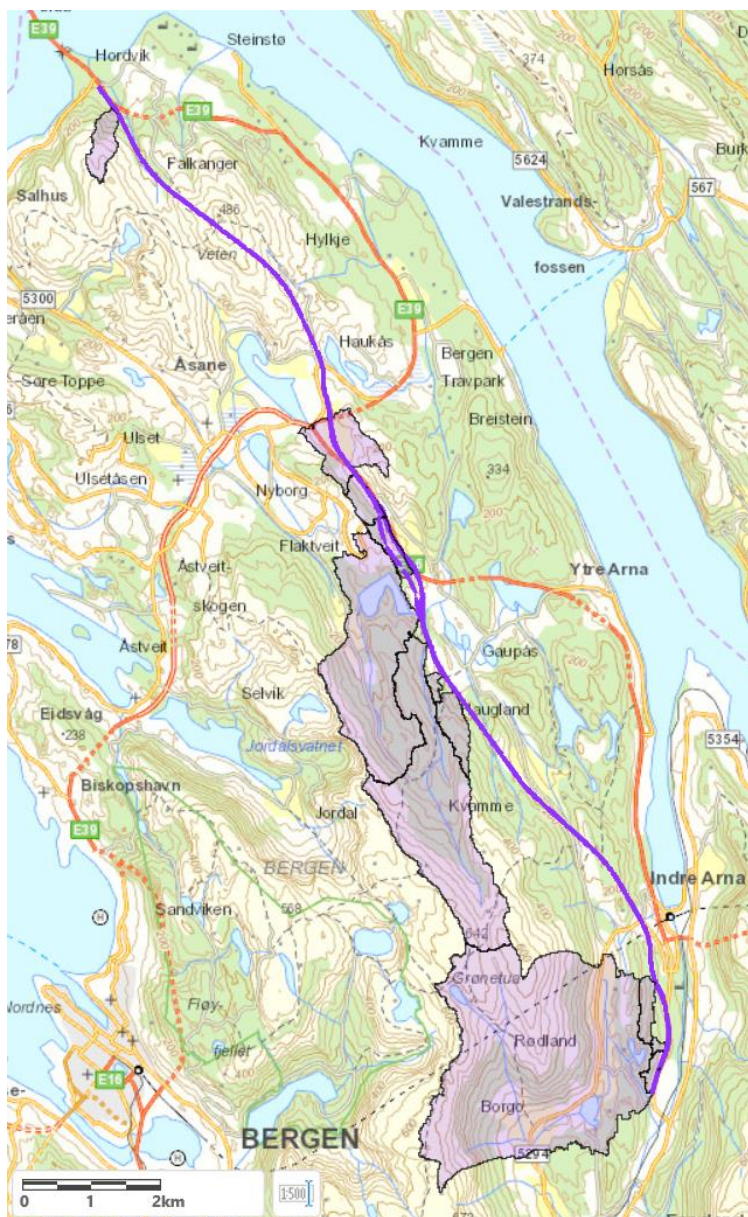


7 Vedlegg: Vegtraséene og vurderte kryssinger

7.1 Alternativ S1A/S1B-N1

Alternativ S1A-N1 går i tunnel mellom 1620 m – 6830 m og mellom 11660 m – 16960 m. Traseen for S1B-N1 er lik S1A-N1 med unntak av at strekning S1B går i tunnel mellom 8500 m-9800 m.

På strekningen krysser E16/39 flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 12 stikkrenner/bruer for alternativet S1A-N1 og 11 stikkrenner/bruer for alternativet S1B-N1 (markert i Figur 7-1). Det kan være flere kryssinger enn de som er beregnet.



Figur 7-1: Vegtraséalternativ S1A-N1 og S1B-N1 (stiplet). Lilla områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-1: Kryssinger ved alternativ S1A/B-N1. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter
1-Tangelandselva	S1A/S1B	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh. B=5m
2	S1A/S1B	400	0,10	0,67	1,1	1165 mm
3	S1A/S1B	700	0,03	0,24	0,4	775mm
4	S1A/S1B	1670	0,19	1,06	1,8	1450mm
5	S1A/S1B	6880	0,33	1,85	3,1	1750mm
6	S1A/S1B	7200	0,05	0,47	0,8	1025mm
7-Ytre Arnaelva	S1A/S1B	7700	3,52	18,90	31,7	Bru underkant > 90,0 moh. B=4m
8-Hjortlandstema	S1A/S1B	8100	3,38	9,60	16,4	Bru underkant > 75,3 moh. B=4m
9	S1A	8750	0,21	1,1	1,8	1450mm
10	N1	10000	0,22	1,7	2,9	1700mm
11	N1	11050	0,73	3,72	6,3	2350mm/2x1750mm
12	N1	17000	0,31	1,86	3,3	1800mm

Flere kryssinger ved eksisterende trasé må graves opp, og en ny og større stikkrenne eller bru settes inn i stedet. Disse er vurdert å være underdimensjonert i forhold til dagens krav fra Statens vegvesen for å bygge motorveien (en flom med 200-års gjentaksintervall med klimapåslag og tilstopping).

Traseen S1A/S1B treffer dagens flomvannstand mellom Kalsåsvatnet og Kråvatnet. Alternativet S1A/S1B skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

Alternativ N1 inkluderer delvis fylling av Langavatnet mot sør slik at det vil etableres en ny strandlinje ca. 50 m nord fra dagens strandlinje. Dette vil øke flomvannstanden i Langavatnet med noen cm, og øke vannføringen og flomvannstanden nedstrøms i kanalen med noen cm. Dette er vurdert som en negativ konsekvens. Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved alternativ N1 vil være å grave ut et område ved Langavatnet for å kompensere utfylling i sør og medføre at demping i vannet vil være den samme som for dagens situasjon.

N1 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Birkeland/Arnavegen og Solsvika).

