

Kvinnherad kommune

► Flomsonekartlegging

Guddalselva

Oppdragsnr.: 5185895 Dokumentnr.: Fv_01 Versjon: A02 Dato: 2019-08-10



Oppdragsgiver: Kvinnherad kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Hildegunn Furdal
Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Jon Olav Stranden
Fagansvarlig: Henrik Opaker (NVE godkjent innen fagområde V, hydraulikk, alle klasser)
Andre nøkkelpersoner: Gunnar Fiskum

A02	2019-08-10	For bruk hos Kvinnherad kommune	Gunnar Fiskum	Henrik Opaker	Jon Olav Stranden
D01	2019-06-25	For godkjenning hos Kvinnherad kommune	Gunnar Fiskum	Henrik Opaker	
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

► Sammen drag

Norconsult har på oppdrag fra Kvinnherad kommune kartlagt flomsone for flere elver i kommunen. Denne rapporten dokumenterer beregnet flomsone langs Guddalselva ned til utløpet i sjøen ved Seimsfoss. Det er gjort beregninger for flom med gjentakintervall på 20-, 200- og 1000 år inkludert 40 % klimapåslag. 200-årsflommen med klimapåslag er beregnet til 166 m³/s for Guddalselva.

Flomstørrelser er beregnet på grunnlag av en flomfrekvensanalyse gjort på nærliggende og representative vannmerker. Siden vannmerke 45.4 Seimsfoss ligger i nedbørfeltet, er dette spesielt vektlagt. Resultatene fra frekvensanalysen er kontrollert ved bruk av «*nasjonalt formelverk for små nedbørfelt*». For å ta høyde for fremtidige klimaendringer er flomverdiene økt med 40%. Vannstandsstigning langs vassdraget er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS.

Flom i Guddalselva fører til betydelig økt vannføring og elva vil renne ut av sitt naturlige løp. I øvre del av vassdraget, hvor omkringliggende områder er jordbruksarealer, vil flomutbredelsen være store, men relativt sett føre til lite skade. Nedre del av vassdraget, der elva renner ut i sjøen, har større andel bebyggelse og flere bygninger vil bli berørt i en flomsituasjon.

Innhold

1	Innledning og forutsetninger	5
1.1	Beskrivelse av nedbørfelt	6
2	Beregning av flomstørrelser	8
2.1	Målestasjoner	8
2.2	Vurdering av årsmiddeltilsig	9
2.3	Sesongvariasjon	9
2.4	Flomfrekvensanalyse på døgnmiddelflom	10
2.5	Regresjonsanalyse	12
2.6	Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt	13
2.7	Beregning av momentanflom	14
2.8	Endelig valg av flomstørrelse og klimapåslag	14
3	Hydraulisk modell	16
3.1	Beregningsmodell og datakvalitet	16
3.2	Grensebetingelser	16
3.3	Infrastruktur i modellen	17
4	Resultat og konklusjon	18
4.1	Berørt infrastruktur	18
4.2	Berørte bygninger og eiendom	18
5	Diskusjon og vurdering av resultat	20
5.1	Usikkerheter	20
5.2	Sensitivitetsvurdering	20
6	Bilag og referanser	21
6.1	Bilag	21
6.2	Referanser	21

1 Innledning og forutsetninger

Norconsult AS er engasjert av Kvinnherad kommune for å kartlegge flomsone langs flere vassdrag i kommunen. Hovedformålet med kartleggingen er å lage et grunnlag som kan utnyttes i arealplanlegging, byggesakshåndtering og for beredskap mot flom. Det er gjort beregninger for flom med gjentakintervall på 20-, 200- og 1000 år inkludert klimapåslag.

Denne rapporten omhandler Guddalselva, og kartlegger flomutbredelse fra sjøen ved Seimsfoss og ca. 2 km opp i vassdraget. Det er ikke utført flomsonekartlegginger i området tidligere. Kvinnherad kommune er markert på oversiktskart i Figur 1.



Figur 1 Oversiktskart med markering av Kvinnherad kommune.

1.1 Beskrivelse av nedbørfelt

Guddalselva renner gjennom Guddalsdalen og er et mindre vassdrag i Kvinnherad kommune. Nedbørfeltet til vassdraget har sitt opphav på Folgefonna, og derfra renner vannet mot vest. Først ned i Fonnvatnet og Hildalsvatnet, de største innsjøene i nedbørfeltet, og så ned i Guddalsdalen. Vassdraget renner ut i sjøen ved Seimsfoss som ligger ca. 2,5 km sør for Rosendal.

Nedbørfeltet har relativt stor variasjon i høyde, fra havnivå opp til ca. 1400 meter. De øvre delene av feltet består av bre (2,7%) og snaufjell (52,7%), mens de lavereliggende områdene består av skog og jordbruksområder. Eksisterende bebyggelse befinner seg i nedre del av feltet, og har med noen unntak god avstand til vassdraget. Unntakene er i hovedsak et industri- og lagerområde som ligger der Guddalselva renner ut i sjøen. Guddalselva krysser flere mindre veger i tillegg til å renne under fylkesveg 48, Seimsvegen. Vassdraget er ikke benyttet til kraftproduksjon og det er ingen kjente overføringer til eller fra feltet.

Nøkkeldata for nedbørfeltet er presentert i Tabell 1, mens et oversiktskart med markering av nedbørfeltet er vist i Figur 2. Figur 3 og Figur 4 viser henholdsvis et kart og et flyfoto over nedre del av Guddalselva.

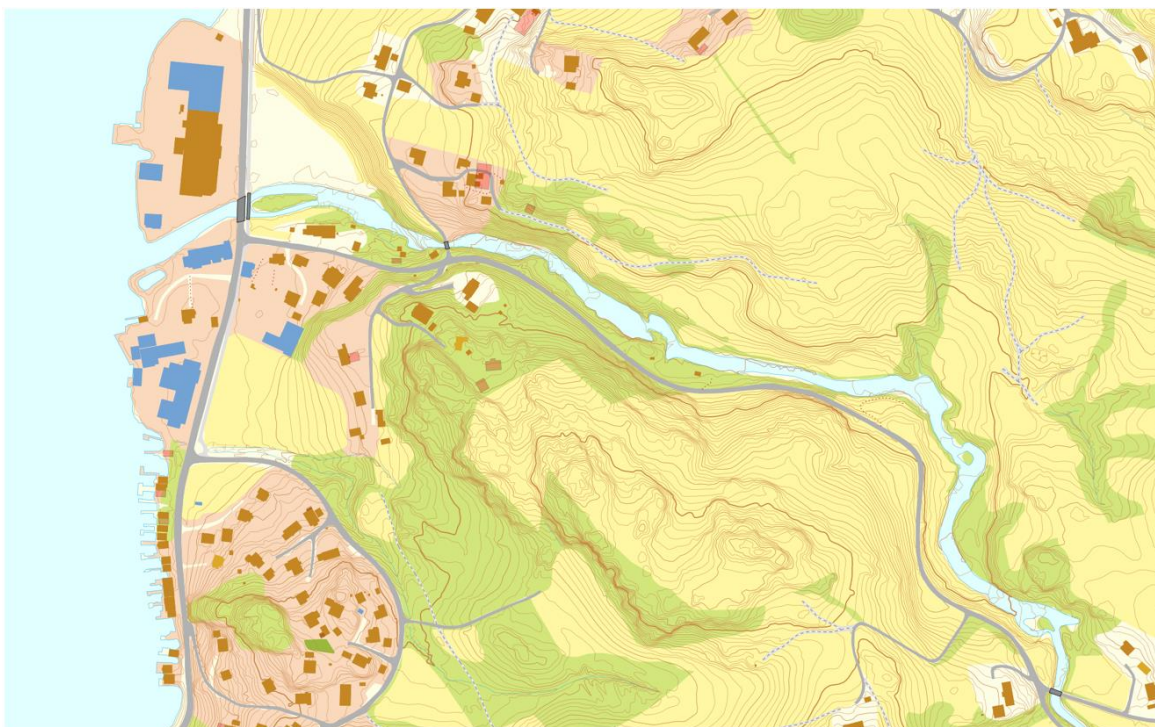
Tabell 1 Nøkkeldata for nedbørfeltet til Guddalselva

Nedbørfelt	Areal (km ²)	Eff. sjø %	Felthøyde, min-med-maks (moh.)	Bre (%)	Qn ¹ (l/s/km ²)
Guddalselva	36.6	1.1	0-778-1426	2.7	104.6



Figur 2 Oversiktskart med markering av nedbørfeltet til Guddalselva.

¹ Fra vannmerke 45.4 Seimsfoss



Figur 3 Oversiktskart over nedre del av Guddalselva.



Figur 4 Flyfoto over nedre del av Guddalselva.

2 Beregning av flomstørrelser

2.1 Målestasjoner

Utvalgte vannmerker/målestasjoner i Sunnhordaland er benyttet i en regional flomanalyse. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 2. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk nærhet til Kvinnherad kommune og likhet med nedbørfeltet til Guddalselva. Feltene til vannmerkene er typiske kystnære vestlandsfelt med stor variasjon i høyde over havet. Det eksisterer flere vannmerker i området med stor breandel. Disse er ikke tatt med som en del av flomanalysen. Et oversiktskart med markering av vannmerker er vist i Figur 5.

Vannmerket 45.4 *Seimsfoss i Guddalselva*, ligger ved Seimsfoss lengst ned i nedbørfeltet, og har 12 år med registrerte vannføringer. NVE vurderer kvaliteten på vannføringsmålingene som «bra» og det er forventet at målingene vil gi et godt bilde av flomforholdene i vassdraget ved lave gjentaksintervaller.

Tabell 2 Vannmerker/målestasjoner benyttet i flomberegning.

