

► Grasmo Solkraftverk - Flomfarekartlegging

Sammendrag

Denne rapporten omhandler en flomfarekartlegging for Grasmo solkraftverk, som er planlagt etablert i Eidskog kommune. Hensikten med denne rapporten er å avklare og dokumentere flomsonen for området i forbindelse med en konsekvensutredning som utføres for prosjektet. Beregninger for en 200-årsflom, som vil bli brukt til å utarbeide et faresonekart som viser flommens utbredelse, er utført. Beregningene er gjort etter NVE veileder nr. 3/2022 for å svare på punktene knyttet til hydrologi og hydraulikk for konsesjonssøknaden.

Ved 200-årsflom inkludert klimapåslag (20%) blir planområdet for Grasmo solkraftverk delvis berørt av flomsonen i nordøst. Det er 200-årsflom i Søndre Åklangen som gir størst utbredelse av flomsonen på planområdet. Inkludert et vertikalt sikkerhetspåslag til vannlinjen på 0,2 m, som skal benyttes i plan-og byggesak, ligger vannlinjen på 139,3 moh. (NN2000), som gir opp til 1,4 m dybde i det nordlige feltet av planområdet. Trafoene til solkraftverket blir liggende utenfor flomsonen.

Hastighetene på planområdet er svært lave (<0,1 m/s), og solkraftverket vil ikke føre til en økning av vannlinjen for Søndre Åklangen. Solcellepanelene vil være forankret slik at de ikke vil flyte opp ved oversvømmelse. Det er vurdert at utbyggingen av solkraftverket ikke vil endre flomrisikoen for en uavhengig tredjepart.

D03	2024-06-07	For bruk	Kristine Bergseng	Gunnar Fiskum	Trygve Leigland Njaa
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

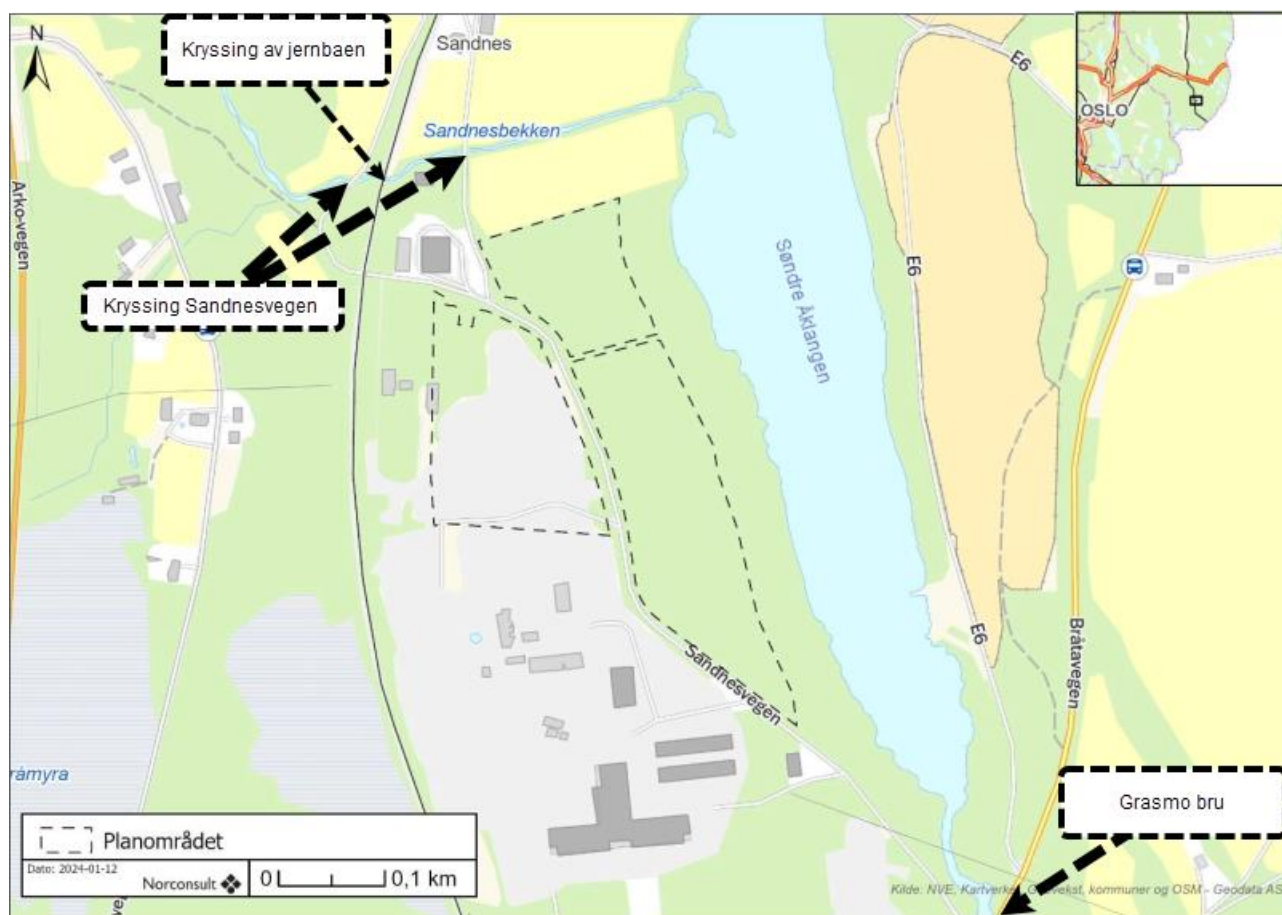
Innhold

1	Innledning og områdebeskrivelse	3
1.1	Områdebeskrivelse	4
1.2	Nedbørfelt og flomregime	4
2	Flomberegning	6
2.1	Formelverk for små nedbørfelt og RFFA-2018	6
2.2	Flomfrekvensanalyse på sammenligningsfelt	7
2.3	Nedbør-avløpsmodell, PQRUT	8
2.4	Oppsummering av resultatene for flomberegningene og valgt flomverdi	9
2.5	Klassifisering av flomberegninger	10
3	Vannlinjeberegninger	11
3.1	Bruer og kulverter	13
3.2	Følsomhet, sikkerhetspåslag og simulerte situasjoner	14
4	Resulterende flomsone	15
5	Konklusjon	18
6	Referanser	19
7	Vedlegg	19

1 Innledning og områdebeskrivelse

Differ Energy AS planlegger å etablere et bakkemontert solkraftverk i Eidskog kommune. Denne rapporten har som formål å avklare og dokumentere flomsonen for området i forbindelse med en konsekvensutredning som gjøres for prosjektet. Det skal utføres beregninger for en 200-årsflom (årlig sannsynlighet 1/200, sikkerhetsklasse F2 i TEK 17), som skal brukes til å utarbeide et faresonekart som viser utbredelsen av flommen. Dette skal brukes til å vurdere om flom kan medføre fare for anlegget, og om etablering av anlegget kan endre flomrisikoen for en tredjepart. Planområdet er vist i Figur 1.

Utredningen av fare for flom gjøres i henhold til NVE veileder nr. 3/2022 Sikkerhet mot flom [1], for å svare ut punktene knyttet til hydrologi og hydraulikk for konsesjonssøknaden [2]. Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomkartleggingen refererer til høydegrunnlaget NN2000. Flomvurderingen gjøres som en skrivebordstudie, da det ikke er gjort noen befaring i felt av hydrolog.



Figur 1: Grasmø solkraftverk. Øst for planområdet ligger innsjøen Søndre Åklengen, som har utløp like sør for planområdet. I utløpet av Søndre Åklengen bru ligger Grasmø bru og nedstrøms innsjøen renner Vrangselva. Rett nord for planområdet renner Sandnesbekken fra vest til utløp i Søndre Åklengen. Ca. 300 meter oppstrøms samløpet blir bekken krysset av to mindre veier (Sandnesvegen) samt jernbanen.

1.1 Områdebeskrivelse

Grasmo kraftverk ligger i Eidskog kommune, Innlandet fylke, ved utløpet av Søndre Åklangen i Vrangselva (Vassdragsnr 313.B1E). Planområdet ligger mellom jernbanen og Søndre Åklangen, og deles i to av Sandnesvegen (Figur 1). Løsmassene på planområdet er breelvavsetninger. Nord for planområdet renner Sandnesbekken ut i Søndre Åklangen.

Det planlagte Solkraftverket vil bestå av ca. 11 300 solcellemoduler (paneler). Disse ligger på moduler med fast montasjevinkel, som monteres i lange rader til et festesystem/reisverk som er fundamentert med påler. Radene vil gå fra øst mot vest. Modulene er vendt mot sør med en fast helning. Foreløpige planer for Grasmo solkraftverk beskriver at panelene har en helning på 25 grader og ca. 7,5 meter mellom radene. Fremkanten av modulene vil være rundt 0,8 meter over bakken og bakkanten av modulen vil ikke være høyere enn 3 m over bakken. Endelig teknisk løsning vil bestemmes under prosjekteringen.

Det vil etableres enkle internveier som sikrer nødvendig adkomst både i anleggsperioden og under driftsperioden. Det vil være mulig å kjøre mellom rader og mellom ytterste modul og gjerdet med ATV, slik at alle moduler og festestrukturer er tilgjengelige.

1.2 Nedbørfelt og flomregime

I beregningene vil det gjøres to beregninger for flomfare: En situasjon med flom 200-årsflom i Søndre Åklangen sammen med en middelflom i Sandnesbekken og en med 200-årsflom i Sandnesbekken sammen med en 10-årsflom i Søndre Åklangen. På grunn av ulik størrelse på feltene og ulik responstid vil kulminasjonsflom i Søndre Åklangen og i Sandnesbekken ikke opptre samtidig.

Nedbørfeltet til planområdet ved utløpet av Søndre Åklangen er 77,4 km² og består av 81 % skog, 8 % sjø, 6 % dyrket mark og 2 % myr. Resterende er uklassifisert og urbant areal (vei og bygninger). Nedbørfeltet til Sandnesbekken, som er et delfelt til Søndre Åklangen, er 10,6 km². Arealbruken i feltet er skog, jordbruksområder og myr. Nøkkeldata for feltene er gitt i Tabell 1.