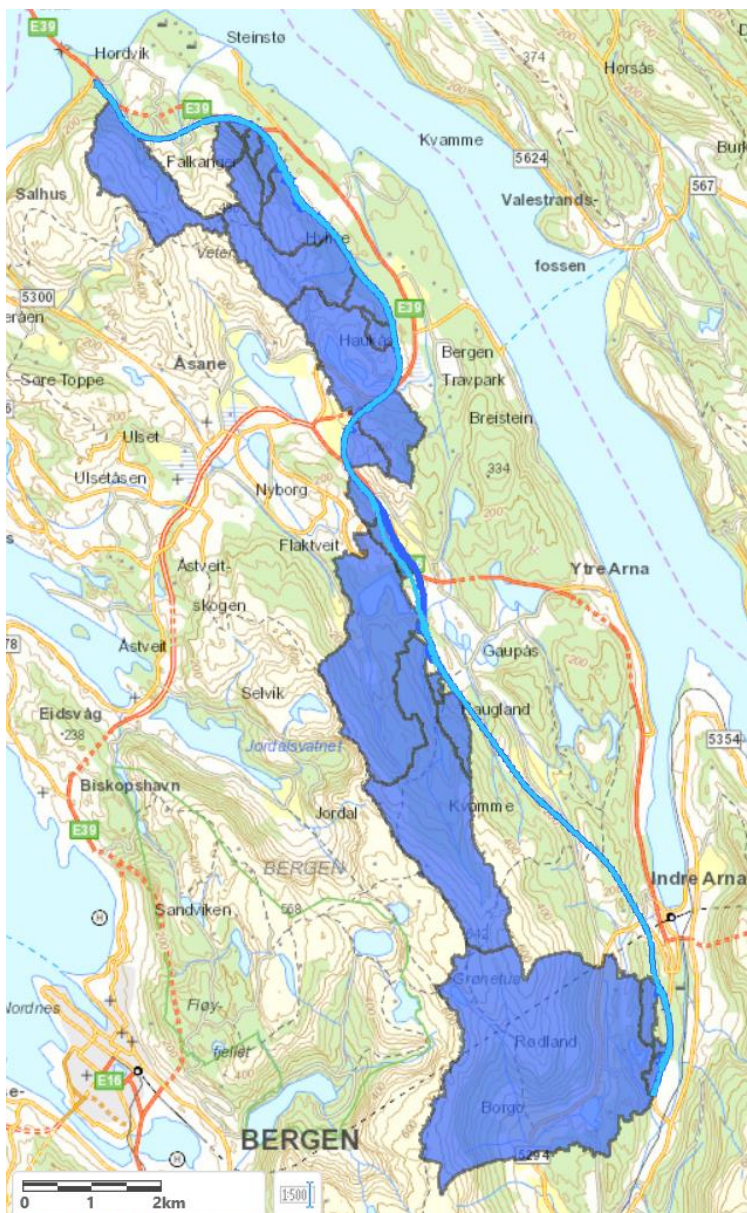
7.2 Alternativ S1A/S1B-N2

Alternativet S1A-N2 går i 3 tunneler:

- mellom 1620 m og 6830 m
- mellom 11170 m og 11540 m
- mellom 17200 m og -18780 m.

Traseen for S1B-N2 er lik S1A-N2 med unntak av at strekning S1B går i tunnel mellom 8500 m-9800 m.

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 22 stikkrenner/bruer for alternativet S1A-N2 og 21 stikkrenner/bruer for alternativet S1B-N2 (markert i Figur 7-2).



Figur 7-2: Vegtraséalternativ S1A-N2 (blå) og S1B-N2 (lys blå). Blå områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-2: Kryssinger ved alternativ S1A/S1B-N2. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1-Tangelandselva	S1A/S1B	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh. B=5m
2	S1A/S1B	400	0,10	0,67	1,1	1165
3	S1A/S1B	700	0,03	0,24	0,4	775
4	S1A/S1B	1670	0,19	1,06	1,8	1450
5	S1A/S1B	6880	0,33	1,85	3,1	1750
6	S1A/S1B	7200	0,05	0,47	0,8	1025
7-Ytre Arnaelva	S1A/S1B	7700	3,52	18,90	31,7	Bru underkant > 90,0 moh. B=4m
8-Hjortlandstema	S1A/S1B	8100	3,38	9,60	16,4	Bru underkant > 75,3 moh. B=4m
9	S1A	8750	0,21	1,1	1,7	1450
10	N2	10000	0,19	1,49	2,5	1600
11	N2	11070	0,27	1,65	2,8	1700
11.5	N2	11700	0,70	3,63	6,1	2300
12	N2	12070	1,53	3,82	6,4	2350
13	N2	12880	0,14	0,79	1,3	1250
14	N2	13700	0,24	1,53	2,6	1600
15	N2	14200	1,34	6,92	11,6	3000
16	N2	14970	0,71	3,77	6,3	2350
17	N2	16300	0,18	1,10	1,8	1450
18	N2	16470	0,09	0,50	0,8	1025
19	N2	16580	0,37	1,89	3,2	1750
20	N2	17000	0,21	1,41	2,4	1600
21	N2	18850	1,52	8,2	13,7	3150 / 2*2400

Traseen S1A/S1B treffer dagens flomvannstand mellom Kalsåsvatnet og Kråvatnet. Alternativet S1A/S1B skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle

at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flomDagsonen i N2 (N2a og N2b) har flest krysningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom

N2 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Langebrunane, Stemhøyen, Tuft, Setdalen og Solsvika).

7.3 Alternativ S3-N1

Alternativ S3-N1 går i tunnel mellom 560 m-7060 m (S3) og mellom 10070 m-15970 m (N1). På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 8 stikkrenner for alternativet S3-N1 (markert i Figur 7-3).



Figur 7-3: Vegtraséalternativ S3-N1. Røde områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-3: Kryssinger ved alternativ S3-N1. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1	S3	560	0.19	1.06	1.8	1450
2	S3	7100	1.04	3.03	5.1	2150
3	S3	7430	0.91	4.51	7.6	2500
4	S3	7780	0.21	1.09	1.8	1450
5	N1	9020	0.19	1.70	2.5	1600
6	N1	10070	0.73	3.72	6.3	2350
7	N1	16020	0.31	1.97	3.3	1800
8	N1	16170	0.03	0.27	0.5	850

Alternativene S3 er vurdert som en av de beste blant alternativene i sør fordi de har lengst tunnelling og færrest kryssingspunkt og har dermed mindre risiko for flom.

Traseen S3 treffer dagens flomvannstand mellom Kalsåsvatnet og Hetlebakkstemma. Alternativet S3 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

Alternativ N1 inkluderer delvis fylling av Langavatnet mot sør slik at det vil etableres en ny strandlinje ca. 50 m nord fra dagens strandlinje. Dette vil øke flomvannstanden i Langavatnet med noen cm, og øke vannføringen og flomvannstanden nedstrøms i kanalen med noen cm. Dette er vurdert som en negativ konsekvens. Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved alternativ N1 vil være å grave ut et område ved Langavatnet for å kompensere utfylling i sør og medføre at demping i vannet vil være den samme som for dagens situasjon.

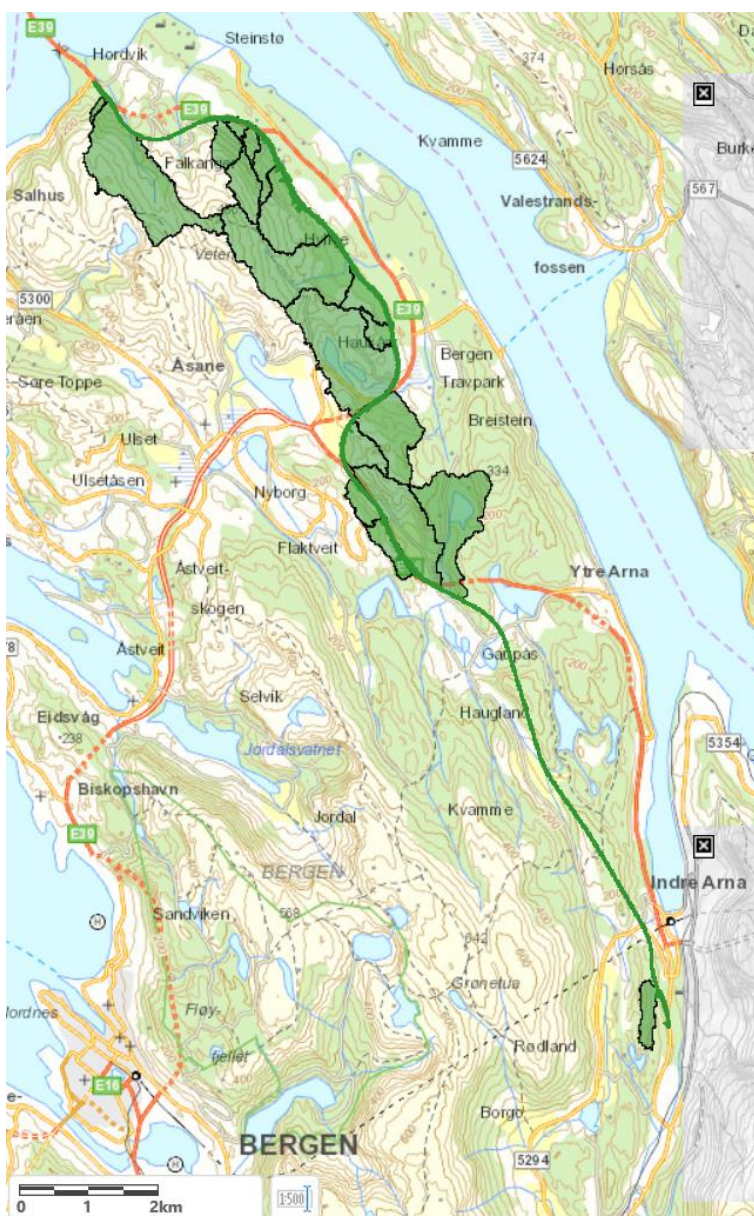
N1 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Birkeland/Arnavegen og Solsvika).

