

Kvinnherad kommune

Flomsonekartlegging i Kvinnherad kommune

Handelandselva

Oppdragsnr.: 5185895 Dokumentnr.: D02 Versjon: J02
2019-02-04

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

J02	2019-02-04	Kontrollert av Kvinnherad kommune	Gunnar Fiskum		
J01	2018-12-21	Utkast til oppdragsgiver	Gunnar Fiskum	Henrik Opaker	Jon Olav Stranden
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

Sammendrag

Norconsult har på oppdrag fra Kvinnherad kommune kartlagt flomsone for flere elver i kommunen. Denne rapporten dokumenterer beregnet flomsone langs nedre del (ca. 3 km) av Handelandselva. Det er gjort beregninger for flom med gjentaksintervall på 20-, 200- og 1000 år inkludert klimapåslag. 200-årsflommen med klimapåslag er beregnet til 276 m³/s for Handelandselva.

Flomstørrelser er beregnet på grunnlag av en frekvensanalyse gjort på nærliggende og representative vannmerker med hovedvekt på vannmerke 42.2 Djupevad som ligger i nedbørfeltet. 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 beregning i dataprogrammet HEC-RAS.

Flom i Handelandselva fører til økt vannstand i elva som ved stor flom fører til at fylkesvegen og bygninger tett på vassdraget oversvømmes/berøres.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning og forutsetninger	5
1.1	Beskrivelse av nedbørfelt	6
2	Beregning av flomstørrelser	8
2.1	Målestasjoner	8
2.2	Vurdering av årsmiddeltilsg i Handlandselva	9
2.3	Sesongvariasjon	9
2.4	Flomfrekvensanalyse døgnmiddelflom	10
2.5	Regresjonsanalyse	12
2.6	Sammenligning med Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt	13
2.7	Beregning av momentanflom	13
2.8	Endelig valg flomstørrelse og klimapåslag	14
3	Hydraulisk modell	15
3.1	Beregningsmodell og datakvalitet	15
3.2	Grensebetingelser	15
3.3	Infrastruktur i modellen	16
4	Resultat og konklusjon	18
5	Diskusjon og vurdering av resultat	19
5.1	Usikkerheter	19
5.2	Sensitivitetsvurdering	19
6	Bilag og referanser	20
6.1	Bilag	20
6.2	Referanser	20

1 Innledning og forutsetninger

Norconsult 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 Handelandselva, og kartlegger flomutbredelse for de 3 nederste km til utløpet i fjorden ved Osen. NVE har 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

Handlandselva ligger lengst vest på fastlandet i Kvinnherad kommune. Vassdraget har sitt opphav på Skorafjell og samler vann fra flere små bekker før elven renner ut i sjøen ved Osen. Nedbørfeltet har relativt stor variasjon i høyde, fra havnivå opp til ca. 1150 meter. De øvre delene av feltet er i hovedsak snaufjell, mens de lavereliggende områdene består av skog- og myrområder. Det er noe bebyggelse i vassdragets nedre del, hvor elva blant annet krysser under fylkesveg 48. Eksisterende bygninger ligger med noen unntak med god avstand til vassdraget. Unntakene er i hovedsak industri- og lagerbygg. Etter at elva krysser fylkesvegen er det et bratt parti før vassdraget deler seg i tre ulike løp som renner ut i sjøen. Ved elvas utløp i sjøen ligger det også en båthavn.

Deler av vassdraget er benyttet til kraftproduksjon gjennom Valen kraftverk (3,8 MW). Selve kraftverket ligger ved Valen i nabovassdraget, men vannet hentes fra nedbørfeltet til Handlandselva. I en flomsituasjon vil alt overløp drenere til Handlandselva og fraført vann til kraftverket blir lite i forhold til flomvannføringene. I forbindelse med kraftverket er magasinene Elvedammen og Valedalsvatn regulert. Valedalsdammen har et samlet regulert vannvolum på ca. 2,4 Mill.m³. Volumet er lite i forhold til tilsiget, og det er ikke sannsynlig at magasinene har nevneverdig dempende effekt ved flom. Magasinene er derfor inkludert i feltets effektive sjøprosent. Med unntak av overføringen til Valen kraftverk er det ingen kjente overføringer til eller fra feltet.

Nøkkeldata for nedbørfeltene 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 Handlandselva.

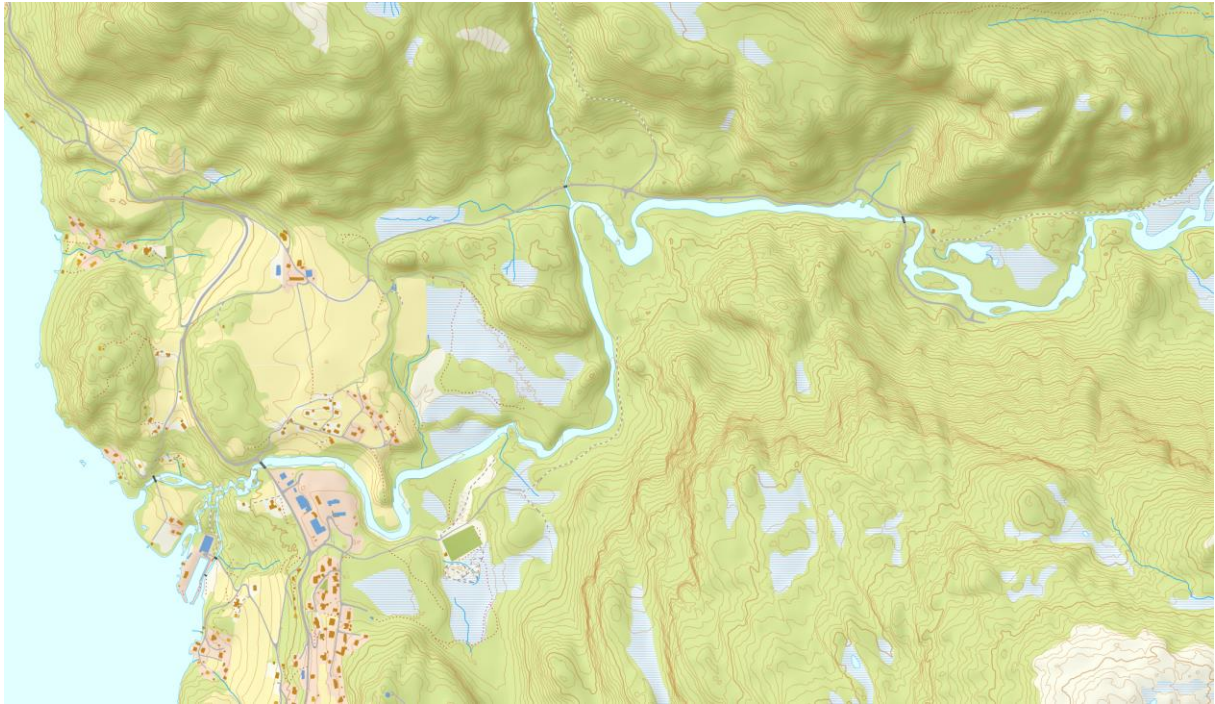
Tabell 1 Nøkkeldata for nedbørfeltet til Handlandselva

Nedbørfelt	Areal (km ²)	Eff. sjø %	Felthøyde, min-med-maks (moh.)	Bre (%)	Qn ¹ (l/s/km ²)
Handlandselva	44,6	0,3	0-535-1141	0,0	101



Figur 2 Oversiktskart over Kvinnherad kommune med markering av nedbørfeltet til Handlandselva

¹ Fra vannmerke 42.2 Djupevad



Figur 3 Kart over nedre del av Handlandselva



Figur 4 Flyfoto over nedre del av Handlandselva

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 feltene. Feltene 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. Vannmerke 42.2 Djupevad ligger i Handlandselva, har registrert vannføringer siden 60-tallet, utgjør 72 % av totalfeltet ved utløpet i sjøen, og vil gi et godt bilde av vannføringene i vassdraget. Et oversiktskart med markering av vannmerker er vist i Figur 5.

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	1063.00	43.4	3.75	1.01	60
46.7	Brakhaug	1974-2005	947.00	9.25	2.27	0.00	122
45.4	Seimsfoss	2007-2016	782.00	36.4	1.08	2.68	125
42.6	Baklihøl	1966-2016	898.00	19.9	0.15	0.00	134
42.16	Fjellhaugen	1998-2017	685.00	7.22	1.08	0.00	118
42.2	Djupevad	1964-2016	526.00	31.9	0.34	0.00	101
41.8	Hellaugvatn	1982-2017	904.00	27.5	1.97	0.00	118
38.1	Holmen	1983-2017	556.00	117	1.56	0.00	109
41.1	Stordalsvatn	1913-2017	681.00	131	6.68	0.00	98
55.5	Dyrdalsvatn	1979-2017	581.00	3.31	3.98	0.00	125
55.4	Røykenes	1934-2017	307.00	50.1	2.24	0.00	97
61.8	Kaldåen	1988-2017	884.00	15.3	0.10	0.00	100
62.18	Svartavatn	1988-2017	754.00	72.4	0.32	0.00	112



Figur 5 Vannmerker benyttet i regional flomanalyse

2.2 Vurdering av årsmiddeltilsg i Handelandselva

Vannmerke 42.2 Djupevad ligger i nedre del av Handelandselva og har en observert middelvannføring på 101 l/s/km². Målingene ved vannmerket begynte i 1964 og måleserien betraktes som relativt lang. Kvaliteten på målingene er av NVE betraktet som meget gode. Avrenningskartet for samme området gir middelvannføring på 110 l/s/km², noe som tilsier at målingene ved Djupevad ligger 9% lavere enn beregnet i kartet. En observert tendens er at vannmerkene i området gir større middelvannføring enn avrenningskartet for sammen området, altså motsatt av det som er observert i Handelandselva. Ved utløpet i sjøen gir avrenningskartet middelvannføring på 112 l/s/km², noe som er litt større enn verdien beregnet ved vannmerket. Spesifikk middelvannføring observert ved vannmerket ved Djupevad er benyttet i videre beregninger.

2.3 Sesongvariasjon

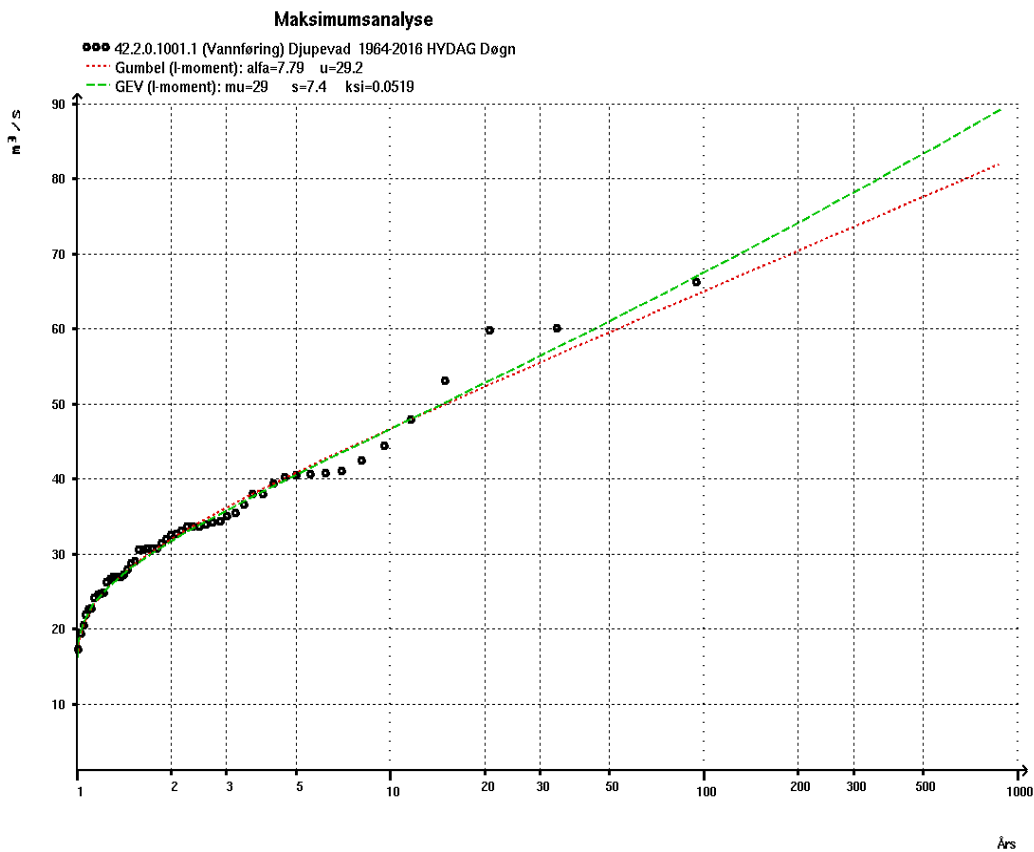
I flomberegninger er det vanlig å skille på ulike flomsesonger. I dette området på Vestlandet er dette lite hensiktsmessig. De største flommene opptrer normalt på høsten og tidlig på vinteren, men vassdraget er lite, og i prinsippet kan de opptre hele året. Flomfrekvensanalyse er derfor utført på årsflommer.

