

Statens vegvesen

► E134 Dagslett - E18

Kommunedelplan med konsekvensutredning

Flomvurdering Lierelva

Oppdragsnr.: **5198650** Dokumentnr.: **R-007** Versjon: **J01** Dato: **2021-06-30**



Oppdragsgiver: Statens vegvesen**Oppdragsgivers kontaktperson:** Nils Brandt og Marianne Harstad Haga**Rådgiver:**

Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika

Oppdragsleder:

Kristin Brunborg Økland

Fagansvarlig:

Carolina Frias Uribe

Andre nøkkelpersoner:

Kuganesan Sivasubramaniam, Jon Olav Stranden og Gunnar Fiskum

J01	2021-06-30	Endelig rapport, felles dato	Uribe	J.O. Stranden	KBØ
B02	2021-03-05	Revidert etter kommentarer fra Svv	Uribe Kugan	J. O. Stranden G. Fiskum	KBØ
B01	2020-12-21	For gjennomgang hos oppdragsgiver	Uribe Kugan	J. O. Stranden (hydrologi) G. Fiskum (hydraulikk)	KBØ
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler.

► Sammendrag

Strekningen Dagslett – kryss E18 er en viktig del av hovedvegforbindelsen mellom E6 i Viken til Haugesund i Rogaland og er samtidig en viktig regional veg som avlaster trafikksystemet i Oslo. Etter flere tidligere runder med planlegging av denne vegforbindelsen har samferdselsdepartementet nå bedt Statens vegvesen om å igangsette en ny kommunedelplanprosess hvor alle tidligere relevante alternativ inngår. Statens vegvesen utarbeider derfor, i samråd med Lier kommune og Asker kommune, kommunedelplan med konsekvensutredning og tilhørende teknisk underlag for ny E134 på strekningen E18 i Lier til Dagslett i Asker.

I forbindelse med planlegging av alternativene Huseby og Vitbank over Lierelva og flomslettene, er det vurdert flomsituasjonen i Lierelva og gjennomført en overordnet vurdering av konsekvenser med hensyn til flom for disse alternativene. Alternativ Viker har ingen bru over Lierelva og vurderes derfor ikke. I alternativ Jensvoll er dagens bru erstattet av ny, og antas å forbedre dagens flomsituasjon. Alternativet er derfor ikke vurdert.

Det er utført flomberegninger for Lierelva med beregning av 200-års flom, inkludert sikkerhet- og klimapåslag. Det er brukt en klimafaktor på 1,3 (tilsvarende Buskerud i Tabell 404.1 i (1)), og en sikkerhetsfaktor 1,2 (sikkerhetsklasse V3). Det er utført flomberegninger med to metoder: flomfrekvensanalyse på målestasjoner i nærområdet, og formelverk fra regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018 og RFFA-1997). Disse verdiene er sammenlignet med verdiene fra flomberegning utført av NVE i 2007, i forbindelse med flomsonekartlegging. Flomanalysen resulterer i en døgnmiddelflom på 525 l/skm². Som kulminasjonsfaktor brukes 1,44. Dette gir en kulminasjonsverdi på 362 m³/s i Lierelva ved utløpet i Drammensfjorden (inkludert sikkerhet- og klimapåslag).

Vannstand i sjøen er hentet fra Kartverkets nettside «Se havnivå, tidevann og vannstand» (2). 1-års stormflo i sjøen er oppgitt til 98 cm og havstigning i år 2100 er vurdert til 52 cm. Dette gir 1-års stormflo med klimapåslag på 150 cm over NN2000.

Det er utført hydrauliske beregninger med dagens situasjon og med de planlagte vegalternativer: Huseby og Vitbank ved en 200-års flom (inkludert sikkerhet- og klimapåslag) og 1-års stormflo i Drammensfjorden. De hydrauliske beregningene er utført ved hjelp av en to-dimensjonal hydraulisk modell i programmet HEC-RAS. Området som er modellert inkluderer Lierelva og flomslettene mellom Bikkjeholmen og utløp i Drammensfjorden.

De planlagte vegene er lagt inn i modellen ved å legge vegfyllingene for hvert alternativ på toppen av dagens terreng. Brua over Lierelva i alternativ Huseby er ca. 85 m lang, mens bruha for alternativ Vitbank er 57 m lang.

Resultatene fra modelleringen er presentert i kart med oversvømte områder samt endringer av vannstander og hastigheter som følge av etablering av de planlagte vegalternativene.

Ved dagens situasjon er en betydelig andel av flomslettene flomutsatt.

Simulering av alternativ Huseby viser at området som vil få en forverret flomsituasjon som inkluderer landbruksareal, landbruksbygninger, 1 butikkbygning og flere boligbygg. Økningen av vannstanden varierer mellom 5 cm oppstrøms jernbanebru til ca. 50 cm rett oppstrøms den planlagte Huseby linjen.

Hastighetsøkningen i elveløpet rett nedstrøms bruha over Lierelva er ca. 0,70 m/s.

Simulering av alternativ Vitbank viser at området som vil få en forverret flomsituasjon som inkluderer landbruksareal, 2 landbruksbygninger og 1 boligbygg. Økningen av vannstand varierer mellom 10 og 15 cm

oppstrøms Vitbank linjen. Som følge av at mer vann vil gå i elveløpet, vil vannstand ved eksisterende bru E134 øke med ca. 25 cm. Siden bruha ikke nok kapasitet, vil vannstand nå underkant brudekke. Dette er ikke inkludert i modellen og endringene kan bli større. Økningen av hastigheter i elveløpet ved ny bru E134 er ca. 1 m/s.

Det er usikkerheter i beregningene knyttet til hvordan bruene er modellert. Det er kommet en ny versjon av HEC-RAS (6.0) som inkluderer modellering av bruer. Det er spesielt eksisterende bru E134 som er modellert på en altfor enkelt måte, som gir en lavere vannstand oppstrøms bruha enn hva som forventes når vann når underkant brudekke. Nøyaktigheten av modellen kan forbedres ved å kalibrere modellen med bruene modellert på en bedre måte.

For Huseby og Vitbank vil etablering av ny vegfylling forårsake en forverring av dagens flomsituasjon, og man vil få økning av vannstander og vannhastighet. Basert på analysene utført i denne fasen, er det et mindre antall berørte bygg for Vitbank-alternativet. For begge alternativene vil det være behov for tiltak for å redusere konsekvensene med hensyn til flom.

Etablering av lengre bruer vil kunne redusere konsekvensene av de planlagte alternativene. Dagens bru ved E134 over Lierelva har ikke nok kapasitet ved en 200-års flom inkludert klimapåslag, og det kan undersøkes om endringer i dagens krysning kan forbedre flomsituasjonen (kompenserende tiltak). Selv om bruha på Linnestranda har nok kapasitet, forårsaker den en innsnevring i vannstrømning som øker vannstand oppstrøms bruha. Det kan undersøkes om en forlengelse av bruåpningen vil senke flomvannstand (kompenserende tiltak). Kulverter under vegfyllingen kan også vurderes, men vanligvis har slike tiltak begrenset effekt.

Resultater fra simuleringene kan forbedres ved å benytte den nye Hec-Ras versjonen, eller en kombinert 1D-2D modell. I tillegg kan det være behov for å vurdere konsekvenser ved andre gjentaksintervall.

Ifølge oppmålingen av tverrprofiler fra NVE, er elvebunnen ved den eksisterende E134-brua betydelig dypere enn elveløpet oppstrøms og nedstrøms. Dette kan være forårsaket av lokal erosjon i yttersvingen. Det anbefales å undersøke erosjonsfare nærmere for å utelukke fremtidige erosjonsproblemer ved etablering av ny bru over Lierelva. Det finnes flere strekninger med erosjonssikring langs Lierelva, stort sett ved yttersvinger.

► Innhold

1	Innledning	6
2	Flomberegninger	8
2.1	Flomfrekvensanalyse	9
2.2	Formelverk for regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)	13
2.2.1	<i>Kulminasjonsverdier</i>	13
2.3	Erfaringstall, observasjoner i vassdrag og tidligere flomberegninger	14
2.4	Flomforløp	15
2.5	Klimapåslag og påslag for avrenningsberegninger fra Statens vegvesen	15
2.6	Valg av flomstørrelser	15
2.7	Vannstand i sjøen	16
3	Hydrauliske beregninger	17
3.1	Beskrivelse av vassdraget	17
3.2	Terrengdata	17
3.3	Hydraulisk modell	17
3.3.1	<i>Ruhet</i>	18
3.3.2	<i>Modellering av bruer</i>	19
3.3.3	<i>Grensebetingelser</i>	20
3.3.4	<i>Kalibrering</i>	20
3.3.5	<i>Vegalternativer</i>	21
4	Resultater	23
4.1	Dagens situasjon	23
4.2	Alternativ Huseby	23
4.3	Alternativ Vitbank	26
4.4	Usikkerhet i beregningene	29
5	Konklusjon og anbefalinger	30
6	Referanser	31
Vedlegg 32		
1	Frekvensplott	33
2	Løsmassekart fra NGI i NVE Atlas	46
3	Modellering av bruer	47
4	Erosjonssikring	52

1 Innledning

I forbindelse med planlegging av alternativene Huseby og Vitbank over Lierelva og flomslettene, er det vurdert flomsituasjon i Lierelva samt en overordnet vurdering av konsekvenser med hensyn til flom av disse alternativene. Alternativ Viker har ingen bru over Lierelva og derfor vurderes ikke. I alternativ Jensvoll er dagens bru erstattet av ny, og antas å forbedre dagens flomsituasjon. Alternativet er derfor ikke vurdert. Figur 1 viser beliggenheten til prosjektområdet og Figur 2 viser Lierelva samt eksisterende infrastruktur.

Statens vegvesens håndbok N200 (3) angir 200-års flom som dimensjonerende for veger. I tillegg bør det brukes sikkerhet- og klimapåslag angitt i samme håndboken. Statens vegvesens håndbok N400 (4) angir at fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års flom. I tillegg, bør endringer som følge av den nye vegen ikke medføre en forverring av flomsituasjon for tredje part.



Figur 1 Beliggenhet til prosjektområdet



Figur 2 Oversikt over Lierelva i prosjektområdet samt eksisterende infrastruktur

2 Flomberegninger

I forbindelse med vurdering av flomsituasjonen er det utført flomberegninger for Lierelva. Det er behov for beregning av 200- års flom, inkludert sikkerhet- og klimapåslag. Det er utført flomberegninger med to metodologier: flomfrekvensanalyse av målestasjoner i nærområdet og formelverk fra regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018 og RFFA-1997). Disse verdiene er sammenlignet med verdiene fra flomberegning utført av NVE i 2007 i forbindelse med flomsonekartlegging (5).

Elven og nedbørfeltet ligger på Østlandet. I områdene rundt Oslofjorden kan det være flommer hele året, men det er i Østfold som det er vanligst med vinterflommer. Lenger inn i landet og i vassdrag med deler av feltet over ca. 500 moh. er det i praksis ikke vinterflommer. Her dominerer flommene på våren og på høsten, men her kan det også være flommer i sommarmånedene (6).

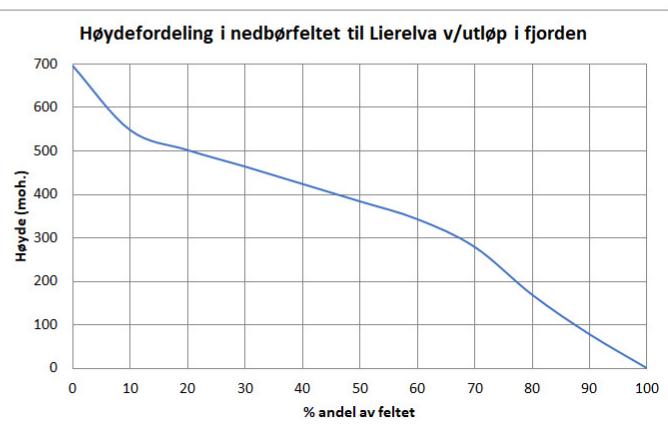
Vassdraget drenerer ned Lierdalen med stor andel landbruksområder. Fra vest drenerer nedbørfeltet store deler av Finnemarka og de viktigste sideelvene er Glitra, Sogna og Eikdambekken. Fra øst drenerer elva deler av Lierskogen og Vestmarka og viktigste sideelv er Asdøla. Store flommer forekommer som oftest i høstsesongen, men noen også om våren. Flomepisoder er normalt forårsaket av intens nedbør i form av regn med eller uten bidrag fra snøsmelting (5).

Vassdraget er regulert (ca. 45 km²). Dam Glitre demmer opp Glitre med et feltareal på 3,69 km² ved HRV. Det tappes kontinuerlig vann til vannforsyningen fra Glitre, og av hensyn til flomdempning ligger HRV 1 m under flomløpstverskelen. Under flomepisoder tappes vann gjennom flomluker etter et manøvreringsreglement.

Figur 3 viser nedbørfeltet til Lierelva ved utløp i Drammensfjorden og høydefordeling i feltet. Feltegenskapene er vist i Tabell 1.



Areal: 306,8 km²
Middelvannføring (61-90): 17,3 l/skm²
Effektiv sjøprosent: 0,2 %



Figur 3 Nedbørfelt til Lierelva ved utløp i Drammensfjorden og høydefordeling i nedbørfeltet

Tabell 1 Feltegenskaper til nedbørfeltene

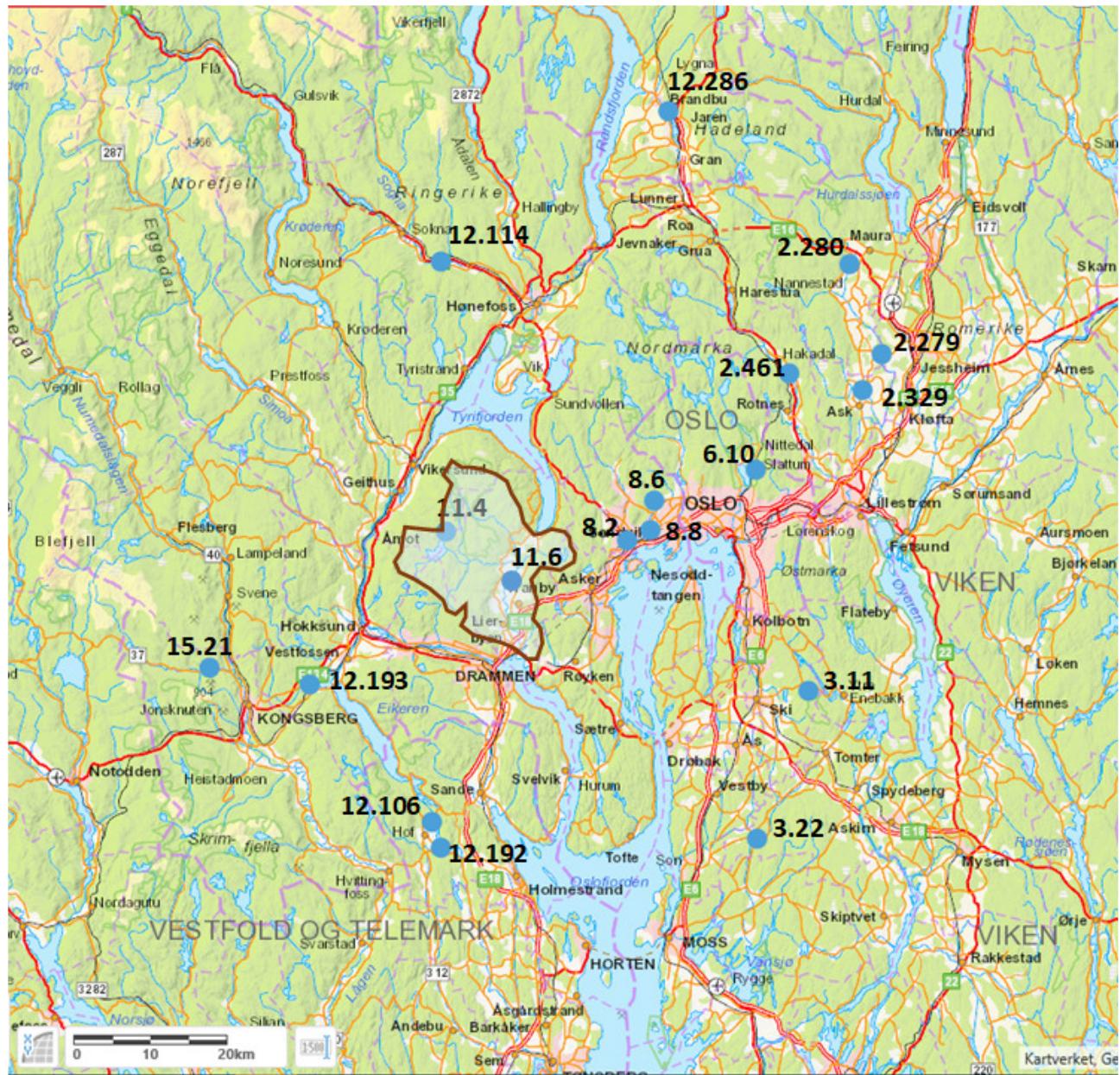
Felt	Areal (km ²)	Avrenning 1961-90 (l/skm ²)	Høyde i feltet min-med-maks (moh.)	Effektiv sjøprosent (%)	Myr (%)	Skog (%)	Dyrket mark (%)
Lierelva v/Lierbyen	267	17,1	11-403-697	0,31	3,2	80,3	9,1
Lierelva v/utløp	307	17,3	1-385-697	0,2	3	78	11

2.1 Flomfrekvensanalyse

Det finnes flere observasjoner i selve vassdraget. Målestasjon 11.6 Oppsal ligger rett nedstrøms samløp mellom Glitra og Lierelva, og har registrert data siden 1981. Stasjonen er påvirket av oppstuvning pga. innsnevring i elveløpet (5). I flomberegninger fra 2007 er dette korrigert med en hydraulisk modell og justering av de målte vannføringene (5). Målestasjon 11.4 Elgtjern ligger i øvre delen av vassdraget i Rotua, en sideelv til Glitra. Målestasjon 11.5 Justad ligger i Glitra før samløp med Lierelva, men mangler mye data. Målestasjonen 11.1 Lierbyen er nedlagt og registreringsperioden er 1969-1981. Målte vannføringer er usikre pga. oppstuvning fra havet (5). Målestasjonen 11.7 Kjellstad bru er også nedlagt og har registrert vannføringer i perioden 1989-1995. Målestasjonen ligger nærmere havet enn målestasjon 11.1 og vil også være påvirket av vannstand i havet.

Det er utført analyser av flomstørrelser i Lierelva og nærliggende vassdrag. Figur 4 viser en oversikt over utvalgte målestasjoner.

De viktigste egenskapene til målestasjonene er vist i Tabell 2. Alle feltegenskapene er beregnet med webapplikasjonen NEVINA.