Nr.	Navn	Periode	H _{med} (moh.)	Areal (km ²)	Ase (%)	Bre (%)	Q _n (l/s/km ²)
47.7	Fodnastøl	1963-1995	1063	43.4	3.75	1.01	60
46.7	Brakhaug	1974-2005	947	9.25	2.27	0.00	122
45.4	Seimsfoss	2007-2018	782	36.4	1.08	2.68	125
42.6	Baklihøl	1966-2016	898	19.9	0.15	0.00	134
42.16	Fjellhaugen	1998-2018	685	7.22	1.08	0.00	118
42.2	Djupevad	1964-2016	526	31.9	0.34	0.00	101
41.8	Hellaugvatn	1982-2018	904	27.5	1.97	0.00	118
38.1	Holmen	1983-2018	556	117	1.56	0.00	109
41.1	Stordalsvatn	1913-2018	681	131	6.68	0.00	98
55.5	Dyrdalsvatn	1978-1996 2002-2018	581	3.31	3.98	0.00	124
55.4	Røykenes	1934-2018	307	50.1	2.24	0.00	97
61.8	Kaldåen	1988-2017	884	15.3	0.10	0.00	100
62.18	Svartavatn	1988-2018	754	72.4	0.32	0.00	112



Figur 5 Oversiktskart med markering av vannmerker benyttet i flomberegningen.

2.2 Vurdering av årsmiddeltilsig

Vannmerke 45.4 *Seimsfoss i Guddalselv* ligger i nedre del av vassdraget og har en observert middelvannføring på 125 l/s/km². Målingene ved vannmerket begynte i 2007 og måleserien betraktes derfor som relativt kort. Kvaliteten på målingene er av NVE betraktet som «bra». Avrenningskartet for samme området gir middelvannføring på 111 l/s/km², noe som tilsier at målingene ved vannmerket er 13% høyere enn beregnet i avrenningskartet. Årsmiddeltilsiget som er målt ved resterende vannmerker er også sammenlignet med avrenningskartet, men det er ingen systematiske avvik. Ved utløpet i sjøen gir avrenningskartet en middelvannføring på 105 l/s/km², noe som er litt lavere enn verdien beregnet ved vannmerket. Spesifikk middelvannføring som er observert ved vannmerket (125 l/s/km²) er benyttet i videre beregninger.

2.3 Sesongvariasjon

I flomberegninger er det vanlig å skille på ulike flomsesonger. I dette området på Vestlandet er dette lite hensiktsmessig. De største flommene opptrer normalt på høsten og tidlig på vinteren, men vassdraget er lite, og i prinsippet kan de opptre hele året. Flomfrekvensanalyse er derfor utført på årsflommer.

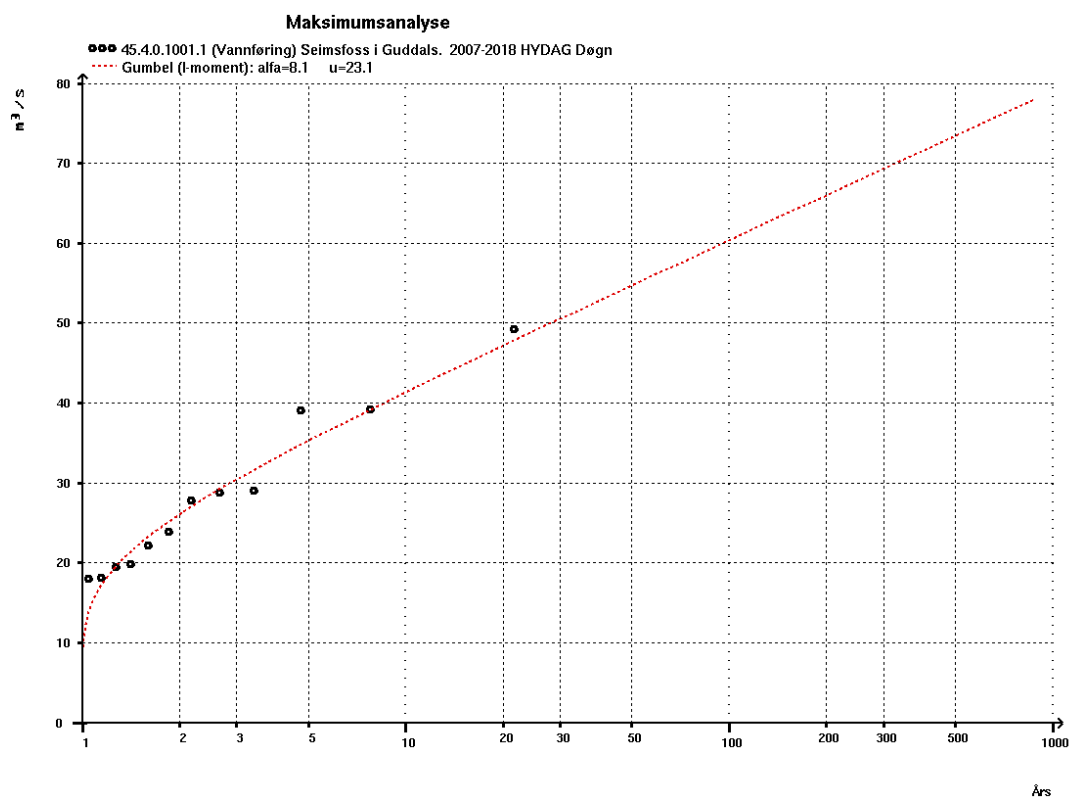
2.4 Flomfrekvensanalyse på døgnmiddelflom

Det er utført flomfrekvensanalyse på vannmerker i regionen som ligger langt ut mot kysten, og har hoveddelen av nedbørfeltet liggende lavere enn 1000 moh. Tabell 3 viser en oversikt over vannføring ved middelflom, samt forholdstallet mellom middelflom og estimert 20-, 200- og 1000-årsflom for utvalgte vannmerker. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremverdianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbelfordeling og GEV-fordeling. Siden vannmerke 45.4 *Seimsfoss i Guddalselv* ligger i Guddalselva, er frekvenskurven og vannføringsserien til vannmerket vist i henholdsvis Figur 6 og Figur 7. Største vannføringsmåling gjort ved vannmerket er 49,2 m³/s og ble gjort 28.10.2014. I henhold til frekvensanalysen tilsvarer det en flom med gjentakintervall på i underkant av 30 år.

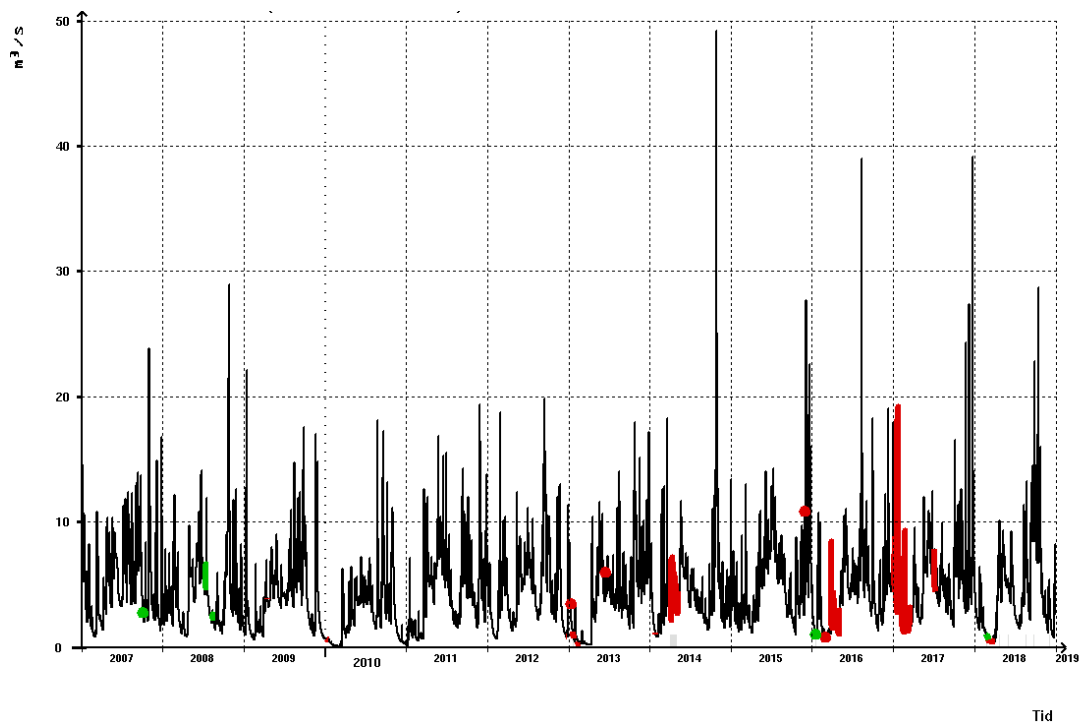
Fordi måleserien ved Seimsfoss er relativt kort (12 år) er samme måleperiode (2007-2018) vurdert vannmerkene 42.2 Djupevad og 55.4 Røykenes. Begge disse vannmerkene har lang måleserie, henholdsvis 55 og 85 år. Ved Djupevad gir frekvensanalyse på tidsperioden fra 2007-2018 vannføringer som er større enn det som beregnes med hele måleserien. Samtidig ser vi omvendt effekt ved Røykenes hvor hele måleserien gir større vannføringer enn 2007-2018 isolert. Det er ingen tydelige observasjoner som tilsier at måleperioden til Seimsfoss har systematisk høye eller lave flomvannføringer, og det er ikke gjort noen skalering av målingene.

Tabell 3 Flomfrekvensanalyse på utvalgte vannmerker.