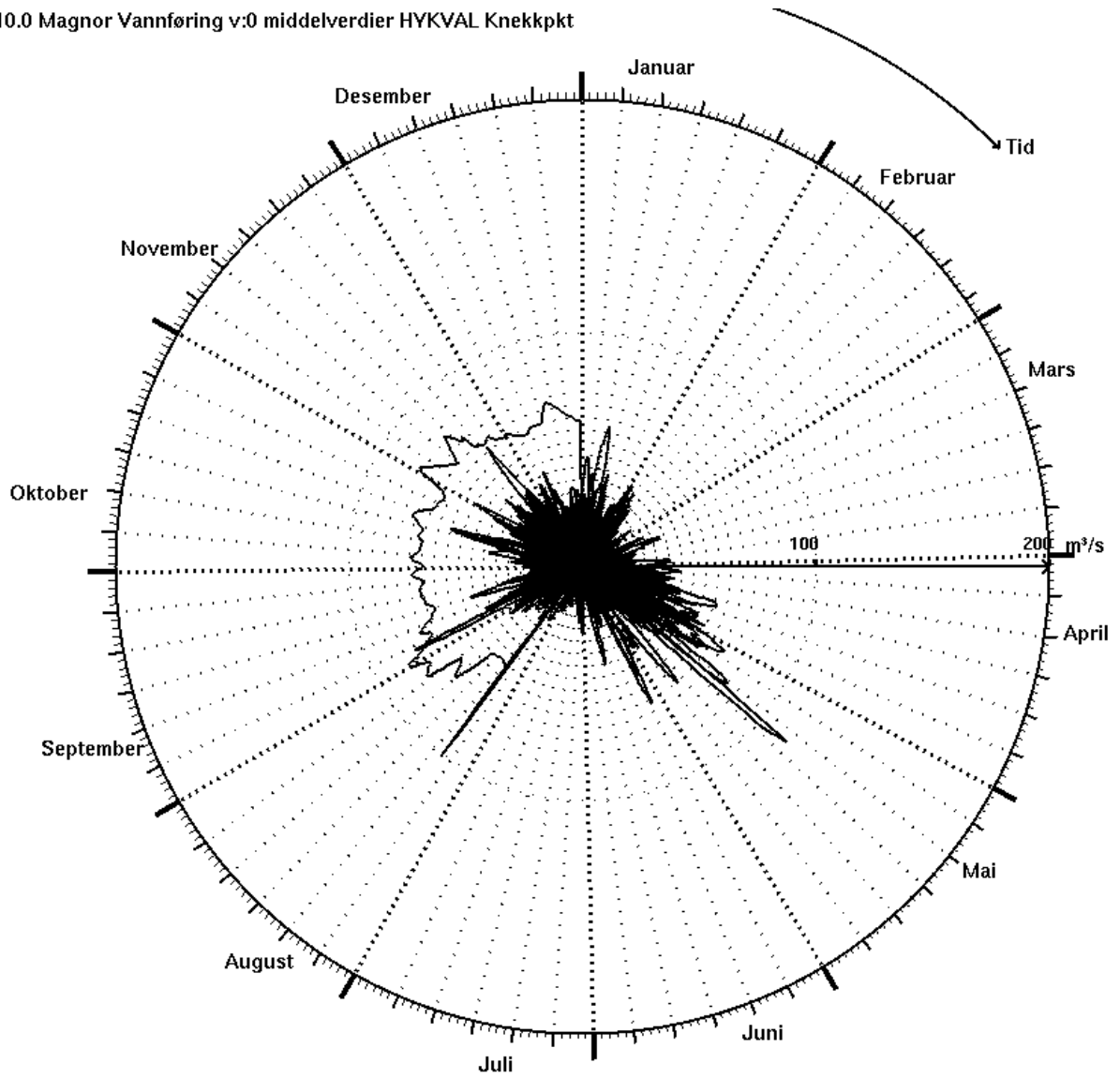
Tabell 1: Nøkkeldata nedbørfelt.

	Areal [km ²]	Eff.sjøandel [%]	Høyde Min – H ₅₀ – Maks [moh.]	Normaltilsig [l/(s*km ²)]		Elvelengde [km]
				1961-1990	1991-2020	
Søndre Åklangen	77,4	2,67	136 -233- 457	11,7	14,0	24,1
Sandnesbekken	10,5	2,0*	137 – 245 - 427	12,5	14,2	10,4

*Feltet har noen mindre innsjøer langt opp i feltet, mens det mot utløpet i Søndre Åklangen er myrdrag. NEVINA gir ikke en realistisk effektiv sjøprosent, og dempningseffekten er vanskelig å anslå. Effektiv sjøprosent på 2 benyttes videre i beregningene, selv om det trolig er noe høyt.

Det er ingen vannføringsmålestasjoner i ved Søndre Åklangen, men lengre nedstrøms i Vrangselva ligger vannføringsmålestasjonen 313.10 Magnor (Nedbørfelt areal 357,9 km², data fra 1911 – 2024), som viser at flommer kan forekomme både på høsten, tidlig vinter og på våren (Figur 2). Det er tydelig en del flommer på våren, som er drevet av snøsmelting. Det er også noen større flomhendelser på høsten, som er drevet av nedbør. Flommene på tidlig vinter kan være drevet av nedbør, men også tidlig snøsmelting. Feltet til Søndre Åklangen er mindre, men har nok samme flomregime. Dagens flomregime for Søndre Åklangen har både snøsmelteflommer og nedbørsflommer, mens for Sandnesbekken er det forventet at nedbørsflommer er mest dominerende.

— 313.10.0 Magnor Vannføring v:0 middelveier HYKVAL Knekkpkt



Figur 2: Års-polarplott for vannføringsmålestasjon 313.10 Magnor.

2 Flomberegning

Det legges til grunn at kulminasjonsflom i Søndre Åklangen og i Sandnesbekken ikke vil opptre samtidig på grunn av ulik feltkarakteristikk og responstid i nedbørfeltene. Det gjøres flomberegninger for 200-årsflom for begge feltene. På grunn av størrelsen på feltene brukes ulike beregningsmetodikk for å bestemme flomstørrelsen. Ved simulering av 200-årsflom i Sandnesbekken brukes en 10-årsflom i Søndre Åklangen.

Flomberegningene utføres etter veileder for flomberegninger (nr. 1/2022). Metodene som benyttes for å finne flomstørrelsen for de to feltene er formelverk for regional flomfrekvensanalyse (RFFA), flomfrekvensanalyse på sammenlignbare felt og nedbør-avløpsmodellen PQRUT. Formelverk velges med bakgrunn i feltstørrelse, og for Sandnesbekken og Søndre Åklangen brukes henholdsvis RFFA-NIFS og RFFA-2018.

Dimensjonerende flom som settes til grensebetingelse i den hydrauliske modellen er:

$$Q_{\text{dim, T}} = Q_{\text{T, kulm}} * F_k,$$

Hvor

T	-	Gjentaksintervall
$Q_{\text{T, kulm}}$	-	Kulminasjonsvannføring med T års gjentaksintervall.
F_k	-	Klimafaktor

Norsk klimaservicesenter anbefaler et klimapåslag på flomvannføring på 0 % og minst 20 % for henholdsvis store og små nedbørfelt. Det er ventet at både intensitet og nedbørmengder vil øke [3]. Det aktuelle feltet regnes som mellomstort. Den store effektive sjøprosenten har en dempingseffekt på flommen, men det besluttes likevel å benytte et klimapåslag på 20 %. Benyttet klimafaktor for beregningene er $F_k = 1,2$.

2.1 Formelverk for små nedbørfelt og RFFA-2018

NVE har utviklet nasjonalt formelverk for små nedbørfelt, der felt med størrelse 0,2-52 km² inngår i datagrunnlaget. Med denne formelen beregnes middelflommen, som videre oppskaleres til aktuelt gjentaksintervall. Detaljer om formelverket finnes i NVE-rapport 7-2015. Dette formelverket benyttes for Sandnesbekken. For hele feltet til Søndre Åklangen er formelverket RFFA-2018 benyttet. Dette formelverket gir døgnverdier, og det må legges til en kulminasjonsfaktor, som her er 1,05, for å få kulminasjonsvannføring. Resultatene er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Beregnede flomverdier med formelverk for Sandnesbekken og Søndre Åklangen. Kulminasjonsverdier.

Nedbørsfelt	Normaltilsig, $Q_{N,1961-1990}$ [l/(s*km ²)]	Middelflom, Q_M [l/(s*km ²)]	10-årsflom, Q_{10} [l/(s*km ²)]	200-årsflom, Q_{200} [l/(s*km ²)]	200-årsflom, Q_{200} [m ³ /s]
Søndre Åklangen	11,7	122	189	300	23,2
Sandnesbekken	12,5	219	-	648	6,8

Beregningsresultatene for formelverk er gitt i Vedlegg 2.

2.2 Flomfrekvensanalyse på sammenligningsfelt

Det er ikke mange mindre nedbørfelt som har vannføringsmålestasjoner, men stasjon 6.10.0 Gryta regnes som sammenlignbart for Sandnesbekken. Feltet ligger oppstrøms Maridalsvannet, og har målinger fra 1967-2024, som utgjør ca. 56 år med data.

Vannføringsmålestasjonene øst for Oslo og sør i Hedmark ligger stort sett i store nedbørfelt, og det er få som har et nedbørfeltareal på mellom 50 og 150 km². Vannføringsmålestasjon 2.331 Kauserud og 1.200 Lierelv er de eneste feltene innen denne størrelsen med en måleserie over 10 år, men feltene har lav effektiv sjøprosent. Dataserien for Lierelv er noe usikker, siden stasjonen ikke har vært under jevnlig tilsyn siden 2013. Feltet Kauserud er ikke direkte sammenlignbare, men det utføres en flomfrekvensanalyse på feltene som referanse. I tillegg ligger stasjonen 313.10 Magnor lengre nedstrøms i Vrangselva for Søndre Åklangen, og det gjøres en flomfrekvensanalyse for dette feltet i tillegg. Alle feltene har størst andel skog i feltet, og ligger på tilnærmet likt høydenivå. En oppsummering av feltegenskaper og arealbruk i sammenligningsfeltene er gitt i Tabell 3.

Normalavrenningen i fokusfeltene er mindre enn for Gryta og Kauserud, som ligger rundt 21 l/s*km². Fokusfeltene har en middelavrenning på ca. 12 l/s*km², og er i samme størrelsesorden som Magnor.

Tabell 3: Feltegenskaper og arealbruk i sammenligningsfeltene for flomfrekvensanalyse, Informasjonen er hentet fra NVE sin karttjeneste Seriekart [4].