2.4 Flomfrekvensanalyse døgnmiddelflom

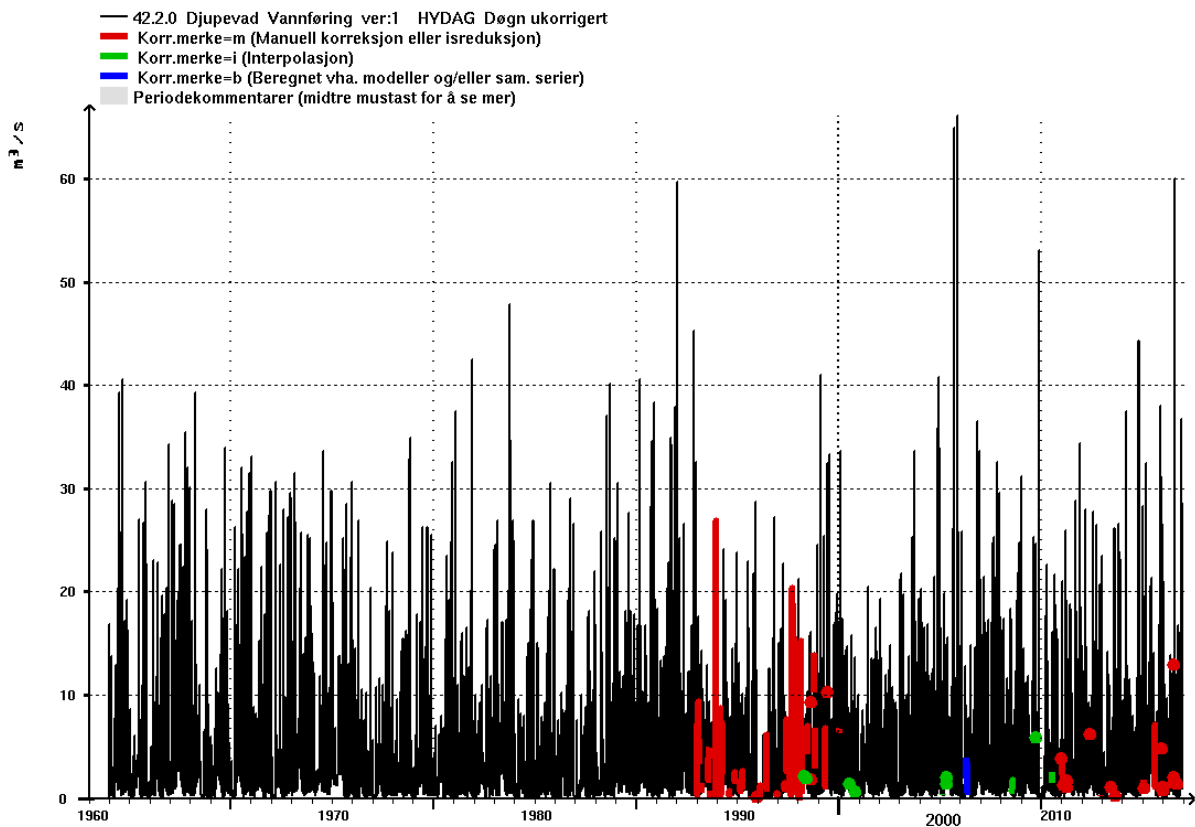
Det er utført flomfrekvensanalyse på vannmerker i regionen som ligger langt ut mot kysten, og har hoveddelen av nedbørfeltet liggende lavere enn 1000 moh. Tabell 3 viser en oversikt over vannføring ved estimert middelflom, samt forholdstallet mellom estimert middelflom og estimert 20, 200 og 1000-årsflom for utvalgte vannmerker. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremverdianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbelfordeling og GEV-fordeling. Frekvenskurver for alle vannmerkene ligger vedlagt i Bilag 4. Siden vannmerke 42.2 Djupevad ligger i Handelandselva, er frekvenskurven og vannføringskurven til vannmerket vist i henholdsvis Figur 6 og Figur 7. Største vannføringsmåling gjort ved vannmerket er 66,2 m³/s og ble gjort 14.11.2005. I henhold til frekvensanalysen tilsvarer det en flom med gjentaksintervall på i underkant av 100 år.

Tabell 3 Flomfrekvensanalyse

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	2007-2016	735	1.68	2.35	2.81	Gumbel
42.6	Baklihøl	19.9	1966-2016	1412	1.65	2.28	2.72	Gumbel
42.16	Fjellhaugen	7.22	1998-2017	1220	1.75	2.47	2.97	Gumbel
42.2	Djupevad	31.9	1964-2016	1056	1.57	2.20	2.69	GEV
41.8	Hellaugvatn	27.5	1982-2017	929	1.52	2.22	2.37	Gumbel
38.1	Holmen	117	1983-2017	807	1.54	2.06	2.42	Gumbel
41.1	Stordalsvatn	131	1913-2017	557	1.51	2.15	2.69	GEV
55.5	Dyrdalsvatn	3.31	1979-2017	1246	1.64	2.26	2.69	Gumbel
55.4	Røykenes	50.1	1934-2017	1047	1.67	2.49	3.16	GEV
61.8	Kaldåen	15.3	1988-2017	1027	1.64	2.27	2.71	Gumbel
62.18	Svartavatn	72.4	1988-2017	1099	1.55	2.09	2.46	Gumbel
	Middel	43,4		960	1,61	2,24	2,67	



Figur 6 Frekvenskurve for vannmerke 42.2 Djupevad



Figur 7 Vannføringskurve for vannmerke 42.2 Djupevad

2.5 Regresjonsanalyse

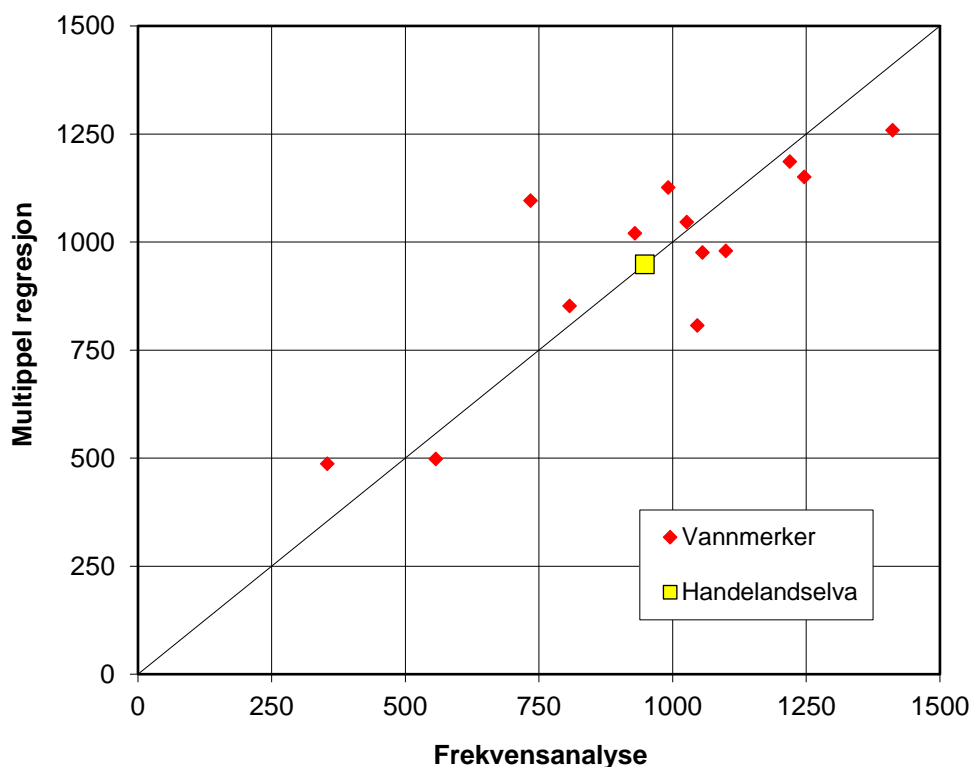
For å vurdere om døgnmiddelflommen i regionen kan forklares med grunnlag i nedbørfeltene karakteristika, er det utført en multipl regressjonsanalyse på datasettet fra Tabell 3. En slik analyse gir indikasjoner på om det er reell statistisk sannsynlighet for at en gitt parameter har betydning for spesifikk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

$$Q_m = 595 - 87,8 (\log A) + 6,9 (Q_n) - 52,6 (Eff. sjø. \%) \quad (1)$$

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 0,71, noe som anses som en akseptabel tilnærming. Regresjonsligningen på feltparametere for Handelandsvassdraget gir flomverdier som gitt i Tabell 4, mens et regresjonsplott med verdier fra analysen er vist i Figur 8.

Tabell 4 Middelflom beregnet med regresjonsanalyse

Felt	Middelflom (l/s/km ²)
Handelandselva	948



Figur 8 Regresjonsplott for Handelandselva

2.6 Sammenligning med Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt

I forbindelse med prosjektet «Naturfare – Infrastruktur, flom og skred» (NIFS) utarbeidet NVE en ligning for beregning av flomvannføringer i små og uregulerte felt (2). Formelen er gyldig for felt i hele landet med feltareal mindre enn 50-60 km², men er anbefalt verifisert mot lokale målinger (NVE, 2015). I formelen er flomstørrelsen i et gitt felt avhengig av normalt årsmiddeltilsg og effektiv sjøprosent. Det vises til [NVE-rapport 7-2015](#) for flere detaljer. Middelflommen utregnes som en momentanverdi og skaleres ved hjelp av en vekstkurve opp til 200-årsflom. Videre skalering til 1000-årsflom er gjort ved bruk av gjennomsnittlige forholdstall hentet fra vannmerkene i frekvensanalysen. Forholdstallet for skalering fra Q₂₀₀ til Q₁₀₀₀ er **1,19**. Omregning fra momentanverdi til døgnverdi er gjort ved bruk av formel for Q_{mom}/Q_{døgn} hentet fra NVEs retningslinjer for flomberegninger. Tabell 5 viser døgnverdier for middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom funnet ved bruk av «formelverk for små nedbørfelt».

$$Q_m = 18,97 \times Q_n^{0,864} \times e^{-0,251 \sqrt{A_{se}}} \quad (2)$$

$$\frac{Q_T}{Q_m} = 1 + 0,308 q_N^{-0,137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k \quad (3)$$

$$k = -1 + \frac{2}{\left[1 + e^{0,391 + \frac{1,54 A_{se}}{100}}\right]} \quad (4)$$

Q_T er vannføring ved angitt gjentaksintervall og Γ er gammafunksjon

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

Felt	Døgnmiddelflom (l/s/km ²)	Døgnflom Q ₂₀ (l/s/km ²)	Døgnflom Q ₂₀₀ (l/s/km ²)	Døgnflom Q ₁₀₀₀ (l/s/km ²)
Handelandselva	818	1306	2014	2401

2.7 Beregning av momentanflom

Flomstørrelsene beregnet i avsnittene over gjelder for gjennomsnittlig verdi over ett døgn. 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 feltparametere for høstflommer. Formelen (5) for forholdstallet er hentet fra NVEs retningslinjer for flomberegninger og gjengitt under. For Handelandsvassdraget er det beregnet et forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom (Q_{mom}/Q_{døgn}) på 1,66. I NVEs retningslinjer for flomberegninger er observerte forholdstall for en rekke vannmerker i landet presentert. For vannmerket 42.2 Djupevad er dette forholdstallet oppgitt til 1,97. Hvis forholdstallet til Djupevad-feltet beregnes teoretisk med avrenningskartet blir dette 1,7. For flertallet av de største flommene som er observert ved vannmerket ligger forholdstallet i nærheten av 2,0 og det er derfor valgt å benytte samme forholdstall som er observert ved vannmerket, 1,97.

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

2.8 Endelig valg flomstørrelse og klimapåslag

NVE anbefaler i rapport 81-2016 «minst 20 %» klimapåslag i alle felt mindre enn 100 km², og 40 % for alle felt som ligger i nærheten av nedbørfelt med opp mot 40-60 % prognosert økning i flomstørrelsene frem til år 2100.

Vannmerket 42.2 Djupevad (32 km²) ligger i Handelandselva og skal representere vassdraget på en god måte. I NVE-rapport 81-2016 er økningen i flomstørrelser ved dette vannmerket forventet til 7-10 % (forventningsverdi 7 %) dersom klimascenario RCP4.5 (moderat) legges til grunn, og 5 til 26 % (forventningsverdi 12 %) dersom klimascenario RCP8.5 (høyt) legges til grunn. Dette tilsier dermed et klimapåslag på 20 %.

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

Sammenligning av spesifikk middelflom beregnet med de ulike metodikkene er vist i Tabell 6.