Nr.	Navn	Areal (km ²)	Periode	Q _M (l/s/km ²)	Q ₂₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₁₀₀₀ /Q _M	Ford. funksjon
47.7	Fodnastøl	43.4	1963-1995	354	1.73	2.43	2.92	Gumbel
46.7	Brakhaug	9.25	1974-2005	992	1.43	1.84	2.13	Gumbel
45.4	Seimsfoss	36.4	2007-2018	764	1.70	2.37	2.84	Gumbel
42.6	Baklihøl	19.9	1966-2016	1412	1.65	2.28	2.72	Gumbel
42.16	Fjellhaugen	7.22	1998-2018	1258	1.68	2.35	2.81	Gumbel
42.2	Djupevad	31.9	1964-2018	1082	1.61	2.33	2.92	GEV
41.8	Hellaugvatn	27.5	1982-2018	931	1.51	2.01	2.36	Gumbel
38.1	Holmen	117	1983-2018	807	1.54	2.06	2.42	Gumbel
41.1	Stordalsvatn	131	1913-2018	573	1.56	2.30	2.97	Tilpasset
55.5	Dyrdalsvatn	3.31	1978-1996 2002-2018	1270	1.57	2.13	2.52	Gumbel
55.4	Røykenes	50.1	1934-2018	1046	1.67	2.47	3.13	GEV
61.8	Kaldåen	15.3	1988-2017	1006	1.58	2.15	2.54	Gumbel
62.18	Svartavatn	72.4	1988-2018	1122	1.50	1.99	2.33	Gumbel
	Middel	43,4		969	1.59	2.20	2.64	



Figur 6 Frekvenskurve for vannmerke 45.4 Seimsfoss i Guddalselv.



Figur 7 Målte vannføringer ved vannmerke 45.4 Seimsfoss i Guddalselv.

2.5 Regresjonsanalyse

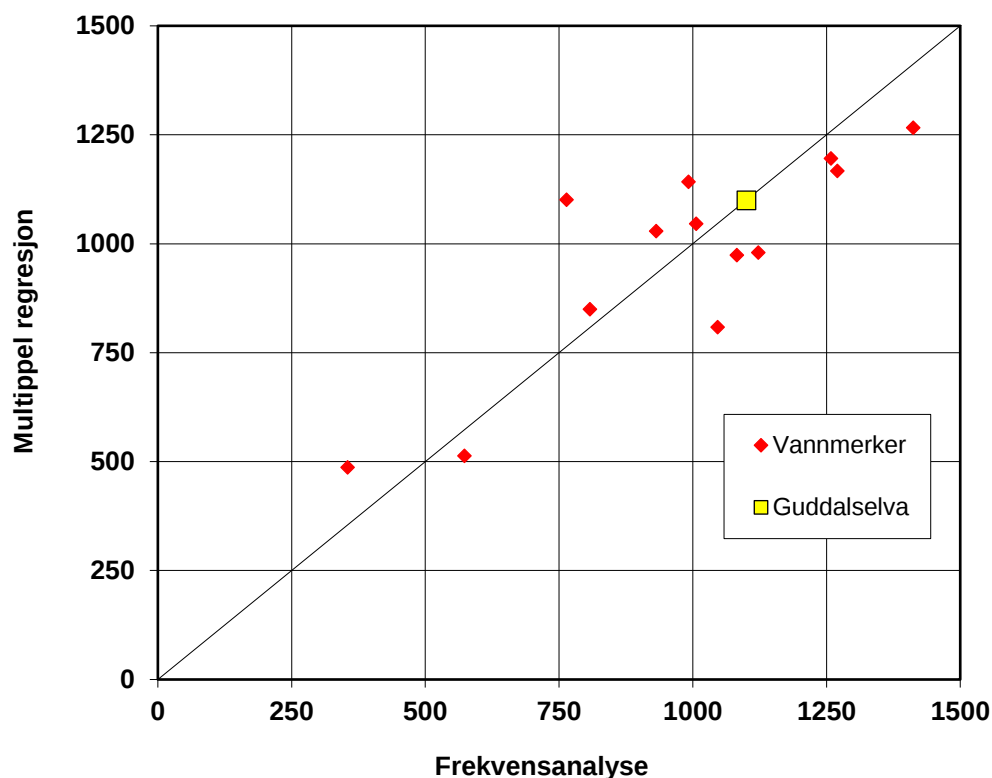
For å vurdere om døgnmiddelflommen i regionen kan forklares med grunnlag i nedbørfeltets feltparametere, er det utført en multipl regressjonsanalyse på datasettet fra Tabell 3. En slik analyse gir indikasjoner på om det er reell statistisk sannsynlighet for at en gitt parameter har betydning for spesifikk flom i et nedbørfelt. Ved å eliminere parametere som ikke har åpenbar betydning for flomstørrelsene, har vi kommet frem til følgende ligning for middelflommen (l/s/km²):

$$Q_m = 587 - 92,7 (\log A) + 7,2 (Q_n) - 49,1 (Eff. sjø. \%) \quad (1)$$

R² er en måleparameter som sier noe om hvor god den aktuelle ligningen er, og hvorvidt den kan gjenskape de faktiske observasjonene/ frekvensanalysene. Ligningen ovenfor har en R²-verdi på 0,7, noe som anses som en akseptabel tilnærming. Regresjonsligningen på feltparametere for Guddalselva gir flomverdi som gitt i Tabell 4. Regresjonsplott med verdier fra analysen er vist i Figur 8.

Tabell 4 Middelflom beregnet med regresjonsanalyse.

Felt	Middelflom (l/s/km ²)
Guddalselva	1100



Figur 8 Regresjonsplott for Guddalselva.

2.6 Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt

I prosjektet «Naturfare – Infrastruktur, flom og skred» (NIFS) utarbeidet NVE en ligning for beregning av flomvannføringer i små og uregulerte felt. Formelen er gyldig for felt i hele landet med feltareal mindre enn 50-60 km², men er anbefalt verifisert mot lokale målinger. I formelen er flomstørrelsen i et gitt felt avhengig av feltareal, normalt årsmiddeltilsig og effektiv sjøprosent. Ved beregning av flomstørrelse i Guddalselva er areal og effektiv sjø-% hentet fra NVEs webapplikasjon Nevina, mens årsmiddeltilsig er hentet fra målinger ved vannmerket på Seimsfoss. Det henvises til [NVE-rapport 7-2015](#) for flere detaljer knyttet til beregningsmetodikk.

Middelflommen utregnes som en momentanverdi og skaleres ved hjelp av en vekstkurve opp til 200-årsflom. For videre skalering til større gjentakintervall er det benyttet gjennomsnittlig forholdstall mellom flomverdiene beregnet i frekvensanalysen. Forholdet mellom 200- og 1000-årsflom er fastsatt til 1,2. Omregning fra momentanverdi til døgnverdi er gjort ved bruk av formel for $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ hentet fra NVEs retningslinjer for flomberegninger (høstverdi). Tabell 5 viser døgnverdier for middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom beregnet med «formelverk for små nedbørfelt». Middelvannføringen benyttet som input-verdi i formelverket er hentet fra målingene ved vannmerke 45.4 Seimsfoss i Guddalselva.

Tabell 5 Døgnverdier for middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom beregnet med «formelverk for små nedbørfelt».

Felt	Middelflom (l/s/km ²)	20-årsflom (l/s/km ²)	200-årsflom (l/s/km ²)	1000-årsflom (l/s/km ²)
Guddalselva	954	1511	2334	2801

Som en kontroll på presisjonen til formelverket er nasjonalt formelverk også benyttet på vannmerkene som er lagt til grunn i frekvensanalysen. En sammenligning mellom flomvannføring ved middelflom beregnet med «formelverk for små nedbørfelt» og med frekvensanalyse er vist i Tabell 6. Vannmerkene som har større feltareal enn 50-60 km² er ikke inkludert i sammenligningen. «Formelverk for små nedbørfelt» gir flomverdier som er både lavere og høyere enn hva som estimert med frekvensanalyse, men ved flertallet av vannmerkene gir frekvensanalysen størst flomverdier. Dette er gjelder uavhengig av om middelvannføringen stammer fra målinger ved vannmerkene eller fra avrenningskartet. Det er ingen entydig trend for om formelverket over- eller underestimerer flomverdier og beregnede verdier er derfor lagt til grunn uten justering.

Tabell 6 Sammenligning av flomverdier beregnet med «formelverk for små nedbørfelt» og frekvensanalyse for middelflom (l/s/km²).

Nr.	Navn	Frekvensanalyse (l/s/km ²)	Formelverk for små nedbørfelt (l/s/km ²) ²	Frekvensanalyse/ NIFS
47.7	Fodnastøl	354	735	0.48
46.7	Brakhaug	992	922	1.08
45.4	Seimsfoss	764	860	0.89
42.6	Baklihøl	1412	1180	1.20
42.16	Fjellhaugen	1258	931	1.35
42.2	Djupevad	1056	940	1.12
41.8	Hellaaugvatn	931	911	1.02
55.5	Dyrdalsvatn	1270	1095	1.16
55.4	Røykenes	1046	712	1.47

² Beregnet med middelvannføring hentet fra avrenningskartet.

Nr.	Navn	Frekvensanalyse (l/s/km ²)	Formelverk for små nedbørfelt (l/s/km ²) ²	Frekvensanalyse/ NIFS
61.8	Kaldåen	1006	948	1.06
Middel				1.08

2.7 Beregning av momentanflom

Flomstørrelsene beregnet i avsnittene over gjelder for gjennomsnittlig verdi over ett døgn, men maksimal flomstørrelse vil alltid være større enn døgnmiddelverdien. Siden høstflommene gjerne er de største i dette området, er kulminasjonsvannføringen i feltet beregnet ved bruk av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom basert på ligningen for høstflommer, hentet fra NVEs retningslinjer for flomberegninger (se under). For Guddalselva er det beregnet et forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom ($Q_{mom}/Q_{døgn}$) på 1,55.