Figur 4 Oversikt over målestasjoner

Tabell 2 Feltegenskaper til målestasjonene og nedbørfeltene

Målestasjon	Areal (km ²)	Effektiv sjøprosent (%)	Høyde (min-med-maks)	Myr (%)	Snaufjell (%)	Skog (%)	Urban (%)	Normal avrenning fra kart (l/skm ²)	Normal avrenning observert (l/skm ²)
11.4 Elgtjern	6,6	3,6	430-510-673	6,0	0,0	86,0	0,0	20	23
2.461 Fossen	225,0	0,6	133-430-700	3,3	0,0	85,0	0,9	33	21
12.193 Fiskum	51,5	0,1	80-277-646	3,0	0,0	88,0	0,5	18	16
15.21 Jondalselv	126,9	0,3	229-574-920	5,0	9,0	77,0	0,0	23	25
3.11 Sagstubekken	3,4	0,0	154-199-239	2,6	0,0	96,7	0,0	20	16
3.22 Høgfoss	299	0,6	47-153-347	1,2	0,0	71,2	1,7	18	16
6.10 Gryta	7,6	0,4	165-300-435	1,6	0,0	94,5	0,0	21	20
8.2 Bjørnegårdssvingen	190,8	0,1	5-341-680	2,9	0,0	83,0	4,0	19	20
8.6 Sæternbekken	6,3	0,0	102-240-420	3,4	0,0	93,3	0,5	18	18
8.8 Blomsterkroken	22,6	0,3	21-208-458	2,3	0,0	72,6	8,4	18	19
12.106 Vikevatn	132,9	2,3	37-152-625	0,0	0,0	77,9	0,8	19	24
2.280 Kringlerdal	265,6	1,1	174-519-807	5,7	0,0	84,3	0,0	20	21
2.279 Kråkfoss	435,2	0,4	105-443-807	4,1	0,0	75,6	3,2	19	20
12.286 Jaren ndf.	112,9	1,2	198-374-766	0,0	0,0	47,8	1,8	14	13
12.114 Garhammerfoss	492,3	0,3	131-446-1227	2,8	6,3	83,2	0,0	19	18
2.329 Hellen bru	82,1	0,3	126-301-560	6,3	0,0	77,0	1,3	21	19
12.192 Sundbyfoss	74,8	0,4	54-194-625	0,7	0,0	83,8	1,1	21	23
11.6 Oppsal	223	0,5	35-428-697	3,6	0,0	85,3	0,1	17	22
11.1 Lierbyen	267	0,3	11-403-697	3,2	0,0	80,3	0,8	17	19
11.7 Kjellstad bru	300	0,3	6-390-697	3,0	0,0	78,8	1,2	17	-
Lierelva v/utløp i fjorden	307	0,2	1-385-697	3,0	0,0	78,0	1,4	17	-

Tabell 3 viser middel og 1000-årsflom (årsflommer) i målestasjonene fra flomfrekvensanalysen. Den største registrerte flommen og datoen er også vist.

Tabell 3 Resultater fra flomfrekvensanalysen

Målestasjon	Periode	Antall år	Middelflom QM (l/skm ²)	Fordeling	Q200/QM	Q200 (l/skm ²)	Største obs. flom (l/skm ²)	Dato
11.4 Elgtjern	1975-2019	45	255	Gumbel	2.95	751	691	18.10.1975
2.461 Fossen	1984-2019	35	141	Gjennomsnitt GEV/Gumbel	3.28	463	408	17.10.1987
12.193 Fiskum	1976-2018	43	214	GEV/Gumbel	3.05	652	556	03.09.2015
15.21 Jondalselv	1994-2018	25	284	Gumbel	2.38	676	614	03.09.2015
3.11 Sagstubekken	1951-1974	24	236	Gumbel	2.65	627	588	29.10.1967
3.22 Høgfoss	1976-2019	44	148	Gumbel	2.33	344	340	16.10.1987
6.10 Gryta	1967-2019	53	209	Gumbel	2.44	509	397	10.10.2000
8.2 Bjørnegårdssvingen	1968-2019	51	227	GEV/Gumbel	2.51	570	630	16.10.1987
8.6 Sæternbekken	1972-2019	47	250	GEV/Gumbel	2.60	651	644	16.01.2008
8.8 Blomsterkroken	1975-2002	28	256	Gumbel	2.36	604	408	31.12.1992
12.106 Vikevatn	1918-1926/1955-1975	30	154	Gumbel	2.45	378	314	13.06.1926
2.280 Kringlerdal	1966-2019	54	178	Gumbel	2.15	383	353	16.10.1987
2.279 Kråkfoss	1966-2019	54	157	GEV	2.78	435	394	16.10.1987
12.286 Jaren ndf.	1925-2019	83	83	GEV/Gumbel	2.94	244	227	12.11.1961

12.114 Garhammersfoss	1937-1979/ 2007-2018	56	171	GEV/Gumbel	2.31	395	309	11.11.1961
2.329 Hellen bru	1970-2001	32	184	Gumbel	1.98	365	261	16.10.1987
12.192 Sundbyfoss	1976-2018	43	259	Gumbel	2.51	650	892	23.10.1976
Gjennomsnitt					2.57	518		
11.6 Oppsal	1981-2019	36	301 ¹	Gumbel	-	-	1650/641 ²	16.10.1987
11.7 Kjellstad bru	1989-1995	7	112	-	-	-	-	-
11.1 Lierbyen	1969-1981	13	162	-	-	-	-	-

Det er utført en multipel regresjonsanalyse på datasettet ovenfor for 200-års flom (Oppsal, Kjellstad bru og Lierbyen er ikke med). Denne analysen viste at feltareal, årsmiddeltilsig og effektiv sjøprosent kan forklare noe av variasjonen i den spesifikke 200-årsflommen. RegresjonsanalySEN gav en middels-lav forklaringsgrad ($R^2 = 0,41$), og ligningen blir:

$$Q_{200} [l/(s \cdot km^2)] = 632,3 - 58,9 \cdot \ln(A) - 8,6 \cdot ASE + 6,6 \cdot Q_N$$

Norconsult har nylig utført flomberegning for flere dammer i Drammensmarka (7). I flomanalsen er det utarbeidet en ligning basert på en multipel regresjonsanalyse for middelflom, med en god forklaringsgrad ($R^2 = 0,92$). Ligningen er:

$$Q_M [l/(s \cdot km^2)] = 107 - 24,80 \cdot \ln(A) + 11,32 \cdot Q_N - 26,47 \cdot ASE$$

Ved bruk av ligningene ovenfor er det beregnet flomverdiene for Lierelven ved utløp som vist i Tabell 4. Dempingseffekten av Glitre er ikke tatt med direkte, men magasinareal inngår i effektiv sjøprosent.

Multipel regresjonsanalyse på 200-års flom gir en flomverdi i Lierelven på $405 l/skm^2$. RegresjonsanalySEN underestimerer flomverdien ved Bjørnegårdssvingen ($448 l/skm^2$) og overestimerer flomverdien ved Høgfoss ($423 l/skm^2$). Multipel regresjonsanalyse på middelflom gir en spesifikk middelflomverdi på $152 l/skm^2$. Flomfrekvensanalysen ved målestasjon 11.1 Lierbyen gir en spesifikk middelflom på $162 l/skm^2$, men målestasjonen er påvirket av vannstand i sjøen.

Gjennomsnittet til vekstfaktoren Q_{200}/Q_M fra flomfrekvensanalysen er 2,57. Vekstfaktorer fra «Retningslinjer for flomberegninger» (8) for denne regionen er 2,3 (vårflokker region V1) og 3,4 høstflokker region H3 (høstflokker region H3). Gjennomsnittet mellom vekstfaktorene vår- og høstflom blir 2,85. Ved bruk av spesifikk middelflom fra regresjonsligningen ($152 l/skm^2$) samt vekstfaktorene fra flomfrekvensanalysen og gjennomsnittet vår/høst får man en 200-årsflom på mellom 390 og 430 l/skm^2 . Disse verdiene ligger mellom verdiene fra målestasjon 3.22 Høgfoss og 8.2 Bjørnegårdssvingen (Tabell 5). Disse verdiene tar ikke hensyn til den spesielle flomdempingen av Glitre, men magasinet inngår i effektiv sjøprosent av feltet til Lierelven.

Tabell 4 Flomverdier i Lierelven ved utløp beregnet med ligninger fra multiple regresjonsanalyser

$Q_M (l/skm^2)$	$Q_M (m^3/s)$	$Q_{200} (l/skm^2)$	$Q_{200} (m^3/s)$
152	47	405	124

I Tabell 5 er det listet opp målestasjoner som er vurdert mest sammenlignbare med feltet til Lierelven.

¹ Siden målestasjonen overvurderer store flokker pga. oppstuvning i elveløpet er dette tallet mest sannsynlig overestimert.

² Flomverdien fra den 16.10.1987 er i (7) korrigert fra $368 m^3/s$ til $143 m^3/s$, som tilsvarer $641 l/skm^2$.

Tabell 5 Relevante målestasjoner i vurdering av flommer i Lierelven

Målestasjon	200-årsflom, døgnverdi (l/skm ²)	Kommentarer
3.22 Høgfoss	344	Feltet til målestasjonen er på ca. samme størrelsen, har liknende normalavrenning, men ligger noe lavere enn feltet til Lierelven.
8.2 Bjørnegårdssvingen	570	Feltet til målestasjonen er mindre og har noe høyere normalavrenning enn feltet til Lierelven.

2.2 Formelverk for regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)

RFFA-2018 metoden er et stort sett med regionale flomligninger som brukes i hele landet.

Forklaringsvariabler er inndelt i feltparametre og klimatiske forhold (9). Beregningene er utført med applikasjonen NEVINA og resultater er vist i Tabell 6 (døgnverdier). Ligningene gir en 200-års flom døgnverdi i Lierelven på ca. 400 l/skm². Ligningene underestimerer 200-års flom ved målestasjon 8.2 Bjørnegårdssvingen med ca. 18 % og målestasjon 3.22 Høgfoss med ca. 7 %.

Kulminasjonsfaktorer beregnet med ligningene er lavere enn de beregnet med formelverk fra (8) og registrerte flommer ved Høgfoss.

Tabell 6 Flommer i Lierelven ved utløp og sammenlignbare målestasjoner beregnet med formelverk fra RFFA-2018 (døgnverdier)

Felt	Areal	QM (m ³ /s)	QM (l/skm ²)	Q200 (m ³ /s)	Q200 (l/skm ²)	Qmom/Qdøgn
Lierelven v/utløp	307	55.3	180	122	397	1.13
8.2 Bjørnegårdssvingen	190.8	39.8	209	90	470	1.20
3.22 Høgfoss	299	44	147	95.8	320	1.10

2.2.1 Kulminasjonsverdier

I «Retningslinjer for flomberegninger» (8) er det presentert formler for beregning av kulminasjonsfaktorer basert på feltets fysiske egenskaper (regresjonslikninger). Formlene skiller mellom vår- og høstflommer. En kulminasjonsfaktor er også beregnet med metodologien RFFA-2018 (9). Alle disse faktorene er presentert i Tabell 7.

Tabell 7 Kulminasjonsfaktorer beregnet med formler

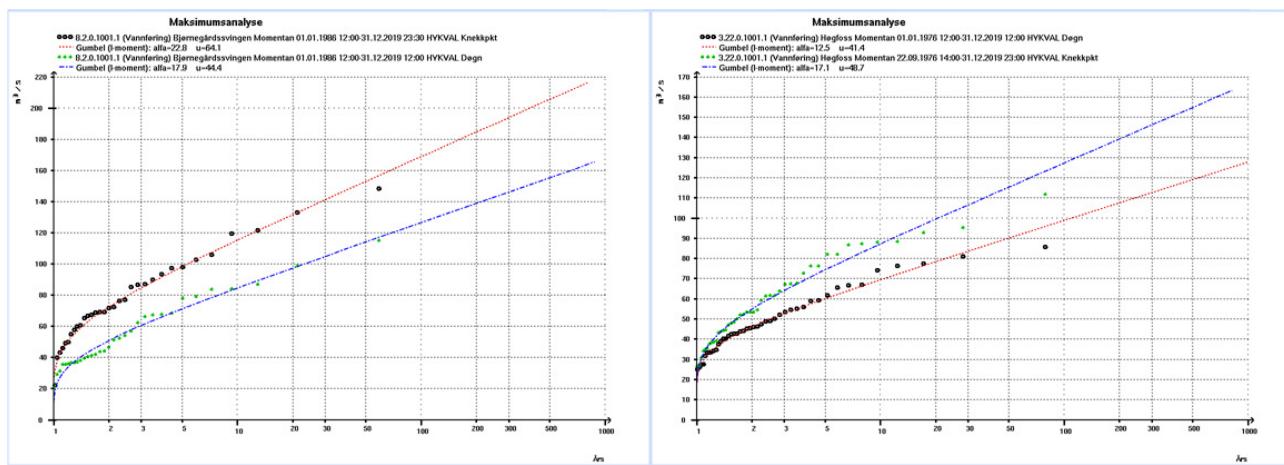
Felt	Kulminasjonsfaktor for vårflo (8)	Kulminasjonsfaktor for høstflo (8)	Gjennomsnitt vår-høst	Kulminasjonsfaktor RFFA-2018
Lierelva v/utløp	1,24	1,44	1,34	1,13

Målestasjonen 8.2 Bjørnegårdssvingen har registrert momentandata i perioden 1986-2019 (33 år) og det er sett på kulminasjonsforholdene til de 4 største flommene. Disse varierer fra 1,33 til 1,67.

Målestasjon 3.22 Høgfoss har registrert momentandata i periode 1976-2019. Det finnes dessverre ikke finoppløste vannføringsdata for den største registrerte flommen den 16.10.1987, men kulminasjonsfaktoren for de fire største flommene varierer mellom 1,19 og 1,57.

Figur 5 viser frekvensplott for momentan- og døgnflomverdier ved målestasjon Bjørnegårdssvingen og Høgfoss. For en 200-års flom er kulminasjonsfaktorer fra flomfrekvensanalysen ved Bjørnegårdssvingen og Høgfoss henholdsvis 1,33 og 1,29.

Det vurderes at det må kunne forventes en **kulminasjonsfaktor for høstflom på 1,44**, og denne brukes videre i beregningene.



Figur 5 Frekvensplott for målestasjon 8.2 Bjørnegårdssvingen og 3.22 Høgfoss, momentan og døgnverdier

2.3 Erfaringstall, observasjoner i vassdrag og tidligere flomberegninger

Erfaringstall fra flomberegninger på Østlandet i middels store felt, 50 - 500 km² gir døgnmiddelverdier for 1000-års flom på mellom 350 - 1100 l/skm², under 500 l/skm² lengst øst og over 1000 l/skm² aller lengst vest i området (8). Vekstfaktoren Q200/Q1000 ligger ofte på ca. 0,85. Verdiene fra flomfrekvensanalysen ligger i det lavere sjiktet fra erfaringstallene (Q1000 = ca. 490 l/skm²).

I (7) er det oppgitt en 1000-års tilsigsflom for Glitre-feltet på 650 l/skm². Antatt en faktor Q200/Q1000 på 0,85 blir Q200 lik 550 l/skm². Glitre-feltet er vesentlig mindre enn nedbørfeltet til Lierelva ved utløp i sjøen, men har en større effektiv sjøprosent, og det forventes derfor en lavere spesifikk avløpsflomverdi for Lierelva sammenlignet med tilsigsflommen til Glitre.

Norconsult har i 2018 beregnet flomverdier i sideelver til Lierelva (10): Sandakerelva (14,7 km²) og Grobruelva (11,3 km²). Beregnede 200-års døgnflomverdier er 630 l/skm² ved Sandakerelva og 660 l/skm² ved Grobruelva. Begge feltene er vesentlig mindre enn nedbørfeltet til Lierelven ved utløp i sjøen, og det forventes en vesentlig lavere spesifikk avløpsflomverdi for Lierelva sammenlignet med disse feltene.

I (11) er det oppgitt to store flommer ved målestasjon 11.6 Oppsal i 1987 og 2007, estimert til henholdsvis 143 m³/s og 144 m³/s. Målestasjonen har et nedbørfelt på 223 km². Antatt en kulminasjonsfaktor på 1,45 tilsvarer disse **observasjonene en døgnflomverdi på ca. 440 l/skm²**.

Middel- og 200-års flomverdiene beregnet i 2007 (5) er gjengitt i Tabell 8, disse er kulminasjonsverdier. Antatt en kulminasjonsfaktor på 1,45 er middel og 200-års flom **døgnverdier henholdsvis 230 og 570 l/skm²**.

Tabell 8 Middel- og 200-års flom fra (5), kulminasjonsverdier

Sted	Areal	QM (m ³ /s)	QM (l/skm ²)	Q200 (m ³ /s)	Q200 (l/skm ²)
Lierelva ved Lierbyen	266	88	331	219	823
Lierelva ved utløp i sjøen	310	103	332	258	832

Både observasjoner i vassdrag og tidligere flomberegninger gir vesentlige større flomverdier enn det som er beregnet med flomfrekvensanalyse og RFFA-2018. Flomverdiene ved målestasjonene ble i (5) korrigert ved bruk av en hydraulisk modell fordi vannstand ved målestasjonen er påvirket av oppstiving i elven. Vi mener at observasjoner i vassdrag bør vektlegges og 200-års flom bør ligge over disse (vurdert til 440 l/skm²), samt at flomverdien bør ligge lavere enn de fra de mindre feltene (550 – 660 l/skm²).

2.4 Flomforløp

Det er konstruert et flomforløp basert på flomfrekvensanalyser for varigheter 1-3 døgn for Bjørnegårdssvingen. Flomtoppen er lagt mellom døgn 1 og 2.

Tabell 9 Forhold mellom 1, 2 og 3 døgn flomverdier basert på flomfrekvensanalyser for Bjørnegårdssvingen

1 døgn	2 døgn	3 døgn
1,0	0,76	0,64

2.5 Klimapåslag og påslag for avrenningsberegninger fra Statens vegvesen

NVE har i 2016 utgitt publikasjon «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» (12). Framskrivningene tyder på en økt tendens for høst-/vinterflomvannføringen i nedbørfelt som ligger mindre enn 100 km fra kysten. (12) anbefaler en 20 % økning i større vassdrag (> 100 km²) nær kysten med størstedelen av nedbørfeltet i lavereliggende områder.

Iht. vedlegg A i (12) er forventet økning i 200-årsflom i periode 2071-2100 for målestasjoner 3.22 Høgfoss og 8.2 Bjørnegårdssvingen henholdsvis 16 og 17 % (forventningsverdi fra scenario RCP 8.5), og 39 og 30 % (90-persentil fra scenario RCP 8.5).

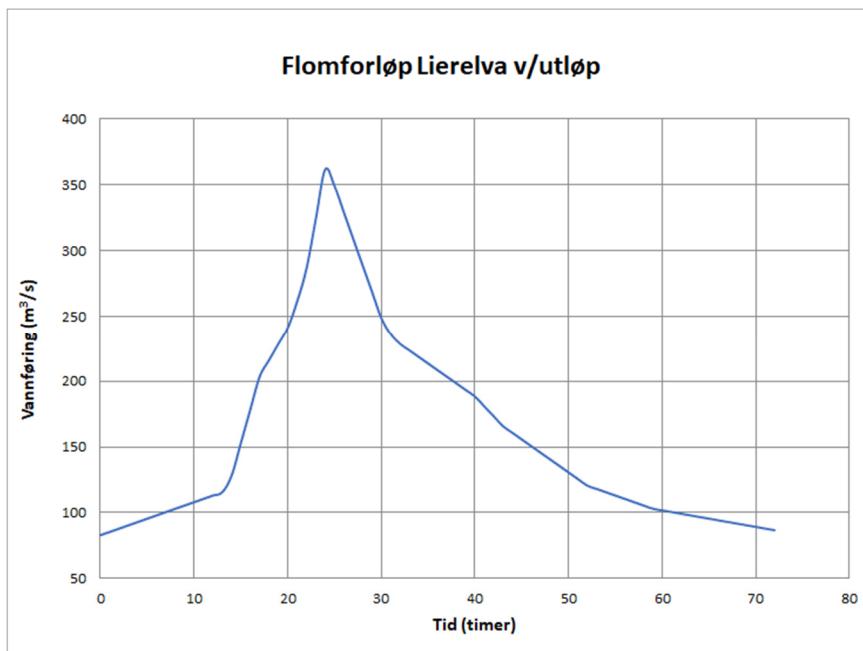
Statens vegvesen har ellers egne anbefalinger for vurdering av dimensjonerende avrenning (3). Det skal brukes en faktor for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer og en annen faktor for å ta hensyn til usikkerheten i beregning av dimensjonerende flom (3). For store nedbørfelt (areal > 10 km²) bør det brukes en **klimafaktor på 1,3** (tilsvarende Buskerud i Tabell 404.1 i (1)). For veg i sikkerhetsklasse V3 er **sikkerhetsfaktor 1,2**.

