

## Detaljregulering E18 Ytre ringvei

Hydrologiske vurderinger ved lokaliteter for massedisponering

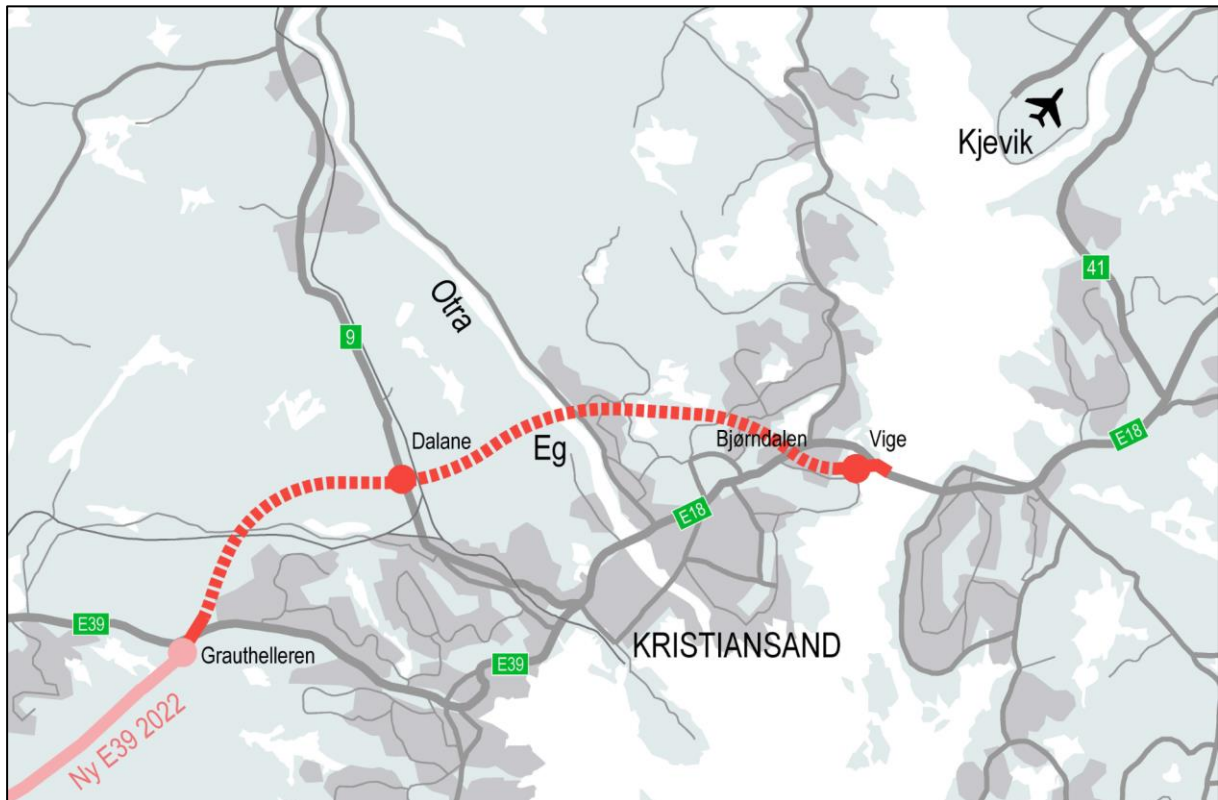
Oppdragsnr:	5206182
Oppdragsnavn:	Detaljregulering E18 Ytre ringvei
Dokument nr.:	NV42E18YR-VAA-RAP-0002
Filnavn	Hydrologiske vurderinger ved lokaliteter for massedisponering

#### Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
d01	30.09.2022	For godkjenning hos Nye Veier	HeOpa	JoStr	TeFaa
e02	30.11.2022	For godkjenning hos myndigheter	HeOpa	JoStr	TeFaa
d03	31.05.2023	For kontroll hos oppdragsgiver	HeOpa	JoStr	TeFaa
e04	27.06.2023	For behandling hos kommunen	HeOpa	JoStr	TeFaa

## Forord

E18 Ytre ringvei på stekningen fra Vige til Grauthelleren er en del av hovedveiforbindelsen forbi Kristiansand. Nye Veier AS har ansvar for planlegging, bygging og drift av denne veistrekningen.



På vegne av Nye Veier AS har Norconsult AS utarbeidet *Hydrologiske vurderinger ved lokaliteter for massedisponering* til reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei. *Hydrologiske vurderinger ved lokaliteter for massedisponering* er utarbeidet for å tilfredsstillere NVEs krav til hva som skal svares ut i en reguleringsplan (iht. NVEs Veileder 2-2017 [1]), og inngår som en del av grunnlaget for utarbeidelse av Reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei.

### Kontaktinformasjon:

Fagansvarlig for hydrologi, Norconsult AS, Henrik Opaker, 67571000,  
firmapost@norconsult.com

## Sammendrag

For Ytre ringvei er det gjort hydrologiske beregninger for å vurdere konsekvensene ved mulige lokaliteter for massedisponering ved Øygardsvatnet og restkapasitet ved Mjåvann (alternativ A) og Grauthellerheia, Mjåvann vest og restkapasitet ved Mjåvann (alternativ B). Restkapasiteten ved Mjåvann er allerede regulert og konsekvensvurderes derfor ikke.

### Alternativ A:

Øygardsvatnet har opprinnelig vært en del av Søgnevassdraget, som er et vernet vassdrag. Øygardsvatnet renner til Mjåvann, hvor det er sprengt ut en kanal til Bukkesteinsvann, som er en del av Fiskåvassdraget. I dag renner i hvert fall langt det meste av vannet fra Mjåvann, om ikke alt, til Bukkesteinsvann. Selv om Øygardsvatn og Mjåvann ligger innenfor det naturlige nedbørfeltet til Søgnevassdraget, er disse vannene i praksis nå tilhørende Fiskåvassdraget. Øygardsvatnet skal dermed, etter Norconsults oppfatning, ikke vurderes som del av et vernet vassdrag.

Dersom det ikke gjøres tiltak, vil en utfylling av Øygardsvatnet medføre en økning i avløpsflommene fra Fiskåvannet. Økningen vil være beskjeden ved de hyppigst forekommende flommene, men økningen er større ved store flommer som en 200-årsflom. Uten tiltak er det risiko for at igjenfyllingen medfører økte flomskader nedstrøms Fiskåvannet. Flere mulige tiltak for å kompensere for økt avrenning fra igjenfylling av Øygardsvatnet er vurdert. Fordrøyning av vann i fyllingen til Øygardsvatnet er det tiltaket som det anbefales å arbeide videre med. Andre tiltak kan være mulige, men virker å ha større ulemper enn fordrøyning i fyllingen ved Øygardsvatnet. Uavhengig av endelig løsning, så må planbestemmelsene bli ivaretatt.

Tiltaket med fordrøyning i fyllingen er vurdert å være tilstrekkelig, dersom avløpet begrenses til 1000 l/s og fordrøyningsvolumet er dimensjonert for å dempe en 200-årsflom. Det nødvendige fordrøyningsvolumet er avhengig av om utfylt område benyttes for industri eller om det beholdes som LNF-område.

Endringer i vannføring og vannstand nedstrøms i vassdraget ved utfylling av Øygardsvatnet er beskjedene. Det er strekningen mellom Øygardsvatn og Mjåvann at endringene blir mest merkbare, og da først og fremst i tørrværsperioder. På strekningen mellom Mjåvann og utløpet i fjorden er endringene små.

Med tanke på Elkems vannforsyningsikkerhet, vil utfylling av Øygardsvatnet ha neglisjerbar betydning.

### Alternativ B:

Ved utfylling av Grauthellerheia er det ventet at flomstørrelsen mellom Grauthellerheia og Indre Fiskåvann mest sannsynlig vil reduseres noe, mens i Indre Fiskåvann vil endringen være neglisjerbar. For å sikre at overflateavrenning fra utfyllingen ved Grauthellerheia havner i eksisterende bekkeløp, bør det lages en overvannsgrøft på det utfylte området.

Utfylling av Mjåvann vest vil medføre at flomstørrelsen i bekken ut av området øker, såfremt Mjåvann vest benyttes til industri etter utfylling. Stikkrennen under Farvannsbakken er ikke stor nok til å ta unna 200-årsflommen etter utfylling av Mjåvann vest. Det anbefales derfor at man enten gjør tiltak i innløpet til stikkrennen for å bedre kapasiteten, eller at hele stikkrennen byttes ut med en større dimensjon. Foreløpige beregninger tilsier at dimensjon for et nytt betongrør bør være 1 800 mm. Dersom Mjåvann vest beholdes som LNF-område og fyllingen tildekkes med vekstjord, er det ikke nødvendig å gjøre noe med stikkrennen under Farvannsbakken.

Utfylling av Grauthellerheia og Mjåvann vest vil ikke medføre noen endring for Elkems vannforsyningssikkerhet.

## Innhold

Forord.....	3
Sammendrag .....	4
1 Bakgrunn.....	7
2 Alternativ A.....	11
2.1 Øygardsvatnets vassdrag .....	11
2.2 Flomvurdering Øygardsvatnet .....	12
2.3 Vurdering av konsekvenser for 3.parter i Fiskåvassdraget .....	21
2.4 Kompenserende tiltak for utfylling av Øygardsvatnet .....	23
3 Alternativ B.....	28
3.1 Masselagring ved Grauthellerheia.....	28
3.2 Masselagring ved Mjåvann vest .....	30
4 Konklusjon .....	34
5 Referanser .....	36
6 Vedlegg 1 CEEQUAL tabell .....	37

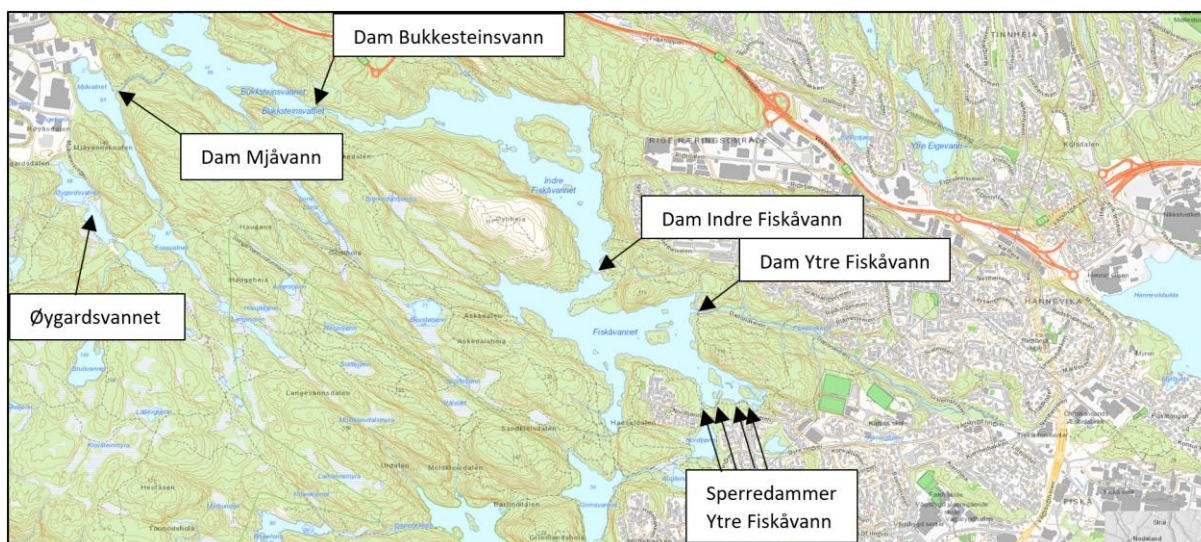








videre nedstrøms i Fiskåvassdraget. Elkem har et større industriområde nede ved Fiskå, som benytter vann fra Fiskåvannet i sin produksjon. Langs Fiskåbekken, som renner fra Fiskåvannet til fjorden, ligger det bebyggelse tett på vassdraget. Her er det kjent at det er utfordringer knyttet til flom. Figur 1-4 viser en oversikt over Fiskåvassdraget. Her er dammene i vassdraget, som eies av Elkem, markert.