Det er også gjort en kontroll av momentanverdien basert på vannføringsmålinger ved vannmerke 11.4 *Seimsfoss ved Guddalselva*. Ved den største flomhendelsen som er registrert i vassdraget (oktober 2014) er forholdet mellom kulminasjonsverdi og døgnverdi beregnet til 1,52. Måleserien har en varighet på 12 år, noe som er relativt kort, men målt verdi samsvarer veldig bra med verdien beregnet med formelverket. Det er valgt å benytte forholdstallet som er beregnet med formel fra NVEs retningslinjer (1,55).

$$Q_{mom}/Q_{døgn} = 2,29 - 0,29 \cdot \log(A) - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5} \quad (2)$$

2.8 Endelig valg av flomstørrelse og klimapåslag

Flomstørrelse i Guddalselva er vurdert ved bruk av frekvensanalyse, regresjonsanalyse og «formelverk for små nedbørfelt». I tillegg ligger vannmerket 45.4 *Seimsfoss i Guddalselva* i nedbørfeltet og målingene ved dette vannmerket er dermed forventet å representere vassdraget på en god måte. Resultater fra beregningene og valgt flomverdi i vassdraget er sammenlignet i Tabell 7.

For frekvensanalysen er det valgt å oppgi høyeste og laveste flomverdi estimert ved vannmerkene. Differansen mellom høyeste og laveste verdi er stor, men det er også relativt store ulikheter mellom de ulike nedbørfeltene. Målingene gjort ved vannmerke 45.4 *Seimsfoss ved Guddalselva* ligger i nedre sjikt av hva som er målt ved vannmerkene. Regresjonsanalysen som er basert på både feltparametere og vannføringsmålinger gir en flomverdi som er ca. 40% større enn det som er målt ved Seimsfoss. Den beregnede vannføringen ligger i øvre del av beregningsspennet til frekvensanalysen. «Formelverk for små nedbørfelt» på feltet til Guddalselva gir flomverdier som ligger høyere enn hva som er målt ved vannmerket i feltet, men lavere enn hva som er beregnet med regresjonsanalysen.

Norconsult har tidligere (2018) gjort flomsonekartlegging med tilhørende flomberegning for Hattebergsvassdraget, Handelandselva, Åkraelva og Uskedalselva som alle ligger i Kvinnherad kommune. For disse vassdragene ble døgnmiddelflom (Q_m) fastsatt til mellom 900-1000 l/s/km² ved bruk av frekvensanalyse, regresjonsanalyse og «formelverk for små nedbørfelt». Forskjellen mellom tidligere beregninger for nevnte vassdrag og ny beregning for Guddalselva er at de fleste måleserier er utvidet med et år. På grunn av stor likhet og nærhet mellom nedbørfeltene er det forventet at flomforholdene i vassdragene er relativt like.

Tabell 7 Døgnmiddelflom (Q_m) beregnet med frekvensanalyse, regresjonsanalyse og «formelverk for små nedbørfelt» (NIFS).

Flomsituasjon	VM 45.4 Seimsfoss (l/s/km ²)	Frekvensanalyse (l/s/km ²)	Regresjonsanalyse (l/s/km ²)	NIFS (l/s/km ²)	Valgt verdi (l/s/km ²)
Q_m	764	354-1270	1100	954	950

Som en konservativ betraktning og etter ønske fra Kvinnherad kommune er det valgt å benytte et klimapåslag på 40 % i Guddalselva.

Kulminasjonsvannføring i Guddalselva inkludert klimapåslag (40%) er presentert i Tabell 8. Skalering fra middelflom til flommer med høyere gjentakintervall er gjort med gjennomsnittlige forholdstall hentet fra frekvensanalysen på utvalgte vannmerker (Tabell 3).

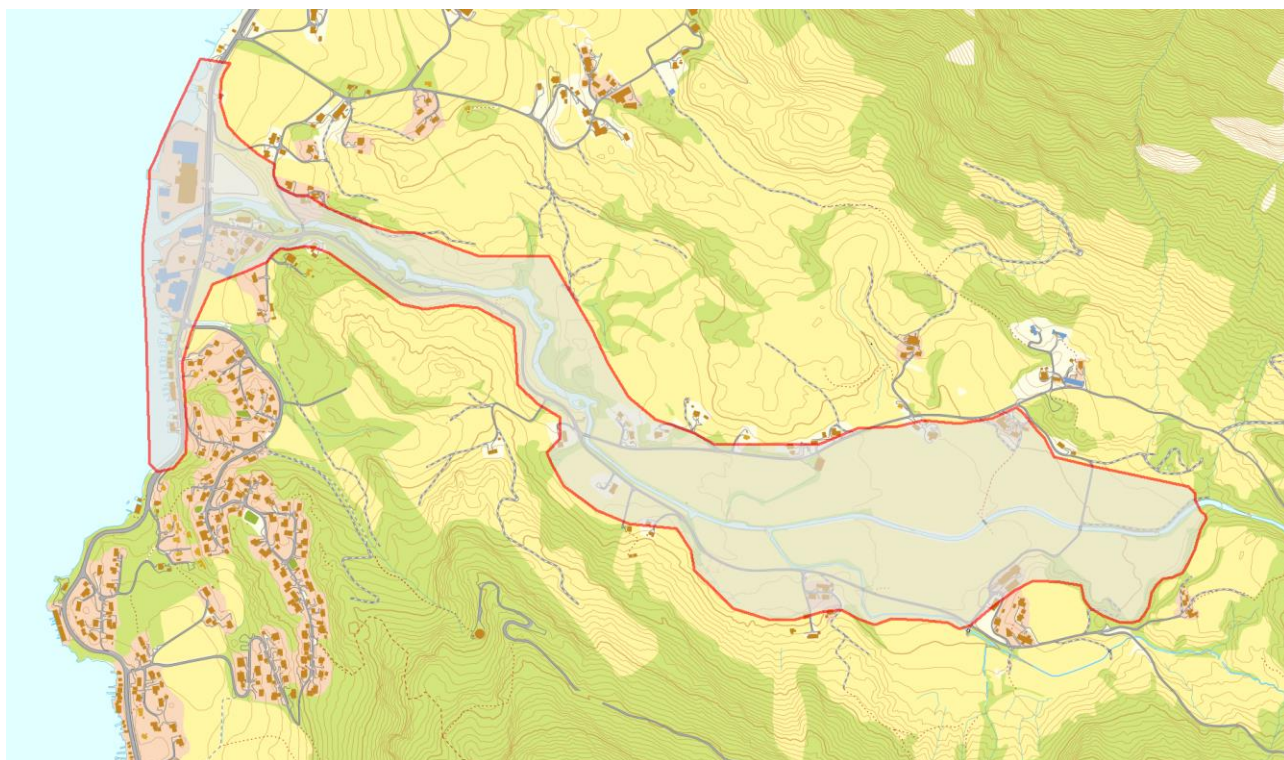
Tabell 8 Flomverdier (kulminasjonsverdi) for Guddalselva inkludert klimapåslag gitt i m³/s.

Felt	Q_m (m ³ /s)	Q_{20} (m ³ /s)	Q_{200} (m ³ /s)	Q_{1000} (m ³ /s)
Guddalselva $Q_{200}+40\%$ klima	76	120	166	200

3 Hydraulisk modell

3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Vannstandsstigning langs Guddalselva er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS. Grunnlaget for modellen er laserdata over området fra 2013 hvor punkttettheten er 2 pkt. per kvadratmeter. Høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000. Vannstand, vannføring og vannhastighet i modellen beregnes for et «beregningsmesh». Cellestørrelsen i modellen varierer fra 3x3 meter i elven og på elvebredden, til 10x10 meter på de flatere jordbruksområdene. Kritiske overganger eller knekkpunkter i terrenget slik som veger og terskler har mindre celle-størrelse (1x1). Modellen starter nedenfor Lindhaug og avsluttes i sjøen ved Seimsfoss. Se oversiktskart med markering av modellert område i Figur 9.



Figur 9 Oversiktskart med markering av modellert område.

3.2 Grensebetingelser

2D-modellen er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse hvor oppstrøms grensebetingelse er flomvannføring inn på beregningsområdet. Flomvannføringen er momentanverdi for flom ilagt klimapåslag, som presentert i Tabell 8.

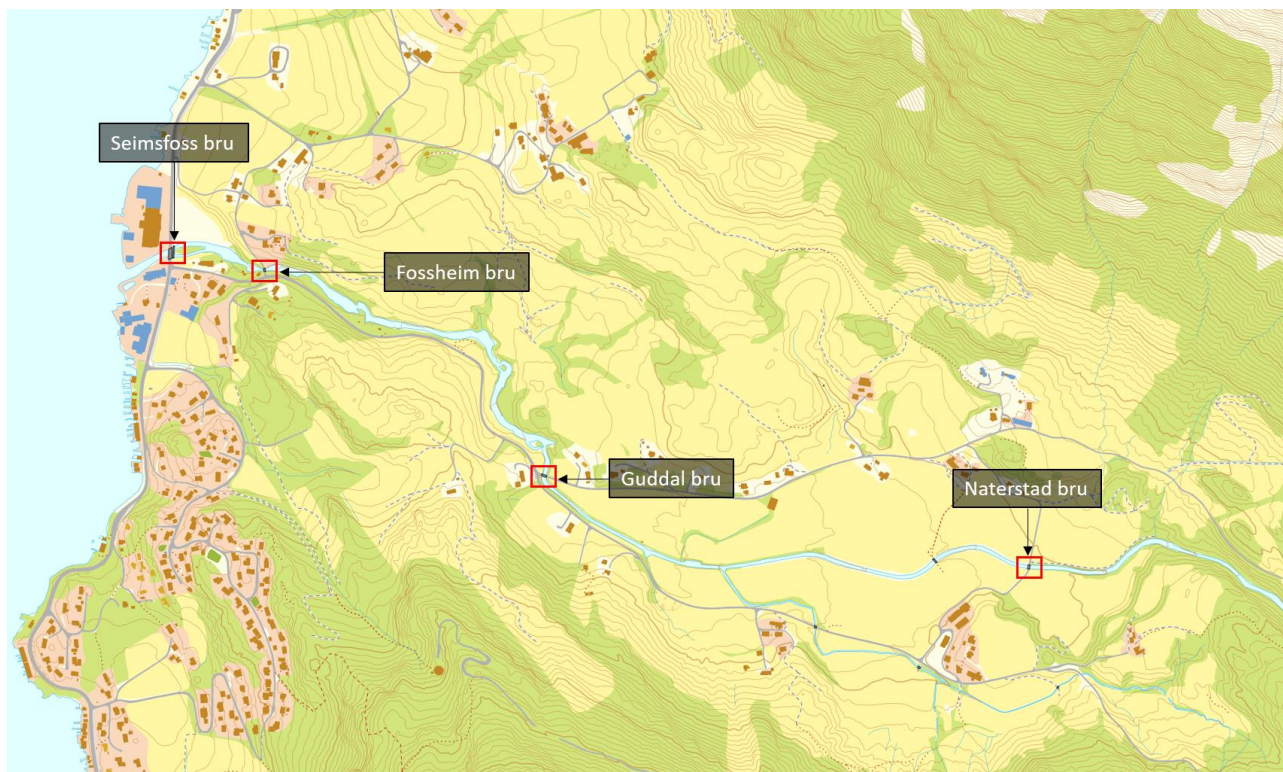
Nedre grensebetingelse er satt lik forventet vannstand i sjøen ved 1-års stormflo i år 2100. Vannstanden er hentet fra Kartverkets side for havnivå som opplyser 1-års stormflo ved Seimsfoss til 85 cm. Havnivået er beregnet med tidevann fra Bergen ilagt tidsforskjell og høydekorreksjon. Forventet havnivåstigning som følge av klimaendringer er satt lik middelverdien i klimasenario RCP8.5 til 46 cm. Totalt gir det en forventet vannstand i år 2100 på 131 cm. I modellen er denne vannstanden økt ytterligere til **140 cm** i henhold til anbefaling fra DSB. Forventede vannstander i sjøen hentet fra Kartverkets tjeneste for havnivå ligger vedlagt i Bilag 4. Til sammenligning varierer anbefalte nivåer for planlegging av nye bygg fra 168-187 cm avhengig av sikkerhetsklasse (TEK17).