Feltparameter		Gryta	Kauserud	Magnor
	Enhet/ID	6.10.0	2.331	313.1
Elv	-	Nordmark-vassdraget	Rømuva	Vrangselva
Nedbørfelt areal	km ²	7	92.27	357.9
Normal årsavrenning (Q _N 61 - 90)	l/s*km ²	20.61	21.04	12.96
Effektiv sjø	%	0.4	0	0.34
Elvelengde	km ²	4.9	22.58	38.5
Innsjø	%	2.84	0.13	3.9
Snau fjell	%	0	0	0
Skog	%	94.47	52.67	81
Jordbruk	%	0	41.97	7.54
Urbane områder	%	0	1.19	0.28
Myr	%	1.56	3.13	5
Bre	%	0	0	0
H _{min} - H _{maks}	m	165 - 435	130 - 350	127 - 458
Medianhøyde	m	300	177	240
Måleperiode	-	1967-2024	1971 - 2024	1979 - 2024
Findata fra	-	1967	1971	-

Flomfrekvensanalysen utføres på dataene for vannføringsmålestasjonen (lokalt) og er gjort for findata på årsflommer. Både Gryta og Kauserud har flere datapunkter i døgnet fra begynnelsen av vannføringsmålingene, mens for stasjonen Magnor er det ikke findata for hele måleperioden. Dette felte er stort, og har en lang kulminasjonstid, så dermed ikke av betydning for flomberegningene i dette formålet. På

alle er 3-parameterfordelingen (L-moment) benyttet siden det er 50 år med data. Frekvensplott for de tre vannføringsmålestasjonene er gitt i Vedlegg 3.

Resultatene for flomfrekvensanalysene på vannføringsmålestasjonene Gryta, Kauserud og Magnor er gitt i Tabell 4. Vannføringsmålestasjon Gryta sammenlignes med Sandnesbekken, mens Kauserud og Magnor sammenlignes mot feltet til Søndre Åklangen.

Tabell 4: Resultater av flomfrekvensanalyse på sammenligningsfeltene.

ID	Navn	Areal [km ²]	Middelflom [m ³ /s] [l/s*km ²]		Relative måleverdier		Flomverdi		Q ₁₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M
					10 år	200 år	10 år	200 år		
					-	-	[l/s*km ²]	[l/s*km ²]		
6.10.0	Gryta	7	2,4	340	1,72	3,87	585	1314	1,72	3,86
2.331	Kauserud	92	17,8	193	1,70	5,25	328	1013	1,70	5,25
313.1	Magnor	358	37,6	105	1,56	3,10	163	325	1,55	3,10

2.3 Nedbør-avløpsmodell, PQRUT

Nedbør-avrenningsmodellen PQRUT er en forenkling av HBV-modellen, som benyttes for større vassdrag og ofte i vannkraftsammenheng. PQRUT er benyttet i NVE sin web-løsning [5]. Modellen krever feltkarakteristikkene areal, effektiv sjøprosent, hypsografisk kurve (H25 og H75), feltlengde og spesifikk normalavrenning for å «kalibrere» modellparameterne K1, K2 og T1. I PQRUT er også nedbør-input, og et konstruert nedbørsforløp basert på representativ IVF-kurve benyttet. Nedbørsforløp konstrueres for gitt gjentaksintervall ved å legge nedbøren symmetrisk om timesverdien fra IVF-verdiene.

Det er ingen nedbørsmålestasjoner nært planområdet, og de nærmeste stasjonene har kvalitetsklasse 3 dårlig. For å konstruere IVF-kurven brukes stasjonen Askim II (SN3810, data fra 1968 - 2023), som har kvalitetsklasse 1, God. Denne ligger ca. 80 km sørvest for planområdet. Utfra nedbørskart (senorge.no) for normalperioden 1991-2020 er det mer nedbør i Askim enn i nedbørfeltet til Søndre Åklangen. Bruk av IVF-kurven for Askim vil derfor gi konservative resultater.

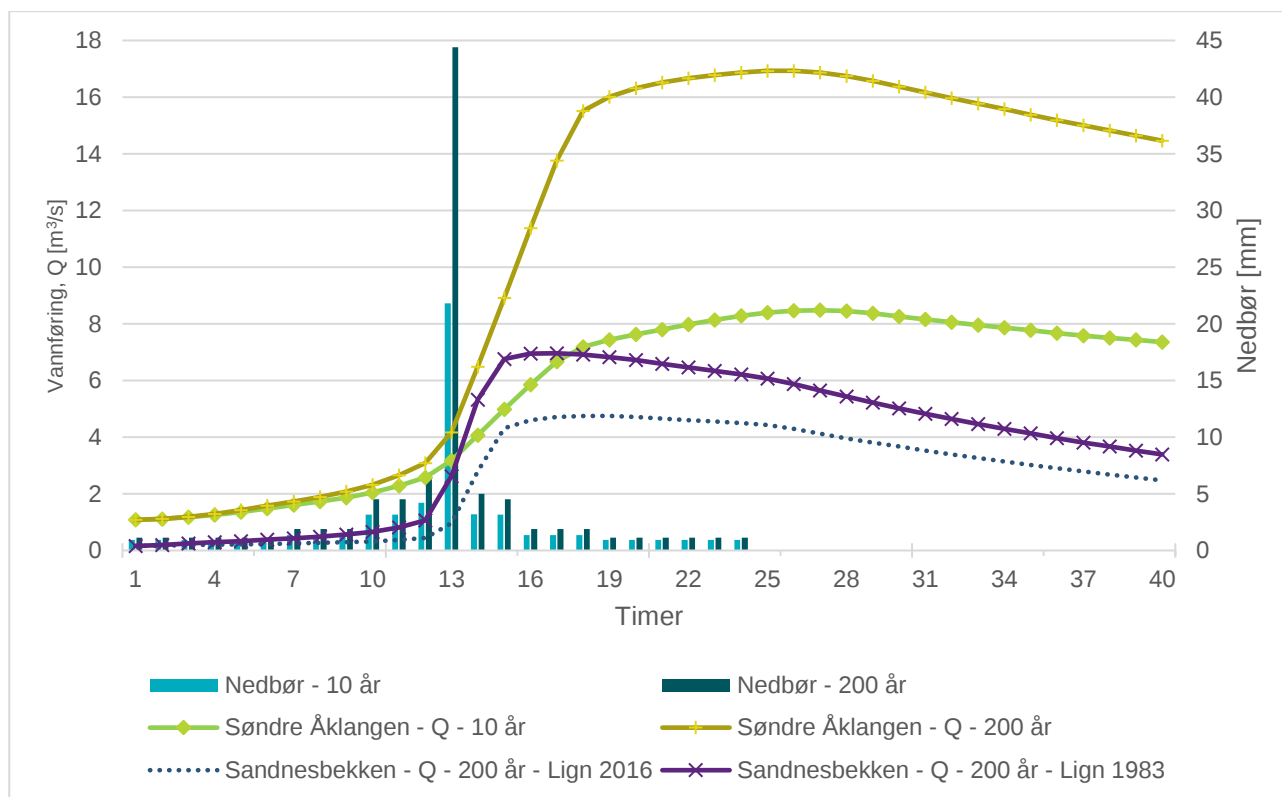
Modellparameterne for PQRUT er gitt i Tabell 5 for både Søndre Åklangen og Sandnesbekken. Både ligningssettet for 1982 og 2016 er benyttet for Sandnesbekken, mens for Søndre Åklangen lar ikke ligningssettet fra 2016 seg benytte på grunn av for høy sjøprosent til å få gyldige modellparametre.

Tabell 5: Modellparametre i PQRUT.

Modellparametre	Øvre tømmekonstant [1/time]	Nedre tømmekonstant [1/time]	Terskelverdi [mm]
Søndre Åklangen – ligningssett 1983	0,0124	0,0062	55,5956
Sandnesbekken – ligningssett 1983	0,0392	0,0143	25,3779
Sandnesbekken – ligningssett 2016	0,0391	0,0045	54,0628

Resultatene fra beregningene i PQRUT er gitt i Figur 3 og

Tabell 6. Modellparameterne i ligningssettet fra 1983 gir den høyeste vannføringen i Sandnesbekken.



Figur 3: Konstruert nedbør og resulterende vannføring i PQRUT for Søndre Åklangen og Sandnesbekken. For Sandnesbekken er 200-årsflommen beregnet med både modellparametre fra ligning fra 1983 og 2016.

Tabell 6: Kulminasjonsvannføring PQRUT.

	Kulminasjonsvannføring [m³/s]	Kulminasjonsvannføring [l/s*km²]
Søndre Åklangen – Q ₁₀	8,5	110
Søndre Åklangen – Q ₂₀₀	16,9	219
Sandnesbekken – Q ₂₀₀ (lign 2016)	4,8	448
Sandnesbekken – Q ₂₀₀ (lign 1983)	7,0	657

2.4 Oppsummering av resultatene for flomberegningene og valgt flomverdi

Det er utført hydrologiske beregninger for Søndre Åklangen og Sandnesbekken med formelverk, flomfrekvensanalyse og PQRUT. Årsavregningen til feltene Gryta og Kausrud er høyere enn for Søndre Åklangen og Sandnesbekken, og i vurderingene av valgt flom er flomfrekvensfaktoren lagt størst vekt på. Det samme gjelder sammenligning av feltet Søndre Åklangen med Magnor.

Beregnet middelflom i feltene med formelverk virker rimelig på 122 l/s*km² og 219 l/s*km² for henholdsvis Søndre Åklangen og Sandnesbekken. For Søndre Åklangen er denne verdien litt høyere enn for Magnor, som virker rimelig siden feltet til Søndre Åklangen er mye mindre, men samtidig har høyere effektiv sjøprosent. For Sandnesbekken er verdien ca. 100 l/s*km² høyere og lavere enn henholdsvis Søndre

Åklangen og Gryta. Dette synes også å være rimelig at middelflommen for dette feltet ligger imellom de to andre.

Det er gjort en vurdering av flomfrekvensfaktoren i de ulike metodene, og valgt en for fokusfeltene. Ved valg av flomfrekvensfaktoren er det lagt vekt på den beregnet med formelverket, men data fra flomfrekvensanalysene på sammenligningsfelt og PQRUT er også vurdert. For Søndre Åklangen velges en flomfrekvensfaktor som er litt høyere enn både den for Magnor, som ligger i samme vassdrag, og formelverket, på grunn av den høyere faktoren for feltet Kausrud. For Sandnesbekken velges flomfrekvensfaktoren nært den beregnet med formelverket, og denne ligger mellom den for feltet Gryta og den beregnet med PQRUT. Relevante resultater og valgt flomfrekvensfaktor er gitt i Tabell 7 og Tabell 8.