7.4 Alternativ S3-N2

Alternativ S3-N2 går i tre tunneler:

- mellom 560 m-7060 m (S3),
- mellom 10160 m-10540 m (N2).
- mellom 16210 m og -17740 m (N2).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 18 stikkrenner for alternativet S3-N2 (markert i Figur 7-4).



Figur 7-4: Vegtraséalternativ S3-N2. Grønne områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-4: Kryssinger ved alternativ S3-N2. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1	S3	560	0,19	1,06	1,8	1450
2	S3	7100	1,04	3,03	5,1	2150
3	S3	7430	0,91	4,51	7,6	2500
4	S3	7780	0,21	1,09	1,8	1450
5	N2	9020	0,19	1,47	2,5	1600
6	N2	10090	0,27	1,65	2,8	1700
7	N2	10720	0,70	3,63	6,1	2300
8	N2	11090	1,53	3,82	6,4	2350
9	N2	11900	0,14	0,00	1,3	1250
10	N2	12720	0,24	1,53	2,6	1600
11	N2	13220	1,34	6,92	11,6	3000 / 2*2250
12	N2	13990	0,71	3,77	6,3	2350
13	N2	15320	0,18	1,10	1,8	1450
14	N2	15490	0,09	0,50	0,8	1025
15	N2	15600	0,37	1,89	3,2	1750
16	N2	16020	0,21	1,41	2,4	1600
17	N2	17870	1,52	8,18	13,7	3150 / 2*2400
18	N2	17920	0,03	0,27	0,5	850

Alternativene S3 er vurdert som en av de beste blant alternativene i sør fordi de har lengst tunnellinge og færrest krysningspunkt og har dermed mindre risiko for flom.

Traseen S3 treffer dagens flomvannstand mellom Kalsåsvatnet og Hetlebakkstemma Alternativet S3 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

Dagsonen i N2 (N2a og N2b) har flest krysningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom.

N2 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Langebrunane, Stemhøyen, Tuft, Setdalen og Solsvika).

7.5 Alternativ S5-N1

Alternativ S5-N1 går i fire tunneler:

- mellom 1200 m-2540 m (S5),
- mellom 5540 m-7480 m (S5),
- mellom 8340 m-8740 m (S5),
- mellom 12340 m-17620 m (N1).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 13 stikkrenner og en bru for alternativet S5-N1 (markert i Figur 7-5).



Figur 7-5: Vegtraséalternativ S5-N1. Lyseblå områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger og brua Gaupåsvatnet.

Tabell 7-5: Kryssinger ved alternativ S5-N1. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1	S5	0	0,10	0,67	1,1	1165
2	S5	880	0,18	1,00	1,7	1450
3	S5	1270	0,19	1,04	1,8	1450
4	S5	2630	0,07	0,61	1,0	1150
5	S5	3010	0,38	1,88	3,2	1750
6	S5	4250	0,57	3,22	5,4	2175
7-Gaupåsvatnet	S5	7550	20,65	53,66	90,2	Bru 300m×10m
8-Hetlebakkstema	S5	8800	1,01	2,96	5,0	2150
9	S5	9070	0,91	4,51	7,6	2500
10	S5	9400	0,21	1,09	1,8	1450
11	N1	10700	0,19	1,50	2,5	1600
12	N1	11730	0,73	3,72	6,3	2350
13	N1	17700	0,31	1,97	3,3	1800
14	N1	17830	0,03	0,27	0,5	850

Alternativene S5 gir endringer i Gaupåsvassdraget. Utfylling i Gaupåsvatnet bør ikke gjøres uten at det gjøres kompensierende tiltak ved utløpet som senker normalvannstanden i Gaupåsvatnet.

Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved utfylling pga. ny veg vil være:

- å redusere nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet med 5 cm. Dette vil medføre varig senket vannstand med 5 cm i Gaupåsvatnet og 10 cm senkning ved Q_{200,dim}. Senkning av utløpsterskelen vil øke flomvannføringen nedstrøms med ca. 2% ift. dagens situasjon.
- for å ikke øke flomfaren i elva ned til Ytre Arna bør kulvertkapasiteten til de to kulverter plassert under industribygninger ved Ytre Arna økes. Kulvertene bør dimensjonere for en maksimal vannføring på ca. 75 m³/s. Dette vil forbedre flomsituasjonen i Ytre Arnaelva.
- Det bør sjekkes med Arna kraftverk om muligheten for å bruke den eksisterende tunnelen til Arna kraftstasjon (maksimum slukevne 4,1 m³/s) som bypass for å redusere vannstanden i Gaupåsvatnet og vannføringen i Ytre Arnaelva.

S5 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (bekk ved Arnavegen, Gaupåsvatnet).

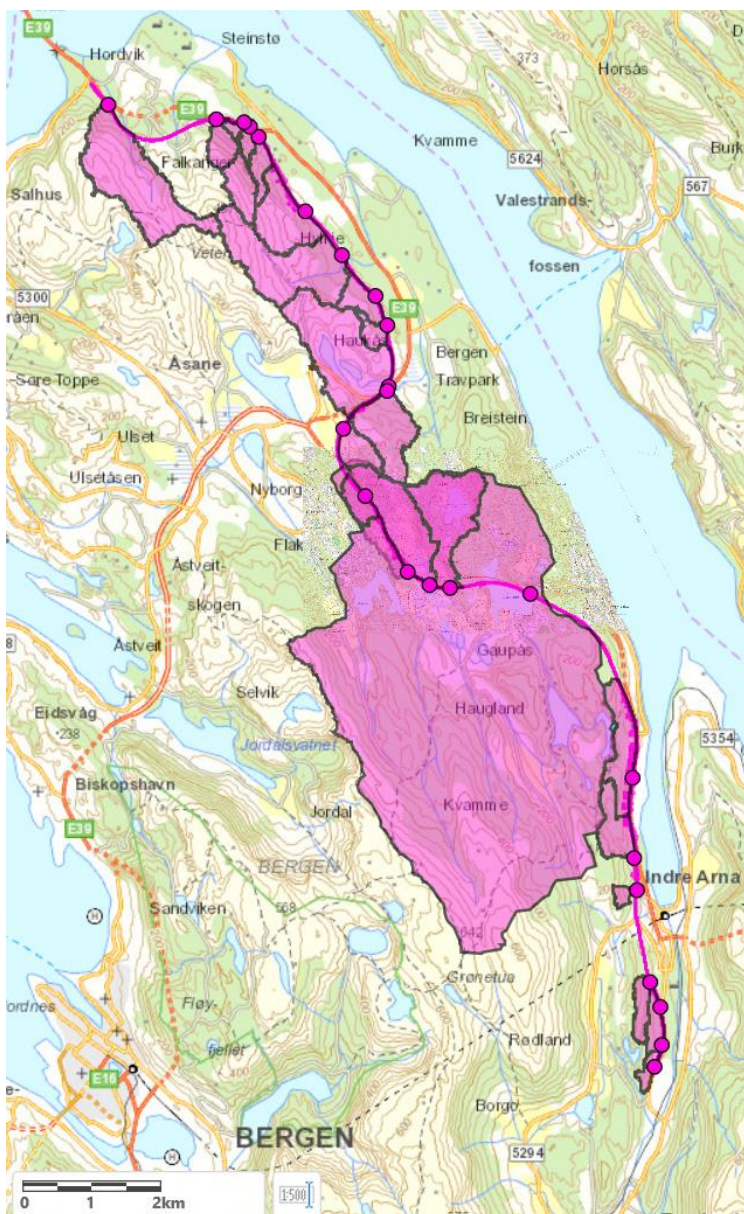
Alternativ N1 inkluderer delvis fylling av Langavatnet mot sør slik at det vil etableres en ny strandlinje ca. 50 m nord fra dagens strandlinje. Dette vil øke flomvannstanden i Langavatnet med noen cm, og øke vannføringen og flomvannstanden nedstrøms i kanalen med noen cm. Dette er vurdert som en negativ konsekvens. Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved alternativ N1 vil være å grave ut et område ved Langavatnet for å kompensere utfylling i sør og medføre at demping i vannet vil være den samme som for dagens situasjon. N1 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Birkeland/Arnavegen og Solsvika).