2.6 Valg av flomstørrelser

Tidligere observasjoner av flomhendelser er vurdert til ca. 440 l/skm² (døgnverdi). 200-års flom døgnverdi ved Bjørnegårdssvingen er vurdert til 570 l/skm². Feltet ligger ca. 20 km nordøst for Lierelven, er litt mindre og har noe høyere normalavrenning enn feltet til Lierelven. Det vurderes at 200-års spesifikk flomverdi for

Lierelven v/utløp bør ligge litt lavere enn den fra Bjørnegårdssvingen. Observasjoner i vassdraget antyder at 200-års flom bør være større enn resultater fra den regionale flomfrekvensanalysen. Basert på dette velges å øke døgnflomverdi til 525 l/skm² (døgnverdi). Dette er noe lavere enn flomberegninger utført av NVE i 2007. Det forventes at flomdempingen i Glitre vil kunne redusere flommen i Lierelva. Samlet for Lierelva utgjør Glitre likevel en relativt liten del av feltet, og påvirker flomverdien i begrenset grad. Ved å overse dempningen som oppstår på grunn av hvordan Glitre reguleres ved flom, kan det likevel forventes at resultater uten ruting er på konservativ side.

For videre beregninger brukes en døgnflomverdi på 525 l/skm². Som kulminasjonsfaktor brukes 1,44. For å ta hensyn til fremtidige effekten av klimaendringer brukes det et klimapåslag på 30 %. For å ta hensyn til usikkerheter i beregning av dimensjonerende flom, brukes det en sikkerhetsfaktor på 1,2. Figur 6 viser flomforløp med varighet 3 døgn for Lierelva ved utløp i sjøen. Vannlinjeberegninger starter i Lierelva ved E18 med et nedbørfelt på ca. 300 km². Dette gir en kulminasjonsverdi på 362 m³/s i Lierelva ved utløpet i Drammensfjorden.



Figur 6 Flomforløp i Lierelva ved utløp, 200-årsflom med klimapåslag (30 %) og usikkerhetspåslag (20 %)

2.7 Vannstand i sjøen

Vannstand i sjøen er hentet fra Kartverkets nettside «Se havnivå, tidevann og vannstand» (2). For sikkerhetsklasse F2 i (13) er vannstand i sjøen oppgitt til 216 cm over NN2000. Denne vannstanden inkluderer klimapåslag. 1-års stormflo i sjøen er oppgitt til 98 cm og havstigning i år 2100 er vurdert til 52 cm. Dette gir 1-års stormflo med klimapåslag på 150 cm over NN2000 (1,5 moh. i NN2000). Det er lite sannsynlig at 200-års flommen vil inntrefte samtidig som en 200-års vannstand i Drammensfjorden. For vurdering av flomsituasjon og konsekvenser av de planlagte veglinjene benyttes:

- 200-års vannføring i Lierelva kombinert med 1-års stormflo i sjøen (klimapåslag på sjøvannstand)

Denne situasjonen forventes å gi de største konsekvenser av ny vegutbygging. For dimensjonering av minimum underkant brudekke, bør også situasjonen med 200-års vannstand i sjøen (klimapåslag på sjøvannstand) kombinert med middelflom i Lierelven vurderes.

3 Hydrauliske beregninger

Det er utført hydrauliske beregninger med dagens situasjon, og med de planlagte vegalternativer: Huseby og Vitbank.

3.1 Beskrivelse av vassdraget

Vassdraget renner ned Lierdalen og har landbruksområder langs elva. Lierelva er en meandrerende og terrenget bærer preg av gamle elveløp. Elva renner gjennom elveavsetninger og på enkelte steder er det innslag av hav-avsetninger. Ved utløpet i Drammensfjorden ligger Linnestranda naturreservat.

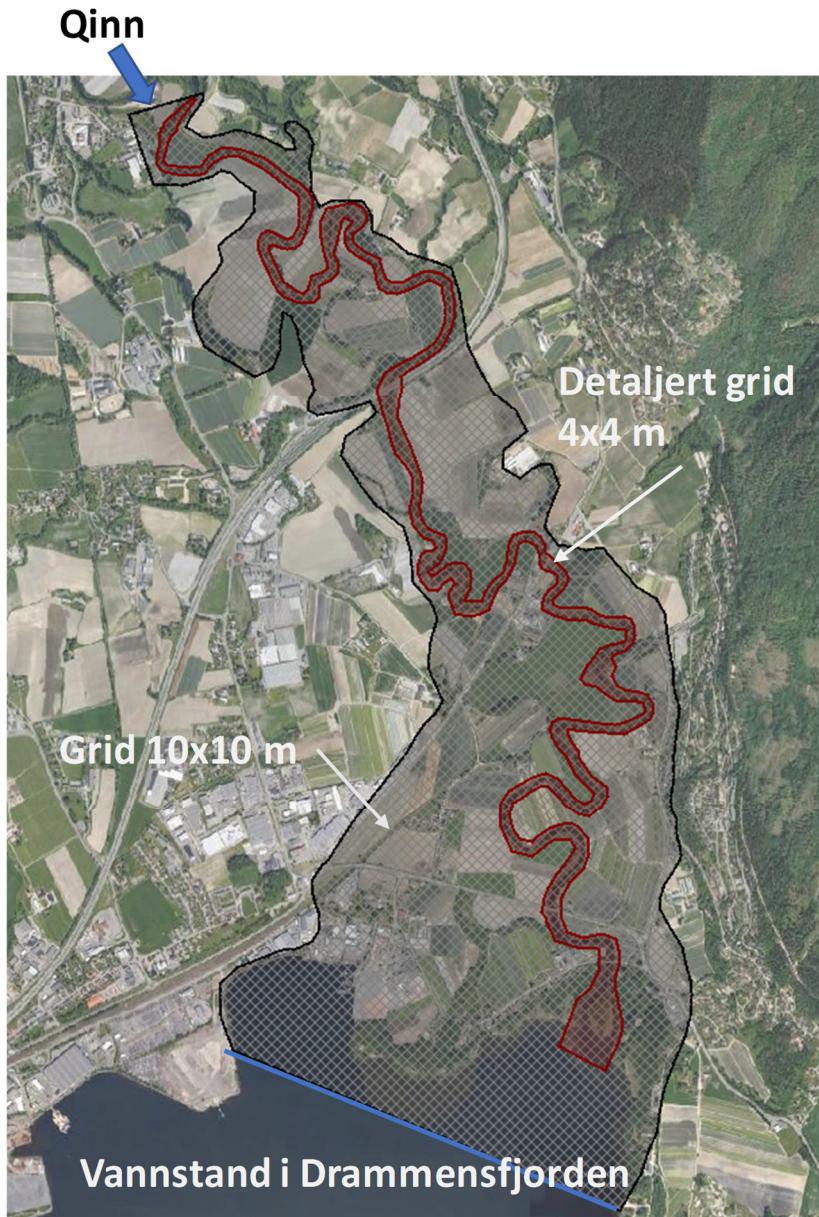
3.2 Terrengdata

Grunnlag for de hydrauliske beregninger er laserdata for området fra 2017 med 0,25 m oppløsning hvor nøyaktigheten / tettheten er 5 pkt. per kvadratmeter (14). Området ble laserskannet den 24 og 25. mai 2017. Høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000 og det er benyttet prosjeksjon NTM 10.

3.3 Hydraulisk modell

Det er utarbeidet en to-dimensjonal hydraulisk modell i programmet HEC-RAS, versjon 5.0.7. For mer informasjon om beregningsprogrammet henvises til HEC-RAS manualer (15). Området som er inkludert i modellen er vist i Figur 7, og inkluderer Lierelva og flomslettene mellom Bikkjeholmen og utløp i Drammensfjorden. Elveløpet er modellert med et grid hvor cellestørrelsen er 4 x 4 m, mens flomslettene har en cellestørrelse på 10 x 10 m. Opplysninger om elvebunnen er hentet fra oppmålinger utført av NVE i forbindelse med flomsonekartlegging i 2007 (11). Profilene fra NVEs modell er justert til NN2000-høydesystem, og deretter er elvebunnen tegnet inn basert på interpolasjon mellom profilene (egent verktøy i Hec-Ras).

Modellen er kjørt med likninger for «full momentum» og tidskritt slik at courant-nummer blir lavere enn 1,0.



Figur 7 2D-modell i Hec-Ras.

3.3.1 **Ruhet**

Friksjonsforhold er bestemt basert på arealbruk og klassifiseringen i publikasjonen «AR5 Klassifikasjonssystem - Klassifisering av arealressurser» (16). Arealtype langs vassdragene er i FKB-databasen klassifisert i forskjellige type arealer. Tabell 10 viser de relevante arealtypene og friksjonsforhold. Valgt ruhet er basert på flyfoto og bilder samt erfaringstall fra litteratur (17).

Tabell 10 Arealtype og friksjonsforhold benyttet i HEC-RAS modell.

Arealtype	Gauckler-Manning koeffisient «n» (s/m ^{1/3})
Fulldyrka jord	0,045
Skog	0,08
Åpen fastmark	0,045
Elv og hav	0,030
Samferdsel/ betong flatter	0,017 – 0,02

3.3.2 Modellering av bruer

I Hec-ras versjon 5.0.7 er det ikke mulig å modellere bruene med pilarer og brudekke. Derfor er bruene modellert som terskler i elveløpet. På denne måte er både landkar og pilarer inkludert i geometrien, men ikke brudekkene. Geometrien til bruene er hentet fra Hec-Ras modellen benyttet i flomsonekartlegging i 2007 (11) samt brutegninger. Figur 8 viser eksisterende bru over Lierelva som er inkludert i modellen. De planlagte bruene er modellert som åpningen mellom vegfyllingene, beskrevet i kapittel 3.3.5.

Modeller av bruene samt brutegningene til eksisterende bruene er vist i vedlegg 3. Avledningskoeffisienter ved bruene er satt til 1,35, bortsett fra bru E134 som er simulert med en avledningskoeffisient på 1,7 (nærmore kritisk strømning).



Figur 8 Eksisterende bruer over Lierelva på den modellerte strekningen (kilde: NVE Atlas)

3.3.3 Grensebetingelser

Som grensebetingelser er det lagt inn 200-års vannføring i Lierelva 362 m³/s (kulminasjonsverdi), kombinert med 1-års stormflo i sjøen (1,5 moh.). Det er også modellert dagens situasjon med flomforløpet vist i Figur 6, men dette ga ikke betydelige forskjeller.

3.3.4 Kalibrering

For kalibrering av modellen er det benyttet data fra 2007-flommen vist i flomsonekartlegging (11). Registrerte vannstandsverdier er gjengitt i Tabell 11 sammen med resultater fra 2D-modellen. Modellen gir konsekvent

høyere vannstandsverdier enn vannstand registrert i 2007-flommen, opp til ca. 30 cm på enkelte steder. Dette kan være pga. måten som bruene er modellert (se avsnitt 3.3.2). I så fall vil dette ha lite betydning når man vurderer konsekvensene av de planlagte vegene da man sammenligner resultater før og etter tiltak beregnet med samme modell.

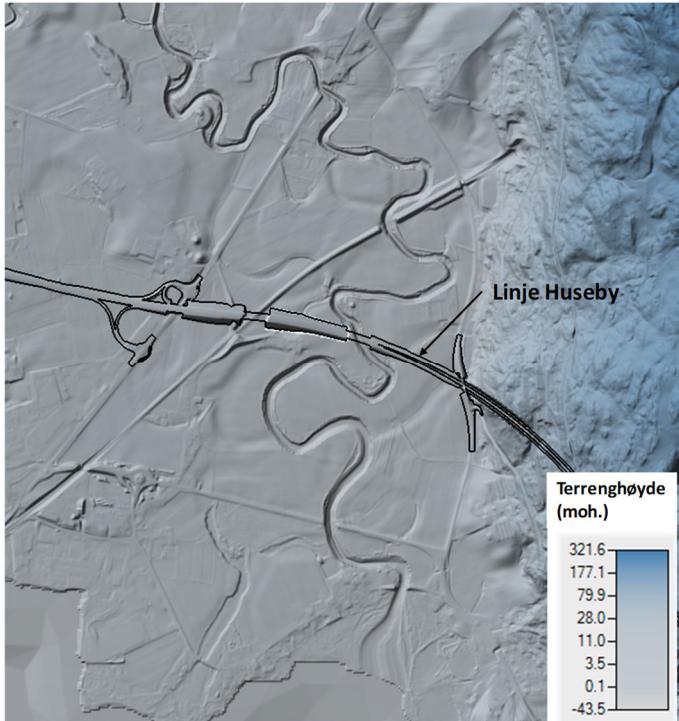
Tabell 11 Kalibreringsdata

Sted	Profilnr. NVE	Vannstand i NN1954 (moh.)	Vannstand i NN2000 (moh.)	Vannstand i 2D-modell NN2000 (moh.)
Oppstrøms E18 bru	13.1	6,65	6,78	6,90
Nedstrøms E18 bru	12.9	6,34	6,47	6,60
	12	6,30	6,43	6,43
Oppstrøms bru	9.1	5,44	5,57	5,85
Bru Husebysletta	9	5,42	5,55	5,77
Nedstrøms bru	8.9	5,25	5,38	5,46
Jernbanebru	7	4,11	4,24	4,50
Oppstrøms E134-bru	3.1	1,65	1,78	2,10
Nedstrøms E134-bru	2.9	1,50	1,63	1,74
Bru Linnestranda	2	0,60	0,73	1,32 ¹
Vannstand i fjorden		0,55	0,68	0,68

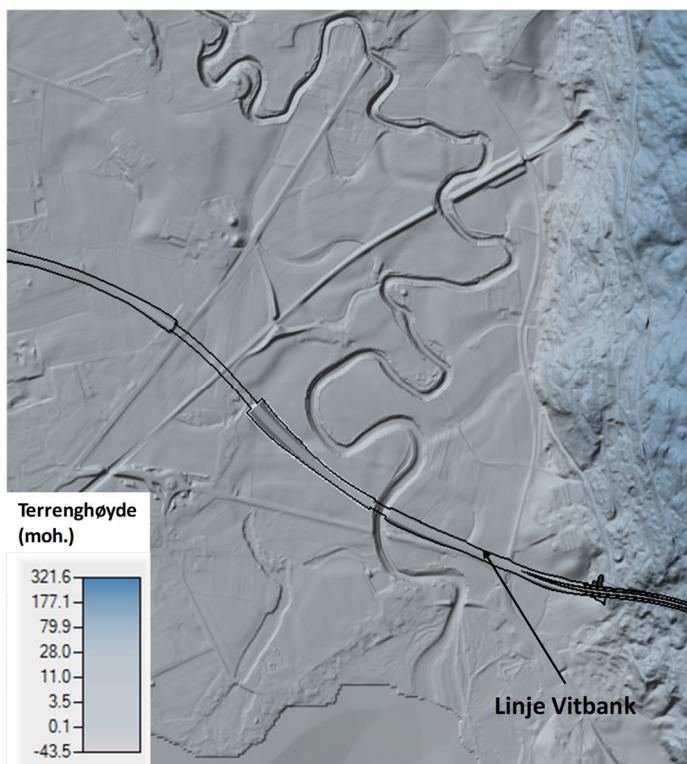
¹ Vannstand nedstrøms Linnestranda bru er 0,87 moh.

3.3.5 Vegalternativer

De planlagte vegene er lagt inn i modellen ved å legge vegfyllingene for hvert alternativ på toppen av dagens terrenn. Figur 9 og Figur 10 viser henholdsvis alternativ Huseby og Vitbank. Brua over Lierelva i alternativ Huseby er ca. 85 m lang, mens bru for alternativ Vitbank er 57 m lang (tilsvarende hva som er vist i optimalisering).



Figur 9 Vegalternativ Huseby



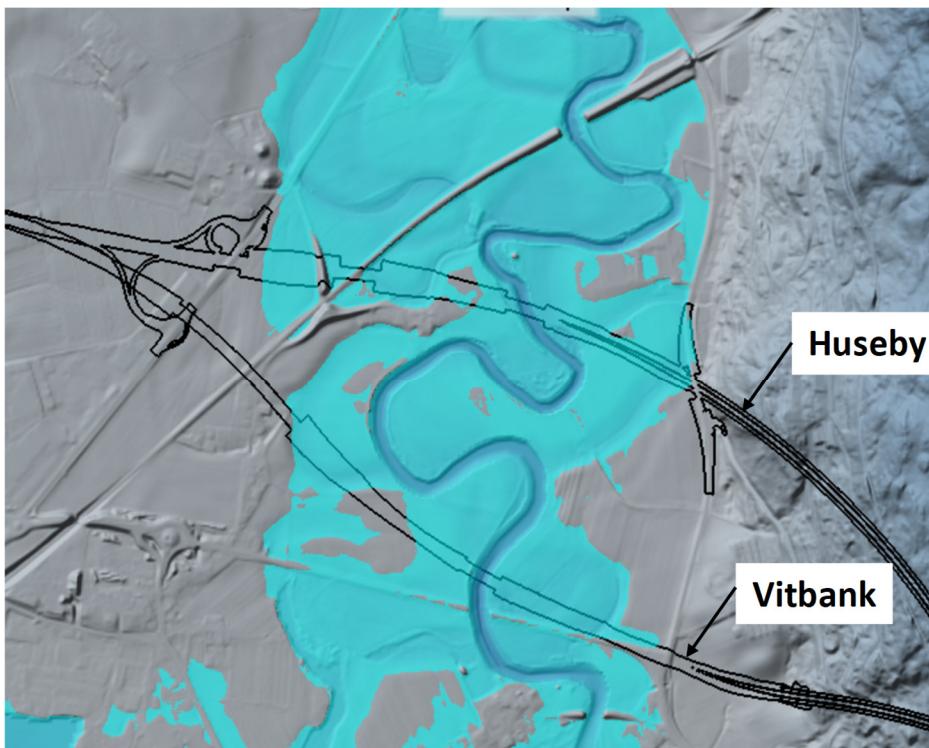
Figur 10 Vegalternativ Vitbank

4 Resultater

Resultatene fra modelleringen er presentert i kart med oversvømte områder samt endringer av vannstander og hastigheter som følge av etablering av de planlagte vegalternativene.

4.1 Dagens situasjon

Figur 11 viser områder som blir berørt av flom i dagens situasjon samt de planlagte vegtraseene til Huseby og Vitbank. Begge alternativene vil krysse Lierelva på et flomutsatt område. Det bemerkes at dagens E134-bru har for lite kapasitet til å avlede en 200-års flom med klimapåslag, og vann vil renne over vegen. Vannnivå ved en 200-års flom er ca. 3,4 m over vannstand i elva ved laserskanning (antatt å være normalt vannnivå).