Tabell 7: Oppsummering av flomberegningene for Søndre Åklangen. Middelflommen for feltet er satt til 122 l/s*km².

	Q ₁₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₁₀ [l/s*km ²]	Q ₂₀₀ [l/s*km ²]
RFFA 2008	1,55	2,47	189	300
Flomfrekvensanalyse *	1,55 - 1,70	3,10 - 5,25	163 - 328	325 - 1013
PQRUT	0,9	1,8	110	219
Valgt	1,60	3,5	195	427

* Verdier gitt for Magnor – Kausrud

Tabell 8: Oppsummering av flomberegningene for Sandnesbekken. Middelflommen for feltet er satt til 219 l/s*km².

	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ [l/s*km ²]
NIFS	2,96	648
Flomfrekvensanalyse *	3,86	1314
PQRUT **	2,05 - 3,00	448 – 657
Valgt	3.0	657

* Verdier gitt for Gryta

** Ligningssett 2016 - 1983

Resulterende kulminerende flomverdier for Søndre Åklangen med 1,2 i klimapåslag er Q_{10, klima} = 18,1 m³/s og Q_{200, klima} = 39,7 m³/s, mens for Sandnesbekken er 200-årsflommen beregnet til Q_{200, klima} = 8,3 m³/s.

2.5 Klassifisering av flomberegninger

Det er usikkerheter knyttet til flomberegninger og kvaliteten til dataene de baserer seg på. For flomberegningene i denne rapporten er det benyttet tre metoder for flomberegninger. Feltet ligger langt øst i landet, som er tørrere enn lengre vest. Det er ingen vannføringsmålestasjon i nedbørfeltet, men lengre nedstrøms er det et vannmerke (Magnor). I tillegg er feltene sammenlignet med et par sammenligningsfelt, som ligger lengre vest, men som har generelt mer tilsig og dermed også større spesifikke flommer. IVF-kurven som er brukt som input for beregningene i PQRUT har også større nedbørsverdier enn det antas å være i nedbørfeltet til Søndre Åklangen.

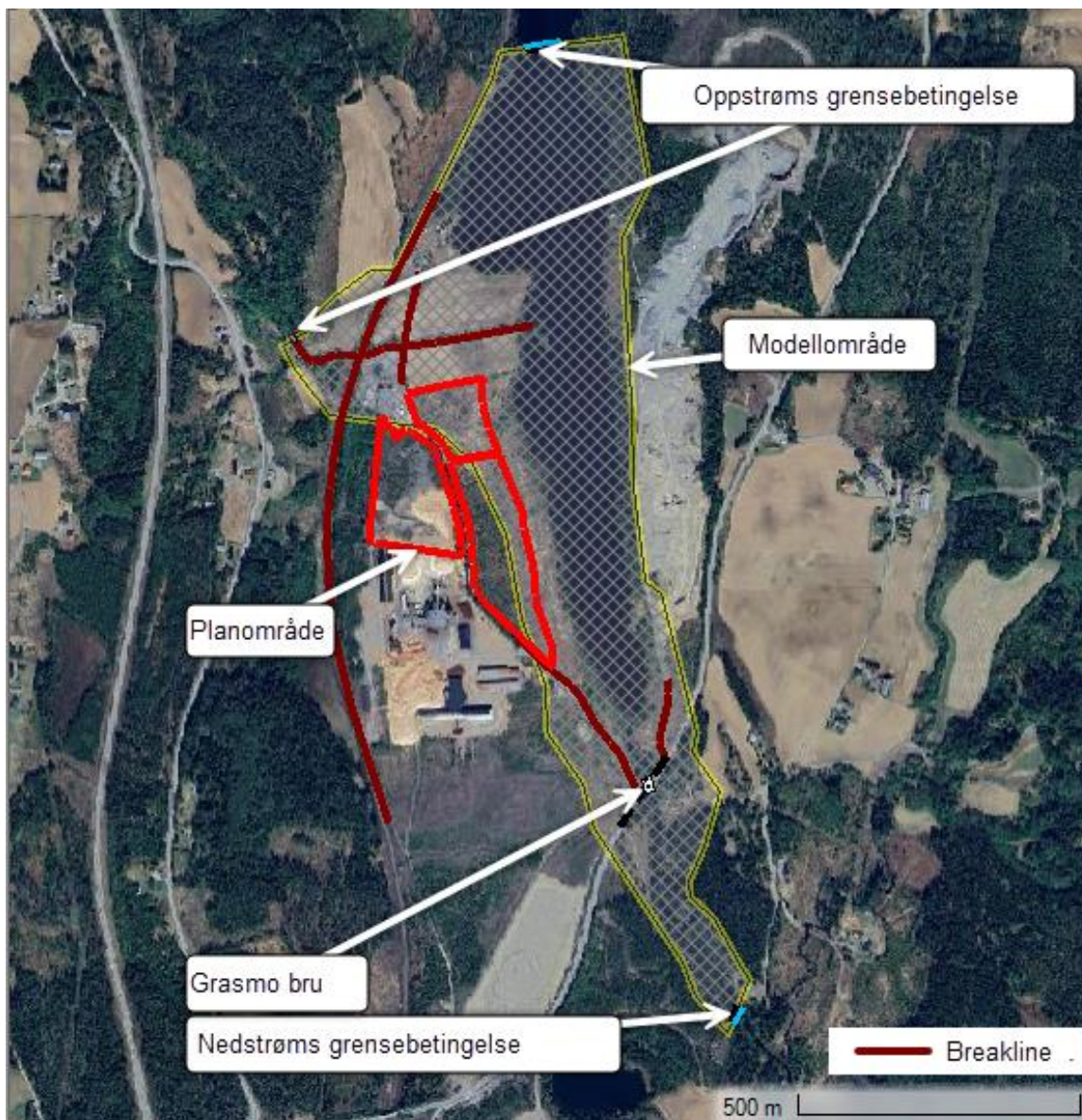
Vurderingene som er gjort for flomberegningene regnes å ligge mot den konservative siden, hvor det ved usikkerhet ved valg av flomfrekvensfaktor er valgt litt høyere. Med tanke på disse vurderingene ligger usikkerhetene til det hydrologiske datagrunnlaget i klasse 3 «Brukbar hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området» etter tabell 9 i NVE veileder 1/2022 [6].

3 Vannlinjeberegninger

Det er satt opp en 2-dimesjonal hydraulisk modell i HEC-RAS 6.4.1, for å gjøre vannlinjeberegning og illustrere 200-årsflomsonen ved planområdet. Modellen er kjørt med en konstant kulminasjonsvannføring med klimapåslag for begge vassdrag til vannlinjen har stabilisert seg. Dette er en konservativ tilnærming, spesielt for det mindre nedbørfeltet Sandnesbekken.

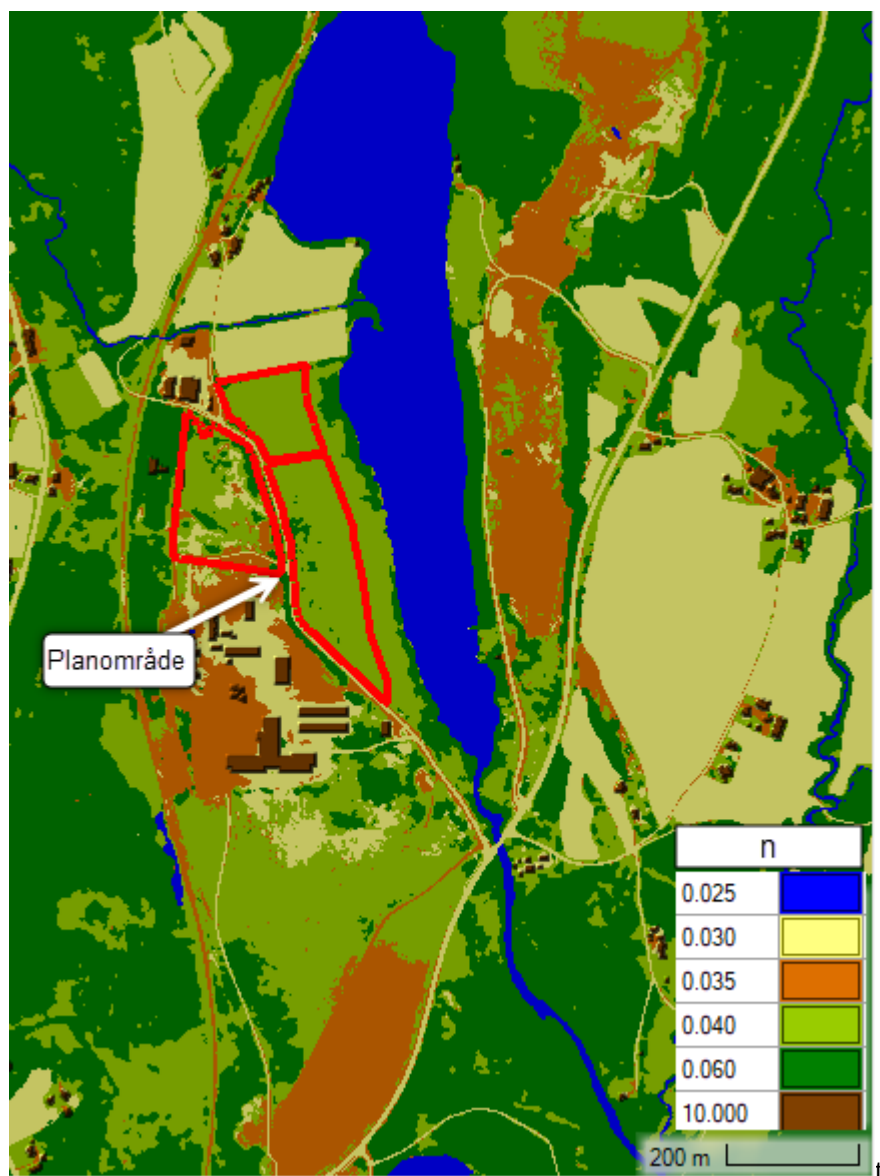
Terrenuskanningene er lastet ned fra hoydedata.no fra prosjekt NDH Eidskog 5pkt 2016, og programmet Global Mapper er benyttet til å lage en terrenmodell med oppløsning 0,5 m * 0,5 m. På grunn av tett vegetasjon langs kanten er det få skannede punkter i Sandnesbekken og i Vrangselva ved Grasmo bru. Terrenmodellen er derfor dårligere i disse sonene. Det er derfor med RASMapper gjort enkle utgravinger med en bredde på 3 m i Sandnesbekken, etter lavpunkter fra terrenuskanningene. Ved Grasmo bru er terrenget senket med maksimalt 30 cm, for å senke bunnen til 136,5 moh. Dette synes rimelig siden man fra flyfoto kan se det er ganske grunt ved brua, og at ved laserskanning blir vannlinjen og ikke bunnen skannet. Høyden bunnen blir senket til synes derfor rimelig med tanke på brutegning og hvordan skanningen utføres.