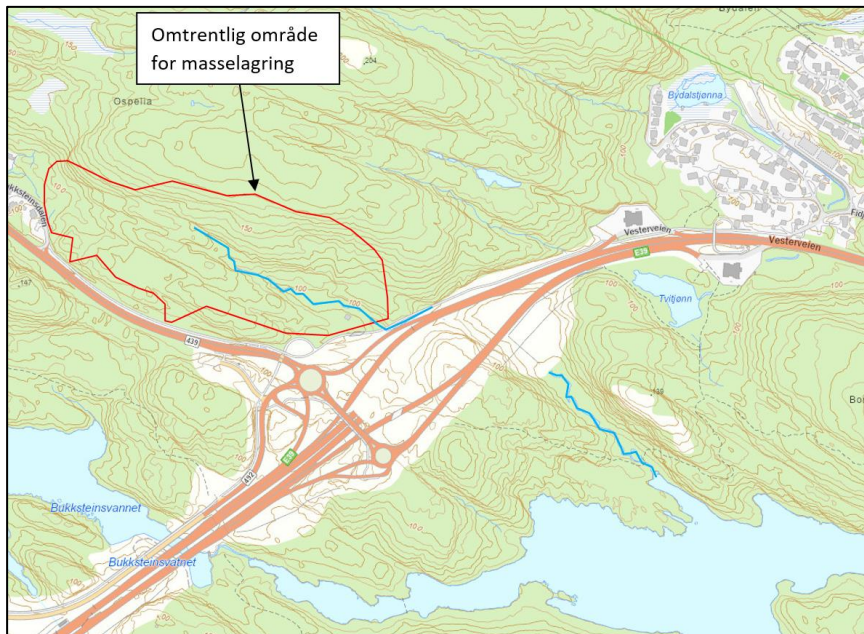


Figur 1-4: Oversikt Fiskåvassdraget.

Restkapasiteten ved Mjåvann (områdene D og E i Figur 1-2) vil benyttes i tillegg til Øygardsvatnet. Dette innebærer en ytterligere igjenfylling av Mjåvann, som allerede er delvis igjenfylt etter utbygging av E39. Den ytterligere igjenfyllingen er allerede regulert. Til sammen er det antatt at man kan lagre inntil ca. 0,3 mill. m<sup>3</sup> masser ved Mjåvann. Deler av den nye utfyllingen vil skje ved at man hever nivået på allerede utfylt område, mens noe vil medføre reduksjon av gjenværende del av Mjåvann. I og med at igjenfyllingen av Mjåvann allerede er regulert vil Norconsult i denne rapporten ikke utrede hvilke hydrologiske konsekvenser bruk av restkapasiteten i Mjåvann vil ha.

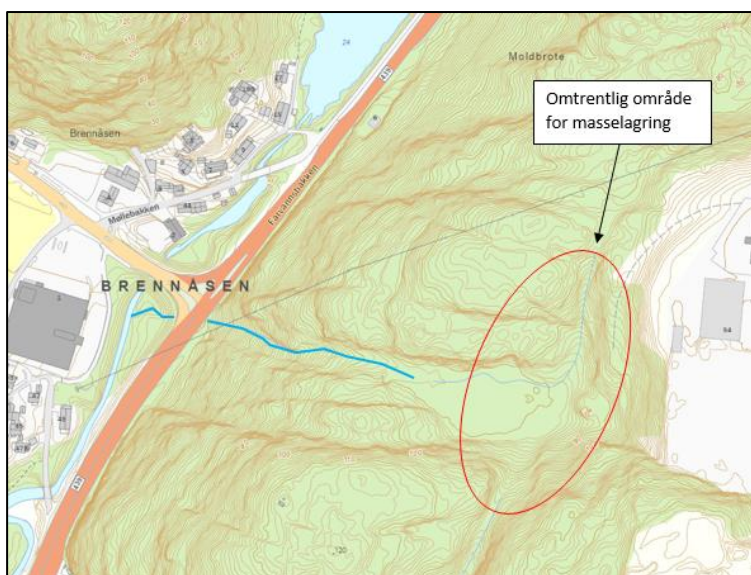
#### Alternativ B:

Ved Grauthellerheia er det lagt opp til at det skal kunne lagres inntil ca. 1,8 mill. m<sup>3</sup> masser. Området er i dag dominert av skog med noe bart fjell, og har en mindre bekk som drenerer mesteparten av arealet som er planlagt utfylt. Bekken renner nedstrøms utfyllingsarealet under E39 og videre inn i Indre Fiskåvannet (Figur 1-5). Etter utfylling av Grauthellerheia er det ikke planlagt at arealet skal benyttes til bebyggelse, men fyllingen vil tildekkes med et lag med vekstjord.



Figur 1-5: Oversikt masselagring Grauthellerheia

Ved Mjåvatn vest er det planlagt at det skal kunne lagres inntil ca. 0,9 mill. m<sup>3</sup> masser. Området er i dag et søkk dekket av skog, og med et mindre bekkeløp som kommer inn fra nord. Rett øst for området ligger det utbygde industriarealer. Etter utfylling av Mjåvatn vest er det planlagt at arealet reguleres som LNF, og at det tildekkes med et tynt lag med vekstjord. Det er imidlertid også mulig utfyllingen vil benyttes for industriformål. Vannet fra Mjåvatn vest renner vestover og under veien Farvannsbakken, og deretter inn i utløpsbekken fra Farvannet (Figur 1-6). Mjåvatn vest ligger i nedbørfeltet til det vernede Søgnevassdraget.



Figur 1-6: Oversikt masselagring Mjåvann vest

Også for alternativ B er det planlagt at restkapasiteten ved Mjåvann (områdene D og E i Figur 1-2) vil benyttes.

### **Formål med rapporten:**

Formålet med rapporten er å belyse hvilke påvirkninger masselagring har på hydrologien, både lokalt ved lokaliteten for masselagring og videre nedstrøms. Det er klart at igjenfylling av Øygardsvatnet er mest utfordrende med tanke på hydrologi av de foreslåtte masselagringslokalitetene, og rapporten bærer også preg av dette. Øvrige lokaliteter, med unntak av restkapasiteten ved Mjåvann som allerede er regulert, vil imidlertid også utredes.

Denne rapporten vil belyse følgende spørsmål:

- Hvordan vil økt flomavrenning fra området ved Øygardsvatnet etter utfylling påvirke 3. parter videre nedstrøms i vassdraget?
- Vil utfylling av Øygardsvatnet ha betydning for Elkems vannforsyningsikkerhet?
- Vil utfyllingen av Øygardsvatnet ha betydning for lavvannføringer i vassdraget, og slik påvirke miljøverdier i vassdraget?
- Hvilke hydrologiske konsekvenser vil massedisponering i Mjåvatn vest og Grauthellerheia ha?

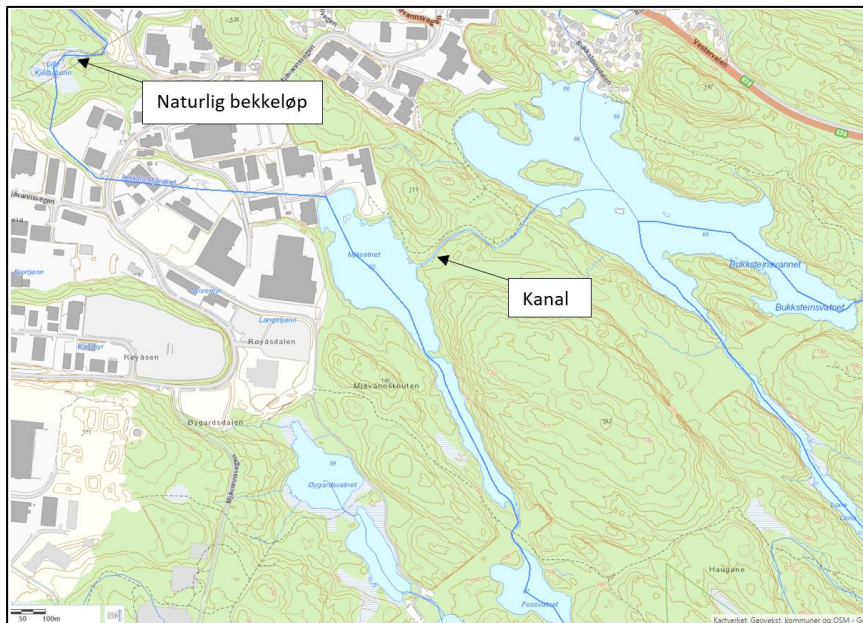
## **2 Alternativ A**

### **2.1 Øygardsvatnets vassdrag**

I henhold til NVE Atlas ligger Øygardsvatn i nedbørfeltet til Søgneelva. Søgneelva er vernet mot kraftverksutbygging, som en del av verneplan IV godkjent av Stortinget i 1993.

Øygardsvatnet renner ned til Mjåvannet via Fossvannet (se Figur 2-1). I nordenden av Mjåvannet har det naturlige avløpet vært nordover via en mindre bekk til Farvannet, som igjen renner ut i Søgneelva. Den naturlige bekken ut av Mjåvannet har imidlertid blitt lukket ved utbygging av Mjåvann industriområde. Det er blitt sprengt en kanal i fjellet, som leder vann fra Mjåvann og østover til Bukkesteinsvann. Bukkesteinsvann er en del av Fiskåvassdraget. Kanalen fra Mjåvann ble bygget på midten av 1980-tallet [2], og vannføringen her reguleres via en mindre dam, som ble bygget i 1992 [2].





Figur 2-1: Drenering fra Mjåvann.

Norconsult har vært på befaring ved Mjåvann, og forsøkt å finne et mulig utløp i nordenden av Mjåvann. Norconsult klarte ikke å finne noe kulvertinnløp i nordenden av Mjåvann. Norconsult har kontaktet Kjetil Breistein, avdelingsleder for ledningskart i Kristiansand kommune, angående dreneringen fra Mjåvann. I kommunen kjenner de ikke til noe utløp i nordenden av Mjåvann, og sier at vannet fra Mjåvann renner til Bukkesteinsvann via en kanal.

Det virker klart at i hvert fall langt det meste av vannet fra Mjåvann, om ikke alt, renner til Bukkesteinsvann. Selv om Øygardsvatn og Mjåvann ligger innenfor det naturlige nedbørfeltet til Søgnevassdraget, er disse vannene i praksis nå tilhørende Fiskåvassdraget. Øygardsvatnet bør dermed, etter Norconsults oppfatning, ikke vurderes som del av et vernet vassdrag.

## 2.2 Flomvurdering Øygardsvatnet

### 2.2.1 Tidligere flomberegning for Fiskåvassdraget

Det er tidligere, av Sweco i 2017, utført flomberegning for damanleggene i Fiskåvassdraget [2]. Resultatet er oppsummert under i Tabell 2-1. Flomberegningen er gjort for gjentaksintervall mellom 200 og 1000 år for de ulike damanleggene, avhengig av krav i dam sikkerhetsforskriften til dammer i ulik konsekvensklasse.



Tabell 2-1: Resultater for flomberegning for damanleggene i Fiskåvassdraget [2].

Anlegg	Gjentaksintervall (år)	Tilløpsflom (m <sup>3</sup> /s)	Avløpsflom (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (moh.), lokale høyder
Dam Mjåvann	200	3,8	3,7	93,46
Dam Bukksteinsvann	500	10,8	10,5	65,85
Dam Indre Fiskåvann	1000	19,9	12,3	62,44
Dam Ytre Fiskåvann	1000	15,2	15,1	60,49

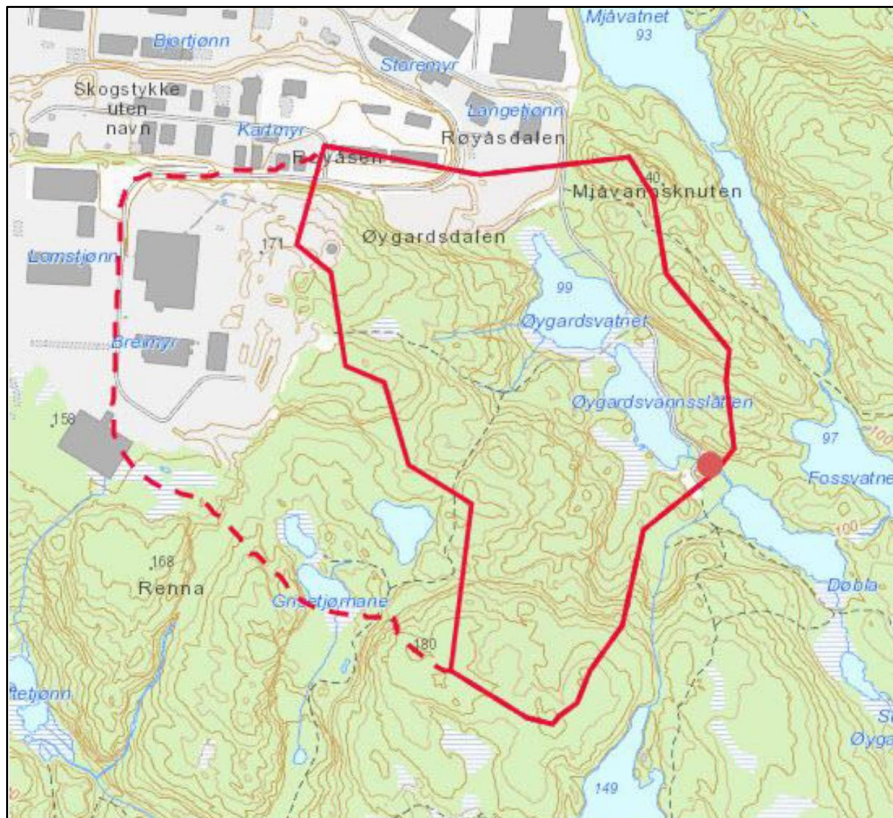
## 2.2.2 Oppfylling av Øygardsvatnet og påvirkning på flom i vassdraget

### 2.2.2.1 Formål med beregninger

Ved utfylling av Øygardsvatnet vil vannets oppholdstid sannsynligvis reduseres, noe som forsterkes av at området vil benyttes for industri. Det er antatt at bygging for industri på et utfylt Øygardsvatn vil medføre store, tette overflater der vannet vil ha rask avrenning. Det er dermed å forvente at en slik utbygging vil gi en raskere, og større flomavrenning fra området enn det som er tilfelle i dag. For å dokumentere effekten er det satt opp en rutingmodell for Fiskåvassdraget. En tilløpsflom er deretter rutet gjennom vassdraget, og det er da satt opp to ulike modeller. Den ene representerer dagens forhold, og den andre fremtidig forhold med Øygardsvatnet utfylt.