Tabell 6 Sammenligning av døgnmiddelflom beregnet med regresjonsanalyse og NIFS-formelverk

Felt	Q _m med regresjonsanalyse (l/s/km ²)	Q _m med NIFS ² (l/s/km ²)
Handelandselva	948	818
Djupevad (42.2)	1056	832

Det er i de videre beregningene valgt å ta utgangspunkt i flomvannføring målt ved vannmerket ved Djupevad, men noe redusert på grunn av lavere resultat med regresjonsanalyse og NIFS. **Det er valgt en middelflom i Handelandselva på 1000 l/s/km².** Siden nedbørfeltet til Handelandselven er 30 % større enn nedbørfeltet til vannmerket er det forventet at de spesifikke flomverdiene er noe mindre. Skalering fra middelflom til flommer med større gjentaksintervall er gjort med gjennomsnittlig forholdstall (Q_x/Q_m) hentet fra frekvensanalysen (se Tabell 3). Benyttede flomverdier (kulminasjonsverdi) for ulike gjentaksintervall inkludert klimapåslag er presentert i Tabell 7.

Tabell 7 Flomverdier (kulminasjonsverdi) for Handelandselva inkludert klimapåslag gitt i m³/s

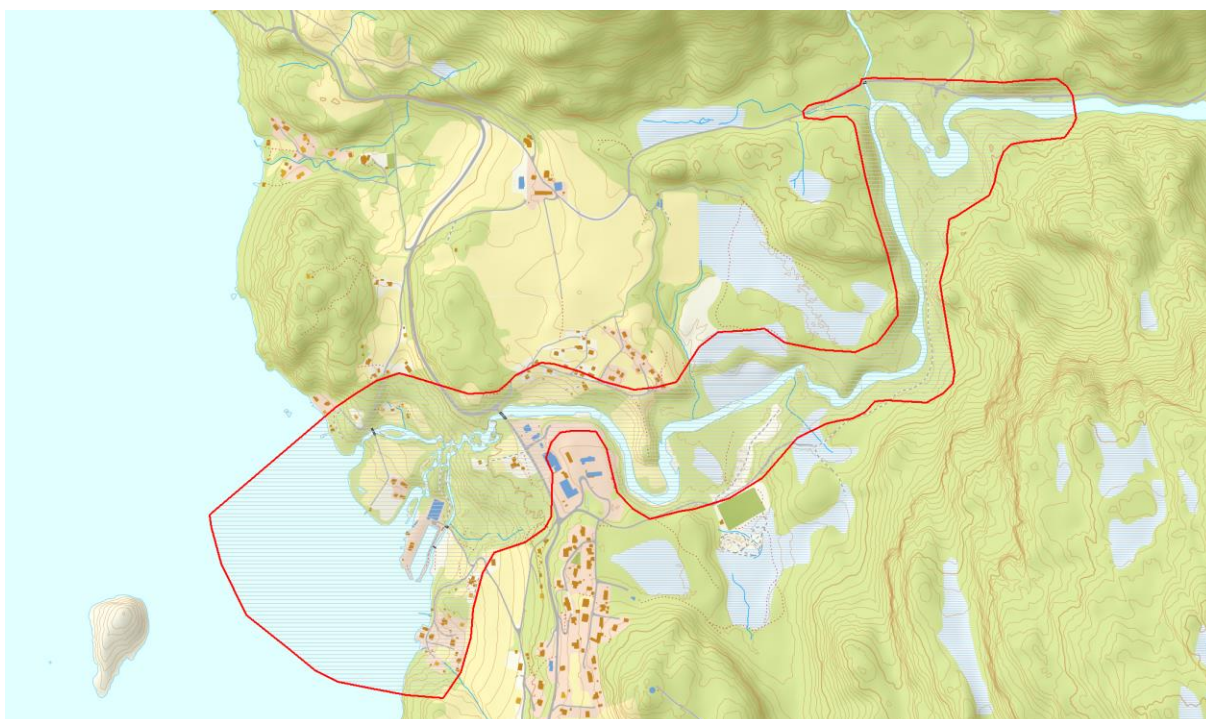
Felt	Q _m (m ³ /s)	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
Handelandselva	123	198	276	328

² Forholdstall (Q_{mom}/Q_{døgn}) er beregnet teoretisk iht. formel i NVEs retningslinjer for flomberegninger

3 Hydraulisk modell

3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Vannstandsstigning langs Handelandselva er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS. Grunnlaget for modellen er laserdata over området fra 2013 hvor nøyaktigheten/tettheten er 2 pkt. per kvadratmeter. Høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000. Vannstand, vannføring og vannhastighet beregnes mellom celler i et «beregningssmesh». Cellestørrelsen for «meshet» i modellen varierer fra 2x2 meter der elven er bratt til 5x5 meter der den er slakere. Modellen starter i underkant av kote 100 moh. og går derfra ut i sjøen. Se markering av modellert område i Figur 9.



Figur 9 Oversiktskart over nedre del av Handelandselva 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 beregningsstrekningen. Flomvannføringen er kulminasjonsverdi for flom ilagt klimapåslag slik vist i Tabell 7.

Nedre grensebetingelse er vannstanden i sjøen. 1-års stormflo i år 2100 er satt som en fast vannstand i modellen. Vannstanden er hentet fra Kartverkets side for havnivå som opplyser 1-års stormflo til 85 cm. Havnivået er beregnet med tidevann fra Bergen ilagt tidsforskjell og høydekorreksjon. Forventet havnivåstigning som følge av klimaendringer er satt lik middelværdien 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. Se oversikt over forventet havnivå ved ulike gjentaksintervall i Bilag 6.

Det er ikke utført befaring i området og friksjonsforholdene er derfor vurdert ut fra kartdata og flyfoto. Elveløpet består av både flate meanderende områder og brattere stryk, men i hovedsak består grunnen av relativt stor stein. Elvebreddene er i stor grad dekket av vegetasjon med varierende tetthet, men også noen åpne områder. Generelt er det lite bebyggelse langs vassdraget og de fleste bygninger ligger høyt i forhold til elva.

Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningen er basert på Manningstall (n), og varierer fra 0,02 der det er infrastruktur til 0,1 i skogområdene på elvebredden. Bygninger er også inkludert i modellen og gitt verdien 50. Resterende arealstyper er gitt Manningstall (n) som i Tabell 8. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk.

Tabell 8 Manningstall benyttet i HEC-RAS-modell

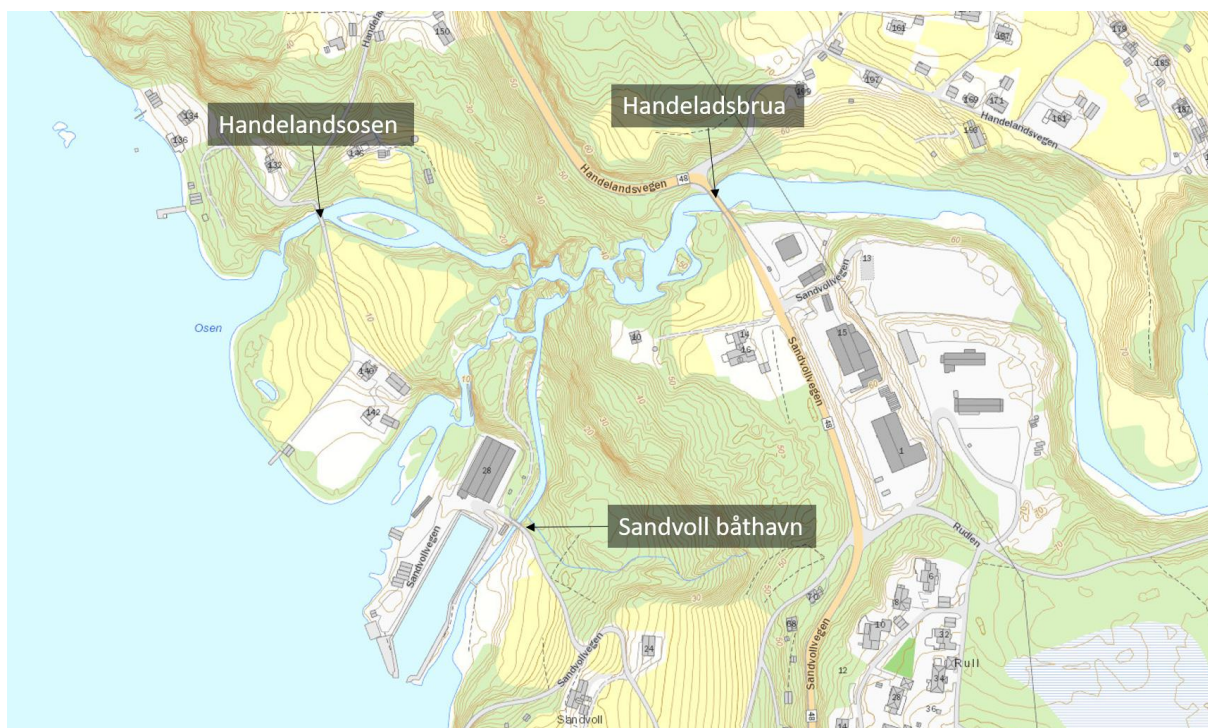
Arealstyp	Manningstall (n)
Vann	0.04
Fulldyrka jord	0.045
Innmarksbeite	0.045
Åpen fastmark	0.04
Bebygd område	0.04
Overflatedyrka jord	0.045
Skog	0.1
Infrastruktur	0.02
Bygning	50

3.3 Infrastruktur i modellen

Handelandselva krysset i alt under tre broer der vassdraget er modellert, Handeland bru, Sandvoll båthavn og bro ved Handelandsosen. Alle broene er markert på kart i Figur 10, mens oppmåling og bilder av broene ligger vedlagt i Bilag 1. Handelandsbrua er en del av fylkesvegen og er en eldre murt hvelvbro bestående av to hvelv og en pilar midt i elven. Broen er lagt inn i modellen og berøres ved flom (Q₂₀).

Broen ved Sandvoll båthavn er en del av lokalvegen som går over til båthavna og krysser over det sørligste løpet til Handelandselva. Brodekket ligger mellom 3-4 meter over elvebunnen og berøres i utgangspunktet ikke av flommen. Samtidig renner denne delen av elven gjennom et tett skogområde og bredden på bekken er ganske smal (ca. 3 meter). I en slik situasjon er det fare for overtopping av broen, men ytterligere følgeskader er ikke forventet, siden nærliggende bygninger trolig allerede er berørt av flommen.

Den siste broen krysser det nordligste løpet av Handelandselva. Høsten 2018 bygges det en ny bro like nedstrøms dagens bro. Bilde av begge broene finnes i bilaget. I modellen er det bare ny bro som er vurdert siden eksisterende bro skal fjernes. Ny bro bygges med god klaring til elven og brodekket berøres ikke ved flom.



Figur 10 Broer i nedre del av Handelandselva

4 Resultat og konklusjon

Flom i Handelandselven gir kraftig økt vannføring i vassdraget og flatere områder tett på elven oversvømmes. Generelt sett er det lite bebyggelse tett på vassdraget som kan ta skade ved flom og det er i hovedsak to områder som er utsatt, industriområdet der elva krysser fylkesveg 48 og båthavnen som ligger ved utløpet til sjøen.

Ved utløpet i sjøen vil båthavna med tilhørende båthus og naust berøres ved flom. Det påpekes at vannstanden i sjøen i stor grad er med på å bestemme hva som berøres ved flom og at denne vannstanden kan variere mye. Før Handelandselva renner ut i sjøen deler elva seg i tre separate løp. Mesteparten av vannføringen (ca. 60%) renner i det sentrale elveløpet, mens 30 % renner i det nordligste og 10% i det sørligste elveløpet.

Ved stor flom i vassdraget vil broen der Handelandselva krysser under fylkesvegen gå full og føre til vannstandsstigning tilbake i vassdraget. Industribygningene oppstrøms broen er utsatt for flom i en slik situasjon. Også eneboligen med adresse Sandvollvegen 16 er forventet å bli berørt ved stor flom. Tabell 9 lister opp bygninger som berøres ved flom, mens flomsonekart ligger vedlagt i Bilag 2-Bilag 4.

Tabell 9 Bygninger berørt ved flom

Adresse	Gnr. Bnr.	Type bygning	Berørt ved flomstørrelse
Handelandsvegen 140	239/7	Hus for dyr / landbrukslager	Q ₂₀
Sandvollvegen 28 (Båthavna)	239/81	Industribygg	Q ₂₀
Sandvollvegen 16	239/37,99	Enebolig + garasje/bod	Q ₂₀₀
Fylkesveg 48		Veg	Q ₂₀
Bråtet (ved Handelandsbua)	239/88	2 industribygg/lager	Q ₂₀

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 vurderingene er basert på regionale analyser med mange målestasjoner og formler som er avledet fra regionale flomfrekvensanalyser. I Handelandselva ligger det et målepunkt for vannføring som gi god informasjon om flomstørrelsene i vassdraget og reduserer usikkerheten vesentlig. Usikkerhetene i den hydrauliske modellen knytter seg i hovedsak til vurdering av friksjonsforhold og usikkerheten i størrelsen til flommene.