Figur 11 Flomutsatt område i dagens situasjon og planlagt veglinjer Huseby og Vitbank

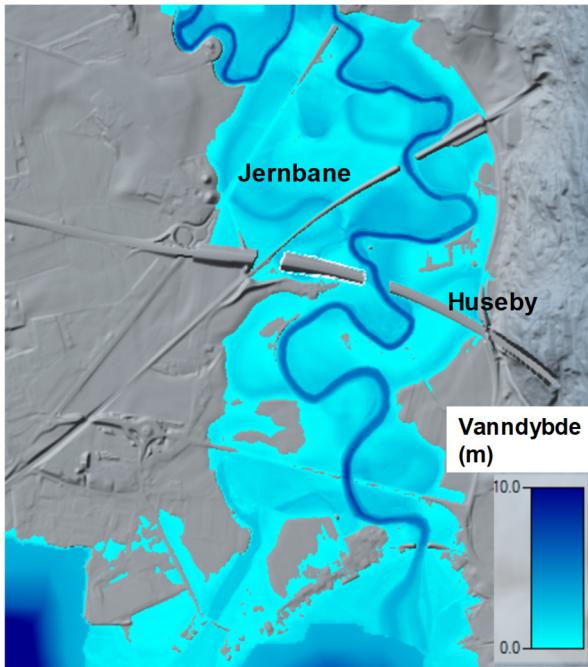
4.2 Alternativ Huseby

Figur 12 viser flomutsatt område med Huseby-alternativet og 200-års flom, inkludert klima- og sikkerhetspåslag. Figur 13 viser et lengdeprofil med dagens vannstand og med ny veg. Ny vegfylling vil forårsake oppstuvning av vannet sammenlignet med dagens situasjon. Vannstandsøkningen i elveløpet oppstrøms bruhaugen er ca. 20 cm. Figur 14 viser kart med økning av vannstander og hastigheter, samt eksisterende bygg.

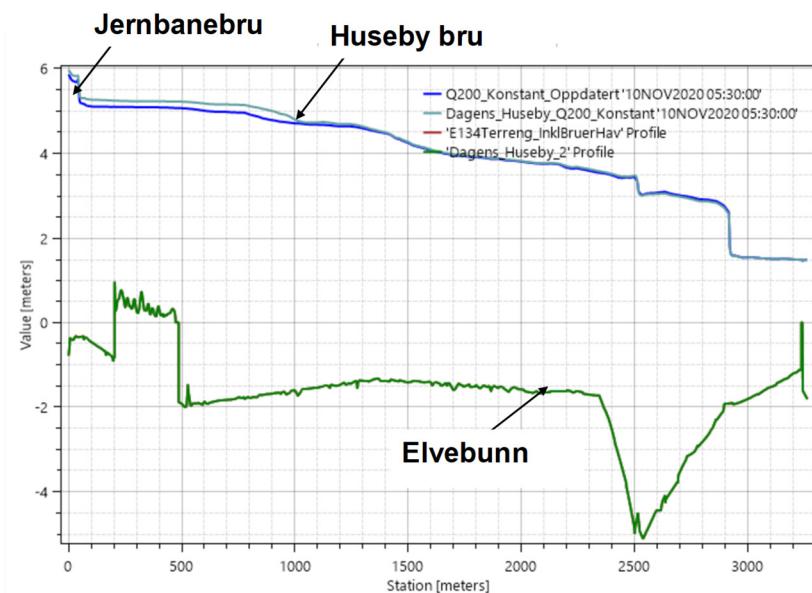
Området som vil få en forverret flomsituasjon omfatter landbruksareal, landbruksbygninger, butikkbygning og boligbygg. Opplysninger om type bygg er hentet fra FKB-database. Rett oppstrøms Huseby-linja vil et «annet boligbygg» og et landbruksbygg få en vannstandstigning på ca. 50 cm (merket med rød farge, figur 14). I dagens situasjon er vanndybder ved disse byggene på mellom ca. 0,7 og 1,0 m. Ca. på samme sted vil en boligbrakke og et landbruksbygg få ca. 10 – 15 cm økt vannstand (merket med oransje farge, figur 14). I dagens situasjon er vanndybder ved disse byggene på mellom ca. 0,1 og 0,3 m. Oppstrøms jernbanebrua vil

en butikk og ett våningshus få en vannstandstigning på ca. 5 cm (oransje farge). I dagens situasjon er vanndybder ved disse byggene på mellom ca. 0,1 og 1,2 m. Oppstrøms veg Husebysletta vil 2 våningshus, en enebolig og noen landbruksbygg få en vannstandstigning på ca. 6 cm (oransje farge). I dagens situasjon er vanndybder ved disse byggene på mellom ca. 0,05 og 0,7 m.

Hastighetsøkningen i elveløpet rett nedstrøms bru over Lierelva er ca. 0,70 m/s (grønn farge i Figur 15).

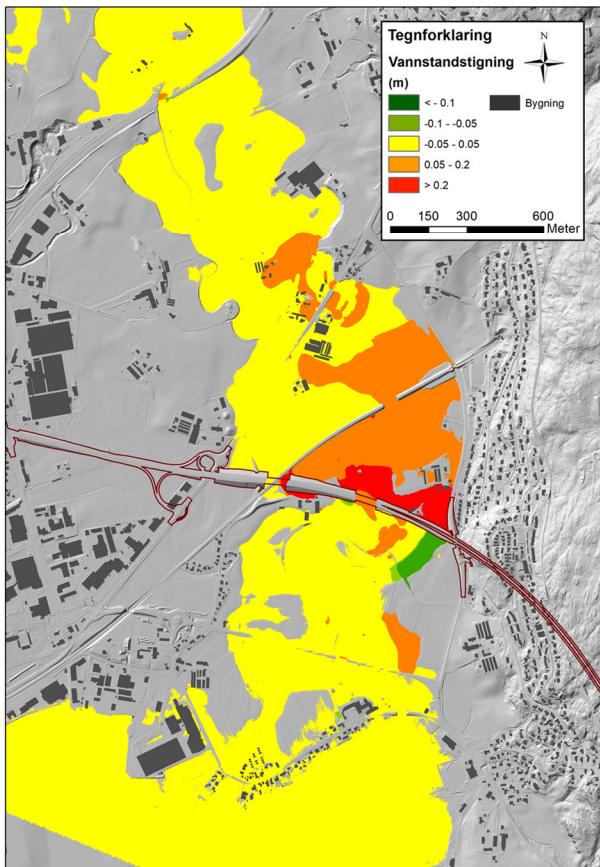


Figur 12 Flomutsatt område ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetspåslag) og ny E134 alternativ Huseby

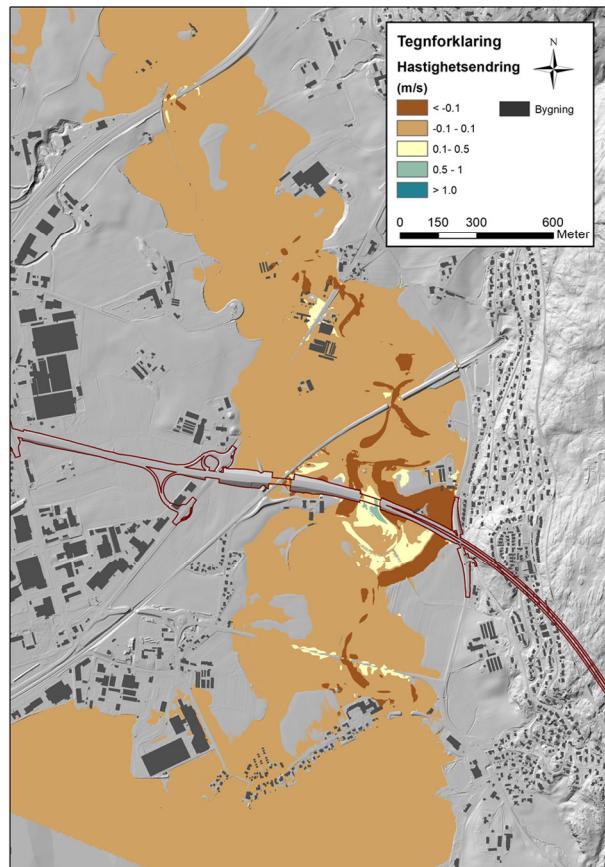


Figur 13 Lengdeprofil med vannstand ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetspåslag) ved dagens situasjon og med ny E134 alternativ Huseby.

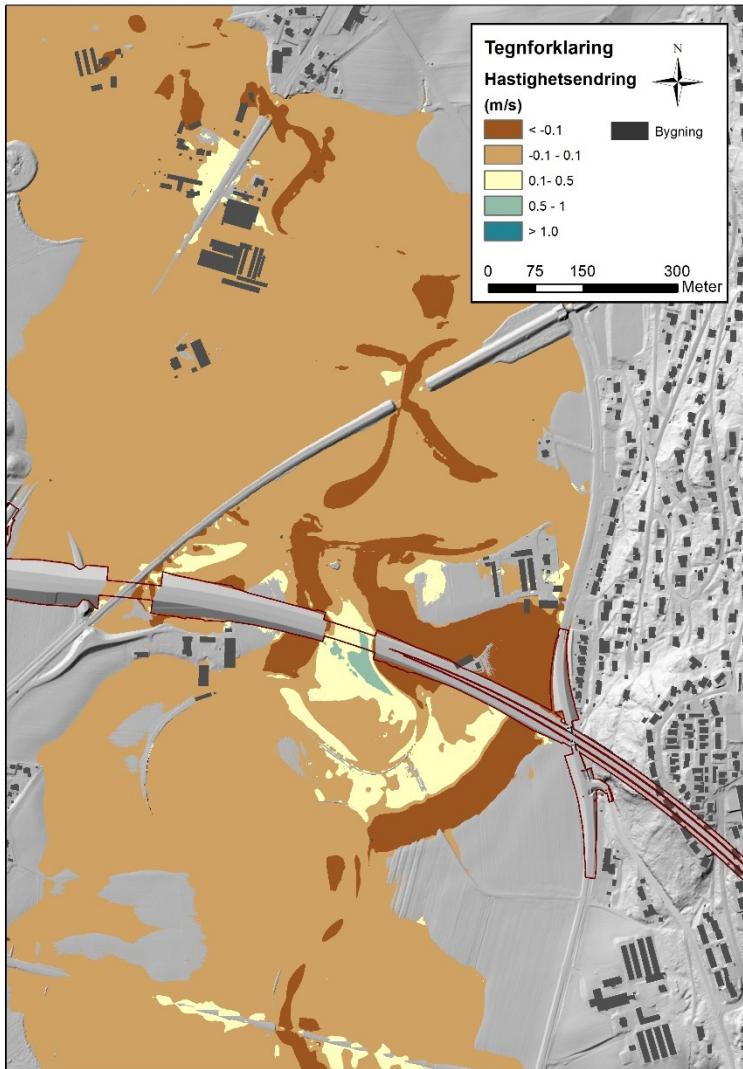
Vannstandsøkning



Økning i hastigheter



Figur 14 Vannstand- og hastighetsøkning som følge av ny E134 alternativ Huseby ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetspåslag).



Figur 15 Hastighetsøkning som følge av ny E134 alternativ Huseby ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetspåslag), detaljkart.

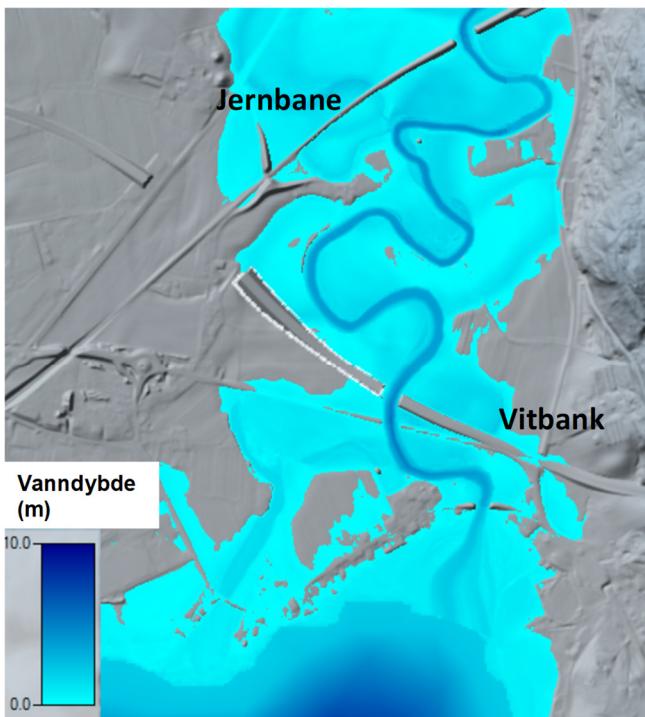
4.3 Alternativ Vitbank

Figur 16 viser flomutsatt område med Vitbank-alternativet og en 200-års flom, inkludert klima- og sikkerhetspåslag. Figur 17 viser et lengdeprofil med dagens vannstand og med ny veg. Ny vegfylling vil forårsake oppstuvning av vannet sammenlignet med dagens situasjon. Vannstandsøkningen i elveløpet oppstrøms bru er ca. 20 cm. Figur 18 viser kart med økning av vannstander og hastigheter.

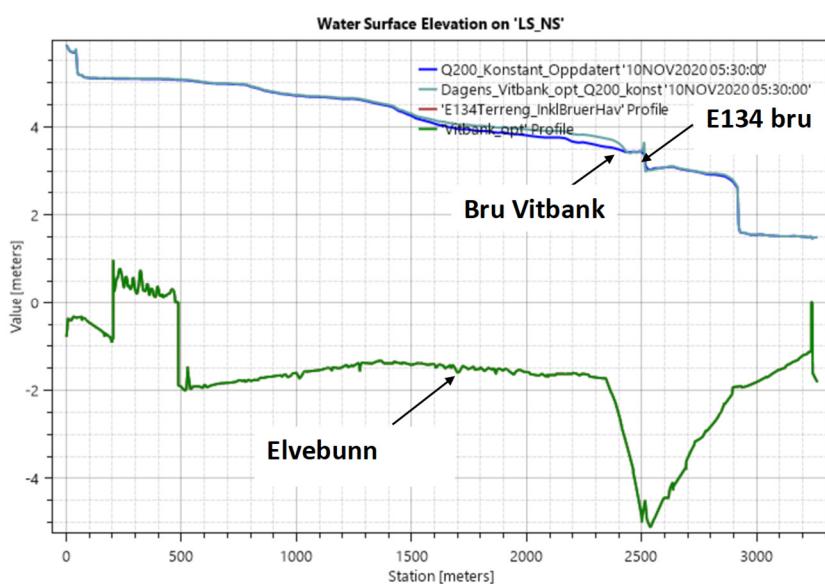
Området som vil få en forverret flomsituasjon omfatter landbruksareal, 2 landbruksbygninger og 1 boligbygg. Opplysninger om type bygg er hentet fra FKB-database. Oppstrøms Vitbank traséen og nedstrøms jernbanen vil et boligbygg få en vannstandstigning på ca. 15 cm (merket med oransje farge, figur 18). Ca. på samme sted vil to landbruksbygg få en vannstandstigning på ca. 10 cm (merket med oransje farge, figur 18). I dagens situasjon er vanndybder ved disse byggene på mellom ca. 0,2 og 0,4 m. Vannstand ved

eksisterende E134-bru vil øke med ca. 25 cm. Siden bruhaugen ikke har nok kapasitet, vil vannstand nå underkant brudekken. Dette er ikke inkludert i modellen og endringene kan bli større.

Økningen av hastigheter i elveløpet ved ny bru E134 er ca. 1 m/s (grønn farge i høyre kart i Figur 18 og Figur 19). Det blir en økning av hastighet helt ned til eksisterende bru 134.

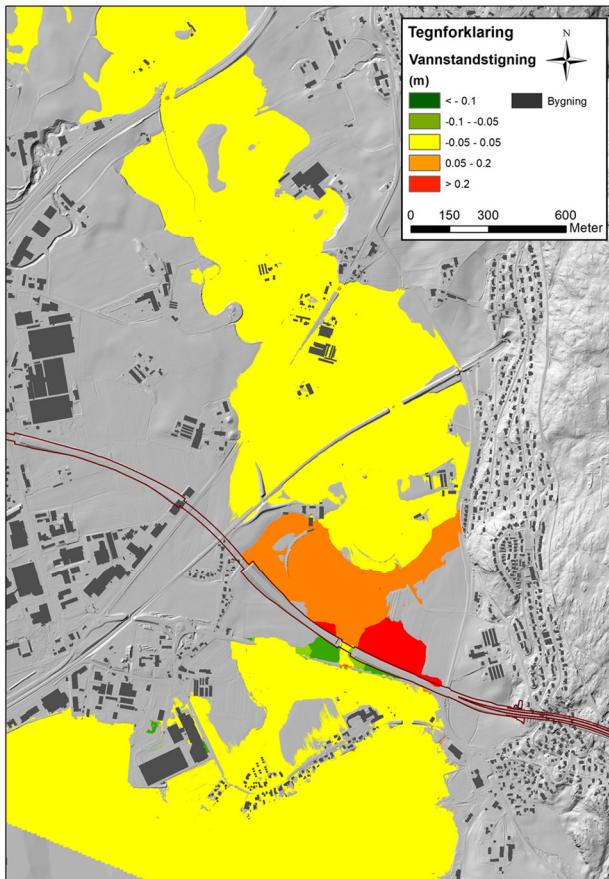


Figur 16 Flomutsatt område ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetspåslag) og ny E134 alternativ Vitbank.

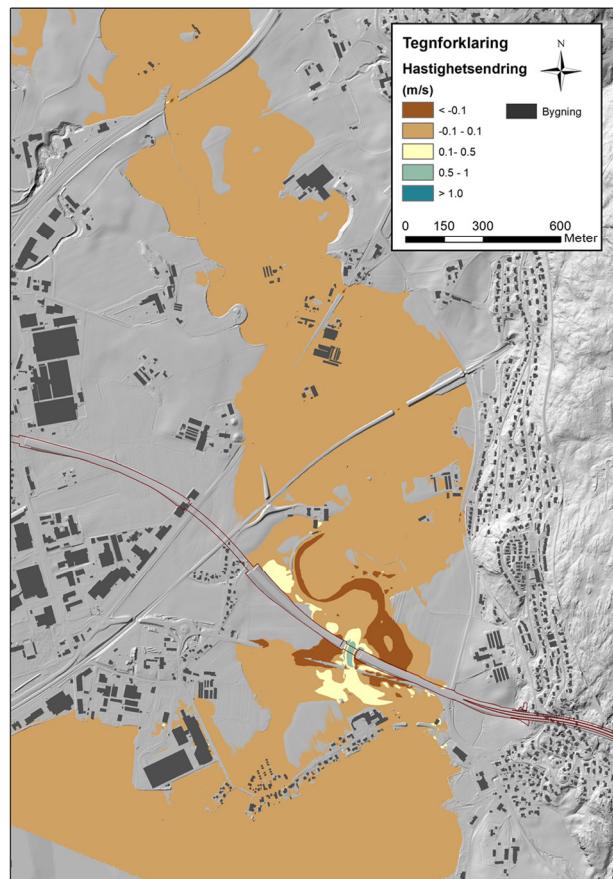


Figur 17 Lengdeprofil med vannstand ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetspåslag) ved dagens situasjon og med ny E134 alternativ Vitbank.