### 2.2.2.2 Forutsetninger for beregninger

Nedbørfeltarealet til Øygardsvatnet er satt lik 0,7 km<sup>2</sup>. Opprinnelig har feltarealet vært ca. 0,4 km<sup>2</sup>, se heltrukket rød linje i Figur 2-2 for naturlig feltgrense. Det er planlagt en utvidelse av industriområdet Mjåvann 3, som vil medføre at feltarealet til Øygardsvatnet øker (stiplet rød linje i Figur 2-2). Det er feltarealet på 0,7 km<sup>2</sup> som er lagt til grunn for både dagens og fremtidig situasjon. Det skal være lagt opp til lokal fordrøyning på området til Mjåvann 3, men det er uvisst i hvilket omfang og hvilken effekt fordrøyningen vil ha. I beregning for dagens og fremtidig situasjon er det derfor lagt til grunn at vann fra Mjåvann 3 har avrenning uten noen fordrøyning.



Figur 2-2: Feltareal Øygardsvatnet, før og etter utbygging av industriområdet Mjåvann 3.

I Fiskåvassdraget er det flere vann med betydelig areal. For å få frem dempingen i disse vannene er det benyttet en rutingmodell. I en rutingmodell benytter man en tilløpsflom, magasinivolum og avløpskurven fra magasinet til å bestemme flommen ut av magasinet. Avløpsforholdene fra de større vannene i Fiskåvassdraget styres av damanlegg, som eies av Elkem Solar. For å få en korrekt rutingmodell er det derfor helt nødvendig å legge inn avløpskurvene for damanleggene. Norconsult har derfor innhentet damtegninger fra VTA (vassdragsteknisk ansvarlig) for dammene, Agnar Theodorsen.

Avløpet fra Øygardsvatnet bestemmes i dag av en kulvert som er lagt gjennom veifyllingen for E39. Kulverten har dimensjon lik Ø2000, med bunn kulvert på kote 97,2.

Mjåvann er blitt delvis gjenfylt etter utbygging av E39 Kristiansand-Mandal. Ved ruting er det tatt hensyn til at magasinarealet ved Mjåvann er blitt vesentlig redusert grunnet delvis igjenfylling (reduksjon vannoverflate til ca. 14 000 m<sup>2</sup>). Beregningene forutsetter at det i nåsituasjonen er utfyllt i Mjåvann slik som reguleringen tillater.

Det er gjort beregninger av flom med gjentaksintervall på 20 og 200 år, som tilsvarer sikkerhetsklasse F1 og F2 for bygninger i henhold til TEK 17.

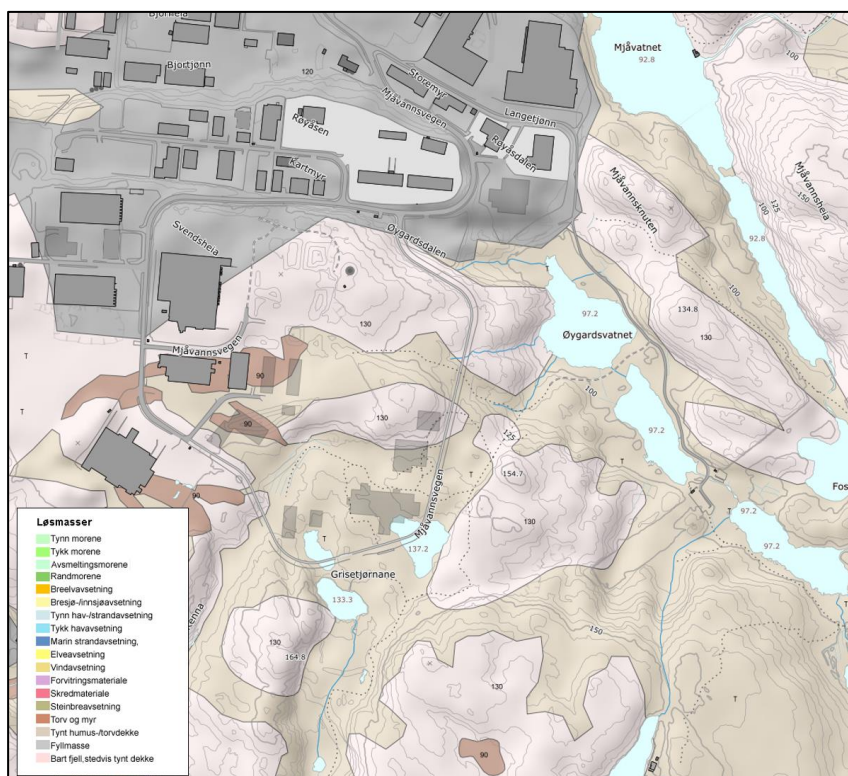
### 2.2.2.3 Metodikk for beregning av tilløpsflom

Det må settes opp en tilløpsflom som input i rutingmodellen, som deretter gir avløpet fra de ulike magasinene i vassdraget.

Ved Øygardsvatnet er tilløpet beregnet med den rasjonale metode, før og etter utfylling. Det er forutsatt at Øygardsvatnet etter utfylling benyttes til industri. For dagens situasjon er avrenningsfaktoren satt lik 0,5, og etter utfyllingen er den satt opp til 0,9. En høy avrenningsfaktor for dagens situasjon reflekterer at nedbørfeltet til Øygardsvatnet i dag er delvis utbygd, og avskoget. Det er også tynt med løsmasser i nedbørfeltet, der de naturlige løsmassene utenfor industriområdet av NGU er klassifisert som tynt humus/-torvdekke eller bart fjell med stedvis tynt dekke (Figur 2-3). For gjentaksintervall 200 år er avrenningsfaktoren oppjustert med 30 %, dog oppad begrenset til 0,95, i henhold til anbefalinger [3]. For gjentaksintervall 20 år er avrenningsfaktoren tilsvarende oppjustert med 10 % [3].

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

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



Figur 2-3: NGUs løsmassekart ved Øygardsvatnet.

For dagens situasjon er selve Øygardsvatnet lagt inn i rutingmodellen som et magasin, med en avløpskurve som er bestemt av kulverten gjennom E39. For fremtidig situasjon er Øygardsvatnet fjernet fra rutingmodellen, og tilløpsserien er lagt direkte til Mjåvann.

Nedbørintensiteten som er lagt til grunn for beregning av tilløp til Øygardsvatn for dagens og fremtidig situasjon er avhengig av hvor lang den kritiske varigheten er. Den kritiske varigheten sier noe om hvor lang tid det tar før hele nedbørfeltet bidrar til vannføringen i det punktet man gjør beregningen for. Langs Fiskåvassdraget er det ingen bebyggelse og infrastruktur som vil bli berørt av flom før man kommer ned til utløpet fra Ytre Fiskåvann. Det er derfor dette punktet som er av interesse å beregne flomstørrelse for. Kritisk varighet, som igjen bestemmer nedbørintensiteten, er derfor beregnet helt ned til utløpet av Ytre Fiskåvann.

Kritisk varighet for Ytre Fiskåvann er estimert ut fra formel for damanlegg [4]:

$$V_M = 480 A_M Q_i^{-1/3} (CL)^{-2/3}$$

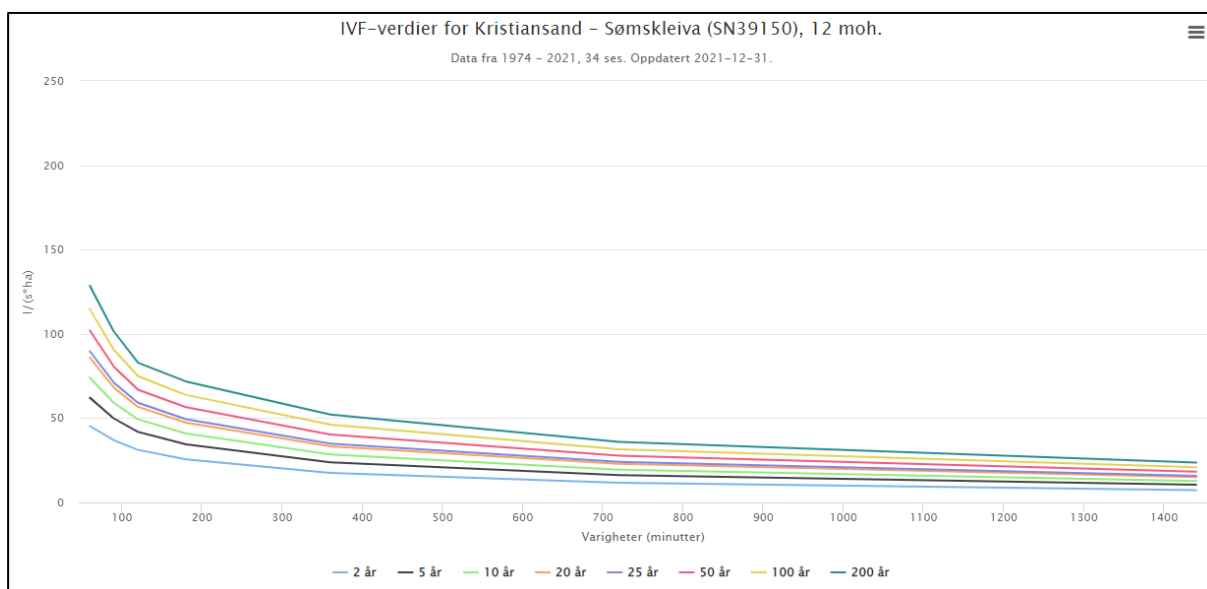
hvor  $A_M$  = areal magasin ved høyeste regulerede vannstand ( $\text{km}^2$ ),  $C$  er overløpskoeffisienten og  $L$  er overløpets lengde (m).  $Q_i$  er tilløpsflom i  $\text{m}^3/\text{s}$ , satt lik fire ganger middelflom ( $Q_M$ ) over ett døgn.

For beregning av kritisk varighet er det valgt å se på Fiskåvann som et magasin, noe som vil gi en lavere kritisk varighet enn reelt og dermed er et konservativt valg. Middelflommen over



et døgn er satt lik 0,4 ganger tilløpsflommen til magasinet ved 1000-årsflom. Med disse forutsetningene gir formelen en kritisk varighet på 15 timer.

Nedbørintensiteten er bestemt ut fra IVF-kurven fra målestasjon 39 150 Kristiansand-Sømskleiva (se Figur 2-4).



Figur 2-4: IVF-kurve for målestasjon 39 150 Kristiansand-Sømskleiva.

Flomforløp fra lokalfeltene til Bukksteinsvann og Indre og Ytre Fiskåvann er hentet fra flomberegningen for dammene i Fiskåvassdraget. I fremtidig situasjon er tilløpet til Mjåvann justert slik at man tar hensyn til utbygging av Øygardsvatnet.

I tidligere flomberegning er tilløpet til Mjåvann beregnet med PQRUT, NVEs nedbør-avløpsmodell. Denne modelleringen gir begrensede muligheter til å justere for ulike avrenningsforhold som følge av endret arealbruk. Det er grunnen til at den rasjonale metode er benyttet for å beregne avrenning for feltet til Øygardsvatnet. Resultat av den rasjonale metode for feltet til Øygardsvatnet er oppsummert i Tabell 2-3. Resultatet er kun en kulminasjonsverdi.

Tabell 2-3: Resultater fra beregning av 20- og 200-årsflom med rasjonale formel.