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. Terrengmodellen er beregnet på grunnlag av en kartlegging på et tidspunkt der det var moderat til liten vannføring i vassdragene i området (20-23/7-2013 og 30/9-3/10+11/10-13/10-2013). 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.

Hydrauliske 2D-modeller fungerer bedre i flatere områder og bratte partier som stryk og fossefall medfører unøyaktigheter i modellen. For Handelandselva er området nedstrøms fylkesveg 48 så bratt at det er noe usikkerhet knyttet til vannstanden. Samtidig er det lite bebyggelse knyttet til dette området og usikkerheten her vurderes som akseptabel.

5.2 Sensitivitetsvurdering

Det er gjort en sensitivitetsanalyse der flomstørrelsen (inkludert klimapåslag) og friksjonen er oppskalert med 20 %. Dette gir et utslag på de beregnede vannstandene på opp mot 0,5 m der elven er slak og mindre der vassdraget er brattere. På grunnlag av dette vurderer vi beregningen som middels sensitive for forutsetningene, men lite sensitive med tanke på ytterligere konsekvenser. Det anbefales generelt å tillegge en sikkerhetsmargin på 0,5 meter til beregnede flomvannstander.

6 Bilag og referanser

6.1 Bilag

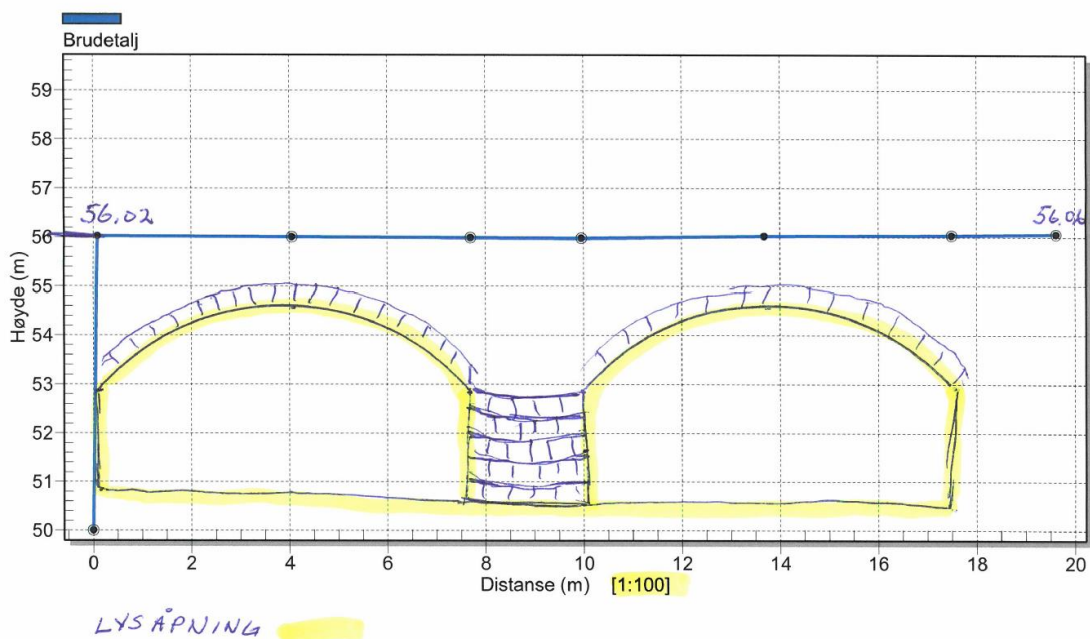
1. Innmålinger av broer
2. Flomsonekart 20-årsflom med klimapåslag
3. Flomsonekart 200-årsflom med klimapåslag
4. Flomsonekart 1000-årsflom med klimapåslag
5. Frekvenskurver fra utvalgte vannmerker
6. Forventet vannstands nivå i sjøen

6.2 Referanser

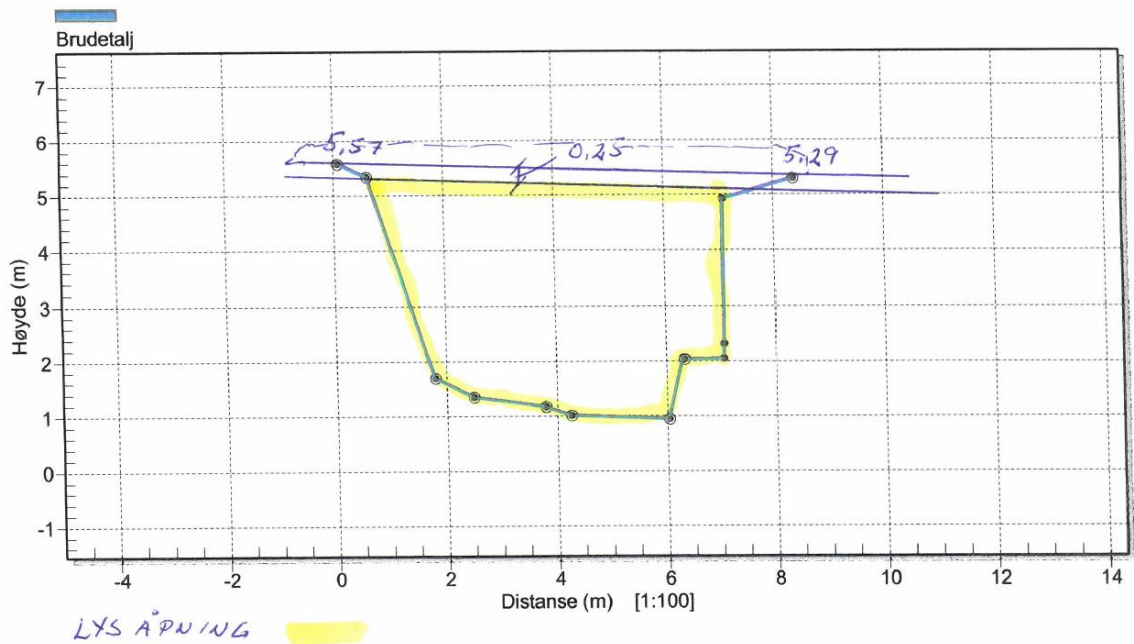
1. NVE (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*. NVE-rapport 4-2011.
2. NVE (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. NVE-rapport 81-2016.

Bilag 1 Innmåling av bruer

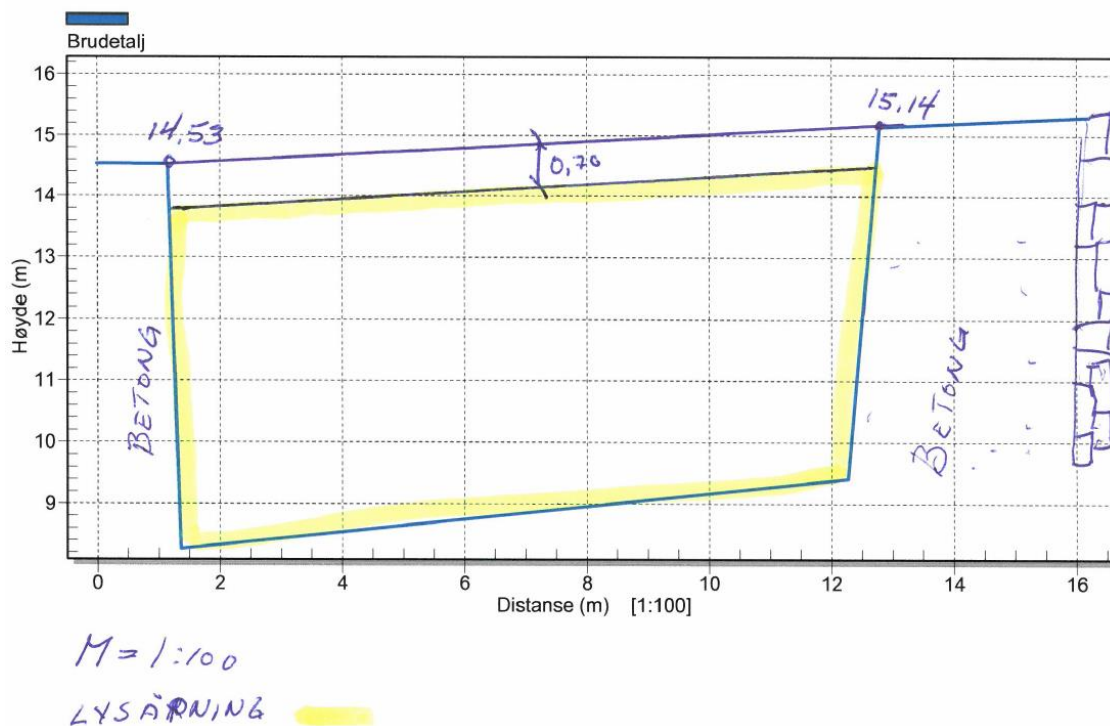
Handlandsbrua



Sandvoll båthavn

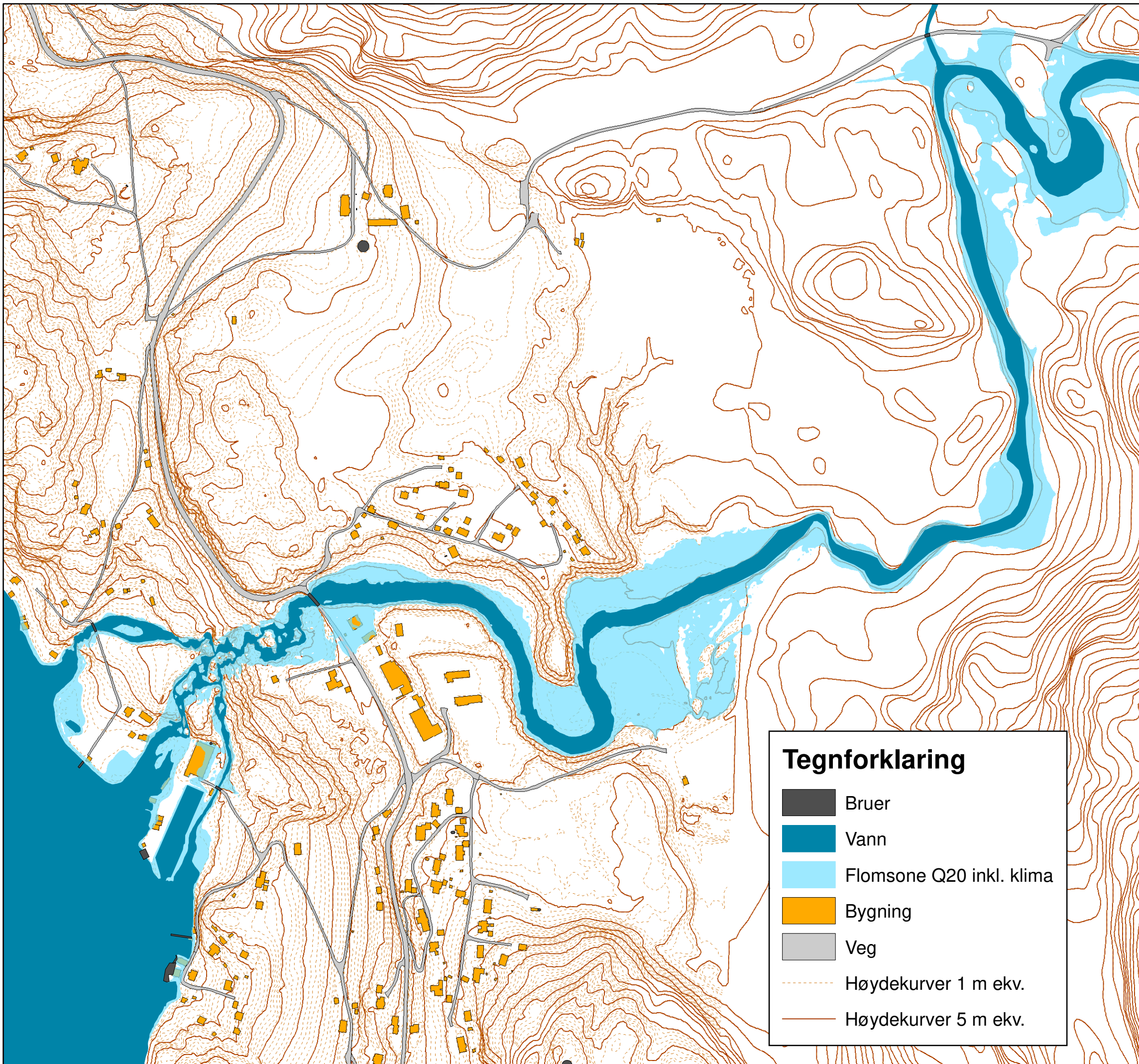


Handelandssosen





Bilag 2 Flomsone 20-årsflom med klimapåslag



Flomsonekartlegging i Handelandselva

Flomsituasjon: 20-årsflom + 40%

Målestokk: 1:5000

1 cm = 50 meter

Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, Etne-Kvinnherad 2013

Koordinatsystem: ETRS_1989_UTM_Zone_32N, NN2000

Flomberegning: Norconsult (oktober 2018)