Geometrien i modellen er bygget opp av 10 m * 10 m celler, mens det inntil Sandnesbekken er lagt til breakline hvor cellestørrelsen er 3 m * 3 m i en bredde på 27 m ut til hver side. Det er også lagt inn Breakline på Grasmo bru og Sandnesvegen med celler 2 m * 2 m med en bredde på henholdsvis 16 m og 4 m til hver side. Modellen har to oppstrøms grensebetingelser; En oppstrøms jernbanebrua i Sandnesbekken og en i den sørlige delen av Søndre Åklangen. Nedstrøms grensebetingelse (normal depth) ligger ca. 500 m nedstrøms Grasmo bru, og påvirker ikke vannlinjen i Søndre Åklangen. En figur av modellens utstrekning er gitt i Figur 4.



Figur 4: Modellområde og planområde.

Ruheten i modellen er bestemt ved hjelp av et Manningslag, som er basert på «Land Cover» lastet ned fra Scalgo. Dette rasteret er så gjort om til polygoner, som er brukt som et Mannings-lag i modellen. Manningsverdiene er gitt Figur 5. Modellen er kjørt med ligningssettet «SWE-ELM», og tidssteget er styrt slik at Courrant-tallet skal ligge mellom 0,4 og 1.



Figur 5: Manningsverdier.

3.1 Bruer og kulverter

Ned mot planområdet går Sandnesbekken i kulvert/bru under Sandnesvegen og jernbanen. Det er ikke mottatt informasjon eller gjort innmålinger av disse. Det regnes ikke som avgjørende for flomfarevurderingen. Tilstopping av jernbanekulverten vurderes likevel. Fra flyfoto kan en måle at bredden på innløpet på kulverten under jernbanen er ca. 4,4 m, mens utfra høyden på fyllingen anslås høyden å være ca. 3 m. I simuleringen er kulverten lagt inn bare som en senkning i terrenget med en bredde på 3 m, som resten av bekken.

I elva ved utløpet av Nedre Åklangen ligger Grasmø bru (Figur 6). Brua er bygget i 1966, og har et spenn på 17,55 m. Konstruksjonen består av 2 stk. HE-1000 B (I-profil med høyde 1 m), under en bruplate på 20 cm

(Brutegning, Vedlegg 1). I tillegg regnes asfalten å bygge litt oppå bruflaten. Underkant bru antas ut ifra dette å være ca. 1,3 m under scannet høyde på veibanen. Brua heller mot vest, og veibanen har på denne siden en høyde på 139,2 moh. Underkant bru antas med dette å ligge på $139,2 \text{ moh.} - 1,3 \text{ m} = 137,9 \text{ moh.}$ Brutegningen gir at høyden fra underkant bru til fundamentet er 1,7 m. Det antas at elvebunnen ikke ligger helt nede ved fundamentene. I modellen er bunnen under brua lagt på kote. 136,5. Grasmo bru er lagt inn i modellen som en bokskulvert ved hjelp av 2D/SA-connection med lysåpningen under brua $17,55 \text{ m} * 1,4 \text{ m}$.



Figur 6: Grasmo bru sett fra nedstrøms side (Hentet fra Statens vegvesens database, BRUTUS).

3.2 Følsomhet, sikkerhetspåslag og simulerte situasjoner

Usikkerheten knyttet til de hydrologiske beregningene og den hydrauliske modellen tas hensyn til ved at det settes et sikkerhetspåslag basert på kapittel 10 i NVE veileder 3/2022 [1]. Dette legges til vannføringen som et prosentvis påslag, S_r , i den hydrauliske modellen for å bestemme et vertikalt sikkerhetspåslag. De hydrologiske beregningene klassifiseres mellom klasse 1 og 5, hvor 1 er den beste. Den hydrauliske modellen klassifiseres mellom A og E, hvor A er den beste. Den hydrauliske modellen klassifiseres etter kvalitet på terrengmodell, kalibreringsdata og følsomhet, og det er derfor utført en enkel følsomhetsanalyse på Manningsverdier ved å øke de med 30 %. Basert på klassene velges et prosentvis påslag på vannføringen i matrisen gitt i veilederen. For mer informasjon henvises leseren til veilederen.

For situasjonen som gir høyest vannlinje (situasjon 1 i Tabell 9) er det gitt utført en følsomhetsanalyse hvor alle Mannings verdier er økt med 30 %. Dette ga en økning i vannlinje på Søndre Åklangen under 0,1 m. Manningsverdien har ikke stor betydning når det er lave hastigheter.

Klassifisering av vannlinjeberegninger er i klasse D, siden det ikke finnes kalibreringsdata for Søndre Åklangen, og følsomhetsanalysen viser en stigning i vannlinjen på under 0,3 m. Med flomberegninger i

klasse 3 og en hydraulisk modell i klasse D skal det legges til et påslag på 40 % for å finne det vertikale sikkerhetspåslaget. I Tabell 9 er de simulerte situasjonene.

Tabell 9: Scenarioer og vannføringer som er simulert. Siden Sandnesbekken er en del av nedbørsfeltet er denne vannføringen trukket av vannføringen i Søndre Åklangen. Kulminasjonsverdier.

Scenario	Vannføring Sandnesbekken		Vannføring Søndre Åklangen	
		[m ³ /s]		[m ³ /s]
1 – 200-årsflom Søndre Åklangen	Q _{M, klima}	2,8	Q _{200, klima}	36,9
2 – 200-årsflom Sandnesbekken	Q _{200, klima}	8,3	Q _{10, klima}	9,8
3 – 200-årsflom Søndre Åklangen med sikkerhetspåslag	Q _{M, klima} * S _f	3,9	Q _{200, klima} * S _f	51,7
4 – 200-årsflom Sandnesbekken med sikkerhetspåslag	Q _{200, klima} * S _f	11,6	Q _{10, klima} * S _f	13,8

4 Resulterende flomsone

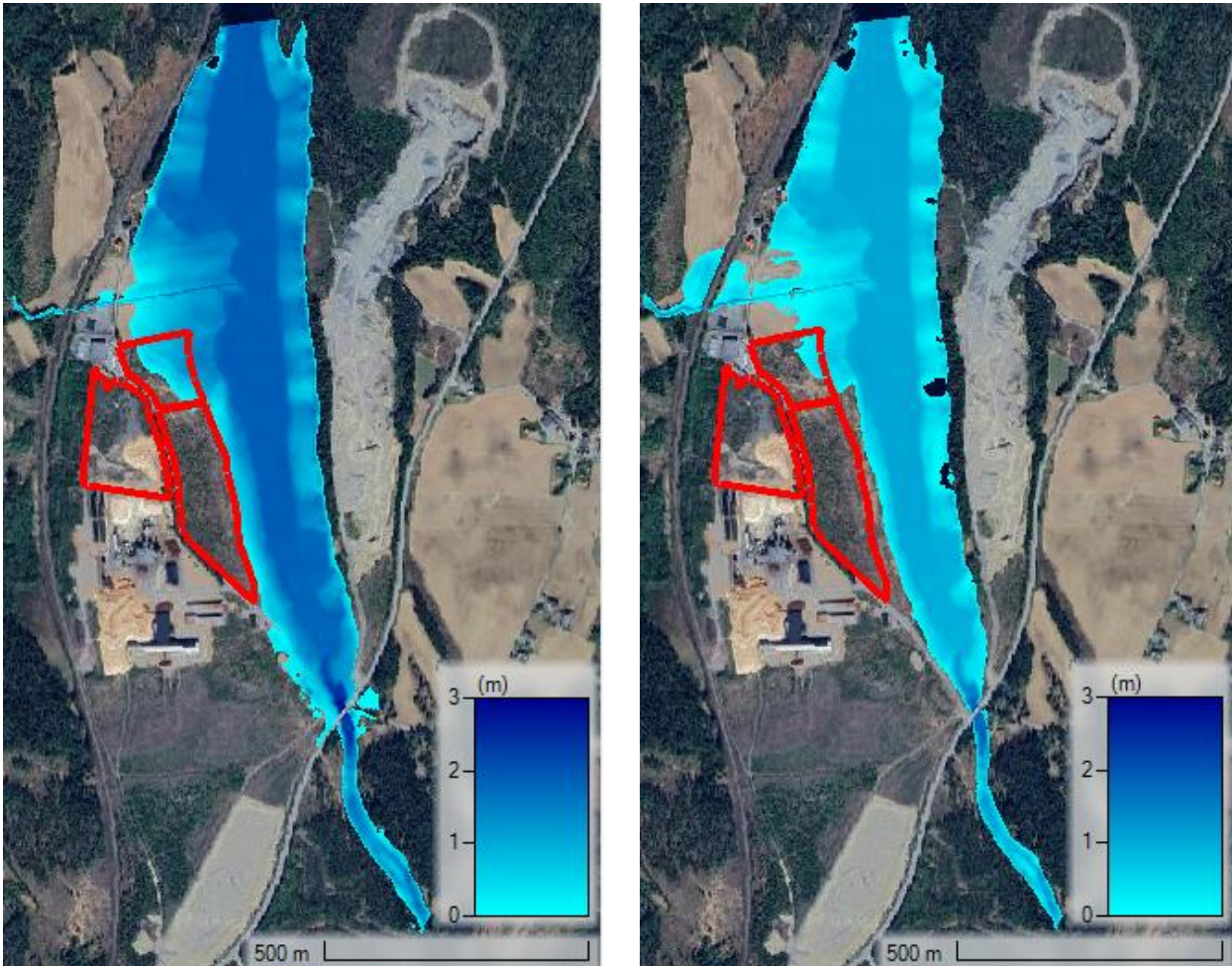
Flomsonen ved Grasmø solkraftverk er beregnet for både 200-årskulminasjonsflom i Sandnesbekken og Søndre Åklangen.