Situasjon	Avrenningsfaktor, C (-)	Kritisk varighet (min)	Intensitet (l/s ha)	Areal (ha)	Q20 (l/s)	Q200 (l/s)
Dagens	0,5	900	32,8	70	810	1490
Etter utfylling	0,9	900	32,8	70	1390	2180

Det er gjort en splitting av tilløpsflommen for Mjåvann fra flomberegningen. Splittingen er gjort ved ren arealskalering, der man får tilløp til Øygardsvatn og restfelt til Mjåvann.

Nedbørfeltet til Mjåvann er i flomberegningen oppgitt til 2,1 km<sup>2</sup>, noe som gir at restfeltet til Mjåvann nedstrøms Øygardsvatn er ca. 1,4 km<sup>2</sup> (det virker som at det i flomberegningen er tatt hensyn til at industriområdet Mjåvann 3 vil bygges).

Arealskaleringen gir ved gjentaksintervall 200 år en kulminasjon på 1,27 m<sup>3</sup>/s i tilløp til Øygardsvatn. Dette er ca. 0,2 m<sup>3</sup>/s mindre enn estimert ved rasjonale metode. Tilsigsserien ved 200-årsflom til Øygardsvatn i dagens situasjon er derfor skalert opp med en faktor på 1,17 ( $1,49/1,27=1,17$ ). For å få tilsvarende flomvolum som i flomberegningen er tilløpsserien ved 200-årsflom til restfelt Mjåvann nedskalert med en faktor på 0,91.

For 20-årsflom gir den rasjonale metode kulminasjon i tilsiget på 0,81 m<sup>3</sup>/s, mens arealskalering av tilsigsserien fra flomberegningen gir 0,76 m<sup>3</sup>/s. Tilsigsserien for Øygardsvatn er derfor skalert opp med en faktor på 1,07 ( $0,81/0,76=1,07$ ). For å få riktig totalt volum er tilsigsserien til restfeltet til Mjåvann nedskalert med en faktor på 0,97 ( $1,47/1,52=0,97$ ).

For fremtidig situasjon, etter oppfylling av Øygardsvatnet, er tilløpsserien fra området Øygardsvatnet skalert med en faktor på 1,72 og 1,46 ved hhv. 20- og 200-årsflom ( $1,39/0,81=1,72$  og  $2,18/1,49=1,46$ ).

For å estimere 20-årsflom er tilløpsseriene ved 200-årsflom til de ulike vannene skalert med en faktor på 0,6. Skaleringsfaktoren mellom 20- og 200-årsflom er estimert via NIFS-ligningen.

Det er kontrollert at rutingmodellen gir samme avløpsflom fra Fiskåvannet ved 1000-årsflom som oppgitt i Tabell 1 med like forutsetninger som flomberegningen.

#### 2.2.2.4 Resultat fra ruting av 20- og 200-årsflom

Det er ved ruting forutsatt at vannstanden i alle magasinene ligger på HRV (høyeste regulerte vannstand) i det flommen inntreffer. Unntaket er Indre Fiskåvannet, som er forutsatt å ligge på kote 59,7. Dette er 0,05 m over HRV i Ytre Fiskåvannet. Det er urealistisk at man skal få høydeforskjellen mellom HRV for Indre og Ytre Fiskåvannet på 1,85 m uten at en større flom har kulminert. Det at øvrige magasiner er antatt å ligge på HRV ved start av tilløpsflommen vil være en konservativ forutsetning, da det medfører at magasinenes evne til å dempe flommene er på sitt laveste. Samtidig kan det ikke utelukkes at dette er en situasjon som kan skje, på grunn av at større flommer kan inntreffe nær sagt hele året.

Resultatet fra rutingen av 200-årsflommen gjennom vassdraget, før og etter utfylling av Øygardsvatnet, er oppsummert i Tabell 2-4. Rutingen viser en økning i 20- og 200-årsflommen nedstrøms Fiskåvannet på hhv. ca. 0,2 og 0,8 m<sup>3</sup>/s grunnet utfyllingen i Øygardsvatn.

Tabell 2-4: Resultater fra ruting av 200-årsflom.

Situasjon	Avløp Øygardsvatnet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Mjåvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Bukkesteinsvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Indre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Ytre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)
Dagens	1,3	3,3	7,2	5,4	5,8
Etter utfylling	2,2 (+69 %)	4,3 (+30 %)	8,3 (+15 %)	6,2 (+15 %)	6,6 (+14 %)

Det er gjort en tilsvarende ruting for 20-årsflommen, som er oppsummert i Tabell 2-5.

Tabell 2-5: Resultater fra ruting av 20-årsflom.

Situasjon	Avløp Øygardsvatnet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Mjåvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Bukkesteinsvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Indre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Ytre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)
Dagens	0,6	1,9	4,2	2,8	3,1
Etter utfylling	1,4 (+133 %)	2,8 (+47 %)	5,0 (+19 %)	3,0 (+7 %)	3,3 (+6 %)

Det er i fremtiden, frem mot år 2100, forventet en økning i flomstørrelser i området. For et felt av størrelse som Fiskåvannet er det ventet en økning på minst 20 % [5]. Det er derfor også gjort en ruting med 200-årsflom ilagt et klimapåslag på 20 %. Resultatet er oppsummert i Tabell 2-6.

Tabell 2-6: Resultater fra ruting av 200-årsflom med 20 % klimapåslag.

Situasjon	Avløp Øygardsvatnet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Mjåvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Bukkesteinsvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Indre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Ytre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)
Dagens	1,5	4,0	8,9	8,1	8,5
Etter utfylling	2,6 (+73 %)	5,2 (+30 %)	10,1 (+13 %)	9,1 (+12 %)	9,6 (+13 %)

### 2.2.3 Oppfylling av Øygardsvatnet og påvirkning på mindre vannføringer i vassdraget

Med tanke på sikkerhet for bygninger og infrastruktur er det naturlig å vurdere effekten utfyllingen har ved større flommer, slik som 20- og 200-årsflommen. For å vurdere hvilken effekt utfyllingen har for miljøet videre nedstrøms i vassdraget er det naturlig å vurdere mindre vannføringer som forekommer hyppigere. Det er av den grunn gjort beregninger for:

- Middelflommen (gjentakintervall ca. 2 år)
- Lav vannføring (5-percentil)

Vurdering av effekten ved utfylling av Øygardsvatn ved middelflom er gjort etter samme metodikk som for 20- og 200-årsflom, som beskrevet i kapittel 3.2.3. Resultatet er vist i Tabell 2-7. Beregningen viser en økning i vannføring nedstrøms Fiskåvannet på ca. 0,1 m<sup>3</sup>/s ved middelflom grunnet utfyllingen i Øygardsvatnet.

Tabell 2-7: Resultater fra ruting av middelflom (gjentakintervall 2 år).

Situasjon	Avløp Øygardsvatnet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Mjåvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Bukkesteinsvann (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Indre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)	Avløp Ytre Fiskåvannet (m <sup>3</sup> /s)
Dagens	0,3	1,2	2,4	2,0	2,1
Etter utfylling	0,7 (+133 %)	1,7 (+42 %)	2,8 (+17 %)	2,1 (+5 %)	2,2 (+5 %)

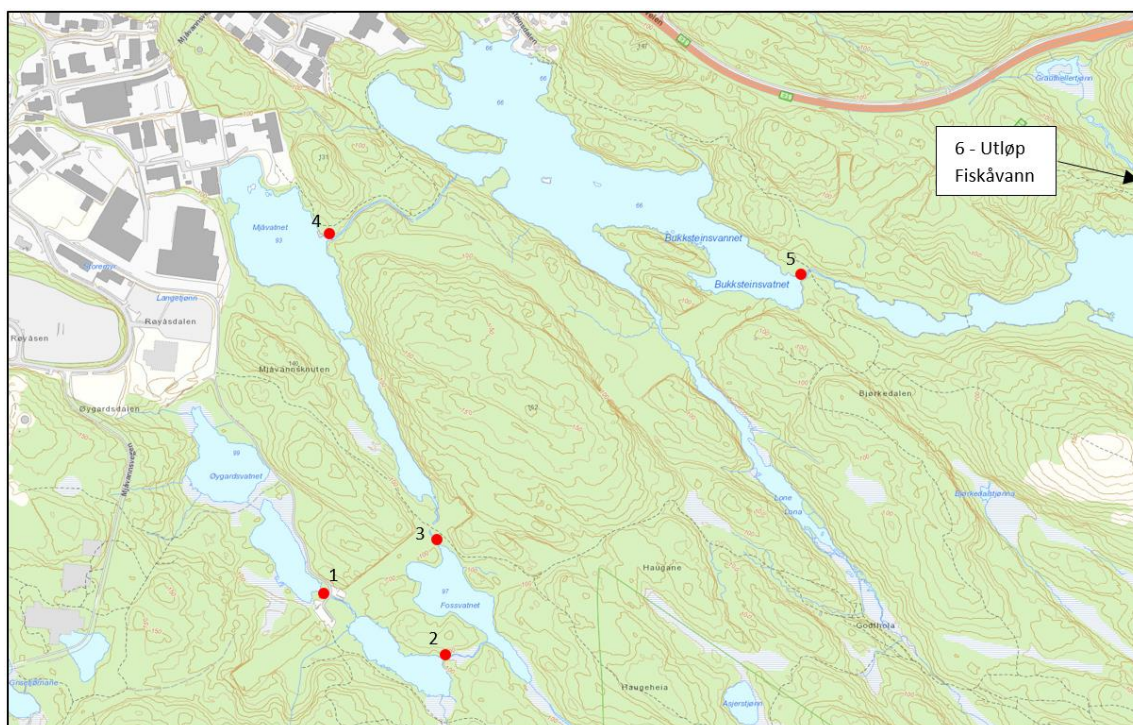
Ved beregning av effekten som utfylling har ved lav vannføring i vassdraget er det forutsatt følgende:

- Bidrag fra hele nedbørfeltet til Ytre Fiskåvannet i dagens situasjon er 0,5 l/s km<sup>2</sup>
- Null bidrag fra feltet til Øygardsvatn etter utfylling

Vannføringen ved 5-percentilen (95 % av tiden vil vannføringen være større) er hentet ut fra NVEs kartapplikasjon NEVINA. Her er 5-percentil vannføringen beregnet for to perioder, 1.mai-30.september og 1.oktober-30.april, i tillegg til året som helhet. Estimerte 5-percentil vannføringer for de nevnte periodene er hhv. 0,5, 6,9 og 1,3 l/s km<sup>2</sup>. Det er benyttet 5-percentil for perioden 1. mai-30.september på 0,5 l/s km<sup>2</sup>.

I en slik situasjon vil tilsiget til vassdraget reduseres. Hvor stor påvirkning det har vil variere etter hvor langt ned i vassdraget man kommer. Med tanke på miljøet er det særlig i bekkeløpene mellom vannene at redusert tilsig vil kunne ha negativ påvirkning. Bekkestrekningene i vassdraget er imidlertid korte, med unntak av Fiskåbekken, som renner ut av Fiskåvannet. I tillegg til bekkene nedstrøms vannene Mjåvann, Bukkesteinsvann og Fiskåvannet er det vurdert avløp fra et navnløst vann rett nedstrøms Øygardsvatnet og fra Fossvann. Punktene er markert i Figur 2-5.





Figur 2-5: Punkter hvor endring av vannføring som følge av utfylling Øygardsvatn er vurdert.

Tabell 2-8 viser hvordan vannføringen er ventet å påvirkes nedover i vassdraget. Rett nedstrøms Øygardsvatn vil reduksjonen i vannføring være 100 %, mens avløpet fra Bukkesteinsvann vil reduseres med ca. 17 %. I Fiskåbekken er det ikke noe krav til minstevannføring, slik at bekken antageligvis går tilnærmet tørr i perioder der vannstanden i Fiskåvannet er lav og lokaltilsiget nedstrøms Fiskåvann er lite. Vannføringen i Fiskåbekken i tørkeperioder vil ikke påvirkes av igjenfylling av Øygardsvatnet.

Tabell 2-8: Vannføring i vassdraget ved lavt tilsig (5-percentil i perioden 1. mai-30.september).

Situasjon	1. Avløp Øygardsvatnet (l/s)	2. Avløp navnløst vann (l/s)	3. Avløp Fossvann (l/s)	4. Avløp Mjåvann (l/s)	5. Avløp Bukkesteinsvann (l/s)	6. Avløp Ytre Fiskåvannet (l/s)
Dagens	0,35	0,65	0,85	1,05	2,05	0 <sup>1</sup>
Etter utfylling	0	0,30	0,50	0,70	1,70	0

### 2.3 Vurdering av konsekvenser for 3.parter i Fiskåvassdraget

Det er beregnet at flomvannføringen vil øke dersom man fyller ut Øygardsvatnet. For 3.parter langs vassdraget er det nedstrøms Fiskåvannet at man finner bebyggelse som kan bli berørt.