Det er ikke utført befarings i området og friksjonsforholdene er derfor vurdert ut fra kartdata og flyfoto. Guddalselva er relativt slak, men består også av brattere områder med mindre stryk. I nedre del av vassdraget er det etablert noen mindre terskler og bygget opp noen mindre konstruksjoner i forbindelse med gammel utnyttelse av elva. Det er ikke forventet at disse vil påvirke strømmingen ved stor flom i særlig grad. Elvebredden og arealene tett på elva er hovedsakelig jordbruksområder med noen enkeltstående trær og mindre skogpartier. I nedre del av vassdraget hvor elva renner ut i sjøen er det flere bygninger. Størst av disse er næringslokalet som ligger nede ved sjøen. Per i dag er det Palfinger Marine Safety AS som benytter dette lokalet.

Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningen er basert på Manningstall (n), og varierer fra 0,02 der det er veget til 0,08 i de tettere skogområdene. I elveløpet er Manningstallet satt til 0,035. Utvalgte bygninger slik som industribygget til «Palfinger Marine Safety AS» er gitt veldig høye Manningstall slik at bygningene fungerer som reelle barrierer. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk.

3.3 Infrastruktur i modellen

Det er fire ulike vegbruer som krysser vassdraget og som er vurdert som en del av flomsonekartleggingen. Disse bruene er Seimsfoss bru, Fossheim bru, Guddal bru og Naterstad bru. Det eksisterer i tillegg en mindre bru like nedstrøms Naterstad, men det er vurdert at denne ikke vil påvirke flommen nevneverdig og blir ødelagt i en flomsituasjon. Et oversiktskart med markering av bruene er vist i Figur 10, mens bilder og oppmålinger ligger vedlagt i Bilag 1. Bruene er inkludert i modellen, men vannføringene i vassdraget er simulert uten brudekke. I prinsipp fører dette til noe lavere vannstand fra det tidspunktet vannstanden tar opp i underkant bro, men siden brudekkene er relativt tynne er det ikke forventet vesentlig vannstandsstigning eller større skadeomfang.



Figur 10 Oversiktskart med markering av vegbruer i vassdraget.

4 Resultat og konklusjon

Flomsonekart for flom med gjentakintervall på 20-, 200-, og 1000 år ligger vedlagt i Bilag 2.

Flom i Guddalselva berører flere områder tett på vassdraget spesielt i nedre del hvor flere bygninger ligger tett på både elva og sjøen. Forventet havnivå er i beregningene satt til 140 cm. Ved denne vannstanden i sjøen står flere bygninger i fare for å bli berørt uten påvirkning fra Guddalselva. Lenger opp i vassdraget er flomutbredelsen større, men oversvømte områder er i hovedsak jordbruksområder og kortere vegstrekninger.

4.1 Berørt infrastruktur

Vannstandsstigning i Guddalselva berører vegene som ligger tett på vassdraget. Vannføring tilsvarende 20-årsflom oversvømmer alle veger som krysser vassdraget og oversvømmer i tillegg strekninger på Fv48 Seimsvegen og Fv52 Naterstadvegen/Guddalsvegen. Flom med høyere gjentakintervall oversvømmer lengre strekninger av vegene.

4.2 Berørte bygninger og eiendom

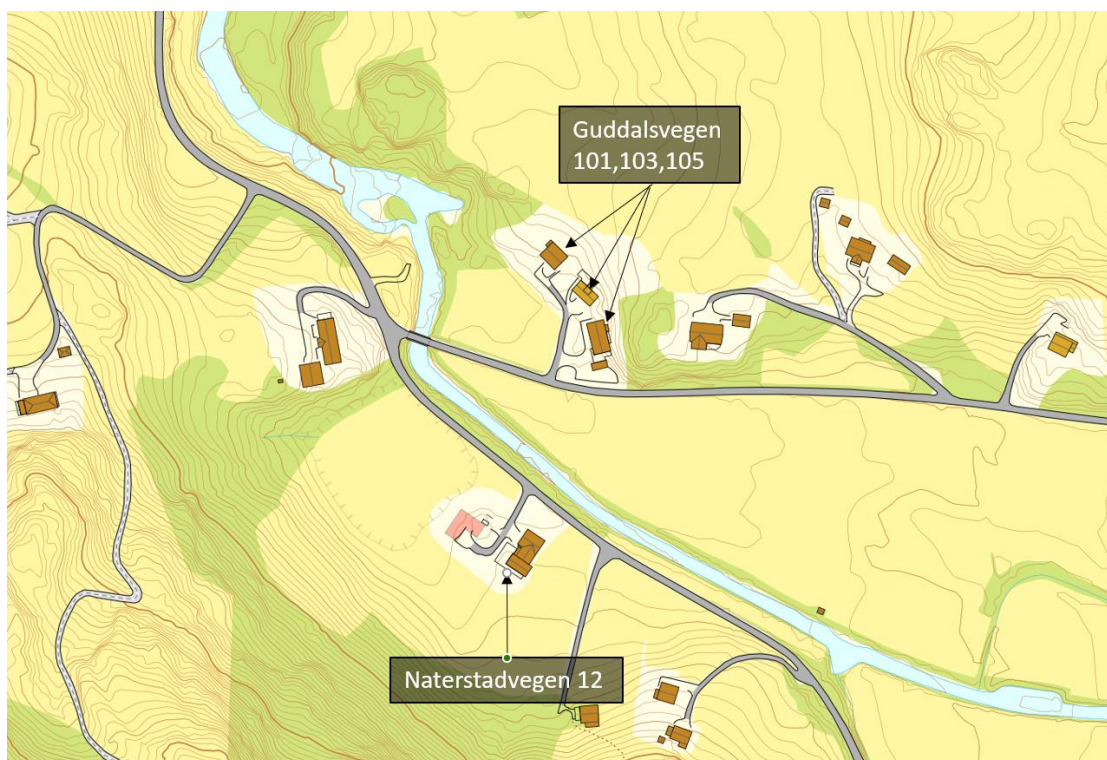
Flere bygninger tett på Guddalselva blir berørt i en flomsituasjon, hovedsakelig i nedre del av vassdraget. Disse bygningene er listet opp i Tabell 9 og vist på kart i Figur 11 og Figur 12. Noen mindre bygninger er utelatt fordi det er vurdert som boder eller andre bruksbygninger.

Tabell 9 Bygninger som er berørt av flom i Guddalselva.

Adresse	Bygningstype	Berørt ved flomstørrelse
Seimsvegen 116	Industribygg	Q ₂₀
Seimsvegen 126	Matbutikk	Q ₂₀
Guddalsvegen 3,5,7,9	Bolighus	Q ₂₀
Naterstadvegen 12	Bolighus + gårdsbygning	Q ₂₀
Guddalsvegen 105	Bolighus	Q ₂₀
Guddalsvegen 2	Ukjent bruksområde	Q ₂₀₀
Guddalsvegen 103	Bolighus	Q ₂₀₀
Guddalsvegen 4	Bolighus	Q ₁₀₀₀
Seimsvegen 130	Bolighus	Q ₁₀₀₀
Seimsvegen 136, 140	Byggvarehus	Q ₁₀₀₀



Figur 11 Oversiktskart over adresser langs nedre del av Gudjordselva.



Figur 12 Oversiktskart over adresser langs nedre del av Gudjordselva.

5 Diskusjon og vurdering av resultat

5.1 Usikkerheter

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til beregninger av flom og flomvannstand. Registrering av flomdata ved målestasjoner vil alltid ha en usikkerhet. Denne er søkt redusert ved at analysene er basert på regionale analyser med mange målestasjoner og formler som er avledet fra regionale flomfrekvensanalyser.