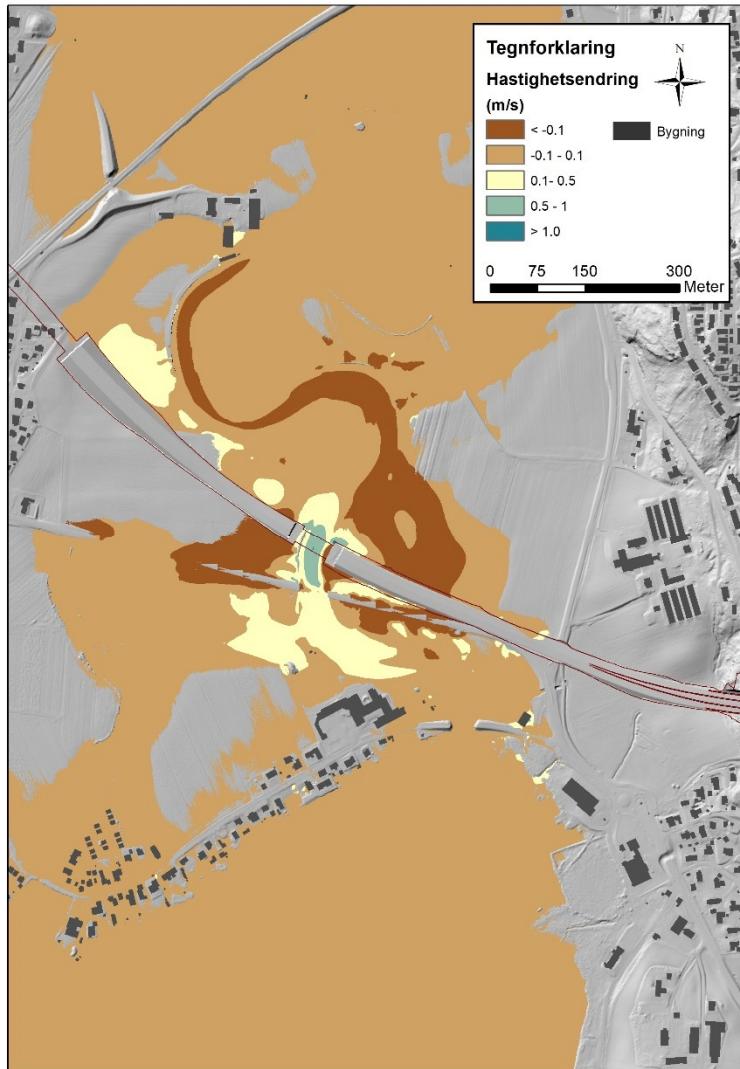
Vannstandsøkning



Økning i hastigheter



Figur 18 Vannstand- og hastighetsøkning som følge av ny E134 alternativ Vitbank ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetspåslag)



Figur 19 Hastighetsøkning som følge av ny E134 alternativ Vitbank ved Q200 (inkludert klima- og sikkerhetsåslag), detaljkart

4.4 Usikkerhet i beregningene

Det er usikkerheter i beregninger knyttet til hvordan bruene er modellert. Det er kommet en ny versjon av Hec-Ras (6.0) som inkluderer modellering av bruer. Det er spesielt eksisterende E134-bru som er modellert på en altfor enkelt måte, som gir en lavere vannstand oppstrøms bruha enn hva som forventes når vannet når underkant brudekke. Nøyaktigheten av modellen kan forbedres ved å kalibrere modellen med bruene modellert på en bedre måte.

Ifølge kalibreringsdata gir 2D-modellen som er benyttet i disse beregningene høyere vannstand enn hva som er registrert i 2007-flommen. Dette kan være forårsaket av måten bruene langs Lierelva er modellert.

5 Konklusjon og anbefalinger

For begge vegalternativene vil etablering av ny vegfylling forårsake en forverring av dagens flomsituasjon, og man vil få økning av vannstander og vannhastighet. Basert på analysene utført i denne fasen, er det mindre antall berørte bygg med Vitbank-traséen. For begge alternativene vil det være behov for tiltak for å redusere konsekvensene med hensyn til flom.

Etablering av lengre bruer vil kunne redusere konsekvensene av de planlagte alternativene. Dagens E134 har ikke nok kapasitet, og det kan undersøkes om endringer i dagens krysning kan forbedre flomsituasjonen (kompenserende tiltak). Selv om bru Linnestranda har nok kapasitet, forårsaker den en innsnevring i vannstrømning som øker vannstanden oppstrøms brua. Det kan undersøkes om en forlengelse av bruåpningen vil senke flomvannstand (kompenserende tiltak). Kulverter under vegfyllingen kan også vurderes, men vanligvis har slike tiltak begrenset effekt.

Resultater fra simuleringene kan forbedres ved å benytte den nye Hec-Ras versjonen, eller en kombinert 1D-2D modell. I tillegg kan det være behov for å vurdere konsekvenser ved andre gjentaksintervall.

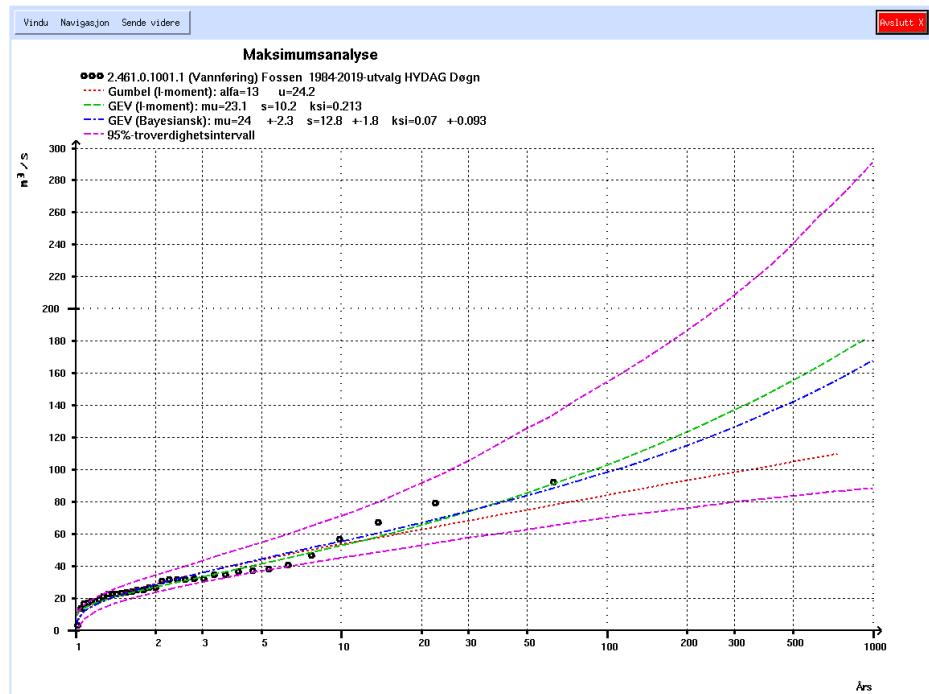
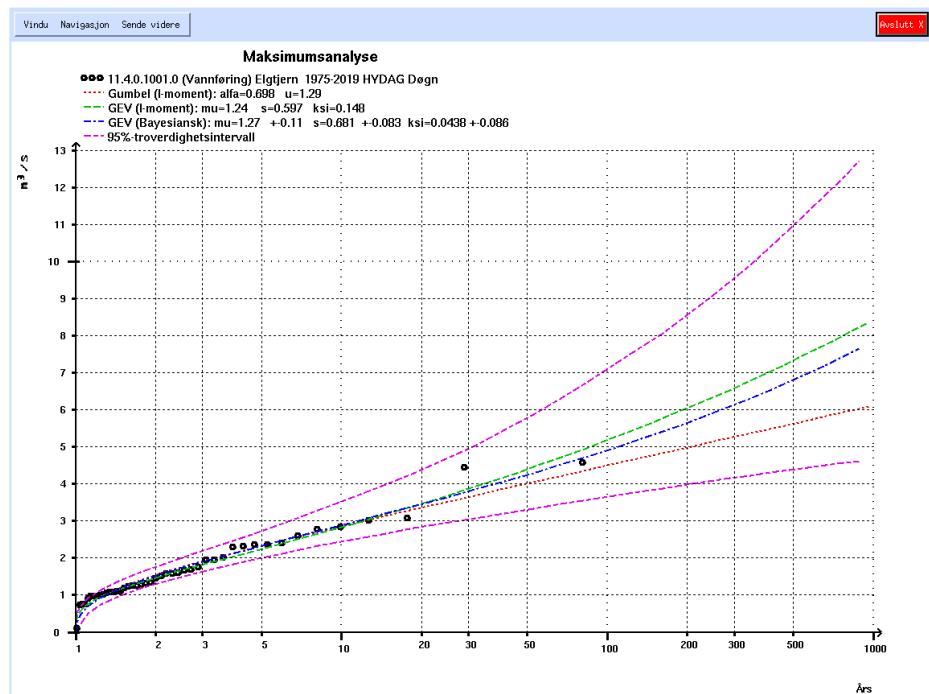
Ifølge oppmålingen av tverrprofiler fra NVE, er elvebunnen ved den eksisterende E134-brua betydelig dypere enn elveløpet oppstrøms og nedstrøms. Dette kan være forårsaket av lokal erosjon ved yttersvingen. Det anbefales å undersøke nærmere erosjonsfare for å utelukke fremtidige erosjonsproblemer ved etablering av ny bru over Lierelva. Det finnes flere strekninger med erosjonssikring langs Lierelva, stort sett ved yttersvinger. Figur 20 i vedlegg 4 viser eksisterende erosjonssikring registrert i NVE Atlas.

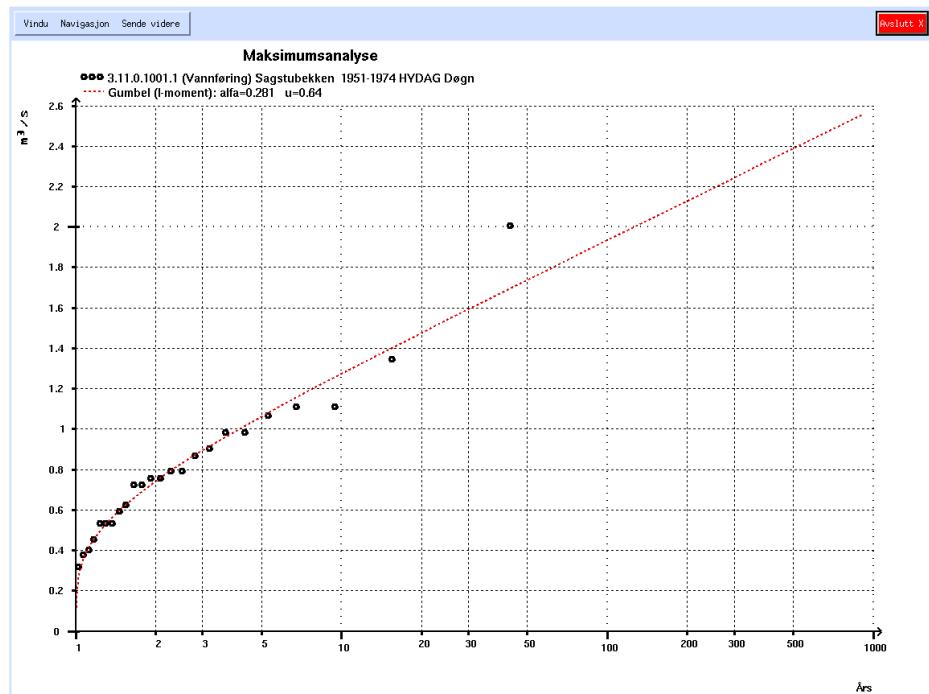
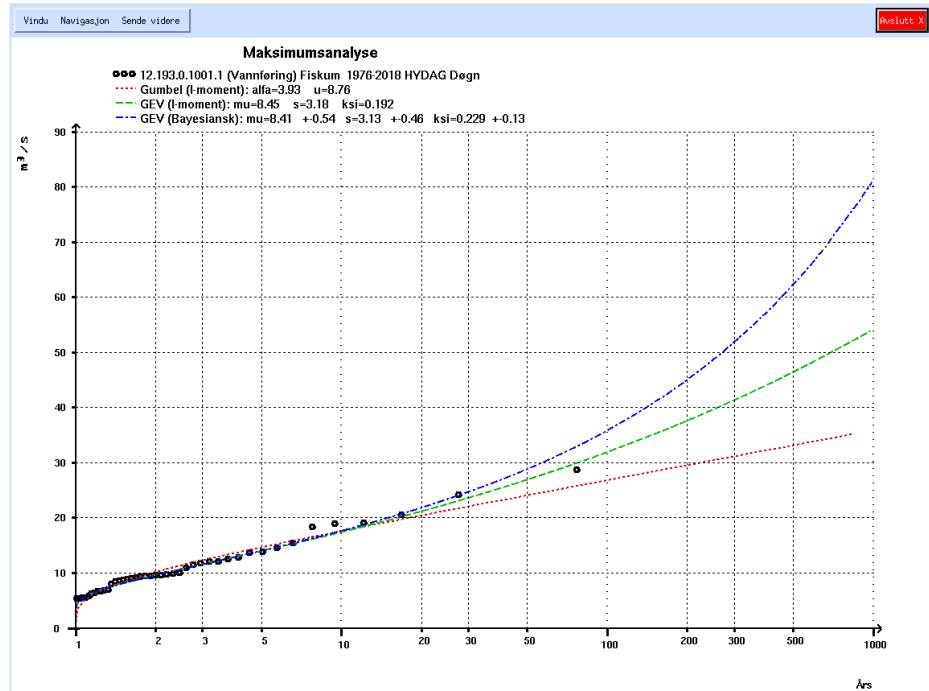
6 Referanser

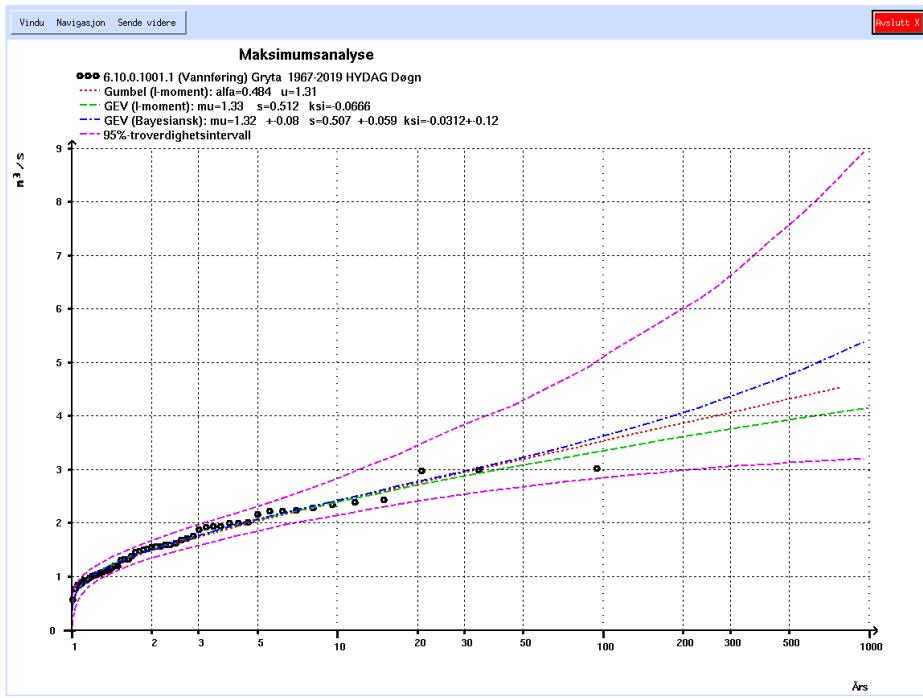
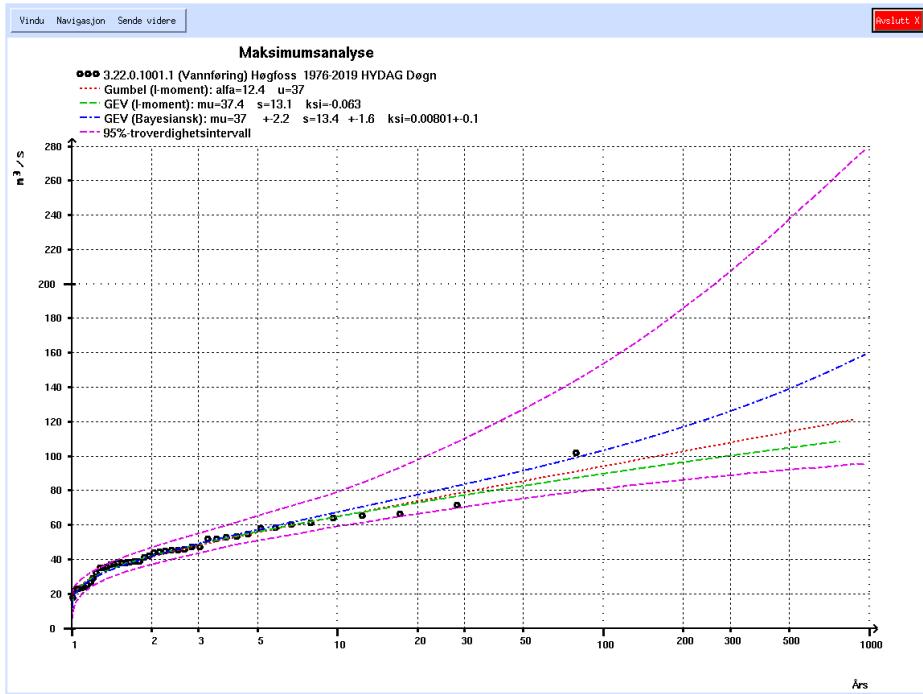
1. **Statens vegvesen, 2019.** N200 Vegbygging. . *Statens vegvesen. Vognormalene.* [Internett]
2. **Kartverket.** Se havnivå, tidevann og vannstand. [Internett] Kartverket. [Siteret: 13 11 2020.]
<https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=58612#sealevel-tab>.
3. **Vegdirektoratet, 2018.** *Vegbygging. Håndbok N200.*
4. **Vegdirektoratet, 2015.** *Bruprosjektering. Prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner.*
5. **NVE, 2007.** *Flomberegning for Lierelva. Flomsonekartprosjektet.*
6. **NVE, 2009.** *Flomforhold i Sør- og Midt-Norge.*
7. **Norconsult, 2020.** *Flomberegning ni dammer i Drammensmarka.* Oppdragsnummer: 5202882.
8. **NVE, 2011.** *Retningslinjer for flomberegninger.*
9. **NVE, 2020.** *Lokal og regional flomfrekvensanalyse.*
10. **Norconsult, 2018.** *Flomsonekartlegging Sandakerelva og Grobruelva.* Oppdragsnummer 5174993.
11. **NVE, 2007.** *Flomsonekart. Delprosjekt Lier .*
12. **NVE, 2016.** *Klimaendring og framtidige flommer i Norge.*
13. **Direktoratet for Byggkvalitet, 2017.** *Byggteknisk forskrift (TEK 17) med veiledning.*
14. **Terratec, 2017.** *Laserskanning for nasjonal detaljert høydemodell. NDH Lier - Røyken - Hurum - Svelvik 5pkt 2017.*
15. **US Army Corps of Engineering - HEC, 2016.** *HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual.*
16. **NIBIO, 2019.** *AR5 Klassifikasjonssystem - Klassifisering av arealressurser.*
17. **NVE, 1998.** *Vassdragshåndboka - Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø.*