7.6 Alternativ S5-N2

Alternativ S5-N2 går i fem tunneler:

- mellom 1200 m-2540 m (S5),
- mellom 5540 m-7480 m (S5),
- mellom 8340 m-8740 m (S5),
- mellom 11820 m-12180 m (N2).
- mellom 17880 m-19360 m (N2).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 22 stikkrenner og en bru for alternativet S5-N2 (markert i Figur 7-6).



Figur 7-6: Vegtraséalternativ S5-N2. Rosa områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger og brua Gaupåsvatnet.

Tabell 7-6: Kryssinger ved alternativ S5-N2. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1	S5	0	0,10	0,67	1,1	1165
2	S5	880	0,18	1,00	1,7	1450
3	S5	1270	0,19	1,04	1,8	1450
4	S5	2630	0,07	0,61	1,0	1150
5	S5	3010	0,38	1,88	3,2	1750
6	S5	4250	0,57	3,22	5,4	2175
7-Gaupåsvatnet	S5	7550	20,65	53,66	90,2	Bru 300mx10m
8-Hetlebakkstema	S5	8800	1,01	2,96	5,0	2150
9	S5	9070	0,91	4,51	7,6	2500
10	S5	9400	0,21	1,09	1,8	1450
11	N2	10650	0,19	1,50	2,5	1600
12	N2	11720	0,27	1,65	2,8	1700
13	N2	12350	0,70	3,63	6,1	2300
14-Kråvatnet	N2	12720	1,49	3,74	6,4	2350
15	N2	13530	0,14	0,82	1,3	1250
16	N2	14350	0,24	1,53	2,6	1600
17	N2	14850	1,34	6,92	11,6	3000 / 2*2250
18	N2	15620	0,68	3,86	6,3	2350
19	N2	16950	0,18	1,10	1,8	1450
20	N2	17120	0,09	0,50	0,8	1025
21	N2	17230	0,37	1,89	3,2	1750
22	N2	17650	0,21	1,41	2,4	1600
23	N2	19500	1,47	7,94	13,7	3150 / 2*2400

Alternativene S5 gir endringer i Gaupåsvassdraget. Utfylling i Gaupåsvatnet bør ikke gjøres uten at det gjøres kompensierende tiltak ved utløpet som senker normalvannstanden i Gaupåsvatnet.

Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved utfylling pga. ny veg vil være:

- å redusere nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet med 5 cm. Dette vil medføre varig senket vannstand med 5 cm i Gaupåsvatnet og 10 cm senkning ved Q_{200,dim}. Senkning av utløpsterskelen vil øke flomvannføringen nedstrøms med ca. 2% ift. dagens situasjon.
- for å ikke øke flomfaren i elva ned til Ytre Arna bør kulvertkapasiteten til de to kulverter plassert under industribygninger ved Ytre Arna økes. Kulvertene bør dimensjonere for en maksimal vannføring på ca. 75 m³/s. Dette vil forbedre flomsituasjonen i Ytre Arnaelva.
- Det bør sjekkes med Arna kraftverk om muligheten for å bruke den eksisterende tunnelen til Arna kraftstasjon (maksimum slukeveve 4,1 m³/s) som bypass for å redusere vannstanden i Gaupåsvatnet og vannføringen i Ytre Arnaelva.

S5 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (bekk ved Arnavegen, Gaupåsvatnet).

Dagsonen i N2 har flest kryssningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom.

N2 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Langebrunane, Stemhøyen, Tuft, Setdalen og Solsvika).

7.7 Alternativ S6-N2

Alternativ S6-N2 går i 3 tunneler:

- mellom 1620 m og 6830 m (S6)
- mellom 8970 m og 11540 m
- mellom 16900 m og -18410 m (N2).

Traseen for S6 et lik traseen S1A/S1B til 8100m.

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 21 stikkrenner for alternativet S6-N2 (markert i Figur 7-7).



Figur 7-7: Vegtraséalternativ S6-N2. Oransje områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-7: Kryssinger ved alternativ S6-N2. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1-Tangelandselva	S6	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh. B=5m
2	S6	400	0,09	0,7	1,1	1165
3	S6	880	0,18	1,0	1,7	1450
4	S6	1670	0,19	1,1	1,8	1450
5	S6	6880	0,33	1,8	3,1	1750
6	S6	7200	0,07	0,5	0,8	1025
7-Ytre Arnaelva	S6	7700	3,50	18,9	31,7	Bru underkant > 90,0 moh. B=4m
8-Hjortlandstema	S6	8100	3,09	9,6	16,4	Bru underkant > 75,3 moh. B=4m
9	S6	8580	0,38	1,7	2,8	1700
10	S6	8660	1,09	5,4	9,1	2650
11	S6	8920	0,89	2,6	4,4	2050
11.5	N2	11700	0,70	3,6	6,1	2300
12	N2	11750	1,47	3,7	6,2	2350
13	N2	12630	0,14	0,8	1,3	1250
14	N2	13100	0,24	1,5	2,6	1600
15	N2	13850	1,34	6,9	11,6	3000
16	N2	14680	0,68	3,9	6,5	2350
17	N2	15960	0,18	1,1	1,8	1450
18	N2	16150	0,09	0,5	0,8	1025
19	N2	16260	0,37	1,9	3,2	1750
20	N2	16660	0,21	1,4	2,4	1600
21	N2	18520	1,47	7,9	13,3	3150

Traseen S6 treffer dagens flomvannstand mellom Kalsåsvatnet og Kråvatnet, og mellom Kalsåsvatnet og Hetelebakstemma. Alternativet S6 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulleat det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

Dagsonen i N2 (N2a og N2b) har flest krysningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom

N2 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Langebrunane, Stemhøyen, Tuft, Setdalen og Solsvika).

7.8 Alternativ S6-N3

Traseen for alternativet S6-N3A er lik traseen for alternativ S6-N2 mellom stikkrenne 0 m-ca. 12630 m. Fra st. 12630 m svinger S6-N3A traseen mot vest og går inn i tunnel. Alternativet S6-N3A går i 3 tunneler:

- mellom 1620 m og 6830 m (S6)
- mellom 8970 m og 11540 m (N3)
- mellom 13700 m og -17980 m (N3).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 17 stikkrenner for alternativet S6-N3A (markert i Figur 7-8).