Vannlinjeberegning: Norconsult (desember 2018)

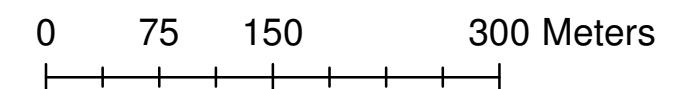
Oppdragsgiver: Kvinnherad kommune

Oppdragsnummer: 5185895

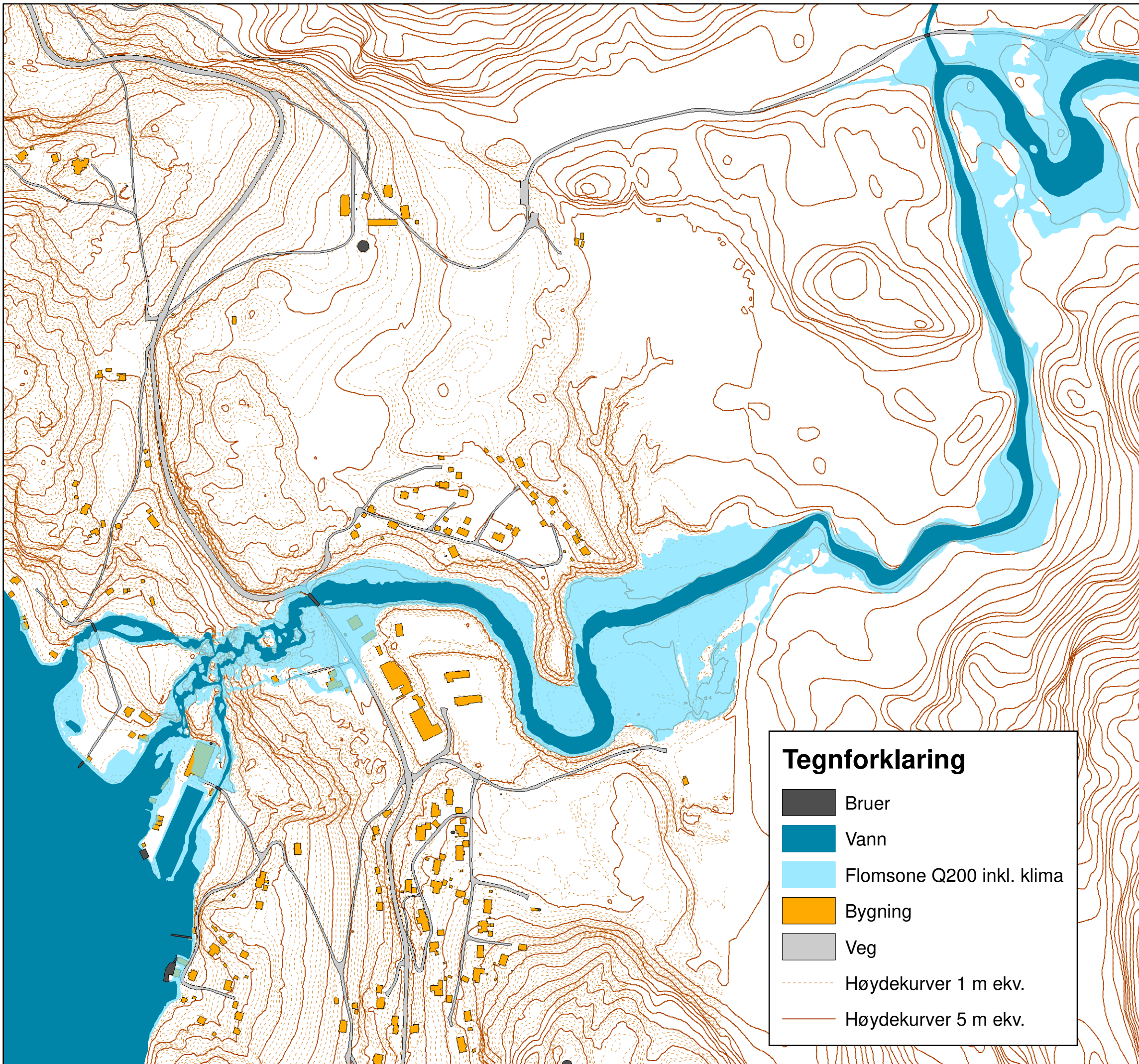
Kartnummer: D02-1

Versjon: 21.12.2018

Norconsult 



Bilag 3 Flomsone 200-årsflom med klimapåslag



Flomsonekartlegging i Handelandselva

Flomsituasjon: 200-årsflom + 40%

Målestokk: 1:5000

1 cm = 50 meter

Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, Etne-Kvinnherad 2013

Koordinatsystem: ETRS_1989_UTM_Zone_32N, NN2000

Flomberegning: Norconsult (oktober 2018)

Vannlinjeberegning: Norconsult (desember 2018)

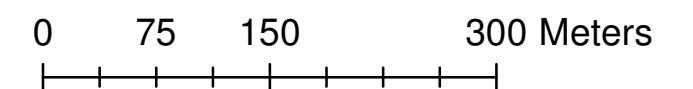
Oppdragsgiver: Kvinnherad kommune

Oppdragsnummer: 5185895

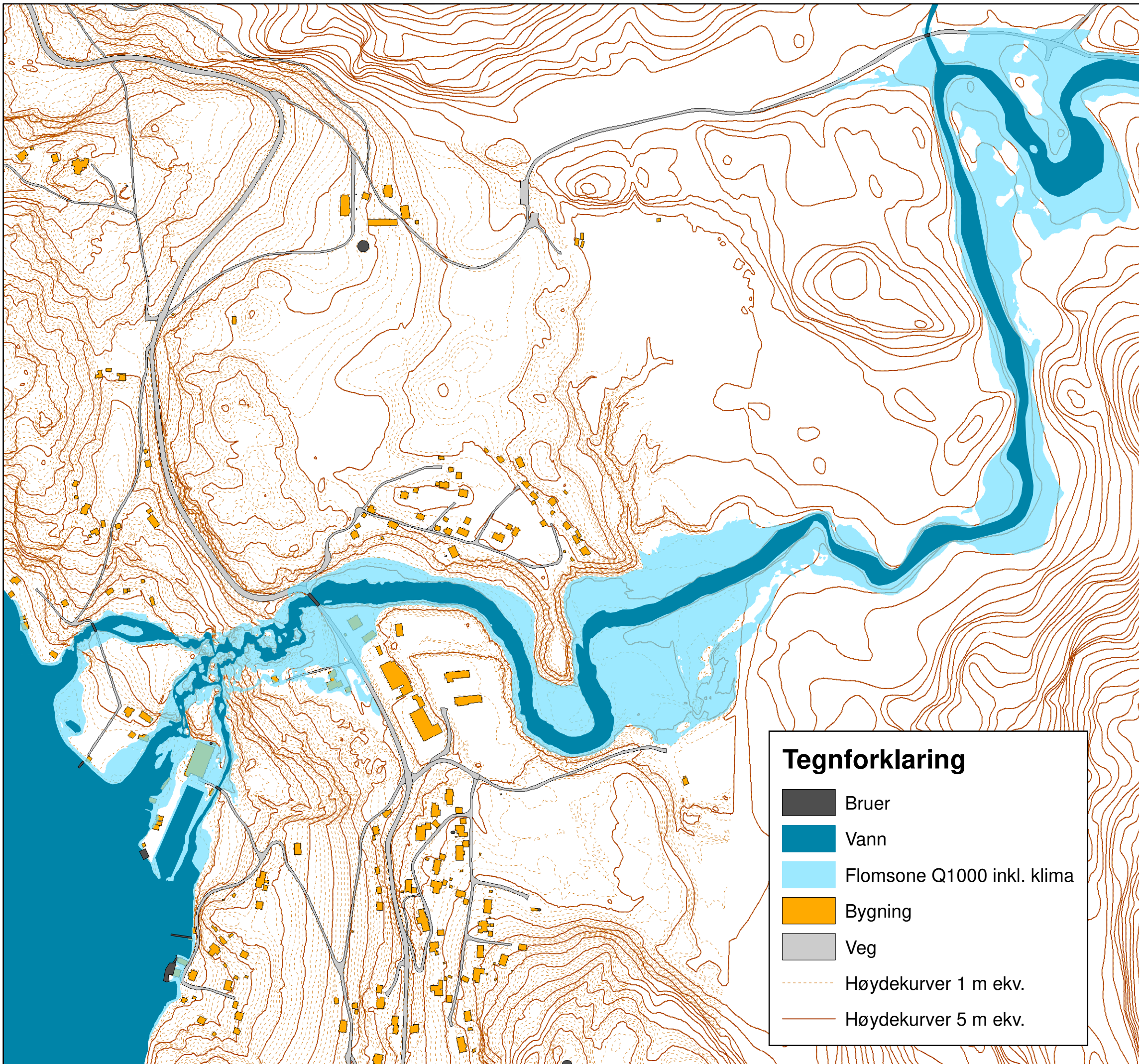
Kartnummer: D02-2

Versjon: 21.12.2018

Norconsult 



Bilag 4 Flomsone 1000-årsflom med klimapåslag



Flomsonekartlegging i Handelandselva

Flomsituasjon: 1000-årsflom + 40%

Målestokk: 1:5000

1 cm = 50 meter

Format: A3

Kartgrunnlag: Laserdata, Etne-Kvinnherad 2013

Koordinatsystem: ETRS_1989_UTM_Zone_32N, NN2000

Flomberegning: Norconsult (oktober 2018)

Vannlinjeberegning: Norconsult (desember 2018)