Terrengmodellen er basert på en punktsky med bakkepunkt registrert fra fly. Særlig i områder med tett vegetasjon vil terrengmodellen være interpolert, og dette gir unøyaktigheter i modellen. En annen kilde til usikkerhet er endring i elveprofilen på grunn av erosjon eller tiltak som er skjedd etter at kartlegging ble foretatt. Siden laserkartlegging med tradisjonell laser ikke kan kartlegge under vann, gjør dette at beregningen blir litt konservativ, særlig på strekninger der vassdraget har en viss dybde. Kvaliteten på tilgjengelig data vurderes som relativt god og det er ikke forventet at økt detaljeringsgrad vil ha stor innvirkning på vannstand eller flomutbredelse.

5.2 Sensitivitetsvurdering

Det er gjort en sensitivitetsanalyse der flomstørrelsen (inkludert klimapåslag) og friksjonen er økt med 20 %. Dette gir et utslag på de beregnede vannstandene på ca. 0,0-0,3 m avhengig av hvilken del av elva som vurderes. Flatere områder opplever tilnærmet null vannstandsstigning, mens den er noe større der elva renner i trangere tverrsnitt. Forutsetningene tatt i betraktning anses beregningene som relativt lite sensitive og endringene fører ikke til økt skadeomfang utover det som allerede er berørt. Det er i større grad vannstandsstigning i sjøen som vil ha påvirkningseffekt på skadeomfanget. For å undersøke effekten av økt vannstandsstigning er vannstanden i sjøen endret til 160 cm som tilsvarer høyvann med 1-års gjentaksintervall pluss største verdi i klimasenario RCP8.5. Det er 20 cm høyere enn opprinnelig vannstand i modellen. Effekten av dette berører ingen nye bygninger, men de bygningene som ligger nærmest sjøen er i en slik situasjon berørt uavhengig av flomvannføring i Guddalselva. Generelt sett anbefales en sikkerhetsmargin på 0,5 meter på de beregnede vannstander.

6 Bilag og referanser

6.1 Bilag

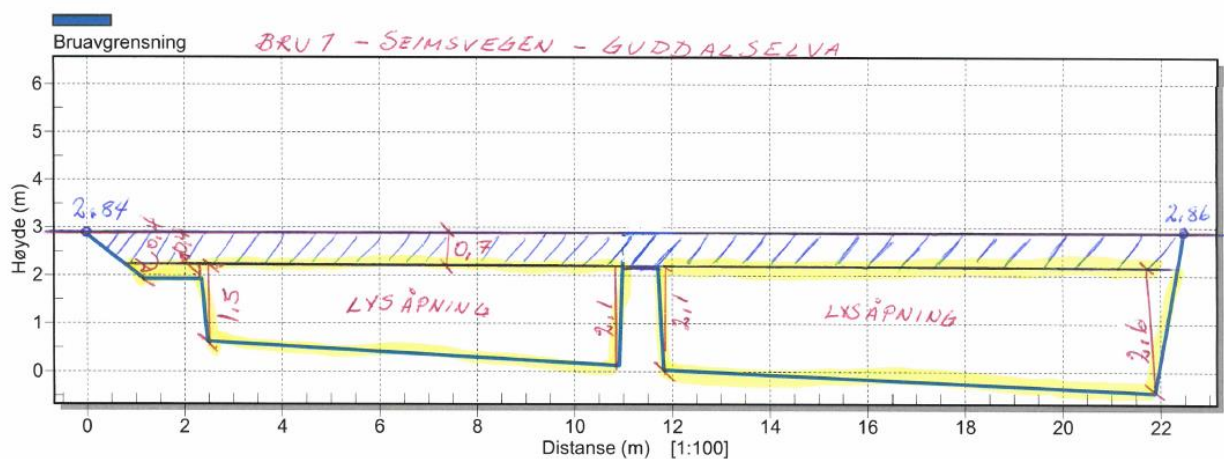
1. Innmålinger av bruer i vassdraget
2. Flomsonekart 20-, 200-, 1000-årsflom inkl. klimapåslag
3. Lavvannskart fra Nevina
4. Forventet vannstands nivå i sjøen

6.2 Referanser

1. NVE (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*. NVE-rapport 4-2011.
2. NVE (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. NVE-rapport 81-2016.