Det er 200-årsflom i Søndre Åklangen som gir størst utbredelse og dybde for Grasmø Solkraftverk. Resulterende vannlinje for de ulike simulerte scenariene er gitt i Tabell 10. Utbredelsen av 200-årsflommen inkludert sikkerhetspåslag og klimapåslag er gitt i Figur 7.

Underkant av Grasmø bru ligger på kote. 137,9 moh. Lysåpningen under brua har ikke kapasitet med fribord, og vannlinjen på Søndre Åklangen stues opp inntil Grasmø bru i alle situasjonene. Det er kapasiteten under Grasmø bru som er styrende for vannlinjen på Søndre Åklangen, og dermed også utbredelsen av flomsonen på planområdet til Grasmø Solkraftverk. Med et 40 % sikkerhetspåslag på vannføringen stiger vannlinjen på Søndre Åklangen maksimalt med 0,2 m, som også settes til det vertikale sikkerhetspåslaget for beregningen.

Tabell 10: Vannstand Søndre Åklangen ved de ulike simulerte scenariene.

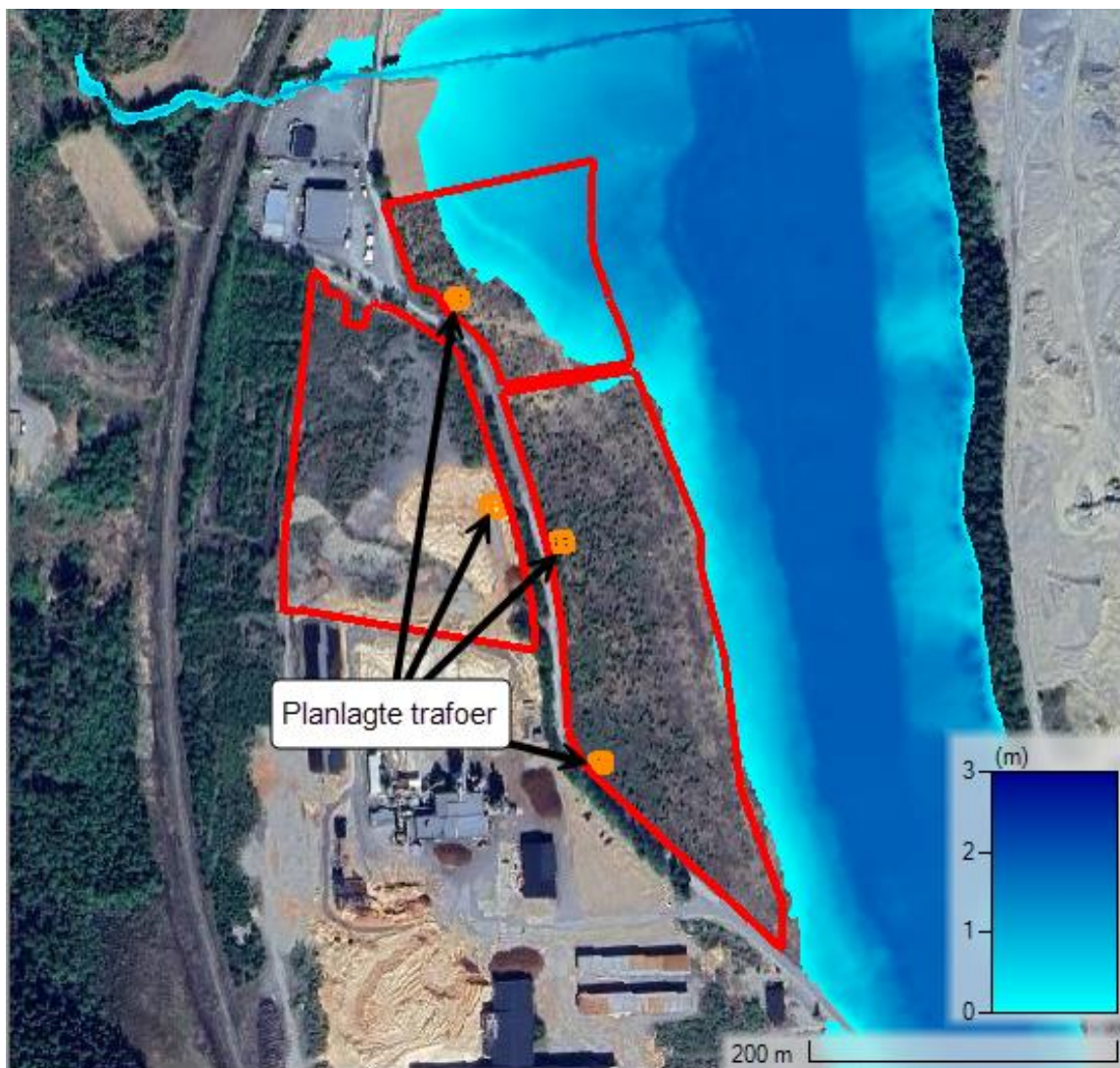
Scenario	Høyde på vannlinjen i Søndre Åklangen [moh.]
1 – 200-årsflom Søndre Åklangen	139,1
2 – 200-årsflom Sandnesbekken	138,3
3 – 200-årsflom Søndre Åklangen med sikkerhetspåslag	139,3
4 – 200-årsflom Sandnesbekken med sikkerhetspåslag	138,5



Figur 7: Viser resulterende vanddybder med klimapåslag (20 %) og sikkerhetspåslag (40 % økning på vannføringen) ved scenario 3 (t.v), 200-årsflom i Søndre Åklangen og middelflom i Sandnesbekken, og scenario 4 (t.h), 200-årsflom i Sandnesbekken og 10-årsflom i Søndre Åklangen. Det er scenario 3 med 200-årsflom i Søndre Åklangen som gir den største utbredelsen av flomsonen på planområdet. Planområdet er markert med rødt. Merk at dybden på Søndre Åklangen ikke er dybden over bunnen, men dybden over skannet vannoverflate.

Hastighetene inne på planområdet er lave, og overskrider ikke 0,1 m/s i noen av scenariene, og vil gi liten kraft mot solcellepanelene. Dybden på planområdet er maksimalt 1,4 m på planområdet, og feltet lengst nord blir mest berørt. De planlagte trafoene ligger utenfor flomsonen. Et oversiktskart med største utbredelse av 200-årsflomsonen på planområdet er gitt i Figur 8.

Ved blokkering eller delvis tilstopping av kulverten under jernbanen vil vann kunne stues opp oppstrøms jernbanen, og strømme under jernbaneundergangen til Sandnesvegen, og strømme ut i planområdet i vest og videre ut over den nordligste delen av planområdet i øst. Dette er ikke en del av flomsonen, men nevnes som en risiko for planområdet. Det er ikke gjort befaring av kulverten, men fra flyfoto kan man måle at bredden i lysåpningen er i overkant av 4 m. I simuleringen er kulverten lagt inn med en bredde på 3 m i en kanal. Ved 200-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag (11,6 m³/s) er dybden i kulverten 1,2 m. Det regnes derfor med å være god kapasitet i kulverten, og dermed være lite fare for tilstopping.



Figur 8: Utbredelse og vanddyb på planområdet (markert med rødt) ved verste situasjon ved 200-årsflom med klimapåslag (20%) og sikkerhetspåslag (40 % påslag på vannføringen) i Søndre Åklangen (Scenario 3). Vannlinjen ligger på 139,3 moh., som er 0,2 m høyere enn uten sikkerhetspåslaget på vannføringen. Ingen av lokasjonene det er planlagt trafoer er berørt. Merk at dybden på Søndre Åklangen ikke er den dybden over bunnen, men dybden over skannet vannoverflate.

Vannstandsstigningen i Søndre Åklangen er styrt av vannføringskapasiteten over Grasmø bru. Hastighetene på Grasmø solkraftverk er svært lave, og vannstandsstigningen skjer sakte. Solcellepanelene i flomsonene forankres slik at de tåler å bli dykket uten å flyte av gårde. Solcellekraftverket vil derfor ikke føre til vannstandsstigning og konsekvens for tredjepart.

5 Konklusjon

Planområdet til Grasmo solkraftverk ligger delvis flomutsatt ved en 200-årsflom (inkludert 20 % klimapåslag). Lavere gjentaksintervall er ikke vurdert i denne rapporten.

Både 200-årsflom i Søndre Åklangen og Sandnesbekken er vurdert, og det er flom i Søndre Åklangen som gir størst utbredelse av flomsonen på planområdet. Kapasiteten i profilet ved Grasmo bru har begrensende kapasitet, og er styrende for vannstandsstigningen i Søndre Åklangen. Det er vurdert et sikkerhetspåslag på beregningene, som følge av klassifiseringen av de hydrologiske beregningene og den hydrauliske modellen, og det skal benyttes et vertikalt sikkerhetspåslag på 0,2 m på modellert vannlinje ved 200-årsflom med klimapåslag, som skal ligge til grunn for flomvannstanden ved reguleringsplaner og byggesaker.

Den beregnede vannlinjen for flomsonen på planområdet inkludert både klimapåslag og sikkerhetspåslag ligger på 139,3 moh, og er bygg sikker høyde ved sikkerhetsklasse F2 i TEK17 §7-2. Dybden nord i planområdet er opp mot 1,4 m. Det er imidlertid viktig å merke seg at hastighetene på Grasmo solkraftverk er svært lave (<1 m/s), og vannstandsstigningen skjer sakte.

Solkraftverket vil tåle disse forholdene, med solcellepaneler som er forankret slik at de kan tåle å bli dykket uten å flyte av gårde. Den planlagte plasseringen til trafoene på planområdet ligger utenfor flomsonen. På grunn av de lave hastighetene ved planområdet vil ikke solcellekraftverket føre til vannstandsstigning på Søndre Åklangen, og vil heller ikke føre til ulempe for tredjepart ved flom.