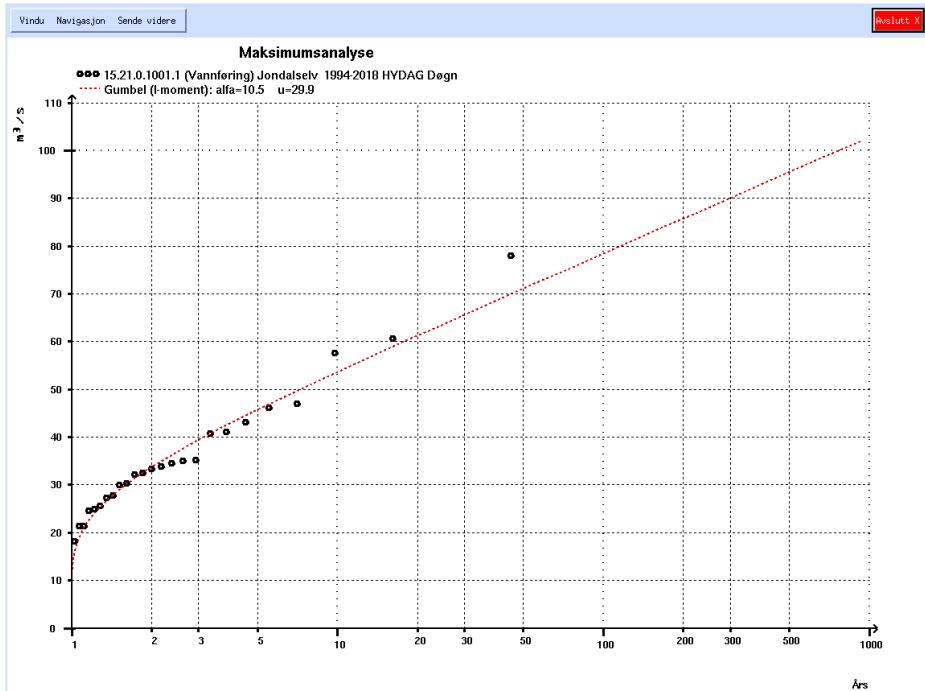
Vedlegg

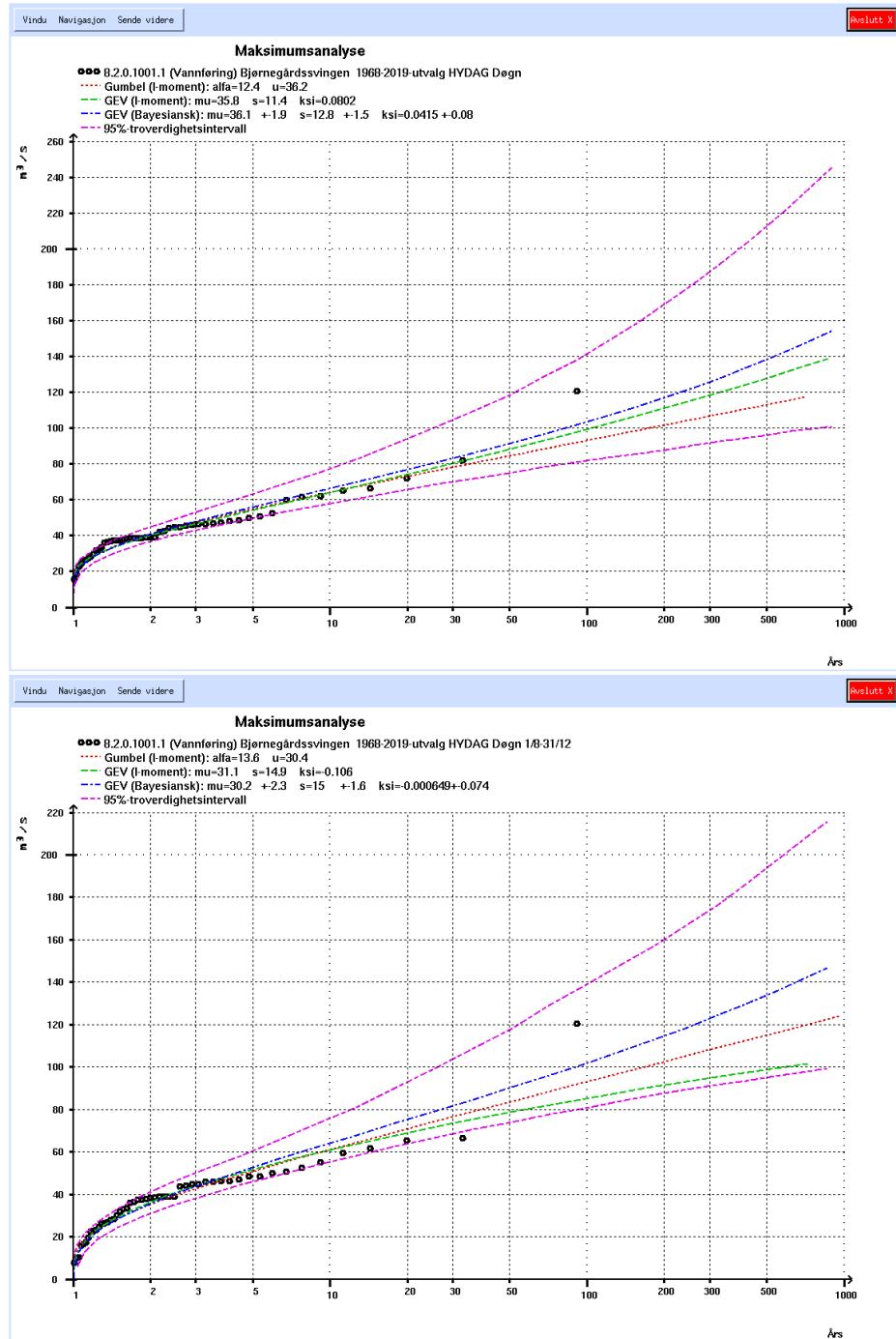
1 Frekvensplott

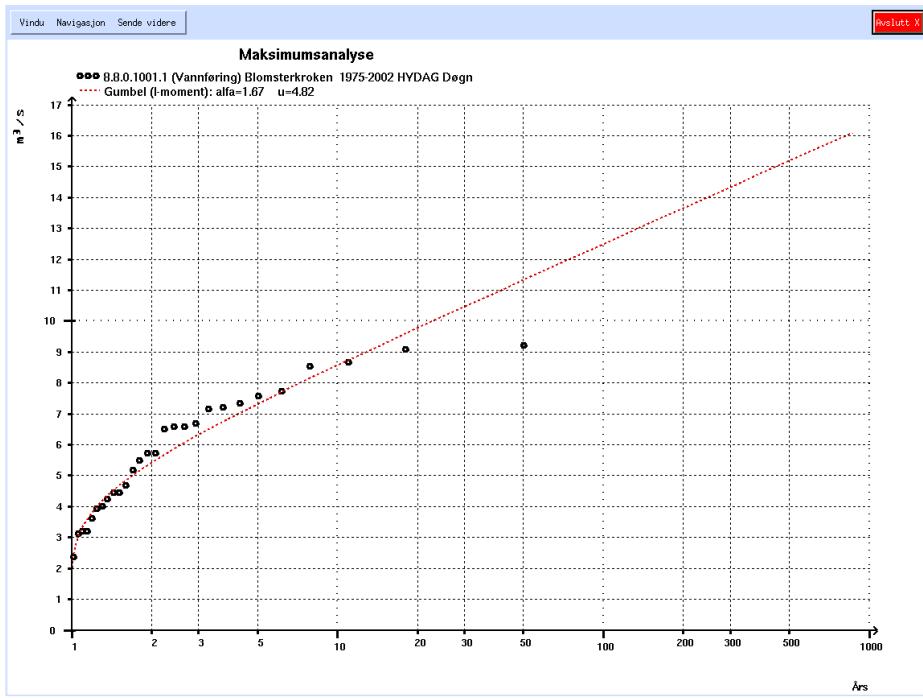
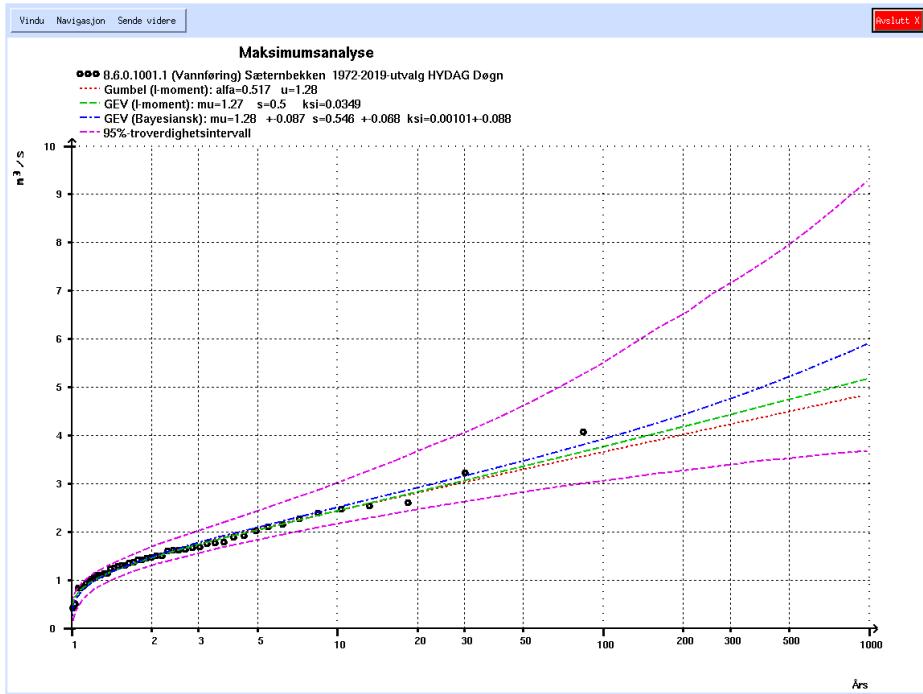


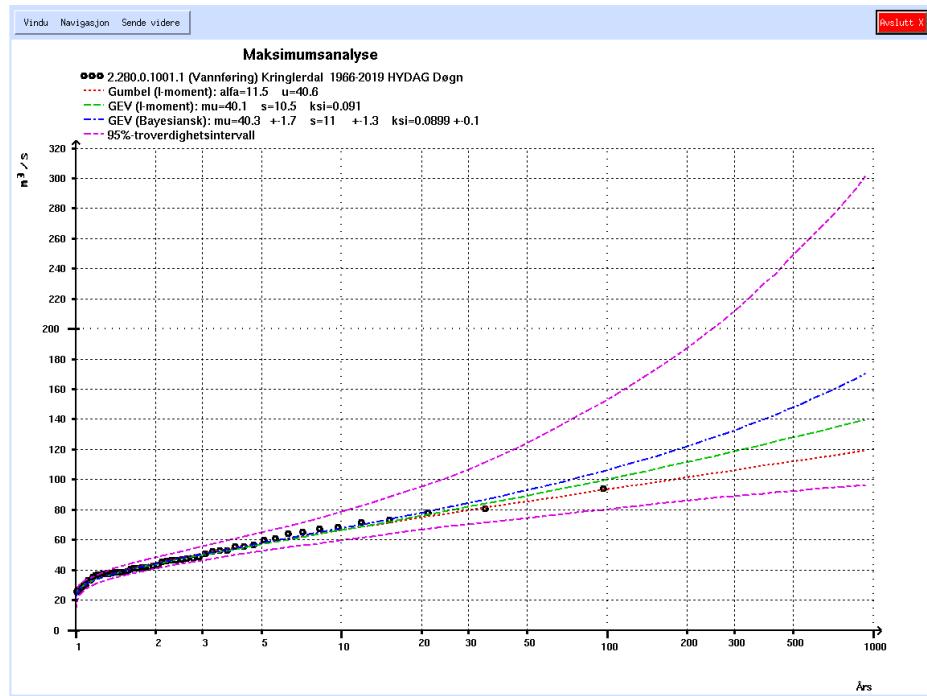
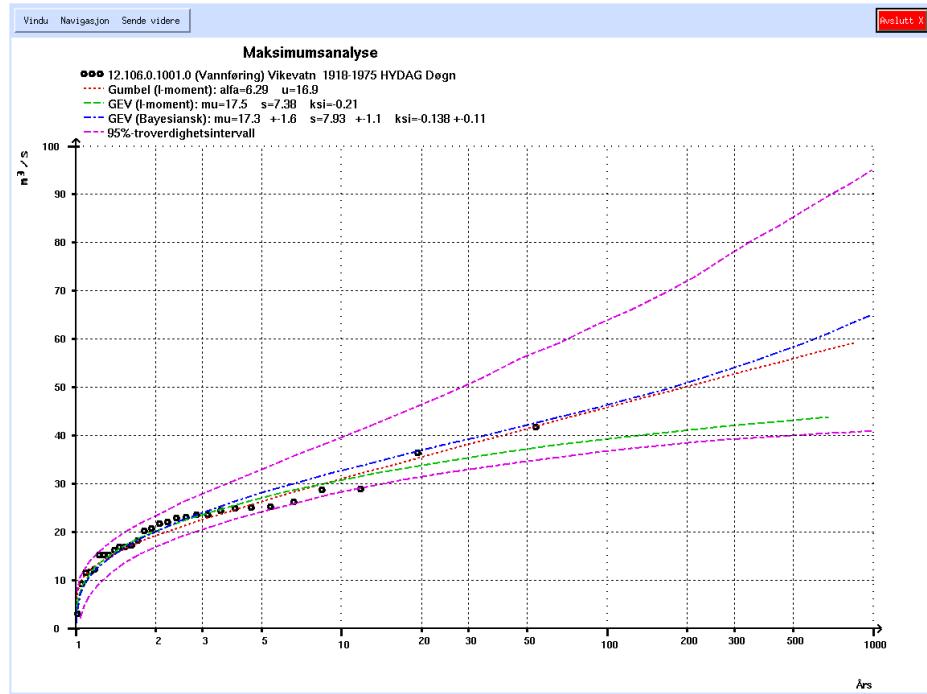


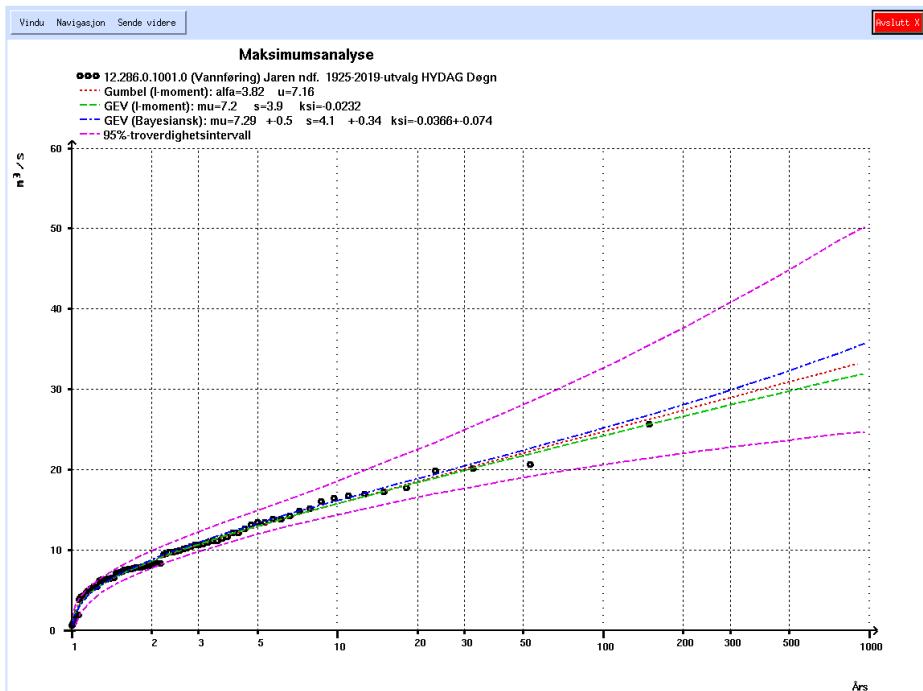
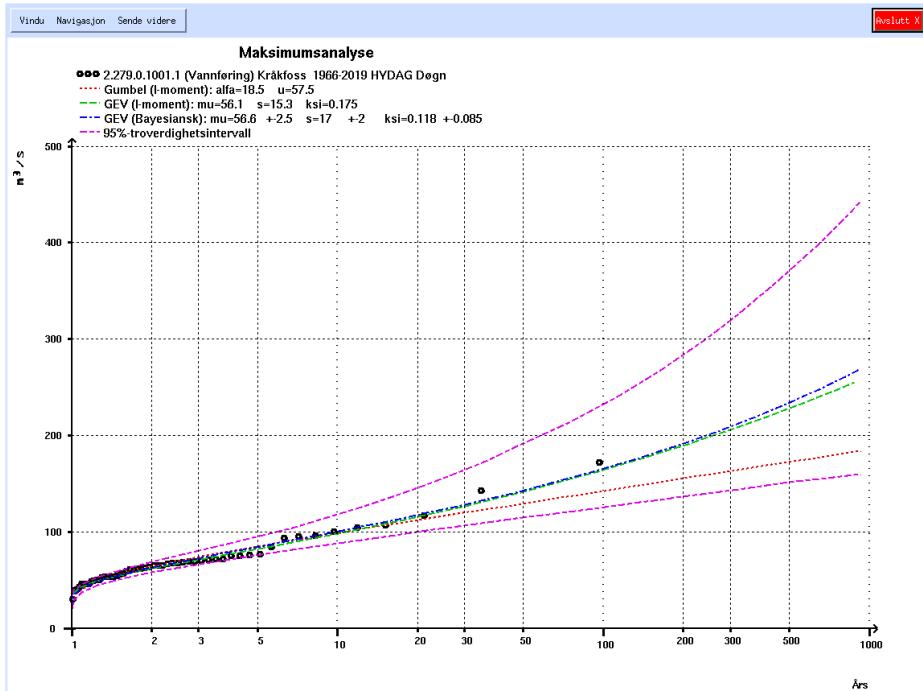