Bilag 1 – Innmåling av bruer i vassdraget

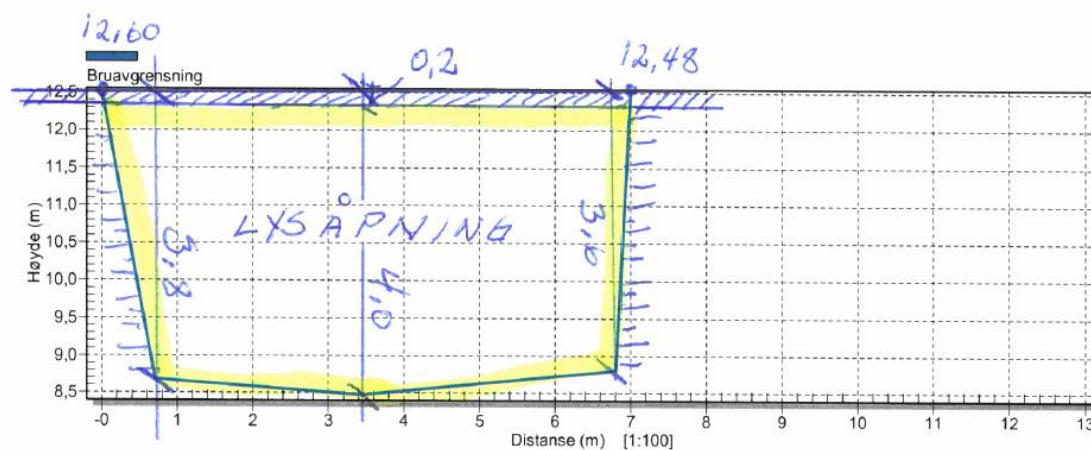
Seimsfoss bru



Fossheim bru



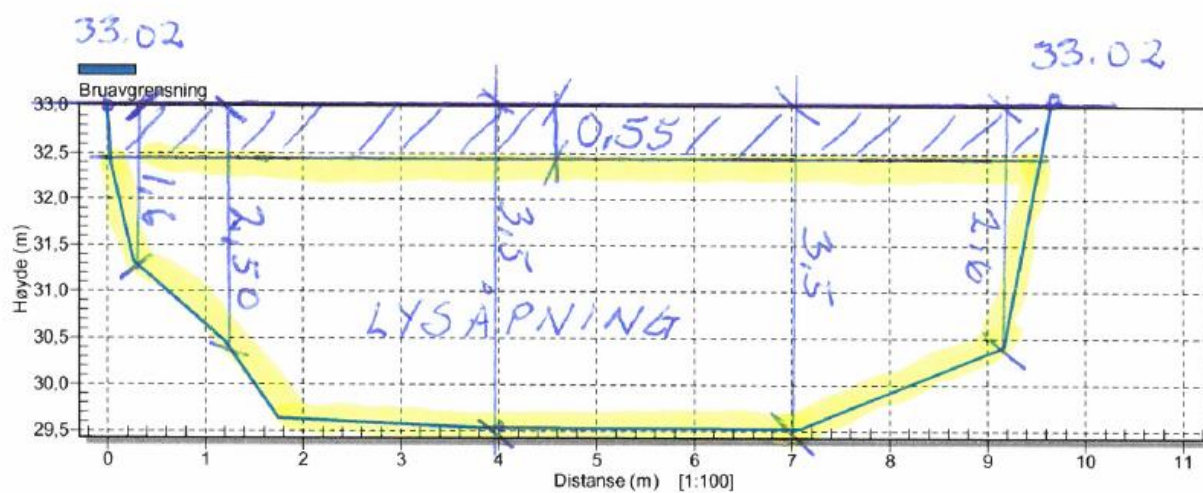
BRU2 - GUDDALSELVA



Guddal bru



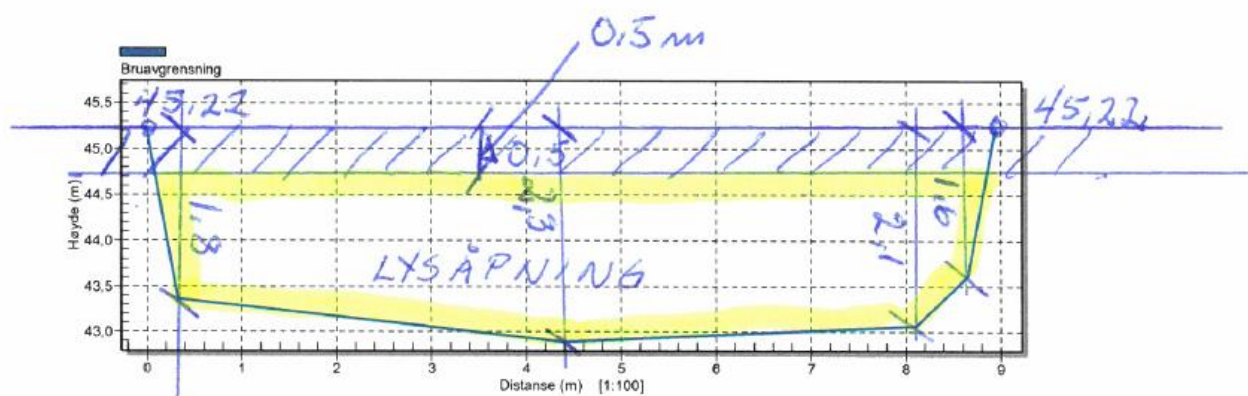
BRU 4 - GUDDALSELVA



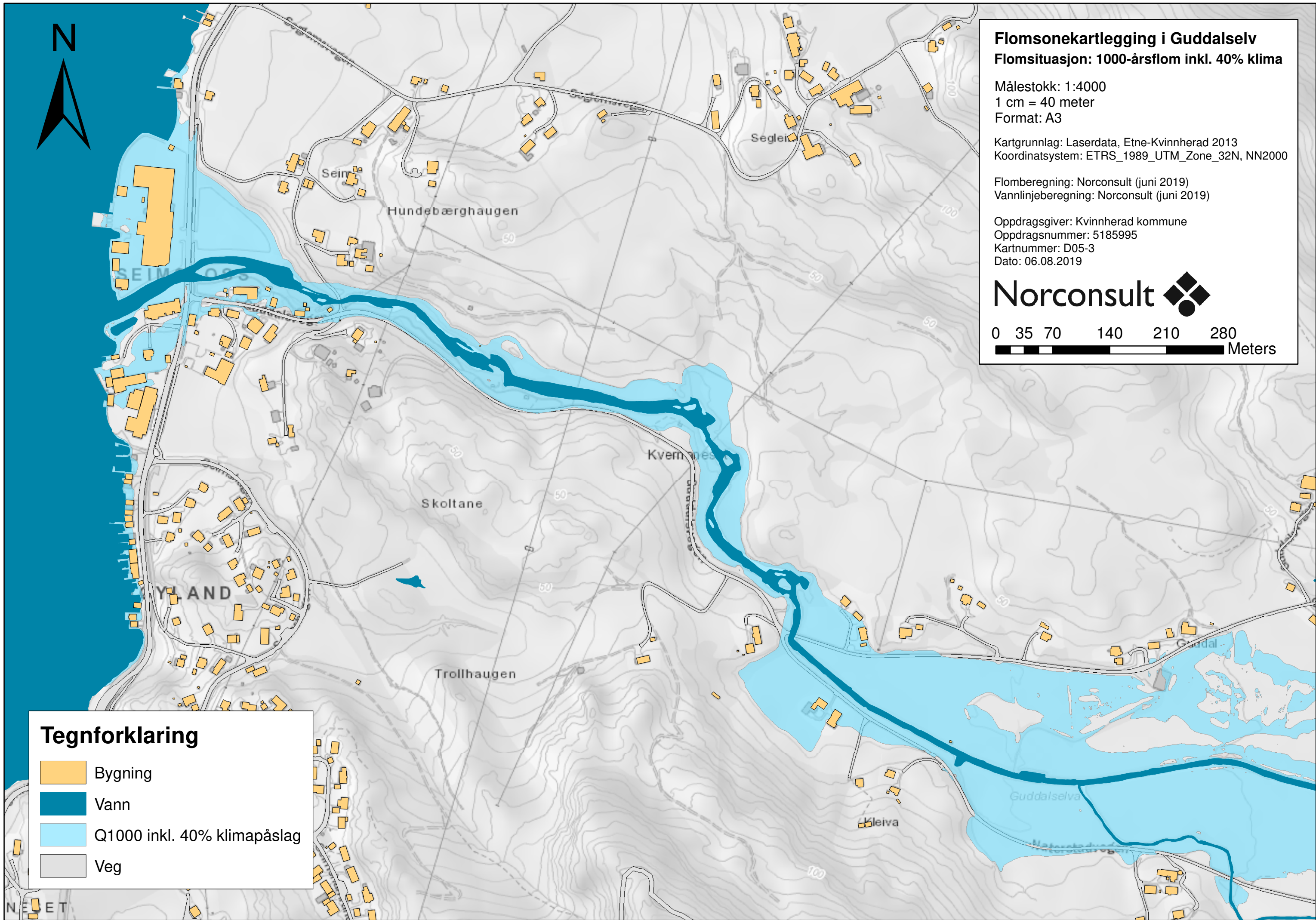
Naterstad bru

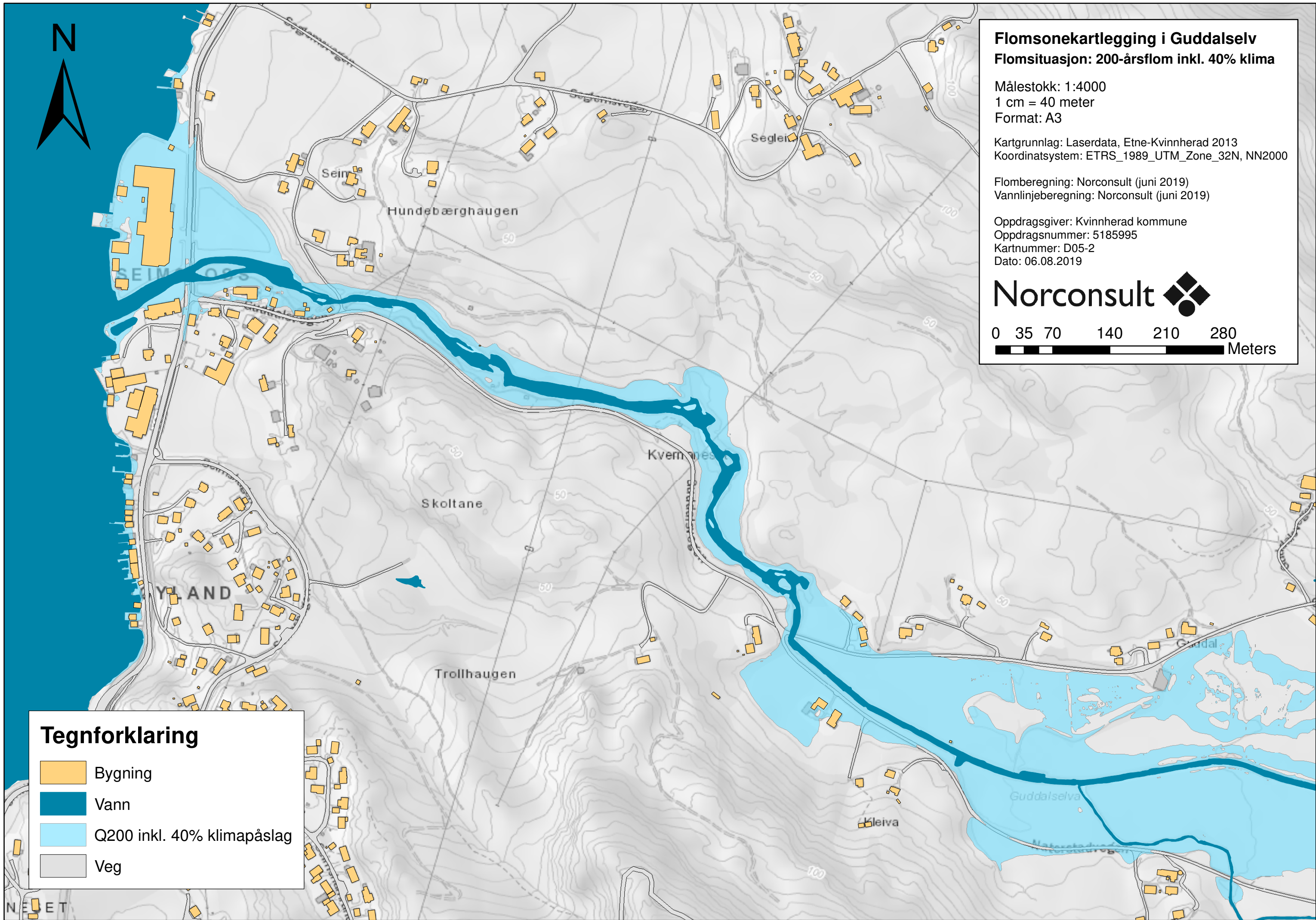


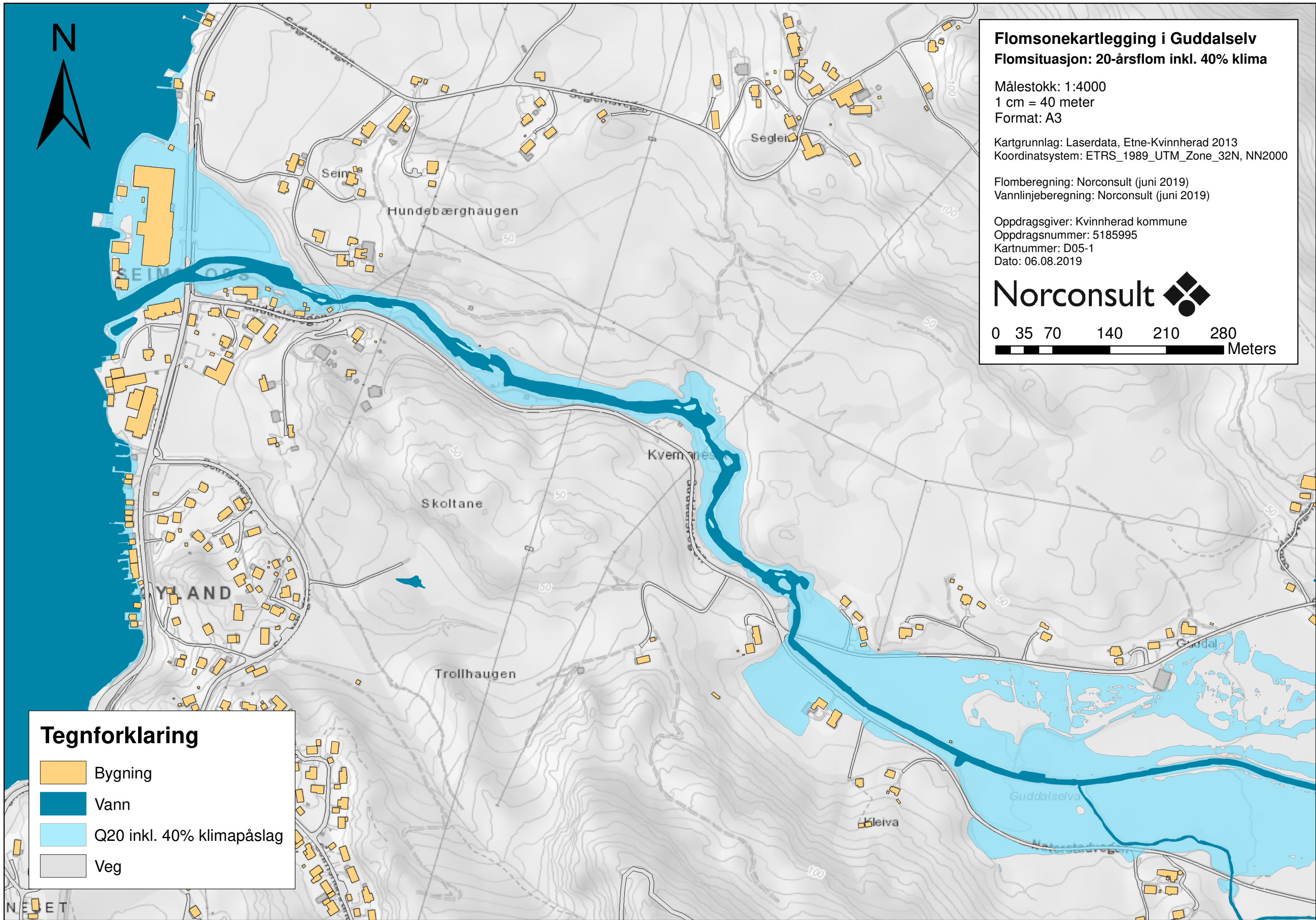
BRU 5 - GUDDALSELVA



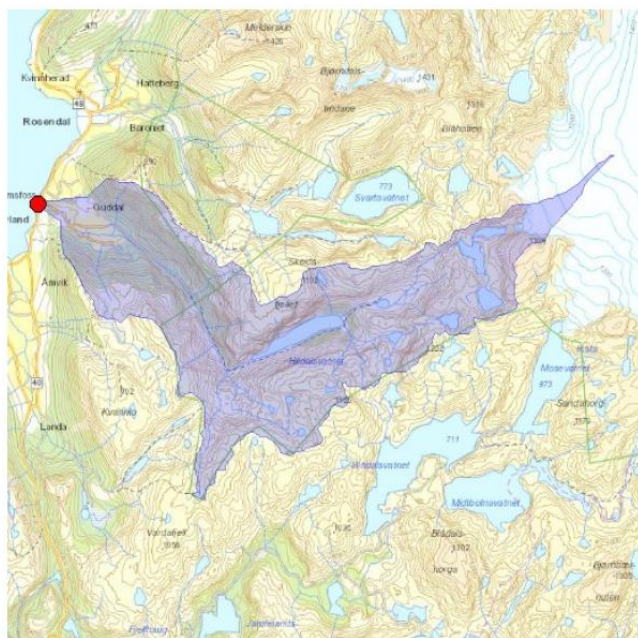
Bilag 2 – Flomsonekart







Bilag 3 – Lavvannskart



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 045.32Z
Kommune: Kvinnherad
Fylke: Hordaland
Vassdrag: Guddalselva

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	104,6 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	9,5 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	10,4 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	27,1 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	8,4 l/(s*km ²)
Base flow	52,3 l/(s*km ²)
BFI	0,5

Klima

Klimaregion	Vest
Årsnedbør	3002 mm
Sommernedbør	1071 mm
Vinternedbør	1931 mm
Årstemperatur	3,7 °C
Sommertemperatur	7,8 °C
Vintertemperatur	0,8 °C
Temperatur Juli	9,5 °C
Temperatur August	9,4 °C

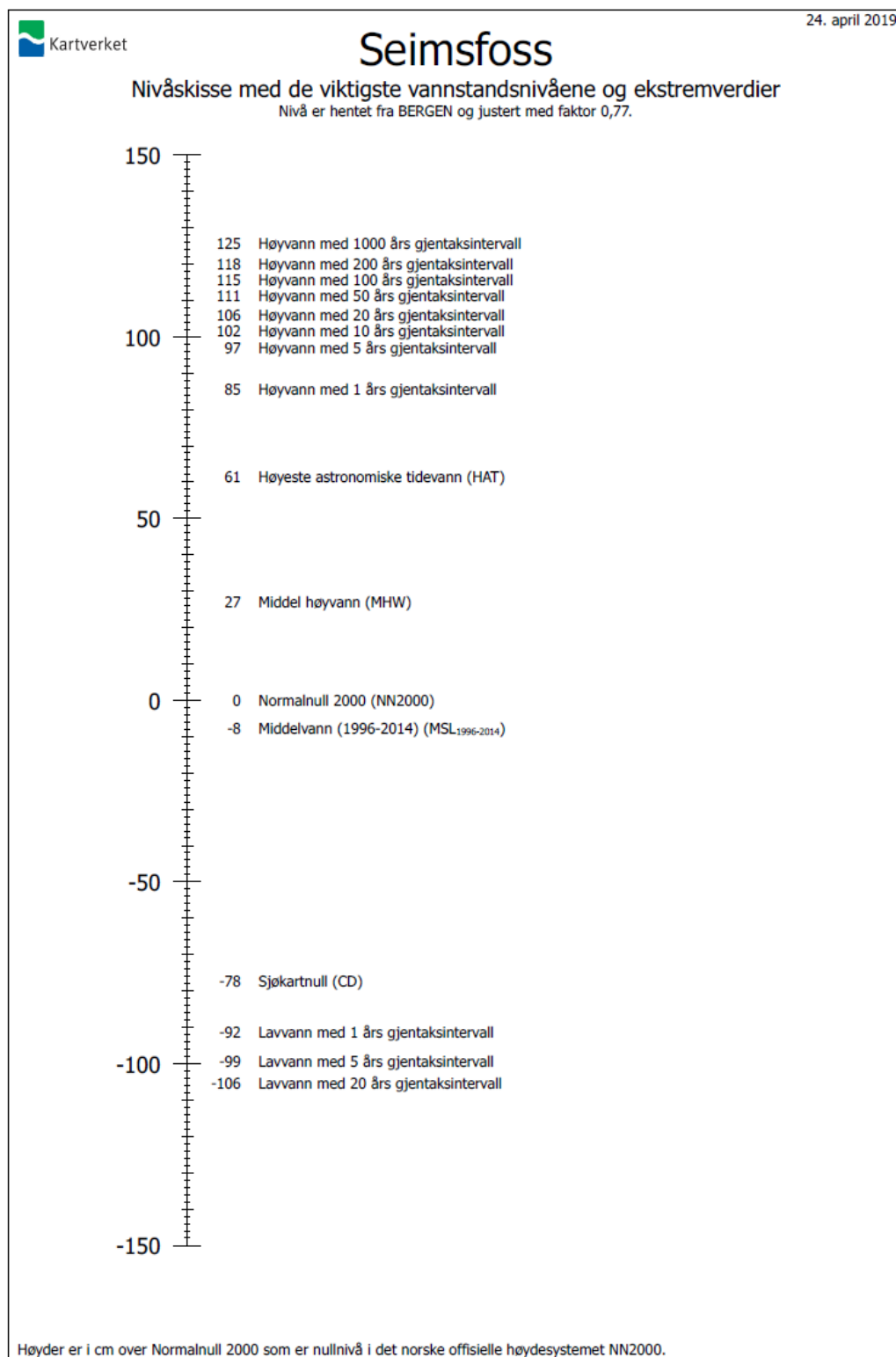
Feltparametere

Areal (A)	36,6 km ²
Effektivt sjø (S _{eff})	1,1 %
Elvelengde (E _L)	16,6 km
Elvegradient (E _G)	65,9 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	79,1 m/km
Feltlengde (F _L)	14,0 km
H _{min}	1 moh.
H ₁₀	232 moh.
H ₂₀	423 moh.
H ₃₀	579 moh.
H ₄₀	670 moh.
H ₅₀	778 moh.
H ₆₀	869 moh.
H ₇₀	953 moh.
H ₈₀	1025 moh.
H ₉₀	1100 moh.
H _{max}	1426 moh.
Bre	2,7 %
Dyrket mark	2,3 %
Myr	0,2 %
Sjø	5,4 %
Skog	18,6 %
Snau fjell	52,7 %
Urban	0,0 %

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

Bilag 4 – Forventet vannstands nivå i sjøen