Figur 7-8: Vegtraséalternativ S6-N3. Grønne områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-8: Kryssinger ved alternativ S6-N3. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1-Tangelandselva	S6	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh. B=5m
2	S6	400	0,09	0,7	1,1	1165
3	S6	880	0,18	1,0	1,7	1450
4	S6	1670	0,19	1,1	1,8	1450
5	S6	6880	0,33	1,8	3,1	1750
6	S6	7200	0,07	0,5	0,8	1025
7-Ytre Arnaelva	S6	7700	3,50	18,9	31,7	Bru underkant > 90,0 moh. B=4m
8-Hjortlandstema	S6	8100	3,09	9,6	16,4	Bru underkant > 75,3 moh. B=4m
9	S6	8580	0,38	1,7	2,8	1700
10	S6	8660	1,09	5,4	9,1	2650
11	S6	8920	0,89	2,6	4,4	2050
12	N3	11700	0,70	3,6	6,1	2300
13	N3	11750	1,47	3,7	6,4	2350
14	N3	12630	0,14	0,8	1,3	1250
15	N3	13100	0,20	1,3	2,1	1500
16	N3	13660	1,18	5,5	9,3	2650
17	N3	18520	1,47	7,9	13,3	3150 / 2*2400

Traseen S6 treffer dagens flomvannstand mellom Kalsåsvatnet og Kråvatnet, og mellom Kalsåsvatnet og Hetlebakkstemma. Alternativet S6 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom.

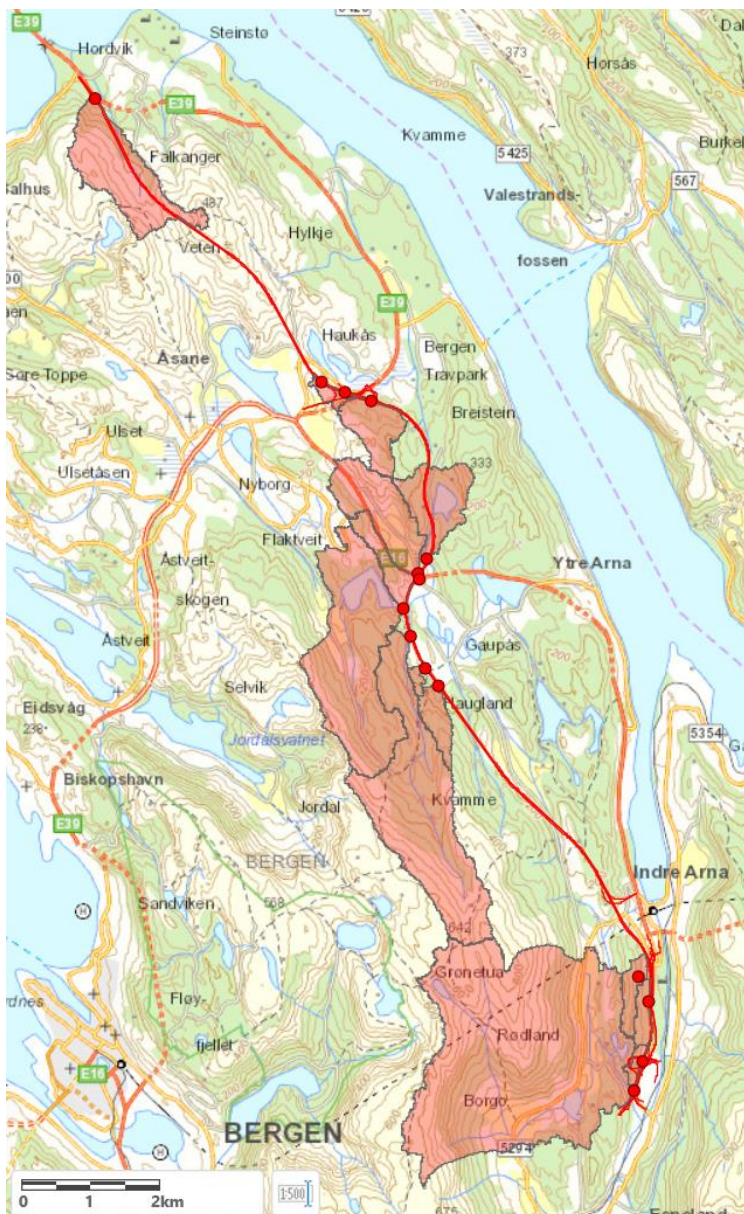
Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom fordi de har en ca. 5 km lang tunnel under Vetten. N3 går gjennom området med risiko for jord- og flomskred (Stemhøyen).

7.9 Alternativ S6-N3B

Traseen for alternativ S6-N3B er lik traseen for alternativ S6-N3A mellom stikkrenne 0m - ca. 11200m. Alternativet S6-N3B går i 3 tunneler:

- mellom 1620 m og 6830 m (S6)
- mellom 8970 m og ca. 11600 m (N3B)
- mellom ca. 12000 m og ca.17000 m (N3B).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 12 stikkrenner og 3 bruer for alternativet S6-N3B (markert i Figur 7-9).



Figur 7-9: Vegtraséalternativ S6-N3B. Røde områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-9: Kryssinger ved alternativ S6-N3B. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1-Tangelandselva	S6	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh. B=5m
2	S6	400	0,09	0,7	1,1	1165
3	S6	880	0,20	1,1	1,7	1450
4	S6	1670	0,26	1,2	1,8	1450
5	S6	6880	0,33	1,8	3,1	1750
6	S6	7200	0,07	0,5	0,8	1025
7-Ytre Arnaelva	S6	7700	3,50	18,9	31,7	Bru underkant > 90,0 moh. B=4m
8-Hjortlandstema	S6	8100	3,09	9,6	16,4	Bru underkant > 75,3 moh. B=4m
9	S6	8580	0,38	1,7	2,8	1700
10	S6	8660	1,09	5,4	9,1	2650
11	S6	8920	0,89	2,6	4,4	2050
12	N3B	11700	0,62	3,3	5,5	2200
13	N3B	11750	0,06	0,62	1,0	1150
14	N3B	12150	0,06	0,62	1,0	1150
15	N3/N3B	18520	1,47	7,9	13,3	3150 / 2*2400

Traseen S6 treffer dagens flomvannstand mellom Kalsåsvatnet og Kråvatnet, og mellom Kalsåsvatnet og Hetlebakkstemma. Alternativet S6 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom

Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom fordi de har en ca. 5 km lang tunnel under Vetten. N3//N3B går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Stemhøyen og Solsvika).

7.10 Alternativ S9-N2

Traseen for alternativ S9-N2 krysser Gaupåsvassdraget i tunnel bortsett fra ved Gaupåsvatnet hvor traseen går i dagen i 320 m og krysser mellom Gaupåsvatnet og inngangen til dagens tunnel ved Gaupåsvatnet.

Alternativet S9-N2 går i 3 tunneler:

- mellom 1620 m og 8050 m (S9)
- mellom 8350 m og 10680 m (S9)
- mellom 16520 m og -18050 m (N2).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 15 stikkrenner og en bru for alternativet S9-N2 (markert i Figur 7-10).



Figur 7-10: Vegtraséalternativ S9-N2. Lyseblå områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-10: Kryssinger ved alternativ S9-N2. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1 Tangelandselva	S9	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh, B=5m
2	S9	400	0,09	0,7	1,1	1165
3	S9	880	0,18	1,0	1,7	1450
4	S9	1670	0,19	1,1	1,8	1450
5-Vikane	S9	8250	0,16	1,1	1,8	1450
6	N2	11300	0,70	3,6	6,1	2300
7	N2	11350	1,47	3,7	6,4	2350
8	N2	12230	0,14	0,8	1,3	1250
9	N2	12700	0,24	1,5	2,6	1600
10	N2	13450	1,34	6,9	11,6	3000 / 2*2250
11	N2	14280	0,68	3,9	6,3	2350
12	N2	15560	0,18	1,1	1,8	1450
13	N2	15750	0,09	0,5	0,8	1025
14	N2	15860	0,37	1,9	3,2	1750
15	N2	16260	0,21	1,4	2,4	1600
16	N2	18120	1,47	7,9	13,7	3150 / 2*2400

Alternativene S9 er vurdert som en av de beste blant alternativene i sør fordi de har lengst tunnellinge og færrest krysningspunkt og har dermed mindre risiko for flom.