<sup>1</sup> Avløp fra Fiskåvannet er sannsynligvis lik 0 l/s i tørkeperioder pga. Elkems sitt uttak av vann

Det er i dagens situasjon utfordringer ved flom i Fiskåbekken. Fiskåbekken går lukket på store deler av strekningen mellom Fiskåvannet og sjøen. Kulverten har for liten kapasitet, slik at deler av vannføringen renner ut av bekkeløpet ved flom. Elkem sitt fabrikkområde skal tidligere ha blitt berørt av flom fra Fiskåbekken.

Ved en middelflom vil økningen i vannføring nedstrøms Fiskåvann være relativt beskjeden, men økningen i vannføring som følge av utfylling og bruk av Øygardsvatnet til industri vil bli større med høyere gjentakintervall for flom. Ved en 200-årsflom vil økningen være ca. 0,8 m<sup>3</sup>/s, noe som er en økning på ca. 14 %. Økningen i flomstørrelse vil være mindre dersom utfyllt Øygardsvatn beholdes som LNF-område. Det er i et slikt tilfelle estimert at økningen i 200-årsflom nedstrøms Fiskåvann vil være på ca. 0,2 m<sup>3</sup>/s, noe som er en økning på ca. 3-4 %.

Konklusjonen er derfor at man bør forvente at en eventuell utfylling av Øygardsvatnet vil øke problemet med flom i Fiskåbekken, dersom det ikke gjøres tiltak. Hvor mye bebyggelse og infrastruktur som eventuelt blir berørt av økningen i flomvannføring er foreløpig uklart. Dersom dette skal avklares, må det gjøres en flomsonekartlegging av bekkestrekningen nedstrøms Fiskåvannet. Antageligvis er det bekkelukningen ved Fiskåbekken som skaper den største utfordringen med flom i vassdraget.

Damanleggene i vassdraget, som eies av Elkem, må følge et relativt omfattende regelverk for dam sikkerhet. Det er foreløpig uavklart om økte flomstørrelser i vassdraget som følge av utfylling i Øygardsvatnet medfører at det må gjøres tiltak på de ulike damanleggene. Ved ruting av 200-årsflom gjennom vassdraget gir økningen i avløp fra Øygardsvatnet etter utfylling en økning i vannstand for magasinene videre nedstrøms på mellom 3-9 cm, noe som ansees som relativt beskjedent. Beskjeden vannstandsstigning reduserer sannsynligheten for at det er behov for ombygging av dammer som følge av økt avløp fra gjenfylt Øygardsvatn.

Elkem benytter Fiskåvannet for uttak av vann til fabrikkkanlegget sitt. Elkem har tidligere opplevd utfordringer med vannforsyningen i tørre perioder. Utfylling av Øygardsvatnet vil ikke medføre at volumet vann som renner til Fiskåvannet over lang tid endres. Nedbørfeltet til Fiskåvannet vil ikke reduseres grunnet tiltaket ved Øygardsvatnet. En konsekvens av utfylling i Øygardsvatnet er at avrenningen vil skje raskere, og tørrværsavrenningen vil reduseres. I langvarige tørrværsperioder, som er det kritiske for vannforsyningen, vil antageligvis tilsiget til Fiskåvannet reduseres et sted mellom 0,1-0,3 l/s som følge av utfylling av Øygardsvatnet. Det vurderes imidlertid ikke som sannsynlig at dette har noen betydning for vannuttaket, da tilsig på et litt tidligere tidspunkt i en allerede tørr periode vil kunne lagres i magasinene. Det er heller ikke krav om minsteslipp fra Fiskåvannet.

Det er derfor vurdert at utfylling av Øygardsvatnet vil ha neglisjerbar betydning for Elkem sin forsyningssikkerhet.

## 2.4 Kompenserende tiltak for utfylling av Øygardsvatnet

Beregninger og vurderinger viser at den største utfordringen med utfylling av Øygardsvatnet er at flommene videre nedstrøms i vassdraget øker. Det er derfor gjort en vurdering av om det er mulig med kompenserende tiltak for å redusere effekten som utfylling av Øygardsvatnet har på nedstrøms flomforhold.

Det forutsettes at vann fra Mjåvann 3 sendes forbi fyllingen i Øygardsvatnet. Mjåvann 3 har lagt opp til at utbyggingen håndterer og fordrøyer overvann på eget areal, og at fordrøyning videre nedstrøms ikke er nødvendig. Norconsult har ikke oversikt over hvordan fordrøyningen ved Mjåvann 3 skal fungere i praksis. Vannet som kommer fra Mjåvann 3 vil ved utfylling av Øygardsvatnet håndteres med en avskjærende rørledning/åpen grøft som fører vannet fra Mjåvann 3 utenom fyllingen for Øygardsvatnet. Vannet fra Mjåvann 3 vil ledes ut i den sørlige delen av Øygardsvatnet, mellom fyllingen og E39.

I de påfølgende fire delkapitlene er mulige kompenserende tiltak beskrevet. Av tiltakene er det fordrøyning som utmerker seg som det mest aktuelle.

### 2.4.1 Fordrøyning

Det er i beregningen i kapittel 3.2 ikke regnet med at vann fordrøyes ved Øygardsvatnet etter at det er gjennomført utfylling. Lokal fordrøyning er et tiltak som kan gjennomføres, og ved Øygardsvatnet er det mulig å se for seg at dette kan gjøres i sprengsteinsfyllingen som benyttes for å fylle opp området. Det må i tilfelle lages en tetning i fyllingsfoten opp til et visst nivå, og med et rør gjennom tetningen som begrenser avløpet fra fyllingen.

Det er antatt at grunnvannsnivået ved Øygardsvatnet etter utfyllingen vil stå opp til nivået som bunnen av dagens kulvert gjennom E39 ligger på, som er kote 97,2.

For å vurdere tilgjengelig volum for fordrøyning er det utarbeidet en volumkurve for fyllmasser ved utfyllt Øygardsvatn der volum i m<sup>3</sup> er angitt som funksjon av høyden. Videre er det antatt et porevolum for godt komprimerte, velgraderte masser av sprengstein lik 23 % [6].

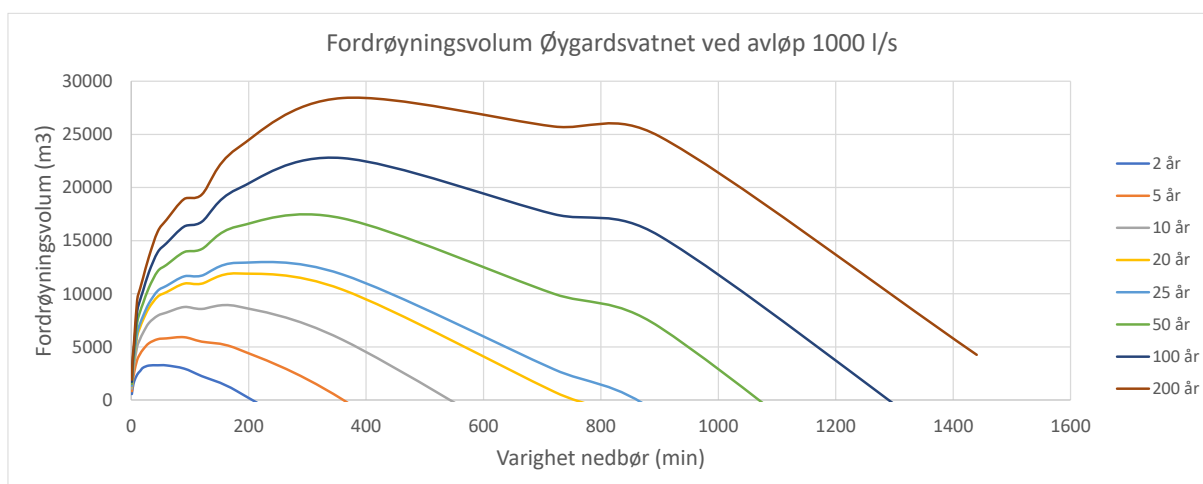
Det er beregnet avrenning fra dagens Øygardsvatn ved bruk av den rasjonale formel. Det er da benyttet IVF-kurve for Kristiansand-Sømskleiva, oppskalert med 20 % for å ta hensyn til forventede klimaendringer. For gjentaksintervall mellom 2 og 200 år, og varigheter mellom 1 og 1440 minutter er det beregnet maksimalt avløp. Resultatet er vist i Tabell.

Tabell 2-1: Beregnede maksimale avløp fra Øygardsvatnet, dagens situasjon (l/s)

År	Varighet (minutter)																
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	900	1440
2	5876	5181	4640	3856	2780	2244	1968	1561	1231	1060	861	730	599	412	274	249	173
5	8391	7547	6653	5457	4062	3239	2761	2209	1736	1453	1165	980	805	557	379	345	243
10	11073	10116	8757	7176	5439	4278	3634	2914	2283	1905	1519	1269	1053	731	502	458	324
20	12921	11938	10139	8237	6376	4981	4214	3364	2664	2211	1753	1459	1218	857	589	539	386
25	13490	12507	10584	8577	6685	5207	4394	3508	2785	2309	1828	1521	1272	896	618	564	404
50	16699	15663	13082	10457	8295	6475	5422	4344	3468	2864	2260	1879	1587	1132	778	712	514
100	19551	18512	15239	12039	9790	7538	6292	5054	4048	3355	2647	2191	1866	1351	924	846	611
200	22529	21553	17461	13692	11414	8658	7231	5807	4703	3909	3082	2522	2184	1585	1092	999	718

Ut fra beregnede maksimale avløp for nåtilstanden (Tabell 2-1), kan man vurdere hvor stort avløpet fra Øygardsvann bør være etter utbygging. I og med at det er ved utløpet av Fiskåvann at man vil begrense vannføringen, er det varigheten til Fiskåvann som blir bestemmende. Det innebærer en varighet i området rundt 900 minutter. Det er samtidig ved de større flommene, slik som en 200-årsflom, at det er ønskelig å holde tilbake tilstrekkelig vann. Ut fra Tabell tilsier en varighet på 900 minutter at avløpet fra Øygardsvatnet bør begrenses til om lag 1000 l/s.

Det er videre gjort beregning av hvilket fordrøyningsvolum som er nødvendig ved begrenning av avløpet fra Øygardsvatnet til 1000 l/s. Tilsiget er beregnet for fremtidig overflateavrenning etter utfylling, det vil si med høyere avrenningsfaktor enn for dagens situasjon (Tabell 5-1). Volumet for ulike varigheter er deretter funnet ved gange differansen mellom tilsig og avløp med varigheten. Beregningsresultatet er vist i Figur 2-6. For gjentakintervall 200 år og varighet på 900 minutter gir beregningen et volum på ca. 28 000 m<sup>3</sup>. Med et volum på 28 000 m<sup>3</sup> vil det være mulig å fordrøye ca. 72 mm regn (nedbør til fordrøyning = fordrøyningsvolum/feltareal).



Figur 2-6: Beregning av fordrøyningsvolum ved maksimalt avløp fra Øygardsvatn lik 1000 l/s

Fra volumkurven for fyllmassene finner man at for å ha et fordrøyningsvolum på 28 000 m<sup>3</sup>, må man ha en tetning opp til kote 100,50. Det er usikkert hvilken høyde tetningen må ha, i og



med at bunnivået i Øygardsvatnet er ukjent. Normalvannstanden i Øygardsvatnet ligger på ca. kote 97,2-97,4 i dag.

Det er flere typer industri som har krav om tett dekke. Foreslått fordrøyning vil ikke hindre at denne type industri kan etableres, så lenge rensing av overvann ivaretas.

Ved fordrøyning i fyllingen i Øygardsvatnet, vil det være mulig å ha en løsning for å slippe vann fra fyllingen i tørre perioder. Dette kan for eksempel gjøres ved å ha et rør med ventil inn i et lavt nivå i fyllingen. En slik løsning kan kompensere/bedre situasjonen i tørre perioder.

En tett demning for å få et fordrøyningsvolum med volum som beregnet over, vil ha en høyde som overstiger 2 m. Demninger med høyde under 2 m og oppdømt volum under 0,01 mill. m<sup>3</sup> er automatisk unntatt krav i damsikkerhetsforskriften. Demninger som ikke oppfyller dette kriteriet må klassifiseres i konsekvensklasse 0-4, der bruddkonsekvenser medfører ulike krav til sikkerhet for demningen. Det er foreløpig ikke utført beregninger for klassifisering av en eventuell demning for fordrøyning. Det virker imidlertid sannsynlig at en slik demning vil bli plassert i konsekvensklasse 0, eller maksimalt konsekvensklasse 1. Konsekvensklasse 0 er den laveste klassen, og det er da ingen krav fra NVE. For konsekvensklasse 1 er det krav til dimensjonering og oppfølging av demningen.