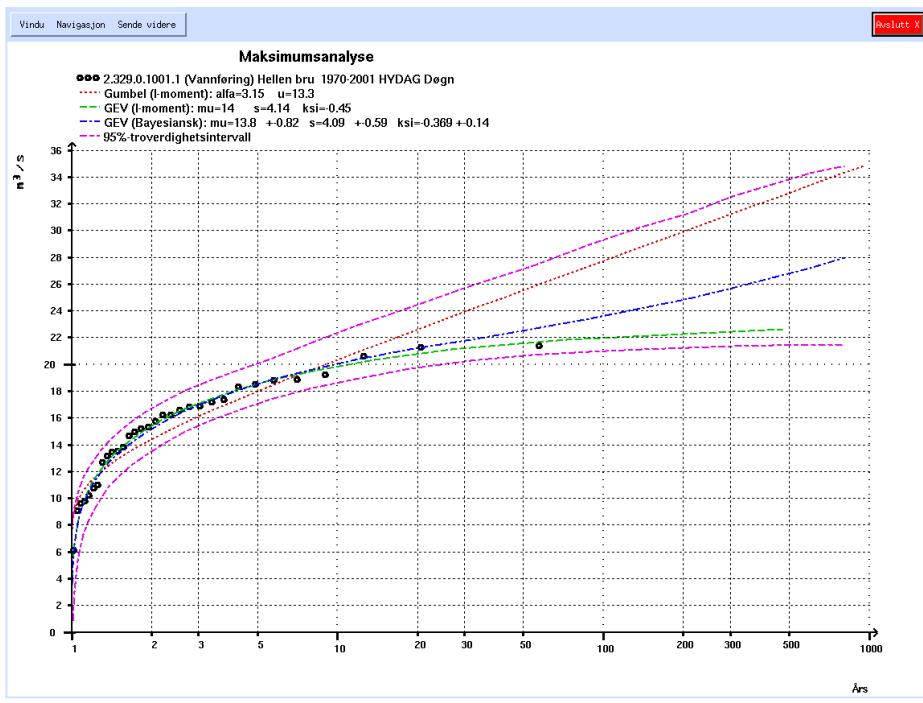
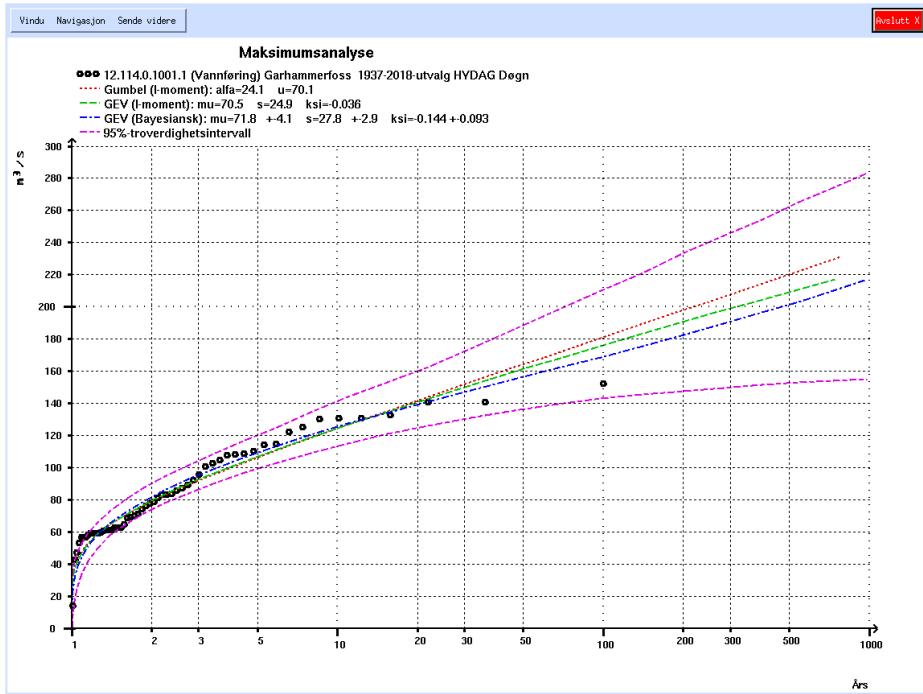


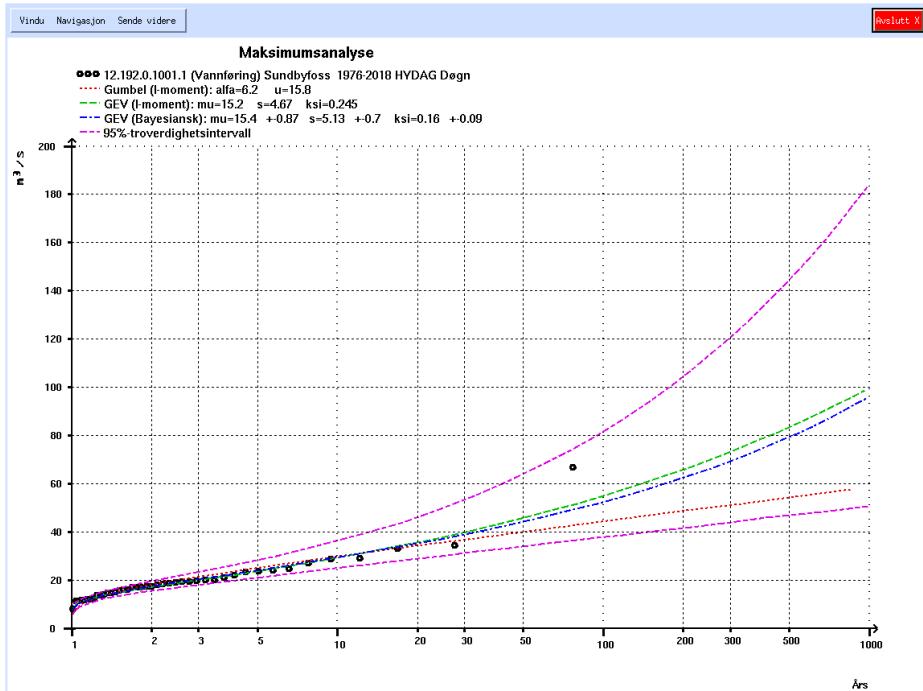


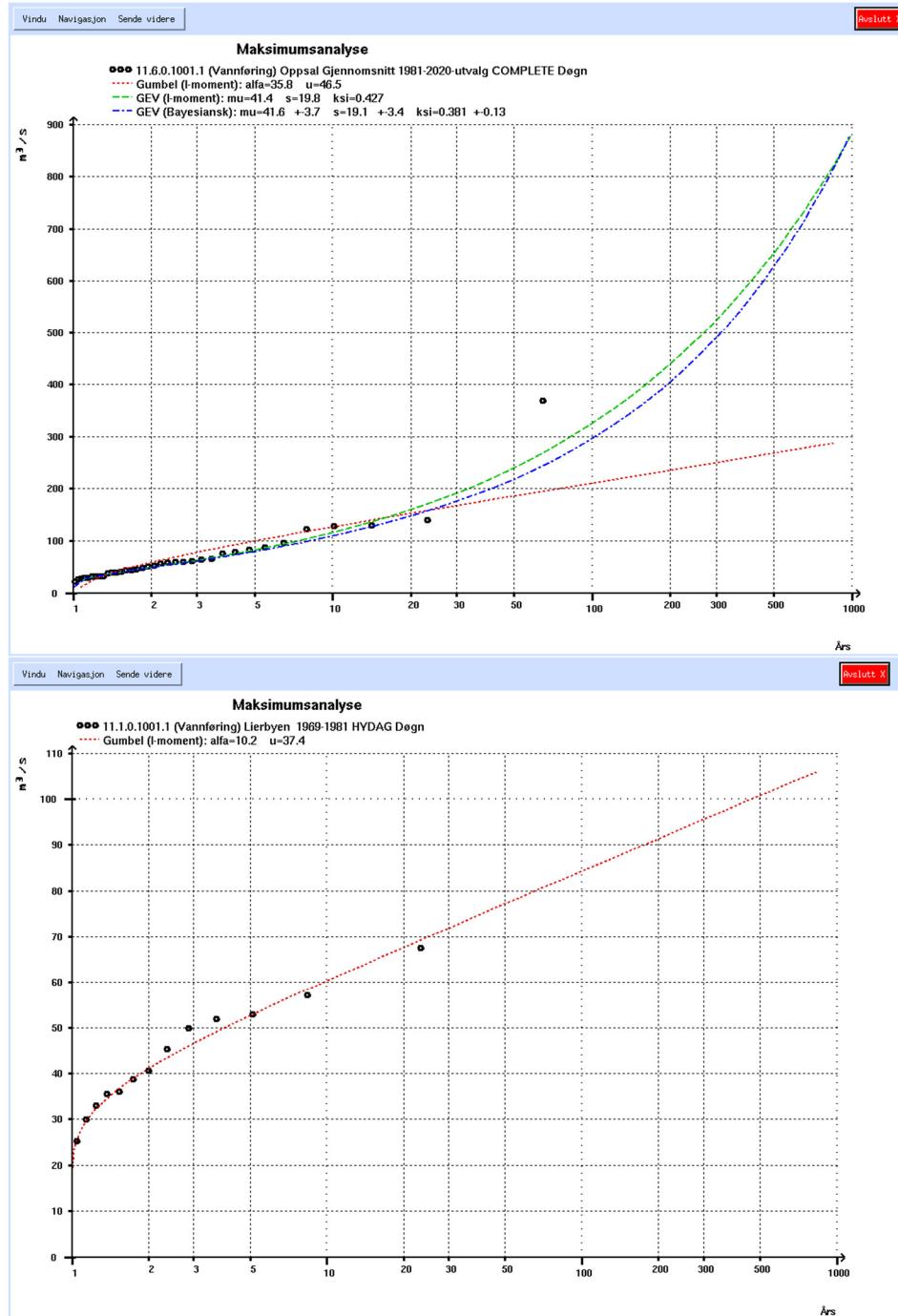


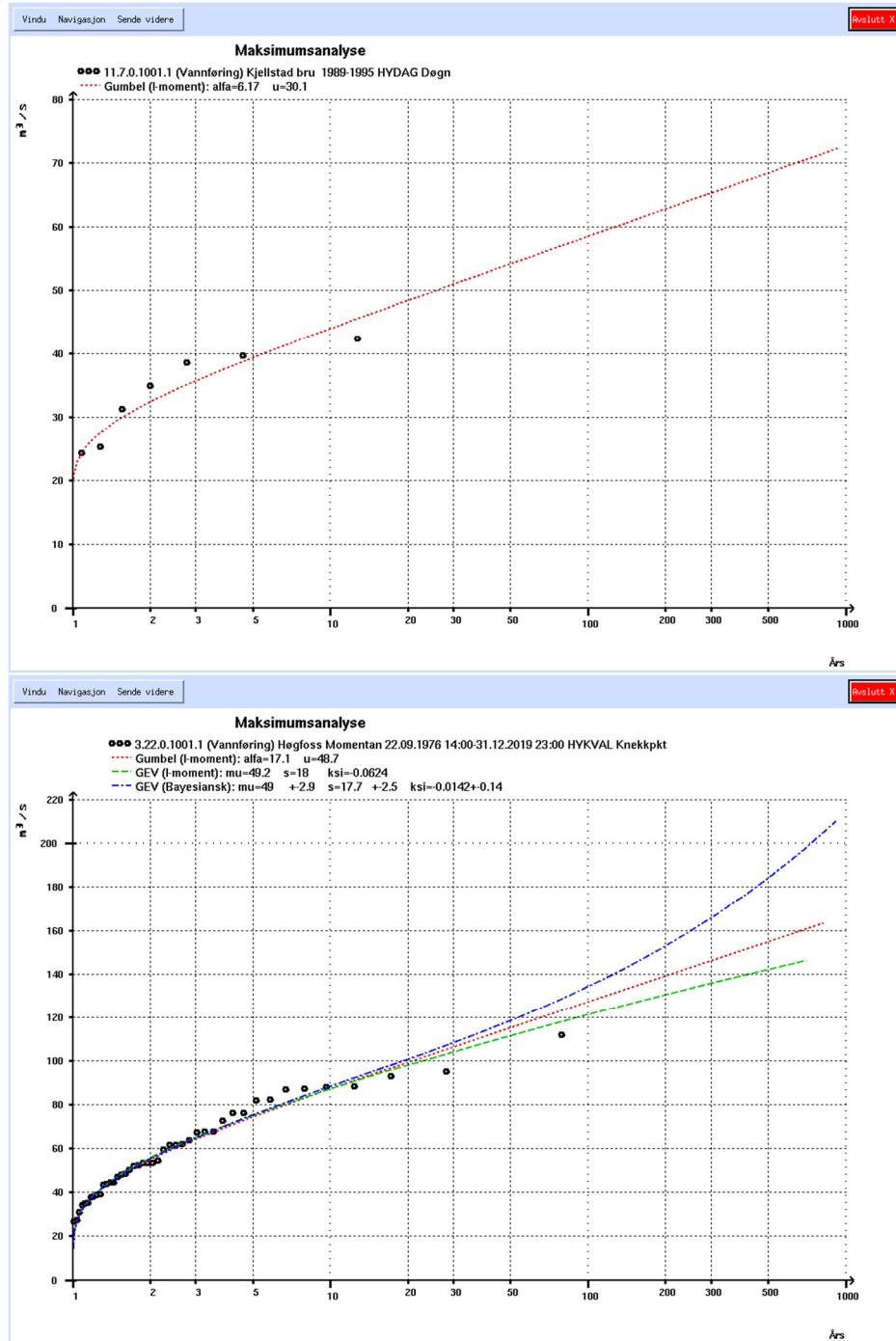


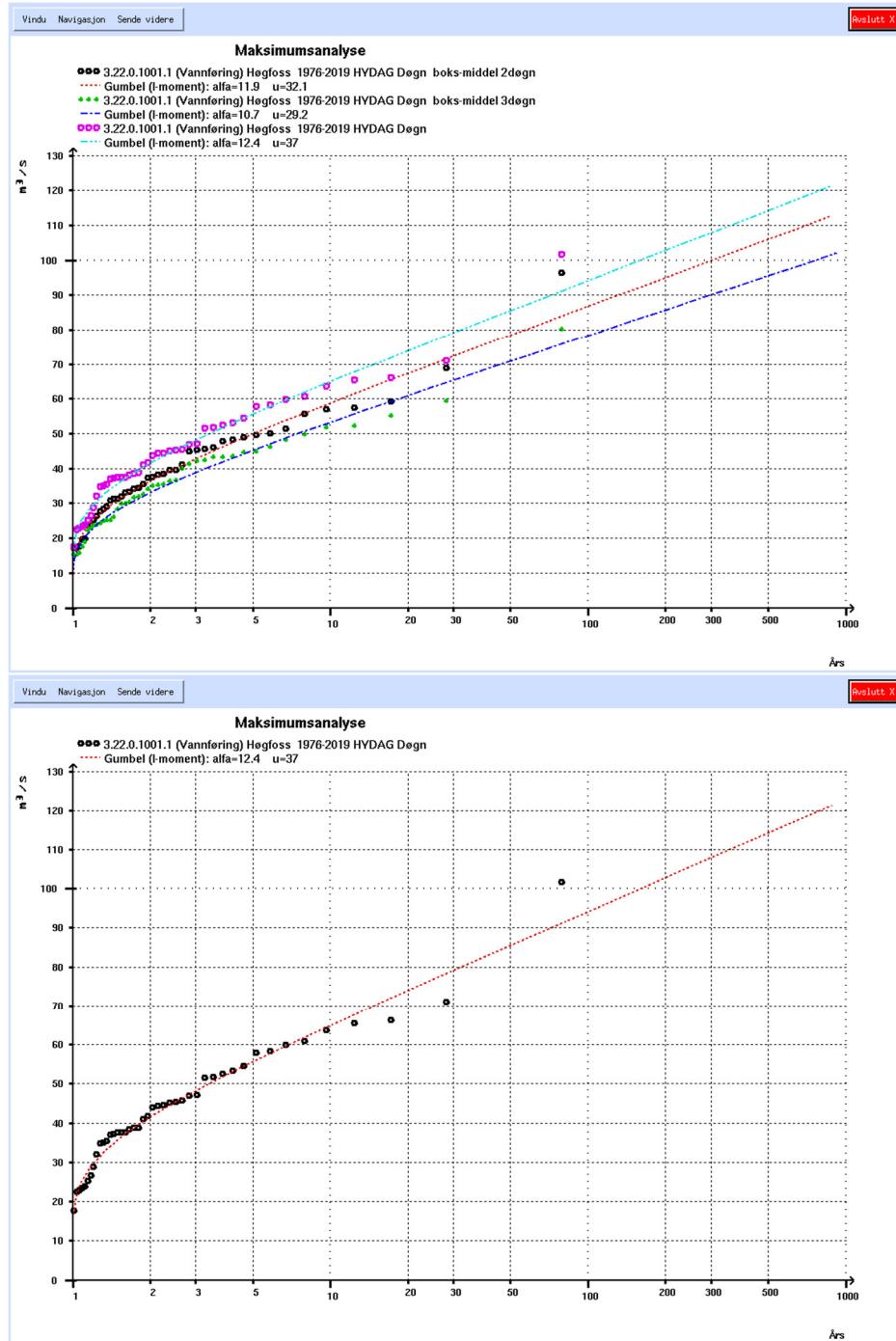




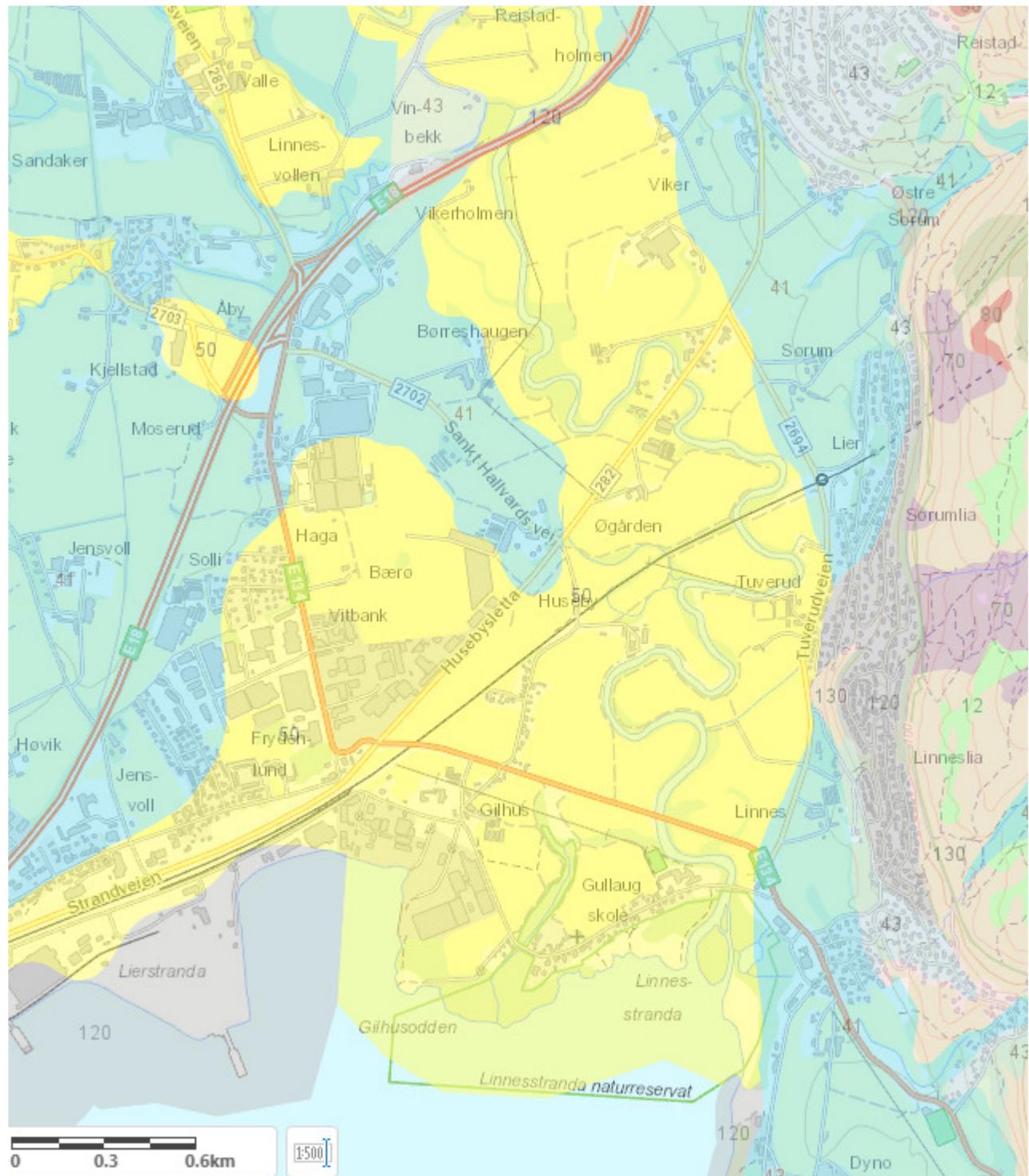




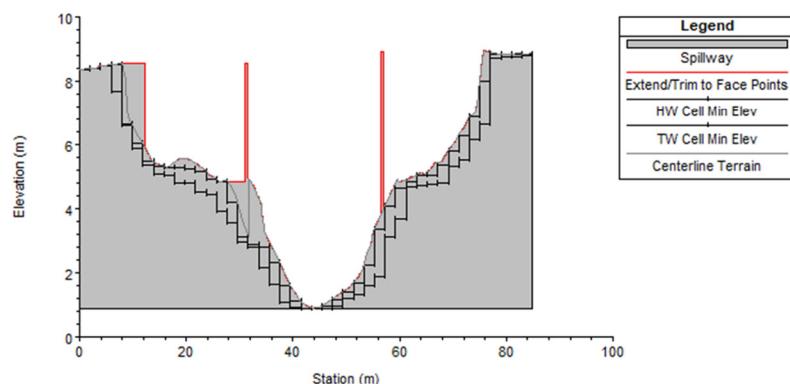
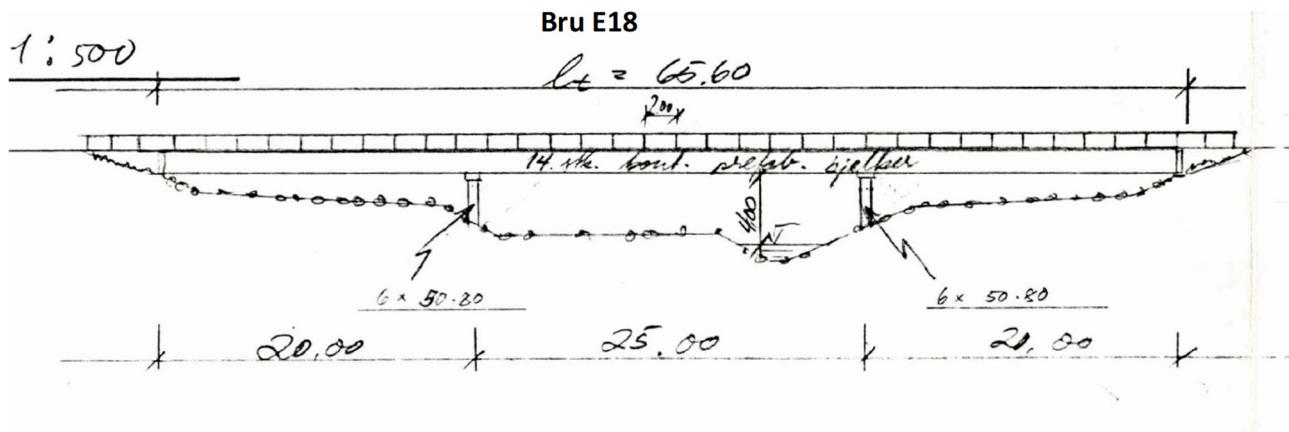