Alternativet S9 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden (ved Vikane)
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom (ved Vikane)

Dagsonen i N2 (N2a og N2b) har flest krysningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom

N2 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Langebrunane, Stemhøyen, Tuft, Setdalen og Solsvika).

7.11 Alternativ S9-N3

Traseen for alternativ S9-N3A er lik traseen for alternativ S9-N2 mellom stikkrenne 0 m og stikkrenne ca. 12700 m. Fra st. 12700 svinger traseen S9-N3A mot vest og går inn i tunnel. Alternativet S9-N3A går i 3 tunneler:

- mellom 1620 m og 8050 m (S9)
- mellom 8350 m og 10680 m (S9)
- mellom 13310 m og 17590 m (N3).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 10 stikkrenner og en bru for alternativet S9-N3A (markert i Figur 7-11).



Figur 7-11: Vegtraséalternativ S9-N3. Blå områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-11: Kryssinger ved alternativ S9-N3. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1-Tangelandselva	S9	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh, B=5m
2	S9	400	0,09	0,7	1,1	1165
3	S9	880	0,18	1,0	1,7	1450
4	S9	1670	0,19	1,1	1,8	1450
5-Vikane	S9	8250	0,16	1,1	1,8	1450
6	N3	11300	0,70	3,6	6,1	2300
7	N3	11350	1,47	3,7	6,2	2350
8	N3	12230	0,14	0,8	1,3	1250
9	N3	12700	0,20	1,3	2,1	1500
10	N3	13270	1,18	5,5	9,3	2650
11	N3	17670	1,47	7,9	13,3	3150 / 2*2400

Alternativene S9 er vurdert som en av de beste blant alternativene i sør fordi de har lengst tunnellinje og færrest kryssningspunkt og har dermed mindre risiko for flom.

Alternativet S9 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden (ved Vikane)
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom (ved Vikane)

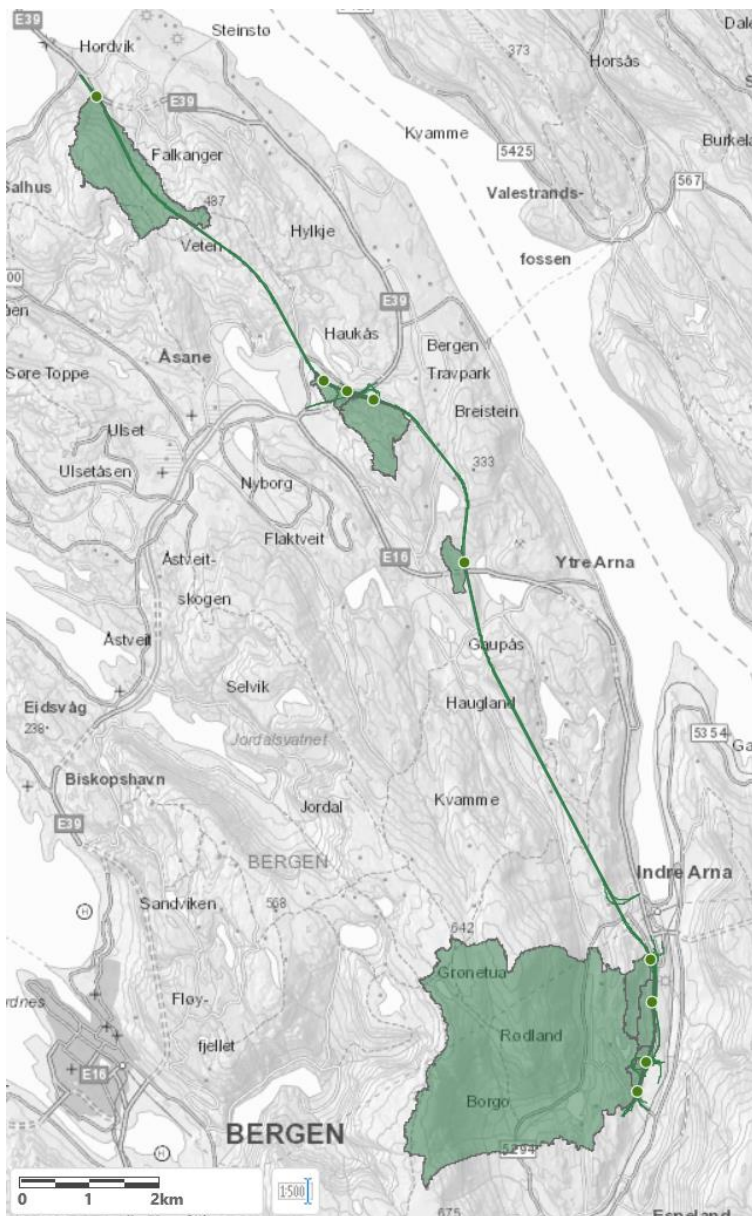
Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom fordi de har en ca. 5 km lang tunnel under Veten. N3 går gjennom området med risiko for jord- og flomskred (Stemhøyen).

7.12 Alternativ S9-N3B

Traseen for alternativ S9-N3B er lik traseen for alternativ S9-N3A mellom stikkrenne 0 m og stikkrenne ca. 10000 m. Alternativet S9-N3B går i 3 tunneler:

- mellom 1620 m og 8050 m (S9)
- mellom 8350 m og 10680 m (S9)
- mellom ca. 12000 m og ca.17000 m (N3B).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 8 stikkrenner og en bru for alternativet S9-N3B (markert i Figur 7-12).



Figur 7-12: Vegtraséalternativ S9-N3B. Grønne områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger.

Tabell 7-12: Kryssinger ved alternativ S9-N3B. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1-Tangelandselva	S9	0	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh, B=5m
2	S9	400	0,09	0,7	1,1	1165
3	S9	880	0,20	1,1	1,9	1450
4	S9	1670	0,26	1,2	2,1	1500
5-Vikane	S9	8250	0,16	1,1	1,8	1450
6	N3B	11300	0,62	3,3	5,5	2200
7	N3B	11700	0,06	0,62	1,0	1150
8	N3B	12100	0,06	0,62	1,0	1150
9	N3/N3B	17670	1,47	7,9	13,3	3150 / 2*2400

Alternativene S9 er vurdert som en av de beste blant alternativene i sør fordi de har lengst tunnellinge og færrest kryssningspunkt og har dermed mindre risiko for flom.

Alternativet S9 skal ikke påvirke flomsituasjonen i Gaupåsvassdraget, så sant at:

- motorveien ligger høyere enn flomvannstanden (ved Vikane)
- at kulvertene som krysser vassdraget har nok kapasitet og ikke går fulle
- at det er tatt hensyn til erosjonsfare ved fyllingen pga. flom (ved Vikane)

Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom fordi de har en ca. 5 km lang tunnel under Vetten.