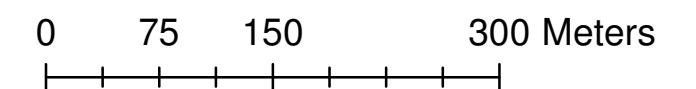
Oppdragsgiver: Kvinnherad kommune

Oppdragsnummer: 5185895

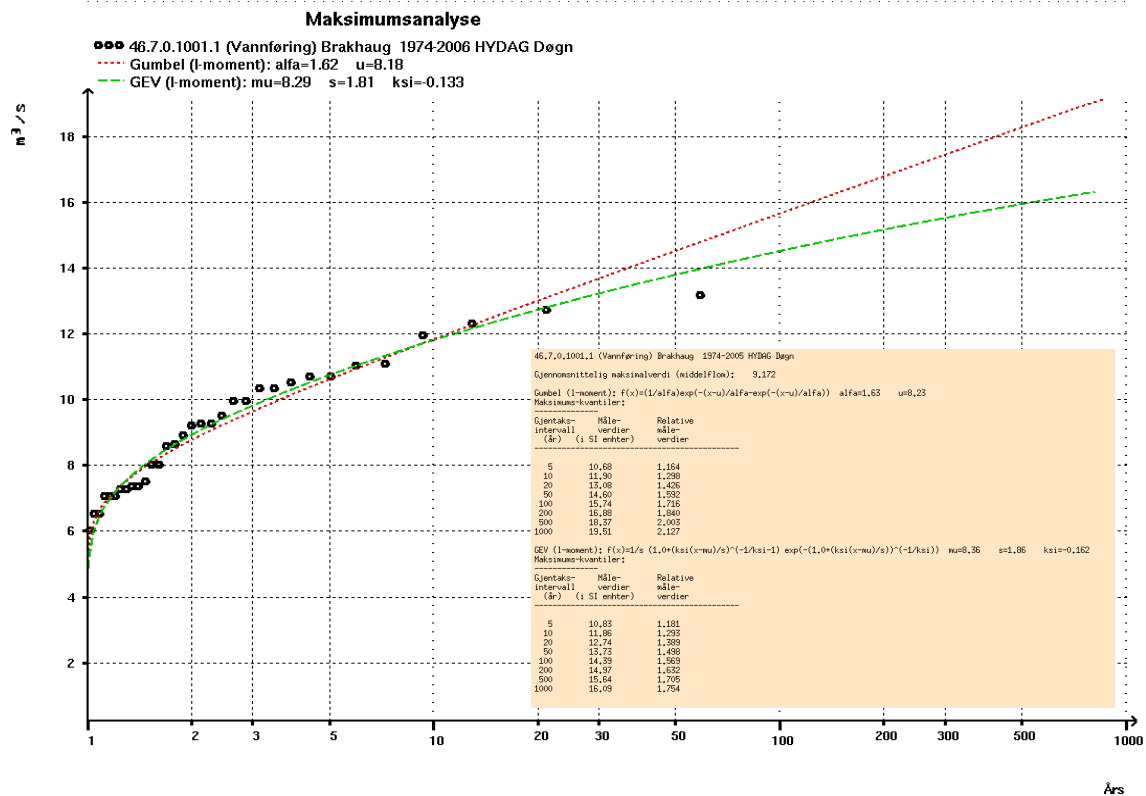
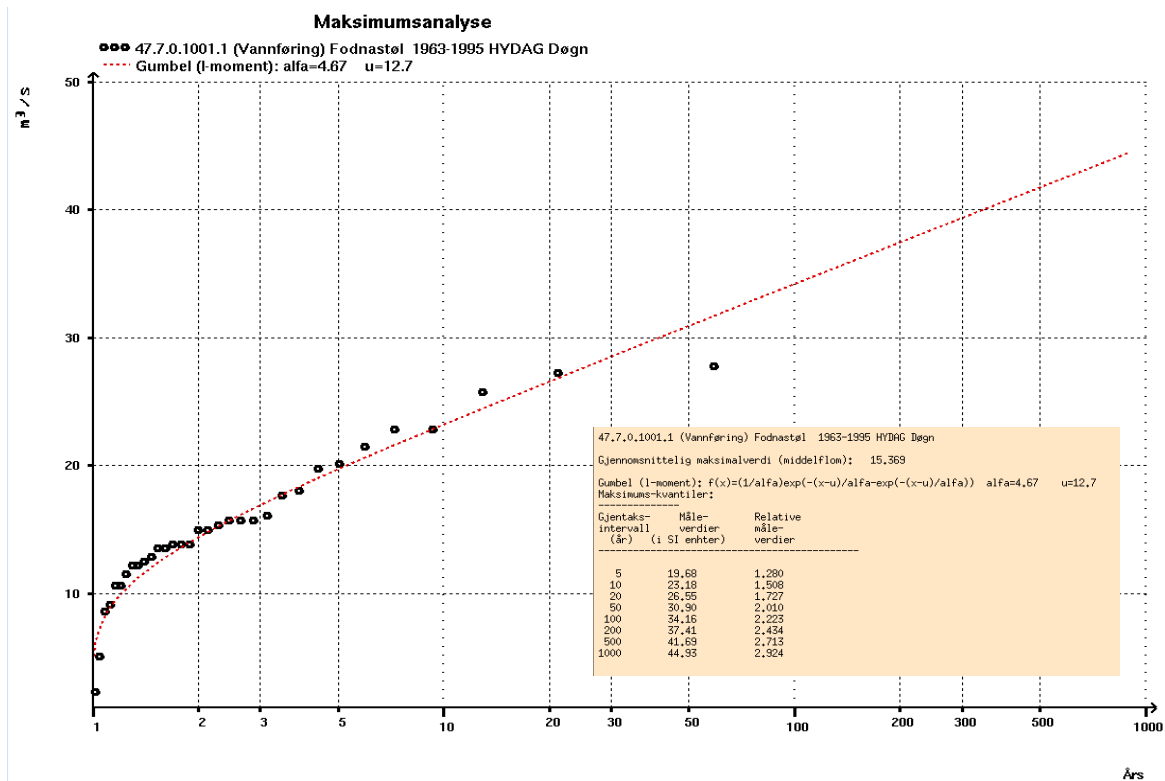
Kartnummer: D02-3

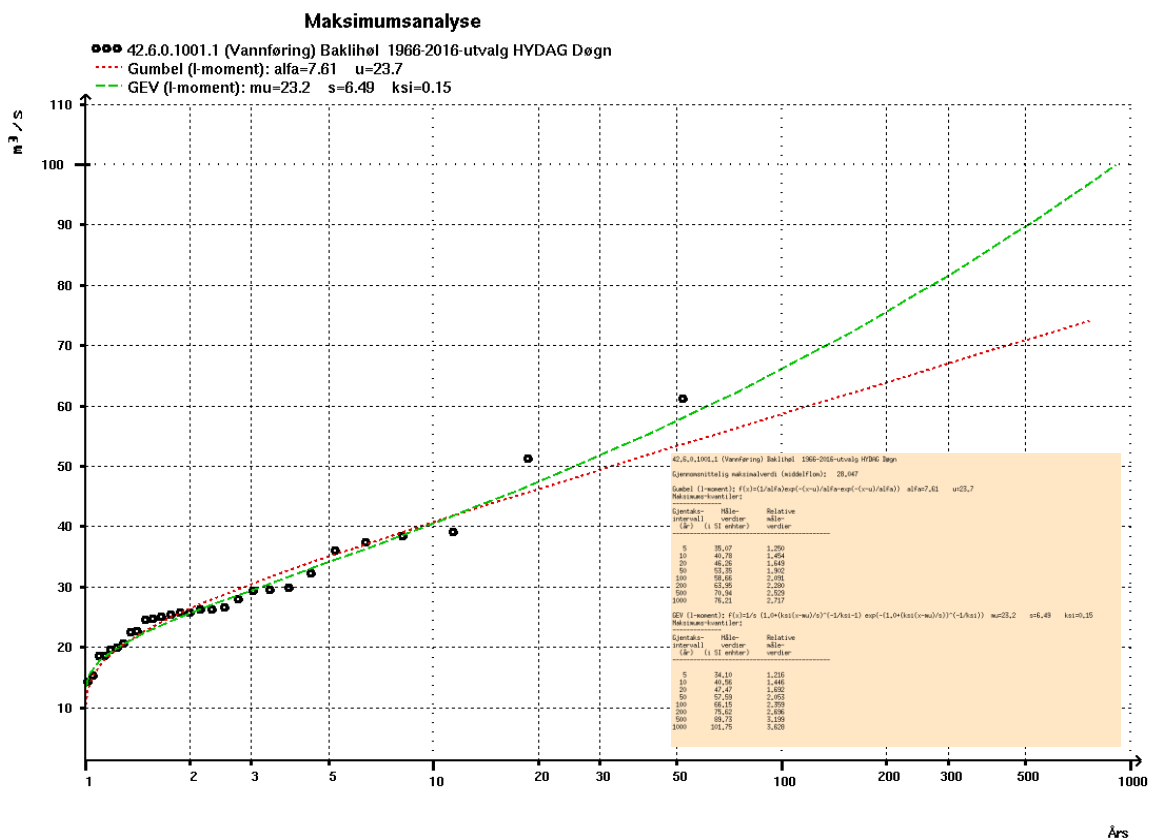
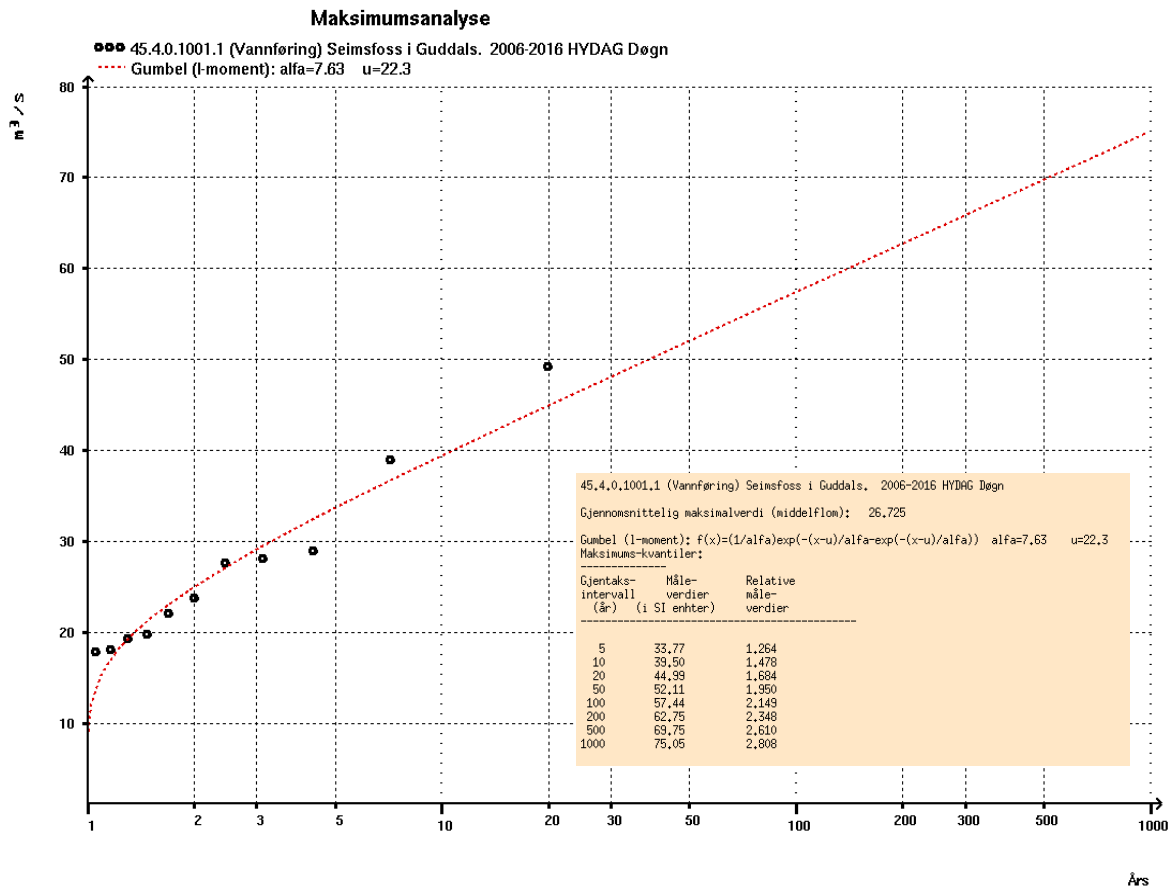
Versjon: 21.12.2018