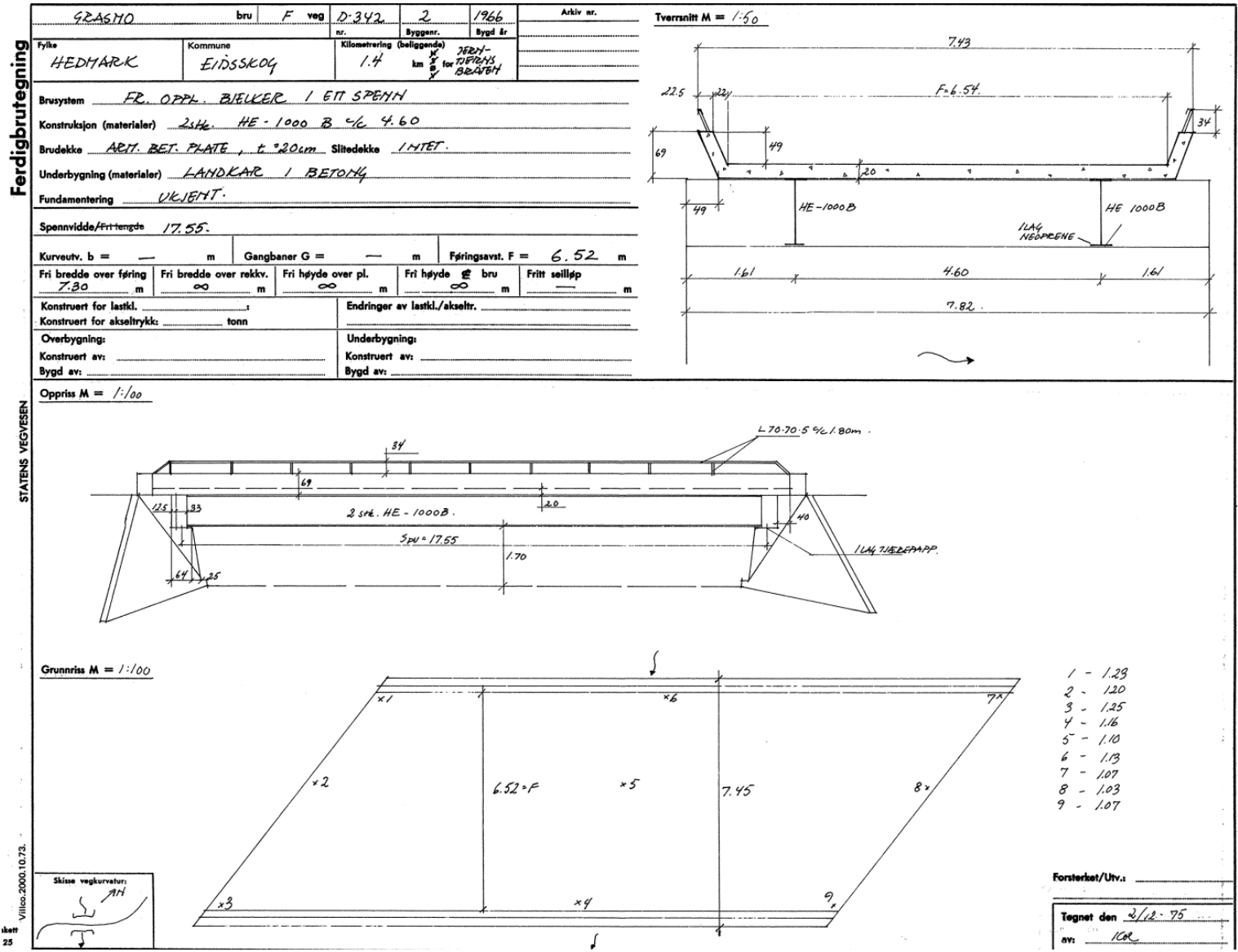
6 Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. Nr. 3/2022,» 2022b. [Internett]. Available: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf.
- [2] NVE, «Krav til konsesjonssøknader for solkraftverk,» 28 09 2022. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/solkraft/soknad-om-anleggskonsesjon/virkninger-for-miljo-og-samfunn/#pageSection-15>.
- [3] Norsk klimaservicesenter, «Klimaprofil Hedmark,» 04 2022. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/hedmark>. [Funnet 11 04 2024].
- [4] NVE, «Seriekart,» 2024. [Internett]. Available: <https://seriekart.nve.no/>.
- [5] NVE, «PQRUT, Nedbør-avløpsmodellering med magasin og ruting,» 2024. [Internett]. Available: <https://pqROUT.nve.no/#/T/1>.
- [6] NVE, «Veileder for flomberegninger, Nr. 1/2022,» 2022. [Internett]. Available: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf.
- [7] NVE, «NEVINA,» 2024. [Internett]. Available: <https://nevina.nve.no/>.

7 Vedlegg

- Vedlegg 1 – Brutegning Grasco Bru
- Vedlegg 2 – NEVINA
- Vedlegg 3 – Frekvensplott

Vedlegg 1 – Brutegning Grasmo Bru



Vedlegg 2 – NEVINA

Søndre Åklangen

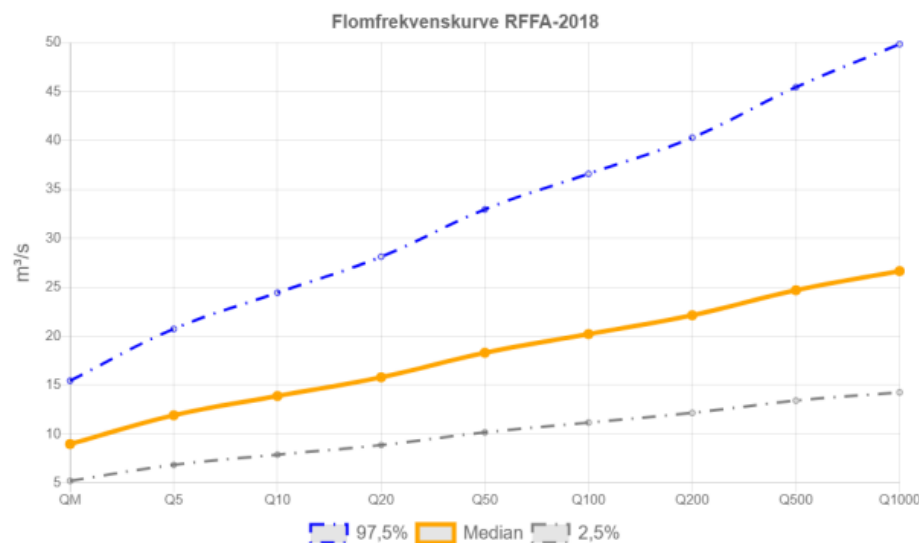
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 313.B1E
 Kommune.: Eidskog
 Fylke.: Innlandet
 Vassdrag.: Vrangselva
 Nedbørfeltareal: 77.4 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

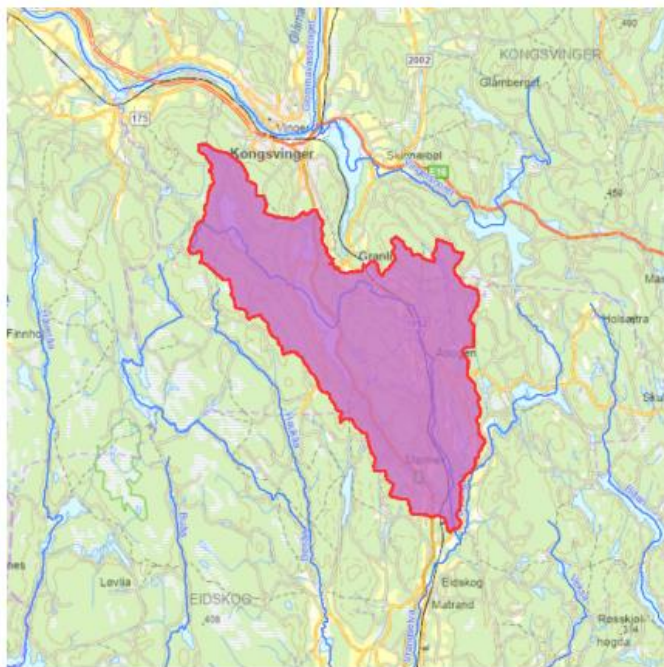
Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	116	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%
Kulminasjonsfaktor	1.05	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km ²
Klimapåslag	-	%
Annet		
Tilløpsflom	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.33	1.55	1.76	2.04	2.25	2.47	2.75	2.97	-
Flomverdier, m ³ /s	9.0	11.9	13.9	15.8	18.3	20.2	22.1	24.7	26.7	31.0
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	15.4	20.7	24.4	28.1	33.0	36.6	40.3	45.4	49.9	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	5.2	6.9	7.9	8.9	10.2	11.2	12.2	13.4	14.3	-
NIFS (kulminasjon)	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km ²									
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)										
Flomverdier, m ³ /s										
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s										
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s										

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Projeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 340758 E
 6660556 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Feltparametere

Areal (A)	77.4 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	2.67 %
Elvleengde uten sjø (E _{TL,net})	64.6 km
Elvegradient (E _G)	10.7 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	5.2 m/km
Helning	7.2 ‰
Dreneringstetthet (D _T)	1.2 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	18.4 km

Arealklasse

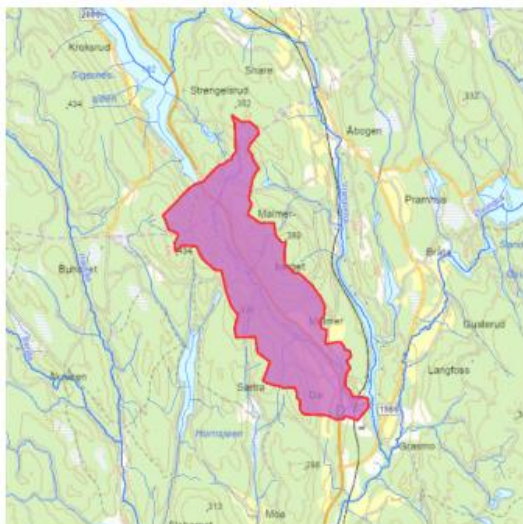
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	5.9 %
Myr (A _{MYR})	2.3 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	81.1 %
Sjø (A _{SJØ})	7.7 %
Snaufjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	0.1 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	2.8 %

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	136 m
Høyde ₁₀	163 m
Høyde ₂₅	190 m
Høyde ₅₀	233 m
Høyde ₇₅	294.5 m
Høyde _{MAX}	457 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	11.7 l/s*km ²
Nedbør juni	70 mm
Nedbør juli	80 mm
Regn og snøsmelting mai	71 mm
Regn og snøsmelting juni	73 mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	61 mm
Regn og snøsmelting november	50 mm
Temperatur februar	-7.4 °C
Temperatur mars	-3.0 °C