Fordrøyning i Øygardsvatnet vurderes som et realistisk tiltak. Tiltaket har en fordel ved at det i sin helhet gjennomføres innenfor planområdet, og ikke involverer noen 3. parter.

Det beregnede fordrøyningsvolumet på 28 000 m<sup>3</sup> forutsetter at hele det oppfylte området ved Øygardsvatnet benyttes for industri og får tett overflate. Beregningen er slik sett en verst tenkelig situasjon for avrenning fra området. Dersom Øygardsvatnet fylles igjen og tildekkes med et lag av vekstjord, uten at det etableres industri og tette flater, vil mer vann infiltreres naturlig og avrenningen skjer over lenger tid. Likevel vil flommer videre nedstrøms øke fordi man har ikke det samme volumet som kan holdes tilbake i Øygardsvatnet som i dag. Det kan argumenteres for at denne økningen i flom er såpass beskjeden (estimert ca. 3-4 % økning av 200-årsflom med klimapåslag nedstrøms Fiskåvann) at det ikke er nødvendig med tiltak. Dersom man vil sørge for at igjenfyllingen av Øygardsvatnet ikke fører til noen økning, også dersom utfyllt Øygardsvatn benyttes som LNF-område, så må man tilrettelegge for et fordrøyningsvolum i fyllingen. Beregninger gir i et slikt tilfelle der utfyllt Øygardsvatn tildekkes med vekstjord at et fordrøyningsvolum på ca. 6 000 m<sup>3</sup> virker fornuftig. Beregningen tar hensyn til 200-årsflom med klimapåslag, og et avløp fra utfyllt Øygardsvatn begrenset til 1000 l/s.

#### 2.4.2 Ombygging av nedstrøms damanlegg

For å redusere flommen i Fiskåbekken er det en mulighet å holde tilbake mer vann i Fiskåvannet ved å bygge om dam Ytre Fiskåvann. Dette vil gi høyere flomvannstander i Fiskåvannet, men det virker ikke som at det vil ha noen negative konsekvenser langs vannet

(ingen bygninger, veier eller jordbruksareal langs vannet). Flomløpet har i dag en lengde på 9 m. Topp dam ligger 25 cm over overløpet og med lengde ca. 12,2 m. Det vil antageligvis være nødvendig å bygge en brystning på topp dam, i tillegg til å snevre inn flomløpet, for å oppnå reduksjon i avløpsflommen.

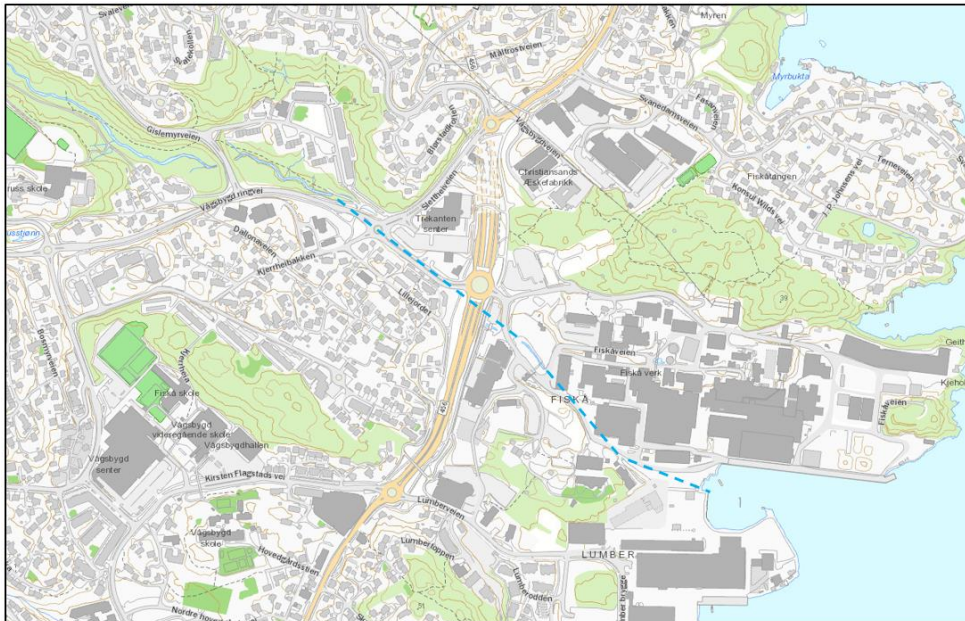
Det er uavklart om det å snevre inn overløpet og bygge en brystning på dam Ytre Fiskåvann vil medføre at det er nødvendig med en større ombygging av dam Ytre Fiskåvann. Dersom den økte flomvannstanden medfører at dammen ikke lenger er stabil ved en dimensjonerende flom, vil det bli nødvendig med omfattende tiltak på dammen. Det er også fire sperredammer ved Fiskåvann som eventuelt må dimensjoneres for økt flomnivå. Sperredam IV ligger med topp dam 57 cm over HRV, mens de tre øvrige sperredammene ligger med topp dam ca. 95 cm over HRV.

Dam Ytre Fiskåvann eies av Elkem, og man er i tilfelle avhengig av Elkem er enig i at det er greit å gjøre tiltak på dammen for å redusere flomstørrelsen videre nedstrøms i vassdraget. Gitt at fabrikkområdet til Elkem er blant bebyggelsen nedstrøms Fiskåvannet som er flomutsatt i dag, så bør det være i Elkems interesse å redusere avløpsflommen fra Fiskåvannet.

Det å bygge om dammene ved Ytre Fiskåvann for å kompensere for utfylling av Øygardsvatnet er vurdert som mulig. Det er imidlertid på nåværende tidspunkt ikke klart hva det faktisk vil medføre av tiltak på dammene. I og med at dammene ligger utenfor planområdet og tilhører Elkem er ombygging av dammene vurdert som et mindre realistisk tiltak.

#### 2.4.3 Åpning av bekkelukning i Fiskåbekken

Det er sannsynligvis lukningen av Fiskåbekken som skaper utfordringene med flom i vassdraget. Å åpne opp bekken igjen vil det dermed sannsynligvis være et mulig tiltak for å kompensere for økte flommer nedstrøms Fiskåvannet. I Figur 2-7 er lukningen av Fiskåbekken markert med en blå stiplet linje. Fiskåbekken går lukket i tre lange kulverter, med to korte åpne strekker mellom kulvertene. Total lengde på kulvertene er ca. 650-700 m.



Figur 2-7: Lukning av Fiskåbekken.

Gjenåpning av bekker er tiltak som det gjøres en del av i Norge for tiden. Hensikten er økt sikkerhet mot flom, forbedret naturkvalitet og estetikk. Slike prosjekter kan være ganske krevende, spesielt i tettbygde, urbane områder. Gjenåpning av bekken er et omfattende tiltak som eventuelt må vurderes i samråd med kommunen og eventuelle berørte private aktører.

Det er foreløpig vurdert at gjenåpning av Fiskåbekken ikke er realistisk. Det er et tiltak som sannsynligvis har potensiale for å løse flomutfordringene, men tiltakets omfang vil nok være vesentlig større enn de øvrige tiltakene som er beskrevet.

#### 2.4.4 Tiltak i innløp til kulverter for Fiskåbekken

For å bedre kapasiteten til kulvertene for Fiskåbekken er det kanskje mulig å endre innløpsforholdene. Ofte er kapasiteten til kulverter styrt av begrensninger i innløpet, og enklere tiltak i innløpene kan dermed øke kapasiteten. Norconsult har ikke tegninger eller innmålinger for kulvertene for Fiskåbekken. På Statens vegvesen sitt vegkart er det lagt inn at kulverten for Fiskåbekken gjennom Vågsbygdvegen har bredde 3,5 m.

For å avgjøre om tiltak i kulvertinnløpene er aktuelle må man få kontroll på utformingen til dagens kulvertsystem, det vil si nivåer, dimensjoner og lengder.

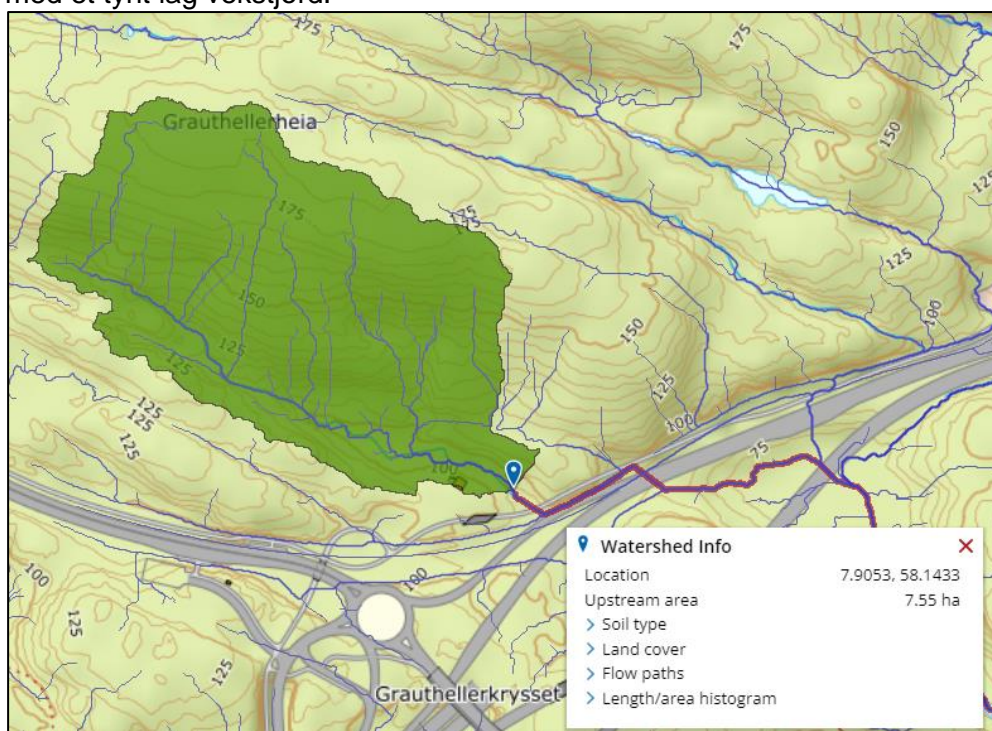
Tiltak i kulvertinnløpene kan være en realistisk mulighet for å håndtere økt avløpsflom fra Fiskåvannet. Det er imidlertid vanskelig å vurdere basert på den begrensede kunnskapen Norconsult har om kulvertsystemet pr. i dag. Dersom kapasiteten til kulvertene kan utbedres ved tiltak i innløpene vil det komme hele området nedstrøms bekkelukningen til gode. Tiltaket er lokalisert utenfor planområdet, noe som vurderes som en ulempe.

### 3 Alternativ B

#### 3.1 Masselagring ved Grauthellerheia

##### 3.1.1 Forutsetninger

Innenfor området til masselagring er feltarealet til bekken ut av Grauthellerheia estimert, ved hjelp av en terrengeanalyse i Scalgo, til å være på ca. 0,075 km<sup>2</sup> (Figur 3-1). Området er i henhold til NGUs løsmassekart bestående av bart fjell med stedvis tynt løsmassedekke. Det betyr at man bør forvente rask avrenning, og at grunnen tar opp relativt lite av nedbøren som faller på området. Det er ikke planlagt at Grauthellerheia etter masselagring skal asfalteres, noe som ville gitt enda raskere avrenning enn man har i dag. Fyllingen vil imidlertid tildekkes med et tynt lag vekstjord.



Figur 3-1: Nedbørfelt bekk innenfor masselagringsområde Grauthellerheia

##### 3.1.2 Hydrologiske konsekvenser ved utfylling av Grauthellerheia

Etter utfylling så vil nedbør på området delvis infiltrere ned i fyllingen, og delvis renne på overflaten til vekstjordlaget på toppen. Vekstjordlaget vil sannsynligvis bli relativt tynt, og fyllmassene under vil ha god kapasitet til infiltrasjon. Dette medfører at det er sannsynlig at ved ekstremnedbør så vil en betydelig andel av nedbøren renne ned i fyllingen. Fordelingen av vann som vil renne på overflaten og vann som vil infiltrere inn i fyllingen ved Grauthellerheia ved ekstremnedbør er usikker.

For vannet som vil renne på overflaten, så vil hastigheten antageligvis bli omtrentlig tilsvarende som i dag. Det er imidlertid viktig at vannet samles opp på overflaten, og ledes ut



av Grauthellerheia på samme punkt som dagens bekk renner ut av området. Dette på grunn av at for eksempel stikkrenner under E39 er tilpasset dagens bekkeløp ut av Grauthellerheia.