Lavvann med 20 års gjentakintervall (20YMIN)

Statistiske beregninger av hvor hyppig et ekstremt lavvann av en viss størrelse vil opptre. I gjennomsnitt når lavvannet dette nivået en gang i løpet av gjentakintervallet. Det betyr at et ekstremt lavvann med for eksempel 50 års gjentakintervall i gjennomsnitt vil opptre en gang per 50 år. Gjentakintervall kalles også returperiode.

Sjøkartnull (CD)

Nullnivå for dybder i sjøkart og høyder i tidevanntabellen. Sjøkartnull er fra 1. januar 2000 lagt til laveste astronomiske tidevann (LAT). Langs Sørlandskysten og i Oslofjorden er tidevannsvariasjonene små i forhold til værrets virkning på vannstanden (vind, lufttrykk og temperatur). Sjøkartnull er derfor av sikkerhetsmessige grunner lagt 20 cm lavere enn LAT langs kysten fra svenskegrensen til Utsira og 30 cm lavere enn LAT i indre Oslofjord (innenfor Drøbaksundet).

Middelvann (1996-2014) (MSL)

Gjennomsnittlig høyde av sjøens overflate på et sted over en periode på 19 år. Middelvann beregnes som gjennomsnittet av vannstandsobservasjoner foretatt med faste tidsintervall - fortrinnsvis over en periode på 19 år. Dagens middelvann er beregnet over perioden 1996-2014.

Normalnull 2000 (NN2000)

Nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000

Middel høyvann (MHW)

Gjennomsnittet av alle observerte høyvann i en periode på 19 år. Kartverket bruker middelvann pluss amplituden til den harmoniske konstituenten M2 som en god tilnærming.

Høyeste astronomiske tidevann (HAT)

Høyeste mulige vannstand under midlere meteorologiske forhold, det vil si uten påvirkning fra blant annet vind, lufttrykk og temperatur. I praksis bestemmes HAT ved å lage tidevanntabeller for 19 år og plukke ut det høyeste tidevannet. Tidevannet har blant annet en periode på 18,6 år.