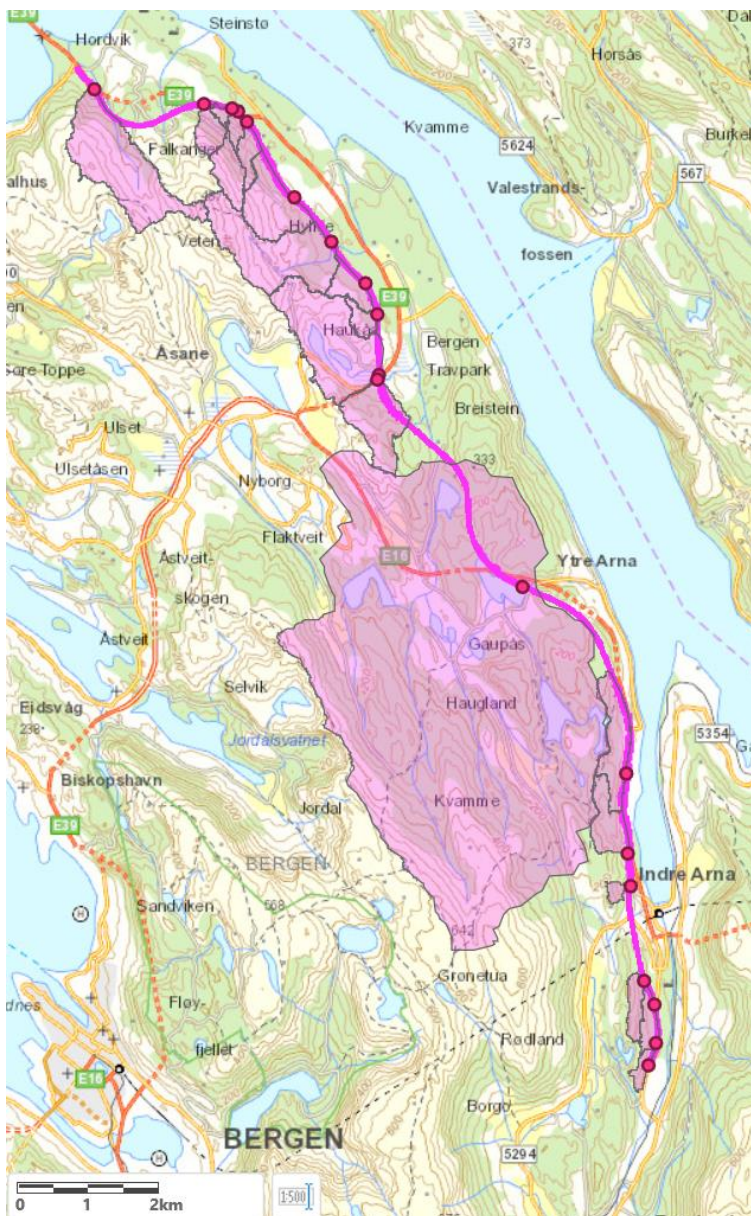
N3/N3B går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Stemhøyen og Solsvika).

7.13 Alternativ S11-N2

Alternativ S11-N2 er veldig likt alternativ S5-N2. Traseen er forskjellig fra Gaupåsvatnet (Str. 7750 m) til ca. Haukåsvatnet. Alternativ S11-N2 går i fire tunneler:

- mellom 1200 m-2540 m (S11/S5),
- mellom 5540 m-7480 m (S11/S5),
- mellom 8460 m-10730 m (S11),
- mellom 16560 m-18060 m (N2).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 17 stikkrenner og en bru for alternativet S11-N2 (markert i Figur 7-13).



Figur 7-13: Vegtraséalternativ S11-N2. Rosa områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger og brua Gaupåsvatnet.

Tabell 7-13: Kryssinger ved alternativ S11-N2. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1	S11	0	0,10	0,67	1,1	1165
2	S11	880	0,18	1,00	1,7	1450
3	S11	1270	0,19	1,04	1,8	1450
4	S11	2630	0,07	0,61	1,0	1150
5	S11	3010	0,38	1,88	3,2	1750
6	S11	4250	0,57	3,22	5,4	2175
7-Gaupåsvatnet	S11	7550	20,65	53,66	90,2	Bru 300m×10m
8	N2	11350	0,70	3,63	6,1	2300
9-Kråvatnet	N2	11420	1,49	3,74	6,4	2350
10	N2	12280	0,14	0,82	1,3	1250
11	N2	12750	0,24	1,53	2,6	1600
12	N2	13520	1,34	6,92	11,6	3000 / 2*2250
13	N2	14350	0,68	3,86	6,3	2350
14	N2	15640	0,18	1,10	1,8	1450
15	N2	15820	0,09	0,50	0,8	1025
16	N2	15920	0,37	1,89	3,2	1750
17	N2	16320	0,21	1,41	2,4	1600
18	N2	18180	1,47	7,94	13,7	3150 / 2*2400

Alternativene S11 gir endringer i Gaupåsvassdraget. Utfylling i Gaupåsvatnet bør ikke gjøres uten at det gjøres kompensierende tiltak ved utløpet som senker normalvannstanden i Gaupåsvatnet.

Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved utfylling pga. ny veg vil være:

- å redusere nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet med 5 cm. Dette vil medføre varig senket vannstand med 5 cm i Gaupåsvatnet og 10 cm senkning ved Q_{200,dim}. Senkning av utløpsterskelen vil øke flomvannføringen nedstrøms med ca. 2% ift. dagens situasjon.
- for å ikke øke flomfaren i elva ned til Ytre Arna bør kulvertkapasiteten til de to kulverter plassert under industribygninger ved Ytre Arna økes. Kulvertene bør dimensjonere for en maksimal vannføring på ca. 75 m³/s. Dette vil forbedre flomsituasjonen i Ytre Arnaelva.
- Det bør sjekkes med Arna kraftverk om muligheten å bruke den eksisterende tunnelen til Arna kraftstasjon (maksimum slukeveve 4,1 m³/s) som bypass for å redusere vannstanden i Gaupåsvatnet og vannføringen i Ytre Arnaelva.

S11 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (bekk ved Arnavegen, Gaupåsvatnet).

Dagsonen i N2 (N2a og N2b) har flest krysningspunkt, og er derfor vurdert som et dårligere alternativ med tanke på sikkerhet mot flom

N2 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Langebrunane, Stemhøyen, Tuft, Setdalen og Solsvika).

7.14 Alternativ S11-N3

Alternativ S11-N3A er lik alternativ S11-N2 mellom 0 m-12700 m. Alternativ S11-N3A går i fire tunneler:

- mellom 1200 m-2540 m (S11/S5),
- mellom 5540 m-7480 m (S11/S5),
- mellom 8460 m-10730 m (S11),
- mellom 13370 m-17640 m (N3).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 12 stikkrenner og en bru for alternativet S11-N3A (markert i Figur 7-14).



Figur 7-14: Vegtraséalternativ S11-N3. Blå områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger og brua Gaupåsvatnet.

Tabell 7-14: Kryssinger ved alternativ S11-N3. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1	S11	0	0,10	0,67	1,1	1165
2	S11	880	0,18	1,00	1,7	1450
3	S11	1270	0,19	1,04	1,8	1450
4	S11	2630	0,07	0,61	1,0	1150
5	S11	3010	0,38	1,88	3,2	1750
6	S11	4250	0,57	3,22	5,4	2175
7- Gaupåsvatnet	S11	7550	20,65	53,66	90,2	Bru 300m×10m
8	N3	11350	0,70	3,63	6,1	2300
9 - Kråvatnet	N3	11420	1,49	3,74	6,2	2350
10	N3	12280	0,14	0,82	1,3	1250
11	N3	12750	0,20	1,3	2,1	1500
12	N3	13270	1,18	5,5	9,3	2650
13	N3	17730	1,47	7,94	13,3	3150 / 2*2400

Alternativene S11 gir endringer i Gaupåsvassdraget. Utfylling i Gaupåsvatnet bør ikke gjøres uten at det gjøres kompensierende tiltak ved utløpet som senker normalvannstanden i Gaupåsvatnet.

Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved utfylling pga. ny veg vil være:

- å redusere nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet med 5 cm. Dette vil medføre varig senket vannstand med 5 cm i Gaupåsvatnet og 10 cm senkning ved Q_{200,dim}. Senkning av utløpsterskelen vil øke flomvannføringen nedstrøms med ca. 2% ift. dagens situasjon.
- for å ikke øke flomfaren i elva ned til Ytre Arna bør kulvertkapasiteten til de to kulverter plassert under industribygninger ved Ytre Arna økes. Kulvertene bør dimensjonere for en maksimal vannføring på ca. 75 m³/s. Dette vil forbedre flomsituasjonen i Ytre Arnaelva.
- Det bør sjekkes med Arna kraftverk om muligheten å bruke den eksisterende tunnelen til Arna kraftstasjon (maksimum slukeveve 4,1 m³/s) som bypass for å redusere vannstanden i Gaupåsvatnet og vannføringen i Ytre Arnaelva.

S11 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (bekk ved Arnavegen, Gaupåsvatnet).

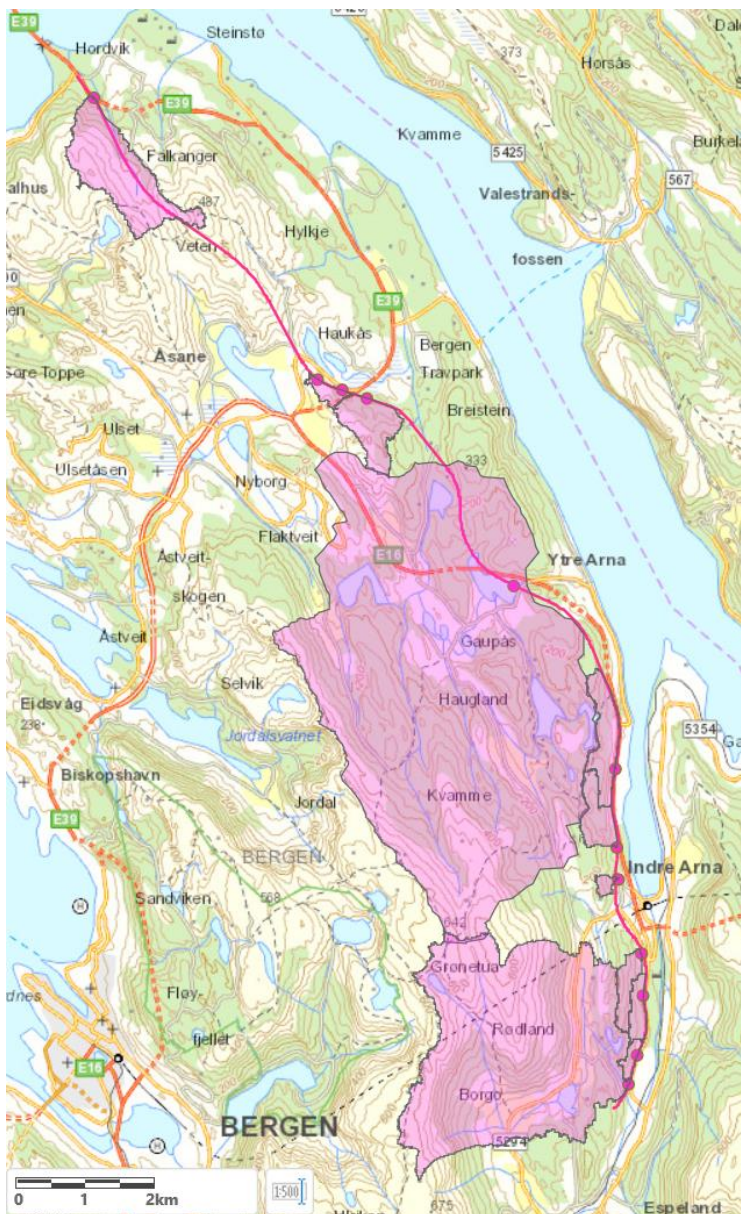
Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom fordi de har en ca. 5 km lang tunnel under Vetten.

7.15 Alternativ S11-N3B

Alternativ S11-N3B er lik alternativ S11-N2/N3A mellom 0m-10500m. Alternativ S11-N3B går i fire tunneler:

- mellom 2330 m-3860 m (S11/S5),
- mellom 6460 m-8430 m (S11/S5),
- mellom 9410 m-11755 m (S11),
- mellom 12740 m-18260 m (N3B).

På strekningen krysses E16/39 av flere bekker/elver. Totalt har vi vurdert 10 stikkrenner og to bruer for alternativet S11-N3B (markert i Figur 7-15).



Figur 7-15: Vegtrasalternativ S11-N3B. Rosa områder viser nedbørfelt til alle vurderte kryssinger og bruene Tangelandselva og Gaupåsvatnet.

Tabell 7-15: Kryssinger ved alternativ S11-N3B. Resultater av flomberegning (momentanflommer) for feltene.

ID.	Alt.	Stikkrenne (m)	Feltareal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q _{dim,200} (m ³ /s)	Min diameter (mm)
1-Tangelandselva	S11	450	8,13	31,2	52,4	Bru underkant > 74,0 moh, B=5m
2	S11	880	0,10	0,67	1,1	1165
3	S11	1760	0,20	1,13	1,7	1450
4	S11	2150	0,26	1,25	1,8	1450
5	S11	3510	0,07	0,61	1,0	1150
6	S11	3890	0,38	1,88	3,2	1750
7	S11	5130	0,57	3,22	5,4	2175
8-Gaupåsvatnet	S11	8430	20,65	53,66	90,2	Bru 300m×10m
9	N3B	12230	0,62	3,25	5,5	2200
10	N3B	12600	0,06	0,62	1,0	1150
11	N3B	13000	0,06	0,62	1,0	1150
12	N3/N3B	18300	1,40	7,94	13,3	3150 / 2*2400

Alternativene S11 gir endringer i Gaupåsvassdraget. Utfylling i Gaupåsvatnet bør ikke gjøres uten at det gjøres kompensierende tiltak ved utløpet som senker normalvannstanden i Gaupåsvatnet.

Mulig tiltak for å begrense økning i flomfare ved utfylling pga. ny veg vil være:

- å redusere nivået til utløpsterskelen i Gaupåsvatnet med 5 cm. Dette vil medføre varig senket vannstand med 5 cm i Gaupåsvatnet og 10 cm senkning ved Q_{200,dim}. Senkning av utløpsterskelen vil øke flomvannføringen nedstrøms med ca. 2% ift. dagens situasjon.
- for å ikke øke flomfaren i elva ned til Ytre Arna bør kulvertkapasiteten til de to kulverter plassert under industribygninger ved Ytre Arna økes. Kulvertene bør dimensjonere for en maksimal vannføring på ca. 75 m³/s. Dette vil forbedre flomsituasjonen i Ytre Arnaelva.
- Det bør sjekkes med Arna kraftverk om muligheten å bruke den eksisterende tunnelen til Arna kraftstasjon (maksimum slukevne 4,1 m³/s) som bypass for å redusere vannstanden i Gaupåsvatnet og vannføringen i Ytre Arnaelva.

S11 går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (bekk ved Arnavegen, Gaupåsvatnet).

Alternativene N3B, og N3A er vurdert som best blant alternativene i nord med tanke på flom fordi de har en ca. 5 km lang tunnel under Vetten.

N3/N3B går gjennom flere områder med risiko for jord- og flomskred (Stemhøyen, Solsvika).