For vannet som infiltrerer inn i fyllingen, så er det vanskelig å si hvor stor strømningshastigheten i selve fyllingen blir. Dette på grunn av at strømningshastigheten i fyllingen er veldig avhengig av andelen finstoff som man ender opp med i fyllmassene, og denne andelen finstoff er usikker. Det virker imidlertid klart at man i fyllingen vil få en reduksjon av vannhastigheten sammenlignet med vannhastigheten på dagens terrengoverflate. Med reduksjon av vannhastigheten vil avløpsflommen ut av området øke i varighet. Det totale flomvolumet opprettholdes, men avløpsflommen forlenges i tid slik at flomtoppen vil reduseres. Hvor stor reduksjonen i flomtoppen blir er avhengig av andelen vann som infiltreres, og strømningshastigheten til vann i fyllingen.

Mellom Grauthellerheia og Indre Fiskåvann vil det være flomtoppen som eventuelt skaper problemer. Reduksjon av flomtoppen ut av Grauthellerheia er dermed positivt på denne strekningen. For at utfyllingen ikke skal få noen konsekvenser mellom Grauthellerheia og Indre Fiskåvann er man imidlertid også avhengig av at vannet renner ut av området på samme sted som tidligere. Vannet renner ned i fyllingen vil følge den eksisterende terrengoverflaten under fyllingen og dermed ende opp i dagens bekkeløp.

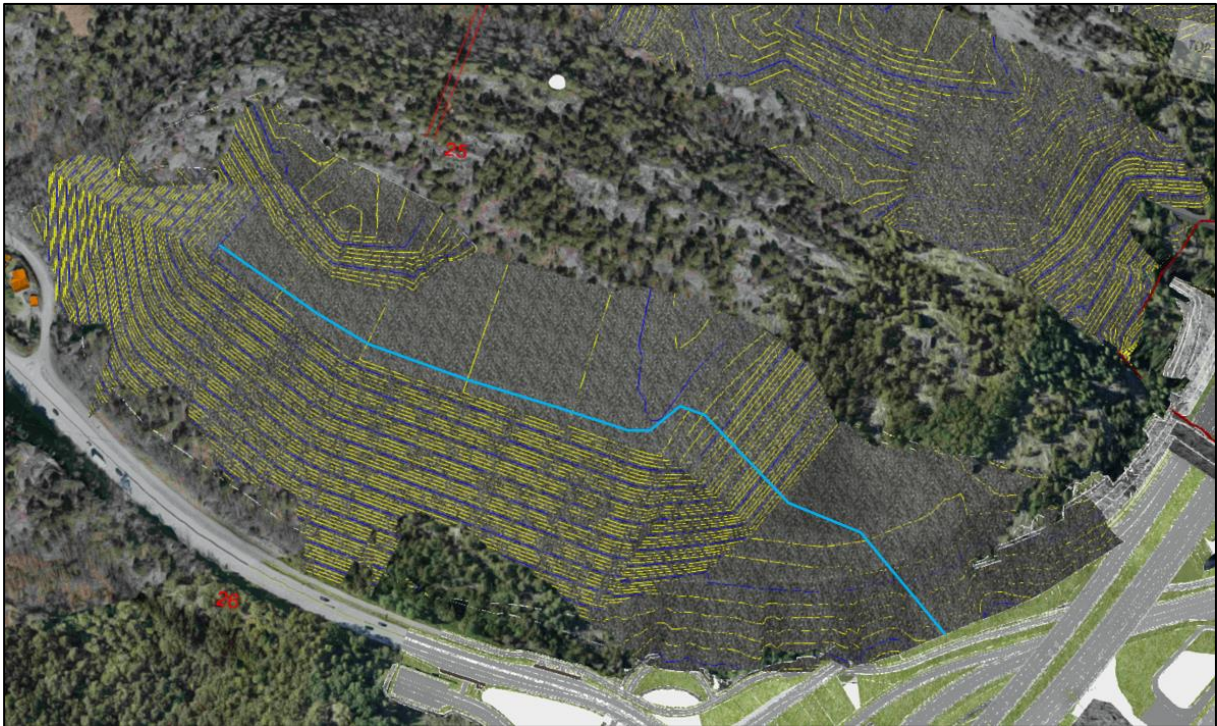
I Fiskåvann og i Fiskåbekken, hvor det er kjente utfordringer med flom, vil bidraget fra Grauthellerheia utgjøre kun en liten andel. Fiskåvann har ved utløpet et feltareal på ca. 7,5 km<sup>2</sup>, hvorav utfylling av Grauthellerheia utgjør mindre enn 1 %. Etter utfylling av Grauthellerheia vil flomtoppen ut av Grauthellerheia sannsynligvis reduseres. Dette vil imidlertid ikke ha betydning for flommen i Fiskåvann, da flomtoppen fra Grauthellerheia ankommer lenge før flommen kulminerer i Fiskåvann. I og med at flomvolumet ut av Grauthellerheia vil være det samme etter utfyllingen, vil utfyllingen av Grauthellerheia ikke ha noen konsekvens, verken positiv eller negativ, for flomforholdene i Fiskåvann og Fiskåbekken.

Med tanke på Elkem sitt uttak av vann fra Fiskåvann, så vil en utfylling av Grauthellerheia ikke ha betydning. Arealet ved Grauthellerheia som drenerer til Fiskåvann vil ikke påvirkes av utfyllingen, og volumet vann som renner inn til Fiskåvann fra Grauthellerheia opprettholdes.

### 3.1.3 Hydrologiske tiltak for masselagring ved Grauthellerheia

Man må sikre at avløpsflommen fra Grauthellerheia havner i det eksisterende bekkeløpet for å krysse under E39. Nedbør som infiltrer i fyllingen vil havne i bekkeløpet, men man må gjøre tiltak for å sikre at overflateavrenningen på fyllingen også havner i eksisterende bekkeløp. Dette gjøres enklest ved at man designer en grøft for oppsamling av overflateavrenning. Overflatearealet som leder til grøfta må være tilsvarende som arealet som i dag drenerer til eksisterende bekk innenfor fyllingsområdet. Den nye grøfta må lede overflateavrenning ned til eksisterende bekkeløp ut av fyllingsområdet.

Det er ikke gjort noen detaljering av grøft for å lede overvann fra oppfylt område Grauthellerheia ned til eksisterende bekkeløp, men det bør være mulig å få til en slik overvannsgrøft på oppfylt område Grauthellerheia. Figur 3-2 viser en mulig trasé for en slik overvannsgrøft. Det gjøres oppmerksom på at en eventuell oppfylling av Grauthellerheia kan avvike noe fra det som er modellert (Figur 3-2), og at tilpasning med bekkeløp derfor bør avvente.

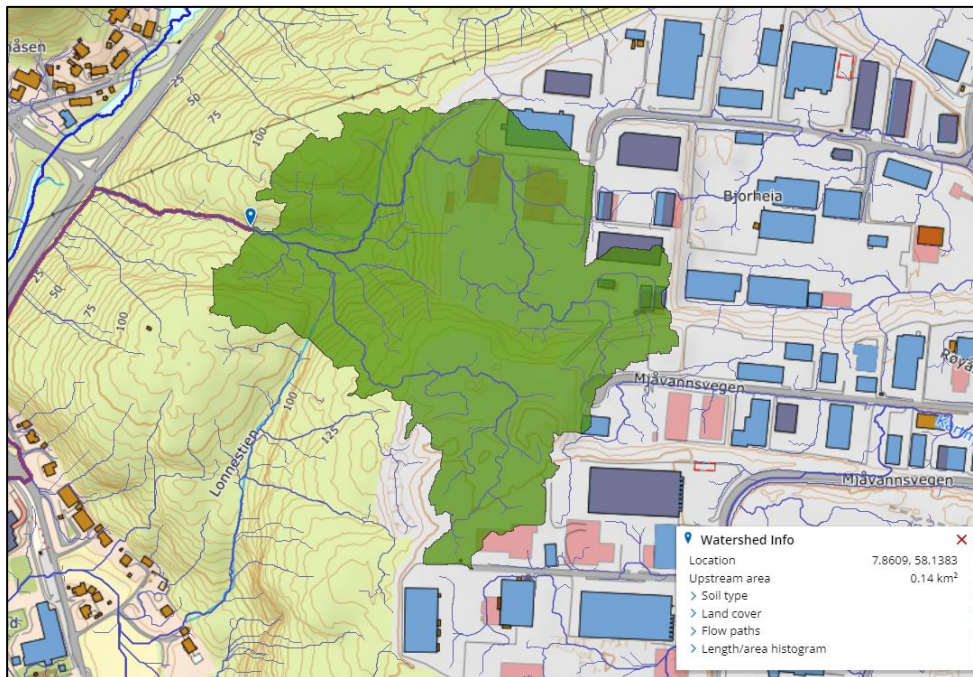


Figur 3-2: Mulig trasé for overvannsgrøft på fylling Grauthellerheia (blå linje)

## 3.2 Masselagring ved Mjåvann vest

### 3.2.1 Forutsetninger

Den mindre bekken som renner ut av området for masselagring ved Mjåvann vest har ifølge en terrengeanalyse i Scalgo et feltareal på ca. 0,14 km<sup>2</sup> (Figur 3-3). Dette feltarealet inkluderer deler av eksisterende industriområde, som muligens har et overvannsnett under bakken. Scalgo beregner feltgrenser ut fra overflateavrenning og tar ikke hensyn til eventuelt overvannsnett, slik at reelt feltareal kan avvike fra 0,14 km<sup>2</sup>. Planlagt utfylling ligger innenfor det naturlige feltarealet.



Figur 3-3: Nedbørfelt for bekk ut av Mjåvann vest

For beregning av flomstørrelse for dagens og fremtidig situasjon er det forutsatt følgende:

- Feltareal på 0,14 km<sup>2</sup> både før og etter utfylling
- Ferdig utfylt areal benyttes til industri, slik at det er tette flater på fyllingen
- Avrenningskoeffisienter ved 200-årsflom på 0,65 og 0,95 for hhv. dagens og fremtidig situasjon
- Feltets konsentrasjonstid nede ved veien Farvannsbakken for dagens situasjon er anslått til 40 minutter ut fra formel for naturlige felt
- Tilsvarende er konsentrasjonstiden etter utbygging anslått til 40 minutter ut fra formel for utbygde felt med forutsetning om fall på 0,25 m over en lengde på 450 m
- Nedbørverdier hentes fra IVF-kurven til målestasjonen Kristiansand-Sømskleiva (se Figur 2-4)
- Klimafaktor for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer er satt lik 1,4, da feltets konsentrasjonstid er godt under 3 timer (i henhold til anbefalinger i [7])

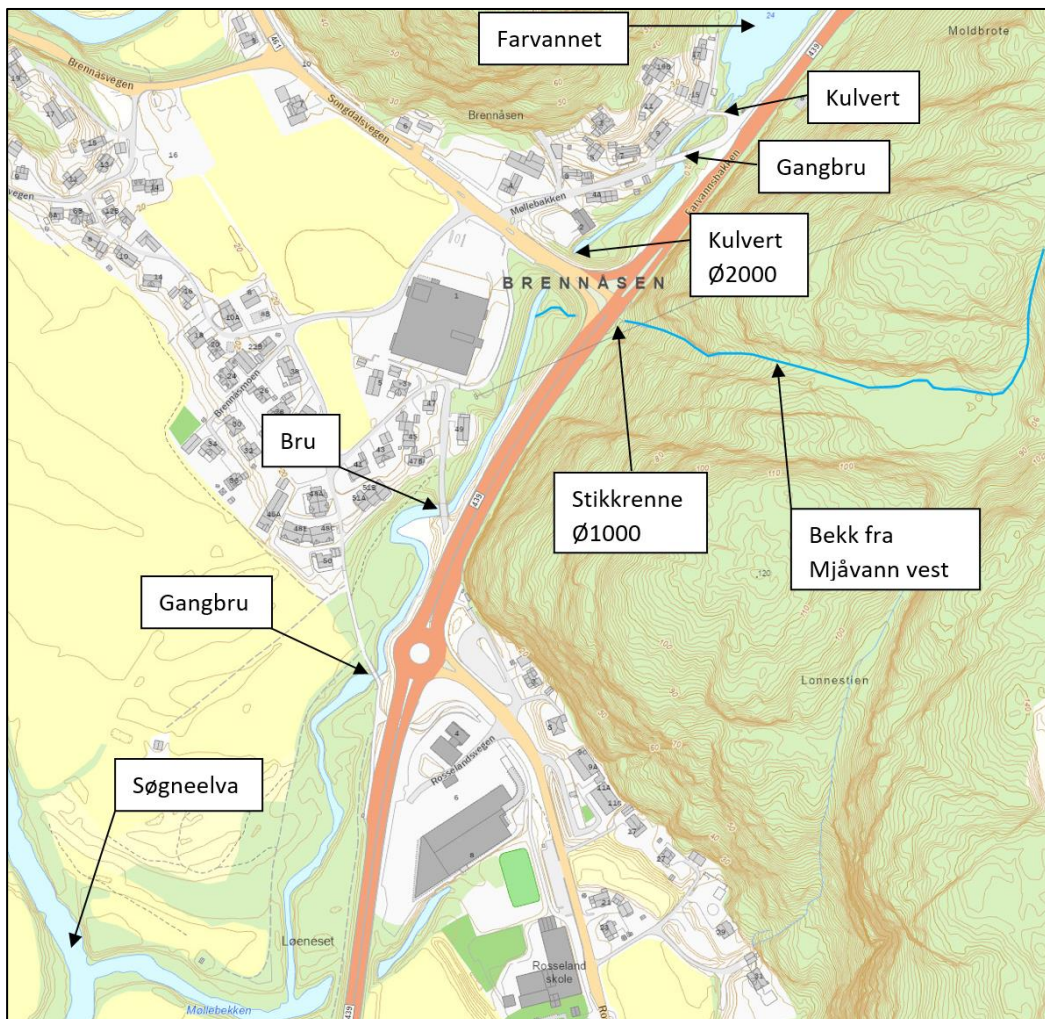
Feltarealet til utløpsbekken fra Farvannet der bekken fra Mjåvann vest kommer inn, er på ca. 14,6 km<sup>2</sup>, hvorav Farvannet utgjør ca. 0,4 km<sup>2</sup>.