Norconsult 

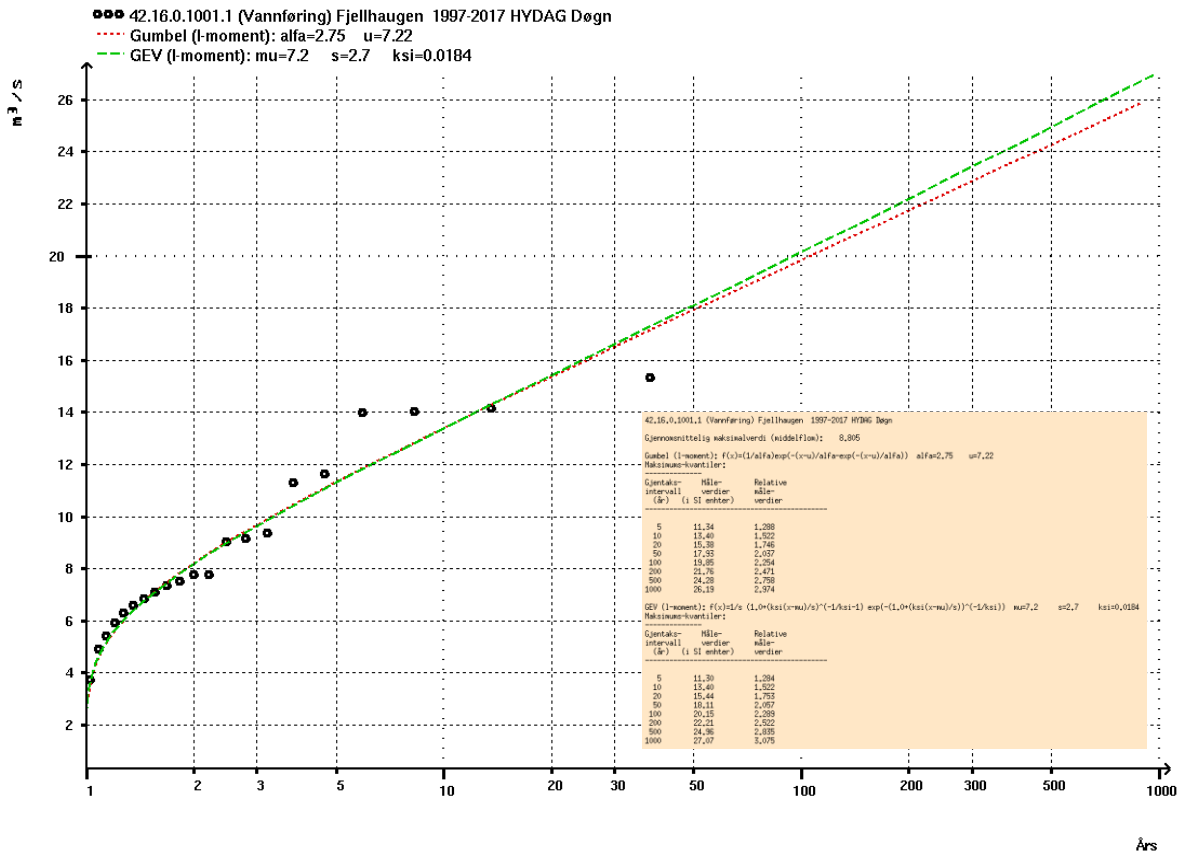


Bilag 5 Frekvenskurver fra utvalgte vannmerker

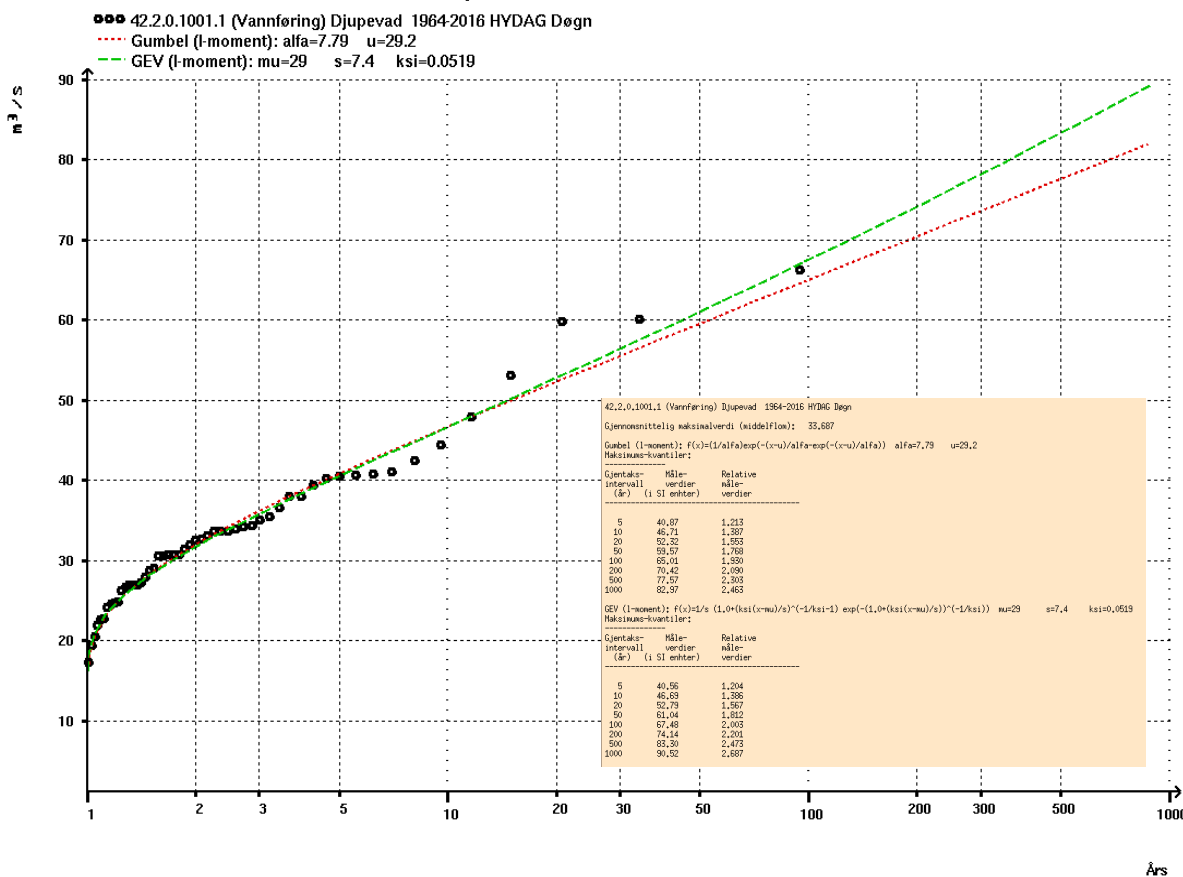


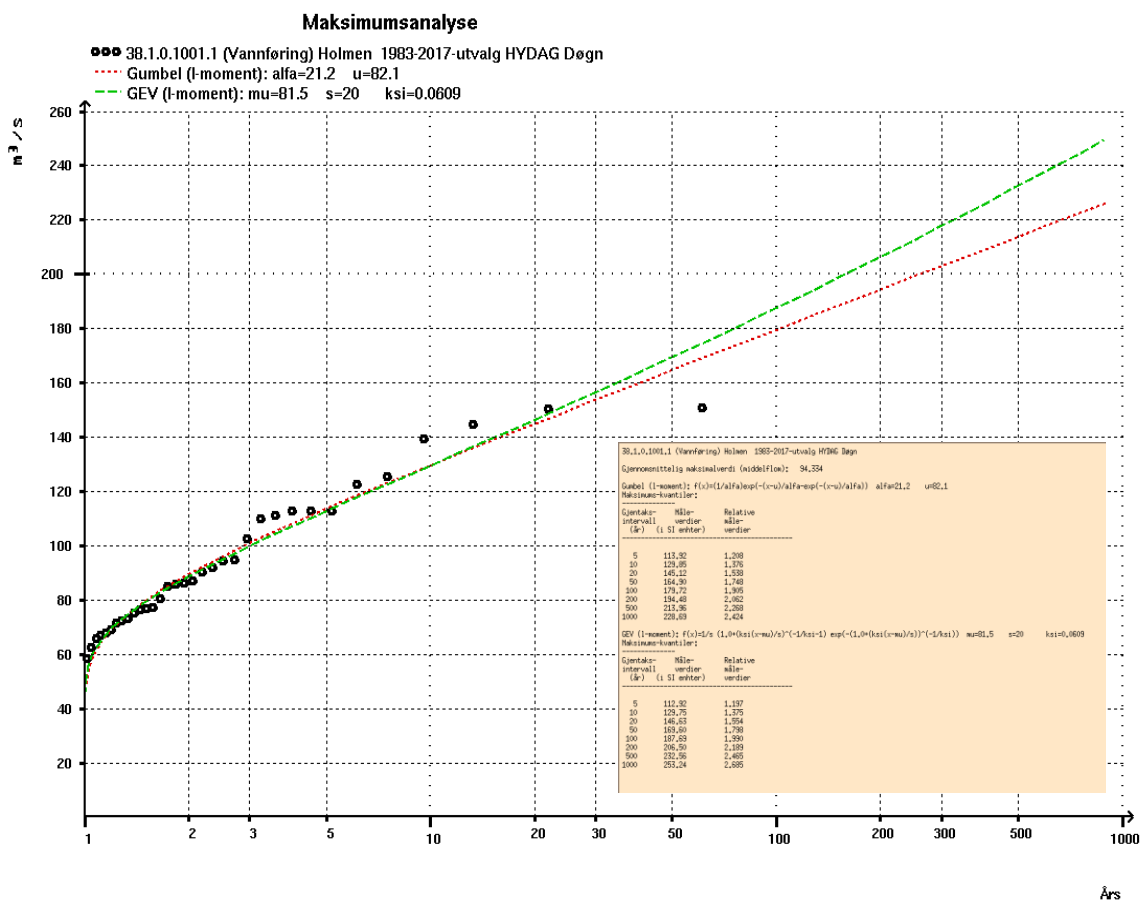
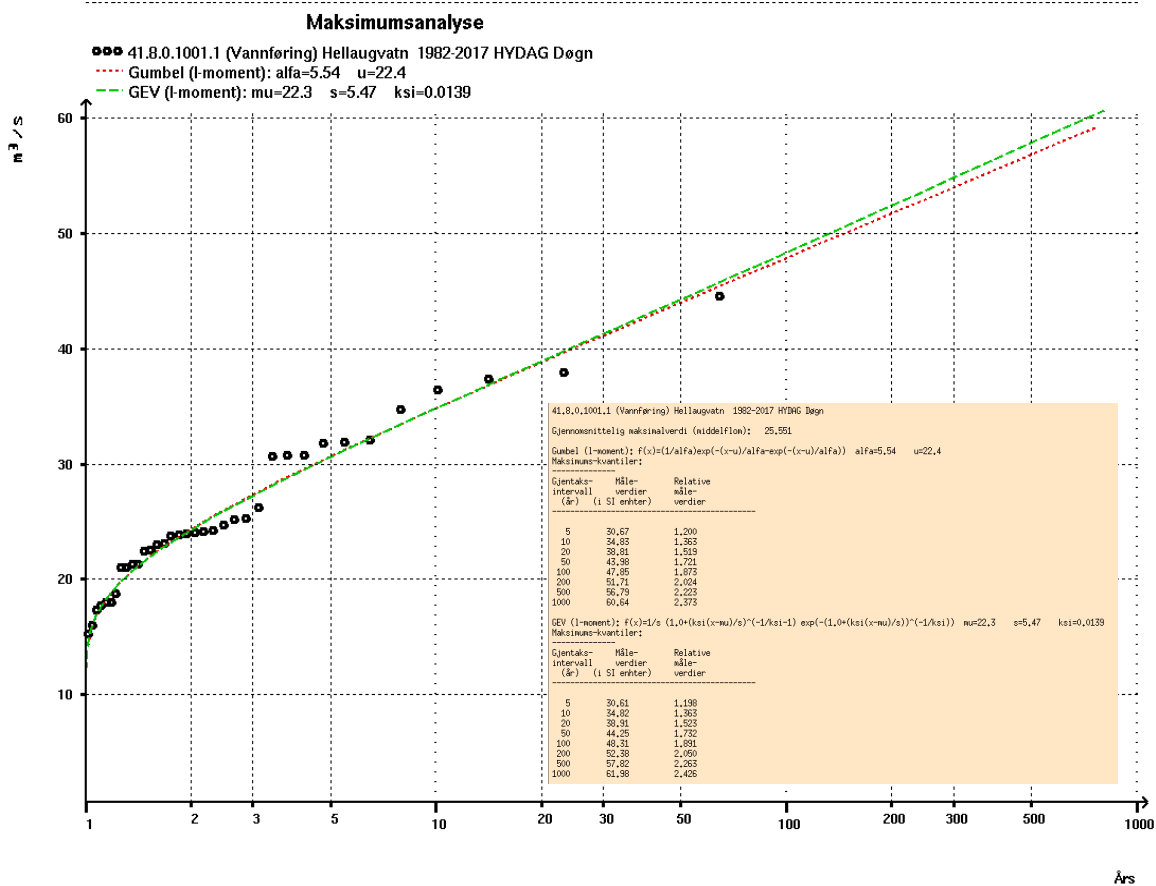