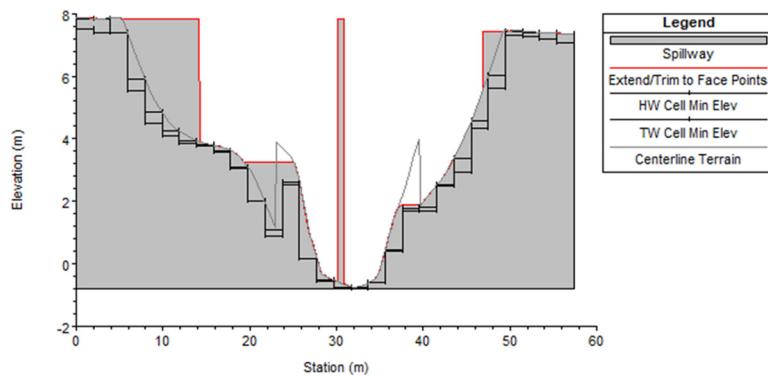
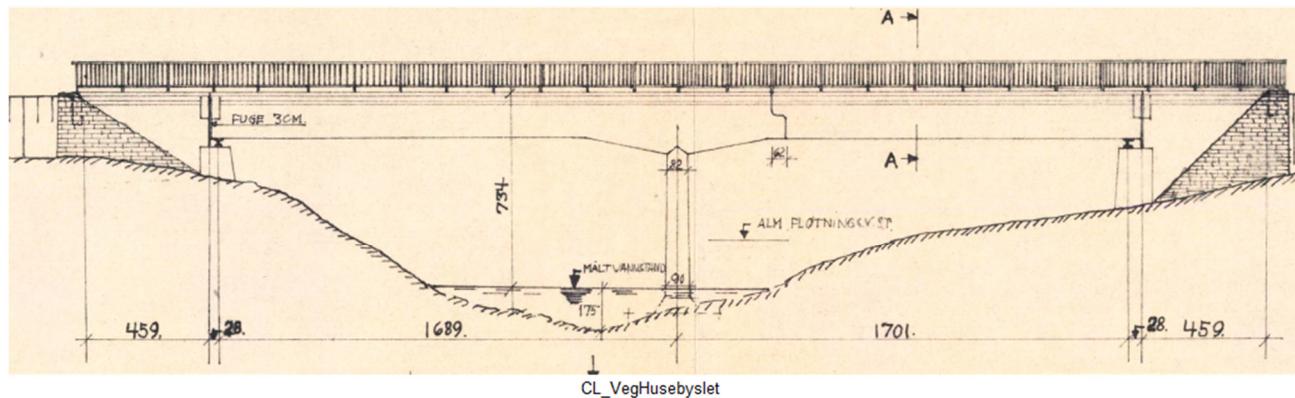


2 Løsmassekart fra NGI i NVE Atlas

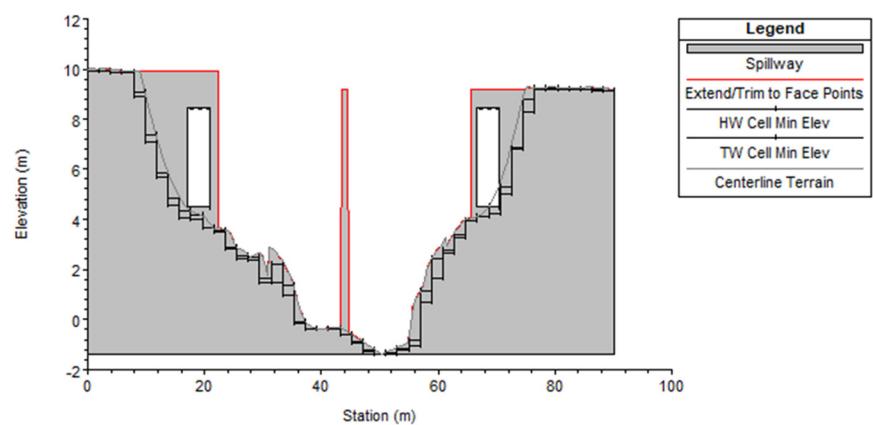
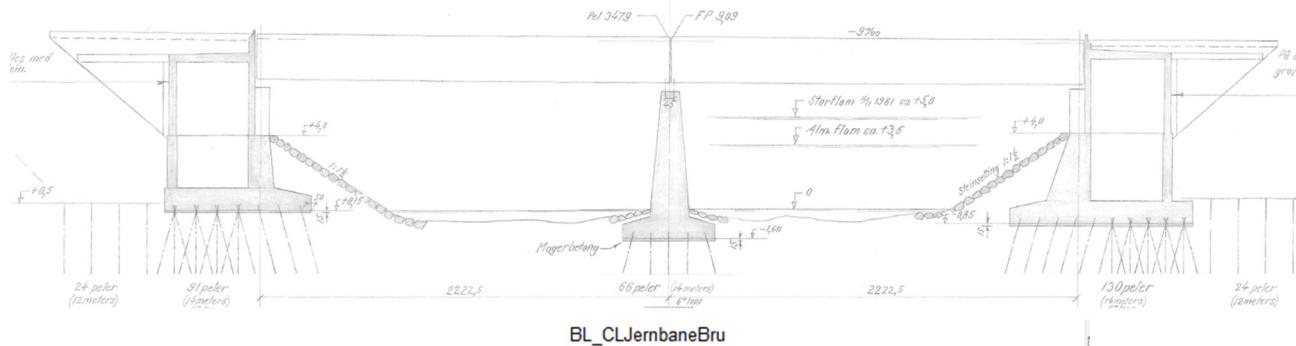


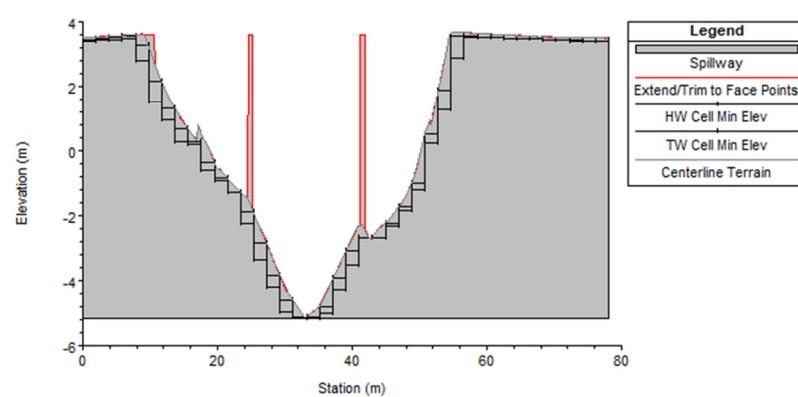
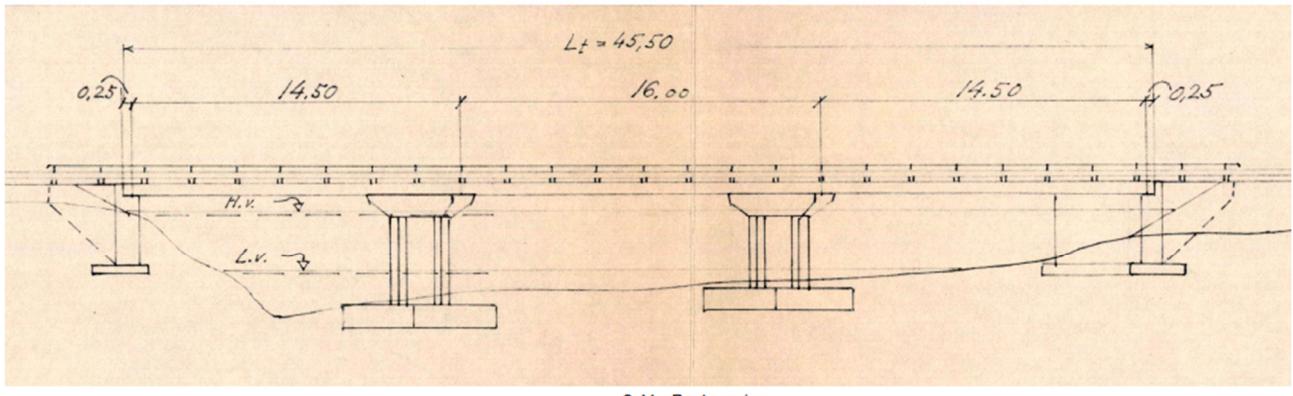
3 Modellering av bruer



Husebysletta - veibru

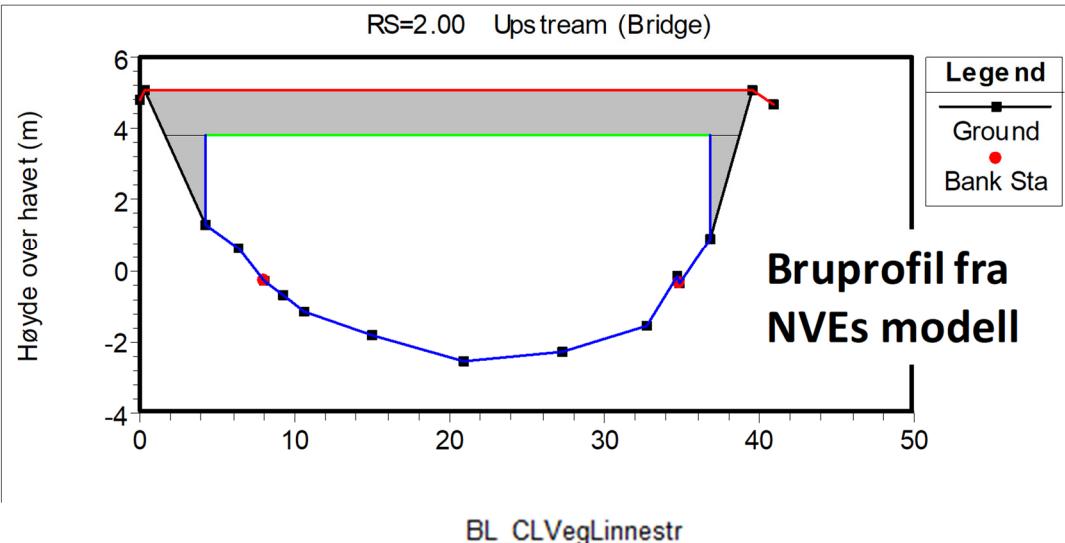
Jernbanebru



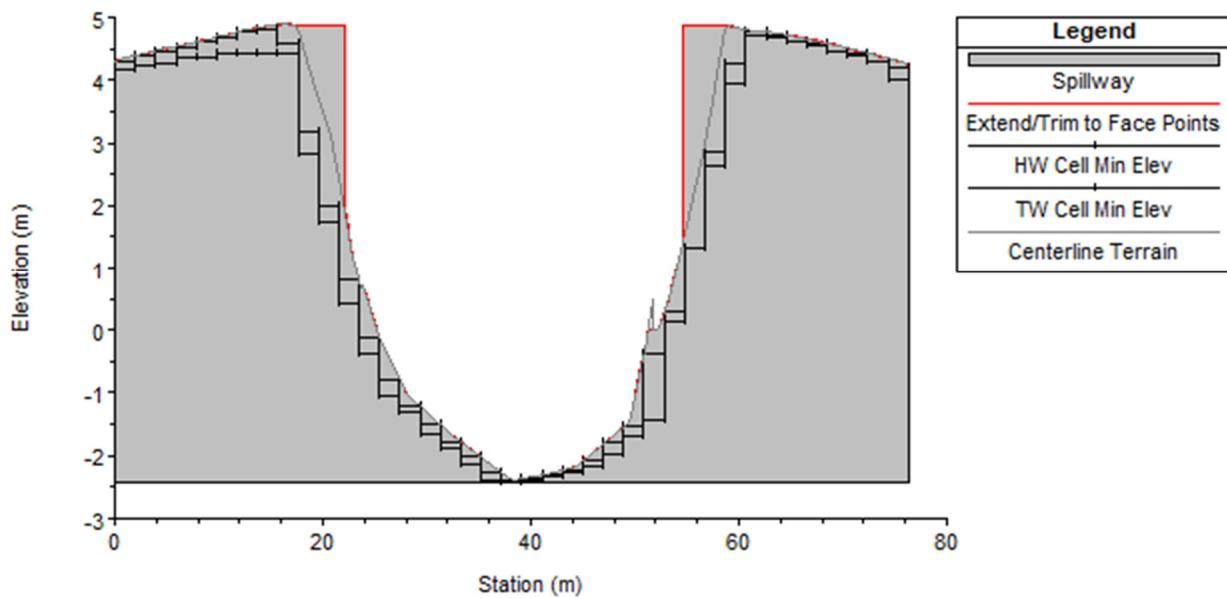
Bru E134 - Røykenveien

Bru Linnestranda

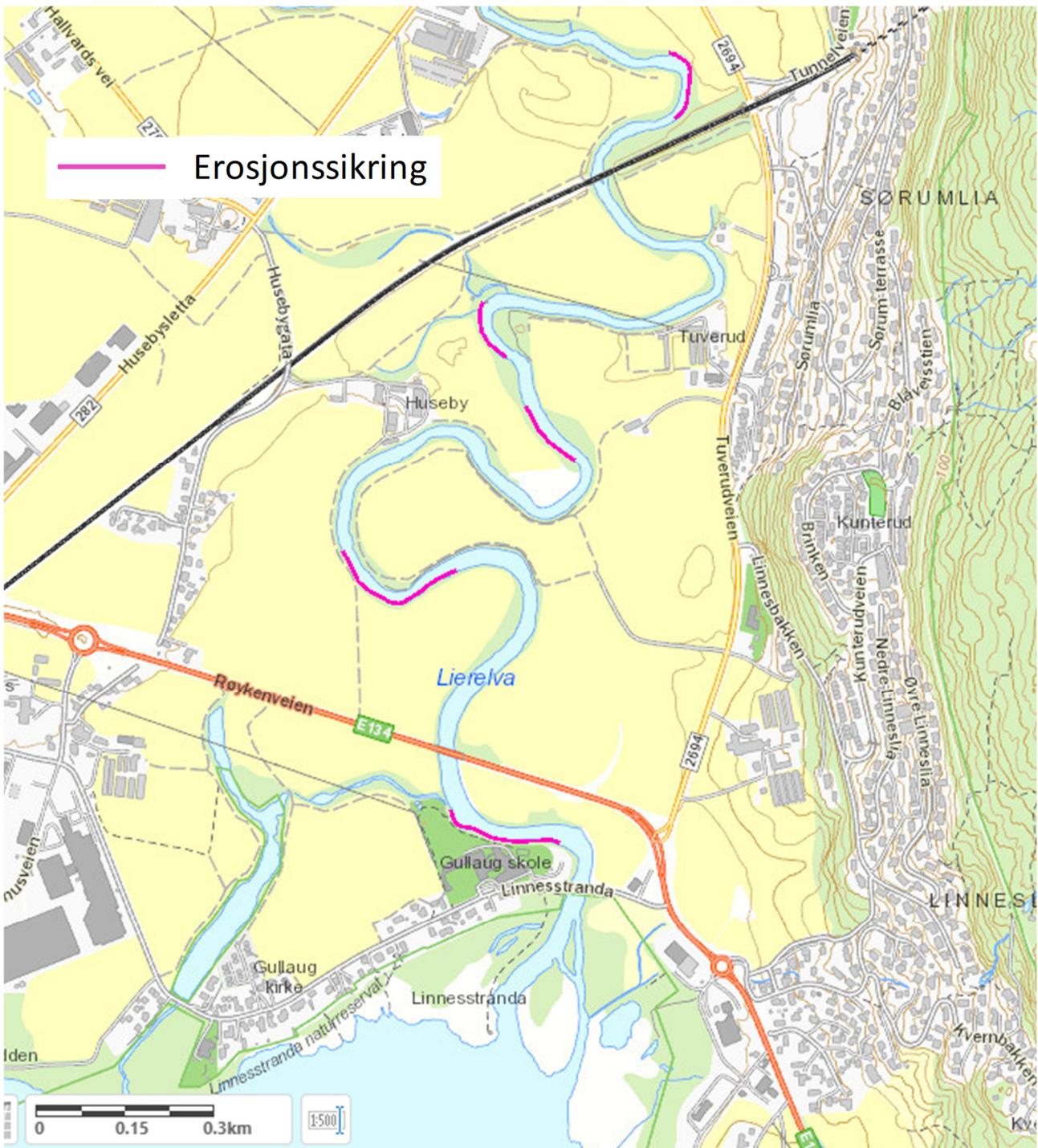
RS=2.00 Upstream (Bridge)



BL_CLVegLinnestr



4 Erosjonssikring



Figur 20 Eksisterende erosjonssikring registrert i NVE Atlas