Statens vegvesen sin database oppgir at stikkrennen for bekken ut av området Mjåvann vest har dimensjon 1 000 mm under veien Farvannsbakken.

Farvannet tilhører Søgnevassdraget, og bekken fra Farvannet renner inn Søgneelva ca. 1 km nedstrøms Farvannet (Figur 3-4). Bekken mellom Farvannet og Søgneelva har lite fall, og går gjennom to kulverter. I tillegg krysses bekken av tre bruer. Fra der bekken fra Mjåvann vest kommer inn er det to bruer nedstrøms før samløpet med Søgneelva. Søgneelva har et



feltareal på ca. 179 km<sup>2</sup> der bekken fra Farvannet renner inn i Søgneelva. Det skal ifølge Kristiansand kommune ha vært utfordringer med flom i bekken ut av Farvannet. Det er sannsynlig at utfordringen skyldes at en eller flere av kulvertene og bruene for bekken mellom Farvannet og Søgneelva er underdimensjonert. Basert på kart virker det klart at det er de to kulvertene som har minst dimensjon. I Statens vegvesen sin database er kulverten under Songdalsvegen angitt å ha dimensjon 2 000 mm. Sannsynligvis har kulverten i utløpet av Farvannet, basert på oppmåling av vannspeilets bredde inn mot kulverten, en lignende dimensjon. Bruspenntet til de tre bruene varierer mellom ca. 4,5 til 9 m.



Figur 3-4: Oversikt over vassdraget ned til Søgneelva

### 3.2.2 Hydrologiske konsekvenser ved utfylling av Mjåvann vest

Det er gjort en beregning av 200-årsflom ut fra masselagring Mjåvann vest, for dagens situasjon og etter utfylling, forutsatt bruk av utfyllt område til industri.

200-årsflom ved stikkrenna under Farvannsbakken er for eksisterende situasjon beregnet til å være ca. 1,5 m<sup>3</sup>/s. I et fremtidig klima er 200-årsflom dermed estimert til ca. 2,1 m<sup>3</sup>/s.



Etter utfylling av Mjåvann vest, og utbygging av arealet for industri, er 200-årsflom beregnet til ca. 2,3 m<sup>3</sup>/s, noe som er en økning på ca. 0,8 m<sup>3</sup>/s fra dagens situasjon. I et fremtidig klima er 200-årsflom etter utbygging beregnet til ca. 3,2 m<sup>3</sup>/s, noe som er en økning på ca. 0,8 m<sup>3</sup>/s fra dagens situasjon.

Kapasiteten til eksisterende stikkrenne under Farvannsbakken er estimert ved hjelp av nomogram for innløpskontrollerte stikkrenner. Dette gir en kapasitet i det stikkrennen går full på ca. 1,6 m<sup>3</sup>/s. Ut fra laserdata virker som at innløpet ligger på kote 18,5, mens vann vil begynne å renne sørover langs veigrøfta i det vannstanden ved innløpet overstiger ca. kote 19,9. Nomogrammet gir at vannføringen må overstige ca. 1,9 m<sup>3</sup>/s før vann renner ut av bekkeløpet og begynner å følge veigrøfta sørover.

Bekken fra Mjåvann vest vil respondere raskt på nedbør. I og med at Farvannet har et mye større nedbørfelt, samt at effektiv sjøprosent til Farvannets nedbørfelt er på ca. 2,7 %, så vil flomtoppen fra Mjåvann vest komme tidligere enn flomtoppen fra Farvannet. Asfaltering av Mjåvann vest vil likevel føre til at det blir et større flombidrag til nedstrøms vassdrag på grunn av at det infiltreres mindre vann til grunnen. Det virker imidlertid klart at det er de to kulvertene som er begrensningen for bekken ut av Farvannet, og bekken fra Mjåvann vest kommer inn nedstrøms de to kulvertene. Det betyr at en økning i flomvannføring fra Mjåvann vest ikke ventes å medføre noen forverring av flomforholdene fra Farvannet til Søgneelva. I Søgneelva, som ikke vil ha sammenfallende flomtopp med Mjåvann vest, vil ekstrabidraget fra Mjåvann vest som følge av utfylling være neglisjerbart.

### 3.2.3 Hydrologiske tiltak for masselagring ved Mjåvann vest

Stikkrenna under Farvannsbakken vil ikke ha kapasitet til å avlede 200-årsflom etter utfylling og utbygging av Mjåvann vest. For å ta hensyn til økning i flomstørrelsen i bekken anbefales det at eksisterende stikkrenne under Farvannsbakken erstattes med en større dimensjon, eventuelt om tiltak i innløpet alene kan heve kapasiteten.

Dersom eksisterende stikkrenne uansett bør byttes ut innen de neste 20 år, bør man vurdere om tiltak i innløpet kan heve kapasiteten til minst 2,3 m<sup>3</sup>/s, som er beregnet 200-årsflom etter utfylling av Mjåvann vest. Det er de neste 20 årene tilstrekkelig at stikkrennen håndterer 200-årsflom uten klimapåslag [7]. Med et slikt tiltak kan man ta ut restlevetiden til eksisterende stikkrenne.

Dersom man må erstatte stikkrenna, så bør den dimensjoneres for 200-årsflom med klimapåslag, det vil si 3,2 m<sup>3</sup>/s. Statens vegvesen sin håndbok N200 gir krav til dimensjonering for nye stikkrenner [8]. Dimensjoneringskriteriene gir at dimensjon for nye stikkrenne bør være ca. 1 800 mm, antatt at ny stikkrenne er et betongrør med standard innløpsutforming. Angitt størrelse for stikkrenne gjelder for innvendig dimensjon.

Dersom utfyllt område Mjåvann vest beholdes som LNF-område, med tildekking av fyllmasser med vekstjord, vil det ikke være behov for å bytte stikkrenna gjennom Farvannsbakken.

## 4 Konklusjon

### Alternativ A:

Dersom det ikke gjøres tiltak, vil en utfylling av Øygardsvatnet medføre en økning i avløpsflommene fra Fiskåvannet. Økningen vil være beskjeden for de hyppigst forekommende flommene, men økningen er større ved store flommer som en 200-årsflom. Uten tiltak er det risiko for at igjenfyllingen medfører økte flomskader nedstrøms Fiskåvannet.

Det tiltaket som er vurdert som mest aktuelt, innebærer fordrøyning i fyllingen ved Øygardsvatnet. Fordrøyning er vurdert å være et tilstrekkelig tiltak dersom avløpet begrenses til 1000 l/s, og fordrøyningsvolumet dimensjoneres for gjentaksintervall 200 år (inkludert klimapåslag). Å fordrøye vann i fyllingen ved Øygardsvatnet er et tiltak som ikke medfører økt arealinngrep, kan gjennomføres innenfor gjeldende reguleringsplan og som ikke er avhengig av andre parter. Prosjektet anbefaler derfor å gå videre med fordrøyning i fyllingen ved Øygardsvatnet for å kompensere for økt avrenning. Nødvendig fordrøyningsvolum er avhengig av om gjenfylt Øygardsvatn skal benyttes for industri eller om fyllingen tildekkes med vekstjord.

Nedstrøms Øygardsvatnet vil utfylling av Øygardsvatnet gi endringer i vannføring og vannstand. Størst vil endringene bli i tørrværsperioder i de korte bekkestrekningene høyt oppe i vassdraget, mellom Øygardsvatn og Mjåvann. På strekningen mellom Mjåvann og utløpet i fjorden er endringene små.

Med tanke på Elkems vannforsyningsikkerhet, ventes utfylling av Øygardsvatnet å ha neglisjerbar betydning.

### Alternativ B:

Ved utfylling av Grauthellerheia er det ventet at flomstørrelsen mellom Grauthellerheia og Indre Fiskåvann vil reduseres noe, mens i Indre Fiskåvann vil endringen være neglisjerbar. For å sikre at overflateavrenning fra utfyllingen ved Grauthellerheia havner i eksisterende bekkeløp, bør det lages en overvannsgrøft på det utfylte området.

Utfylling av Mjåvann vest vil medføre at flomstørrelsen i bekken ut av området øker, dersom det blir industri på utfyllt område. Stikkrennen under Farvannsbakken er i tilfelle ikke stor nok til å ta unna 200-årsflommen etter utfylling av Mjåvann vest. Det anbefales derfor at man enten gjør tiltak i innløpet til stikkrennen for å bedre kapasiteten, eller at hele stikkrennen byttes ut med en større dimensjon. Foreløpige beregninger tilsier at dimensjon for et nytt betongrør bør være 1 800 mm. Dersom utfyllingen av Mjåvann vest beholdes som LNF-område er det ikke behov for å gjøre noe med stikkrenna under Farvannsbakken.

Utfylling av Grauthellerheia og Mjåvann vest vil ikke medføre noen endring for Elkems vannforsyningsikkerhet.

## 5 Referanser

1. NVE (2017), Nasjonale og vesentlige regionale interesser innen NVEs saksområder i arealplanlegging, Veileder 2-2017
2. Sweco (2017), Flomberegning Mjåvann, Bukksteinsvann, Indre og Ytre Fiskåvann
3. NVE (2015), Veileder for flomberegning i små uregulerte felt
4. NVE (2011), Retningslinjer for flomberegninger
5. NVE (2016), Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport 81-2016
6. NVE (2012), Veileder for fyllingsdammer
7. Norsk klimaservicesenter (2022), Klimaprofil Agder
8. Statens vegvesen (2022), Håndbok N200



## 6 Vedlegg 1 CEEQUAL tabell

Denne rapporten dekker ett eller flere dokumentasjonskrav under CEEQUAL (BREEAM Infrastructure). CEEQUAL har evidensbaserte vurderingskriterier og ekstern verifisering, og brukes for å måle bærekraft i et prosjekt. For å forbedre erfaringsoverføring til neste fase er de relevante kravene oppsummert og referert til i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Bærekraftsvurderinger i henhold til CEEQUAL

<i>Krav i CEEQUAL-manualen</i>	<i>Relevant avsnitt med dokumentasjon i dette dokument</i>	<i>Kommentar</i>
2.2.1 Flood risk assessment	Kapittel 2 og 3	Notatet redegjør flomproblematikken knyttet til utfylling. Det er et viktig premiss at flomsituasjonen ikke skal forverres for 3. parter. Prinsipper for løsninger beskrives.
2.2.2 Flood-risk-based enhancements	Kapittel 2 og 3	Det er vurdert flomdempende tiltak ved fordrøyning i fyllingen for Øygardsvatn. Det er også vurdert nødvendige tiltak ved Grauthellerheia og Mjåvann vest.
2.2.3 Sustainable drainage systems	Kapittel 2	Tiltak med fordrøyning i Øygardsvatn vil fordrøye og dempe flomtoppen i området langs Fiskåbekken.
2.2.4 Long-term flood resilience and adaptation	Kapittel 2 og 3	Tiltak bør dimensjoneres med tanke på forventede klimaendringer frem mot år 2100, noe som vil gi langsiktig sikkerhet og tilpasning mot flom.
2.2.5 Implementation of flood-risk-based enhancements	Kapittel 2 og 3	Opp til oppdragsgiver og myndigheter å vurdere hvilke flomdempningstiltak som skal inkluderes, eller ikke.
2.2.7 Managing run-off at source	Kapittel 2	Infiltrasjon til fylling ved Øygardsvatn for fordrøyning er anbefalt.