Maksimumsanalyse



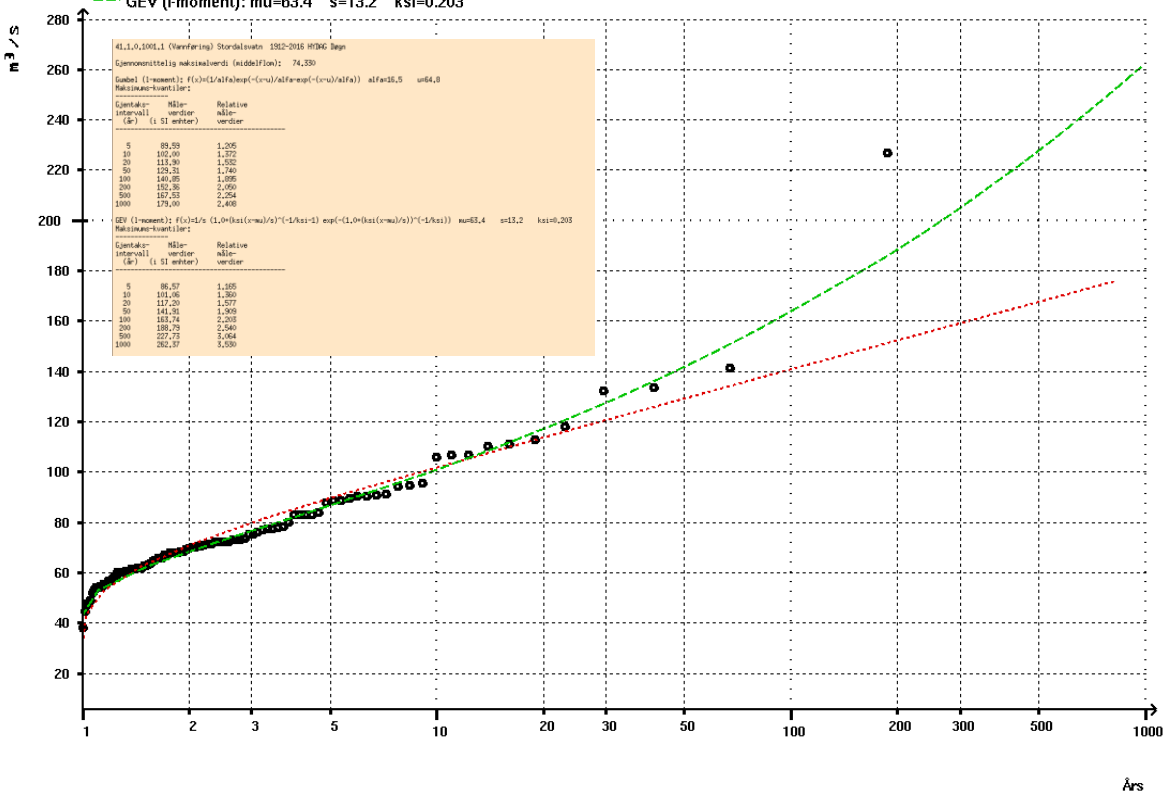
Maksimumsanalyse





Maksimumsanalyse

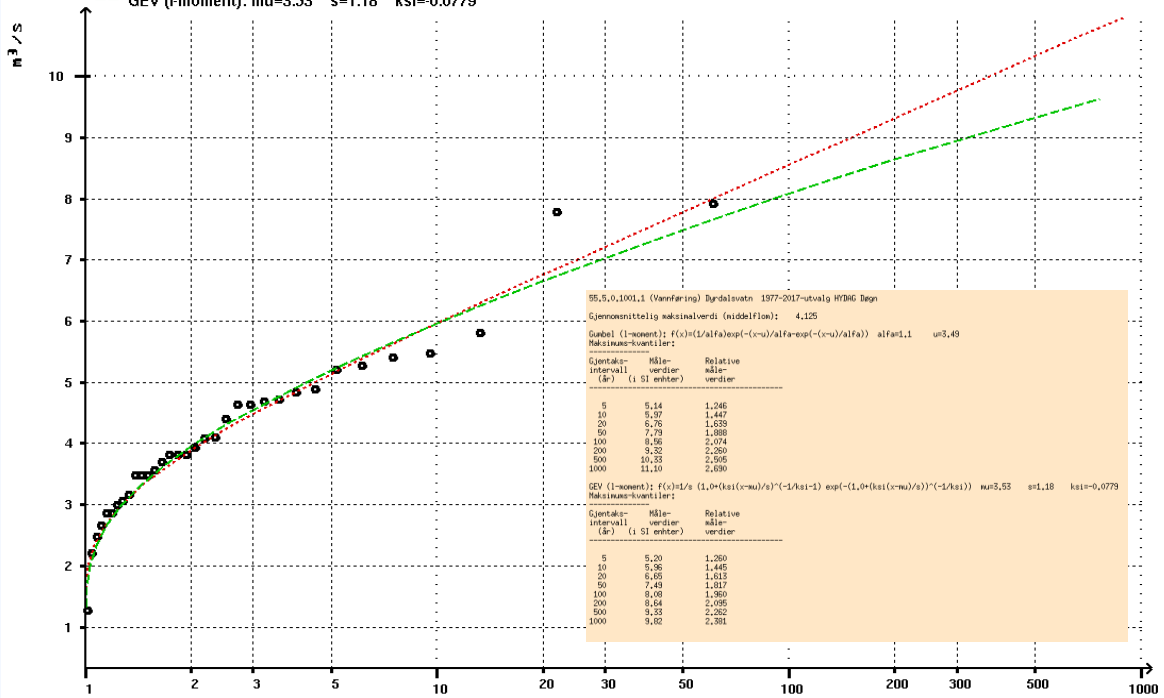
41.1.0.1001.1 (Vannføring) Stordalsvatn 1912-2016 HYDAG Døgn
 Gumbel (l-moment): alfa=16.5 u=64.8
 GEV (l-moment): mu=63.4 s=13.2 ksi=0.203



Års

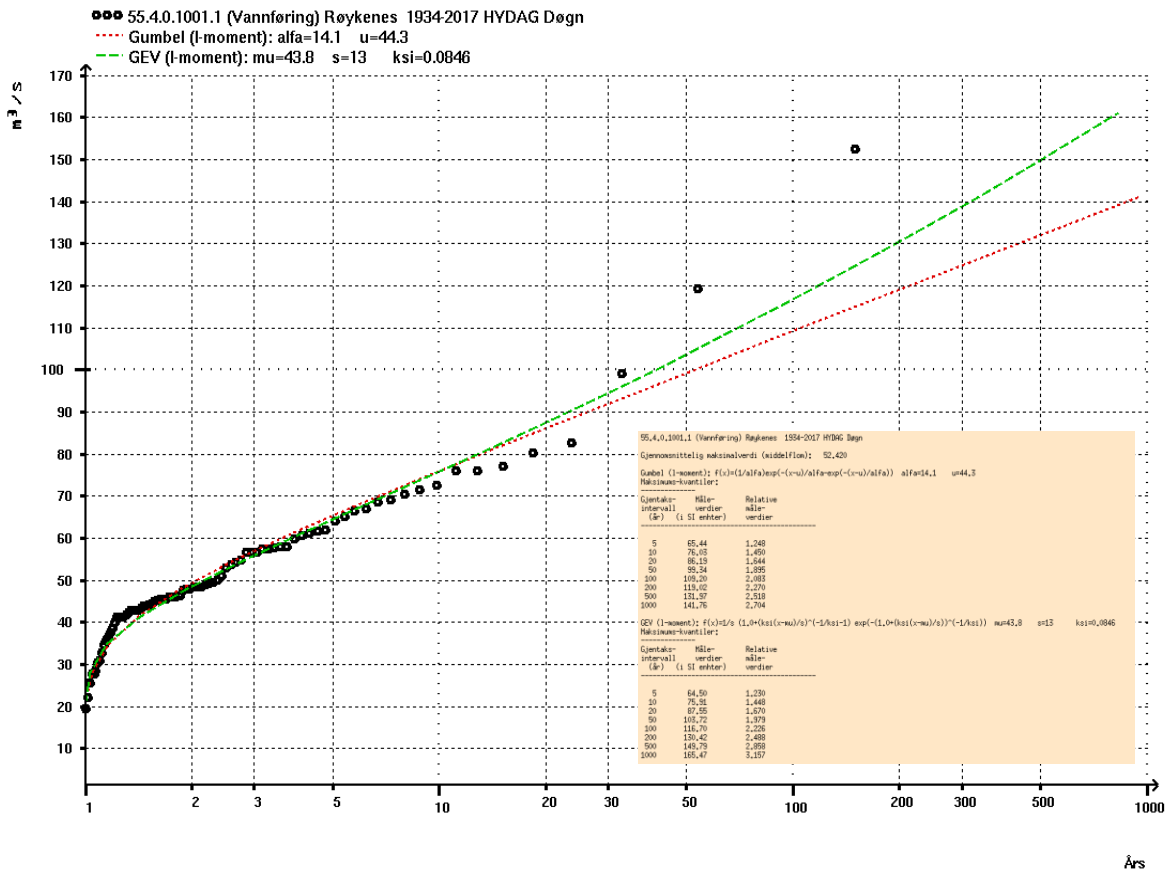
Maksimumsanalyse

55.5.0.1001.1 (Vannføring) Dyrdalsvatn 1977-2017-utvalg HYDAG Døgn
 Gumbel (l-moment): alfa=1.1 u=3.49
 GEV (l-moment): mu=3.53 s=1.18 ksi=0.0779

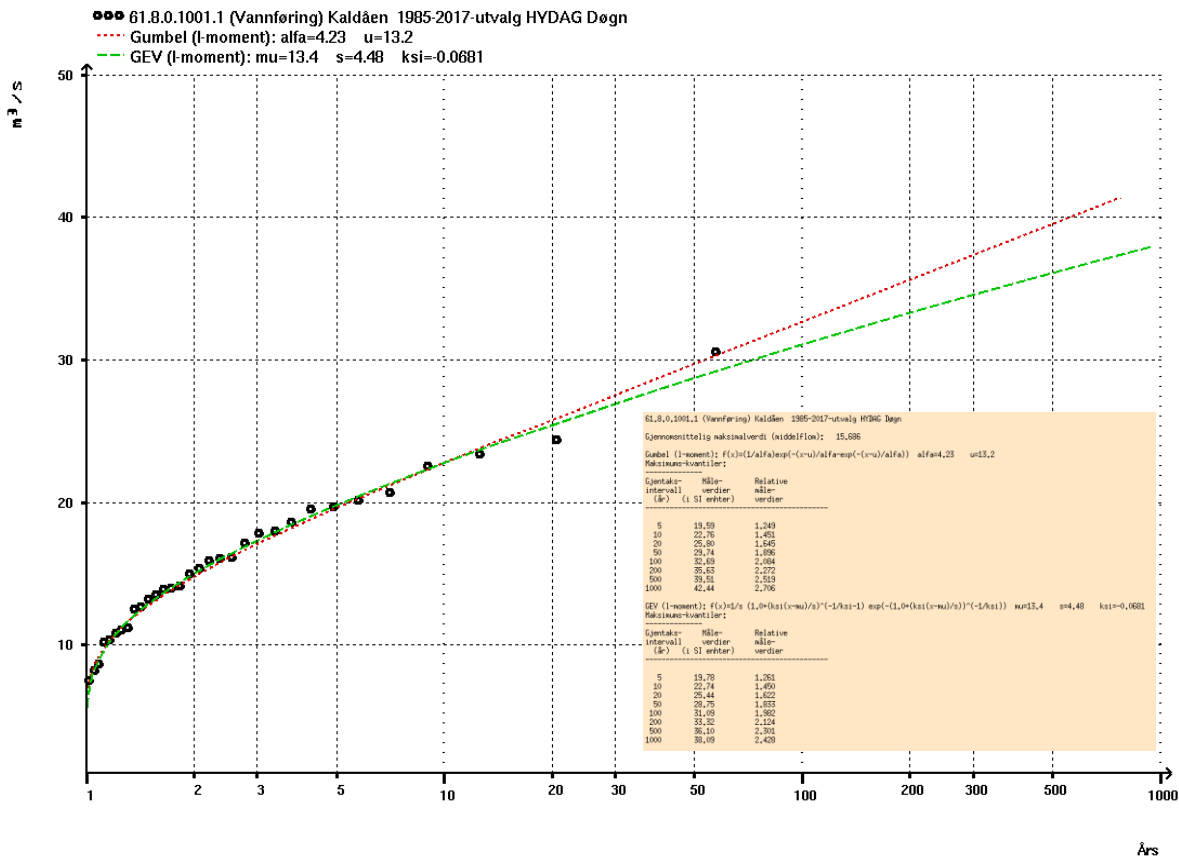


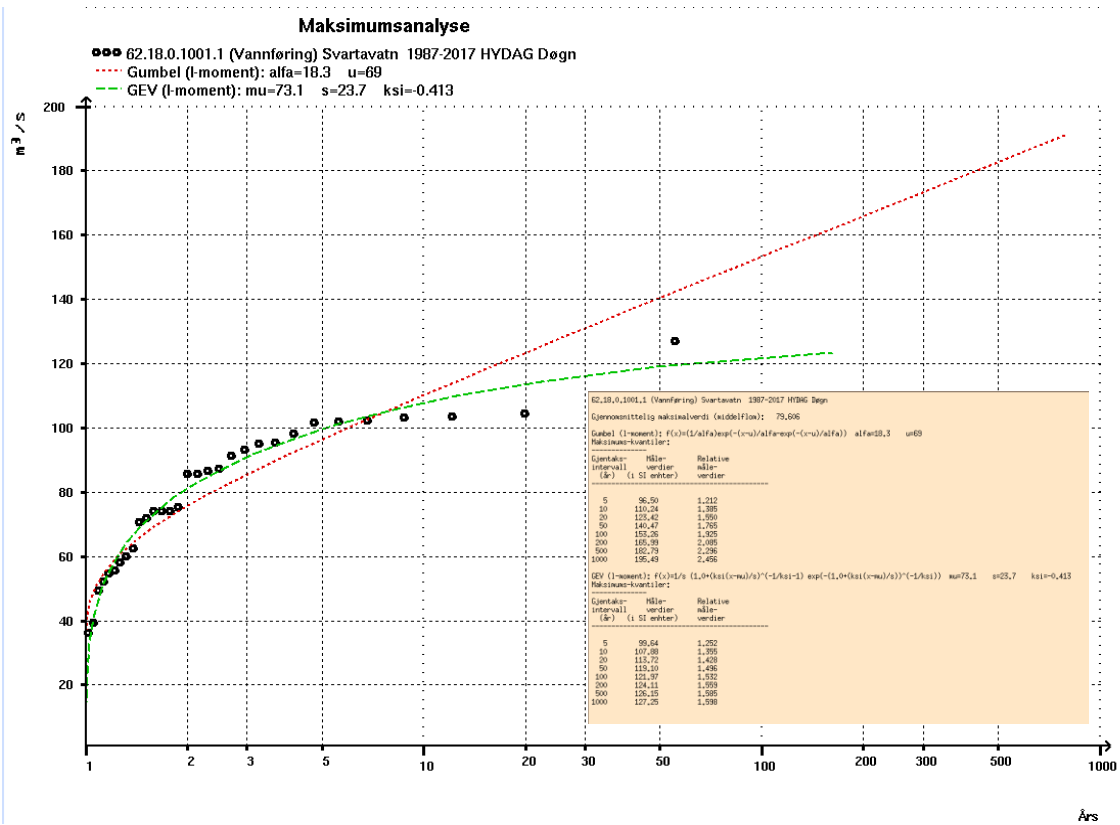
Års

Maksimumsanalyse



Maksimumsanalyse





Bilag 5 Forventet vannstands nivå i sjøen