Sandnesbekken

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregnpunkt: 340488 E
6661347 N

Feltparametere

Areal (A)	10.5	km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	2	%
Elvleengde uten sjø (E _{TL,net})	-	km
Elvegradient (E _G)	16.8	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	14.8	m/km
Helning	9.7	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.1	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	7.1	km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	7.5	%
Myr (A _{MYR})	1.8	%
Leire (A _{LEIRE})	0	%
Skog (A _{SKOG})	88.2	%
Sjø (A _{SJØ})	1.5	%
Snøfjell (A _{SF})	0	%
Urban (A _U)	0	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	1.1	%

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	137	m
Høyde ₁₀	180	m
Høyde ₂₅	195	m
Høyde ₅₀	245	m
Høyde ₇₅	294	m
Høyde _{MAX}	427	m

Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990

Årlig middellavrenning 1961-1990 (Q _N)	12.5	l/s*km ²
Nedbør juni	71	mm
Nedbør juli	81	mm
Regn og snøsmelting mai	73	mm
Regn og snøsmelting juni	73	mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	61	mm
Regn og snøsmelting november	52	mm
Temperatur februar	-7.3	°C
Temperatur mars	-2.9	°C

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

GUID: 75e0a076c7df8a28c284f69af2a2128a

Rapportdato: 4/18/2024

© nevina.nve.no

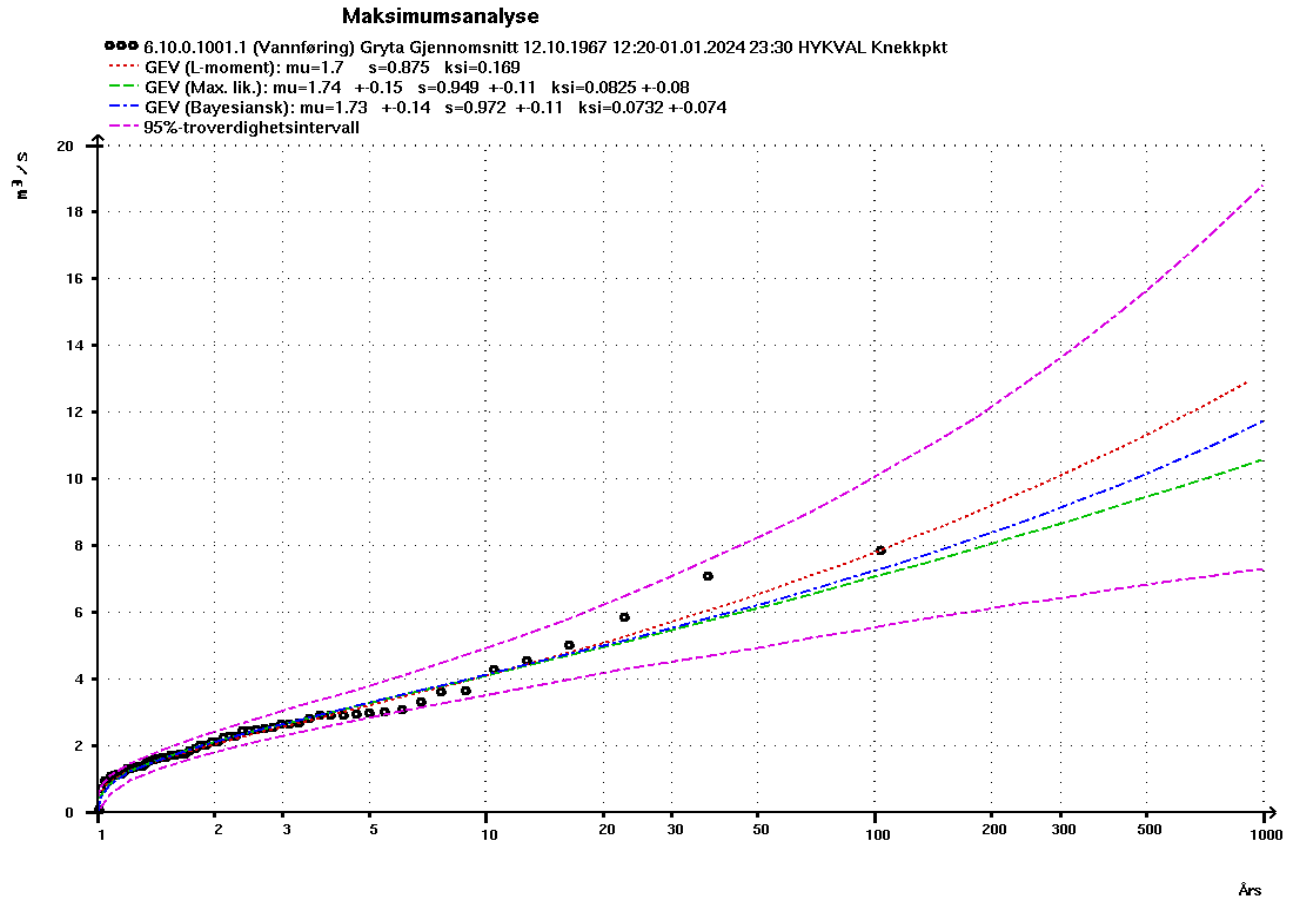
Effektiv sjøprosent er justert til 2%, siden NVE gir 98,5 %, som ikke er sannsynlig. Dette gjør at mange av verdiene i tabellen over ikke er beregnet.

Med justert effektiv sjøprosent i NEVINA, ble analyseverktøyet for NIFS inaktivt. Formelverket ble derfor benyttet i regneark:

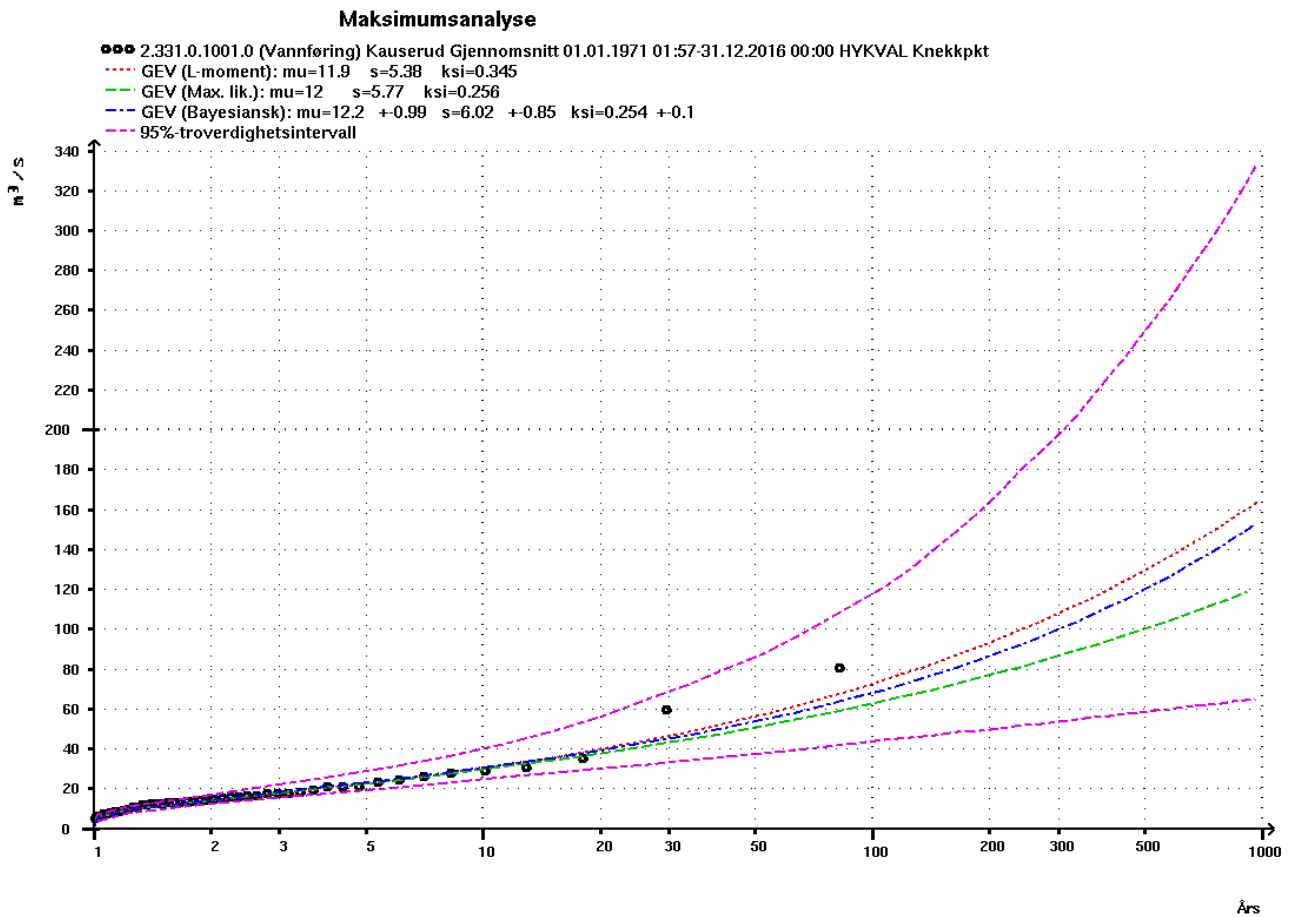
Tilsig	Tilsig	Areal	Eff.sjø	k	QM				
l/s*km ²	m ³ /s	km ²	%	-	[m ³ /s]				
12.5	0.13	10.5	2	-0.20783	2.30				
QM valgt	2.30								
Klimafaktor	1.2								
Gjentaksintervall (T)	M	5	10	20	50	100	200	1000	
Q(T)/QM	-	1.26	1.51	1.78	2.19	2.55	2.96	4.17	
Q [m ³ /s]		2.30	2.91	3.48	4.10	5.03	5.86	6.80	9.60
Q [l/s*km ²]		219	277	331	390	479	558	648	914
Q+klima [m ³ /s]		2.76	3.49	4.17	4.92	6.04	7.03	8.17	11.52

Vedlegg 3 – Frekvensplott

6.10.0 Gryta



2.331 Kauserud



313.10 Magnor

