Tynset kommune

Flomsonekartlegging Tylldalen

Oppdragsnr.: **52303053** Dokumentnr.: **HYD-01** Versjon: **C02** Dato: **2023-08-31**



Norconsult

Oppdragsgiver:	Tynset kommune
Oppdragsgivers kontaktperson:	Lars Henrik Løchen Brente
Rådgiver:	Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder:	Kristine Størmer Lied
Fagansvarlig:	James William Lancaster
Andre nøkkelpersoner:	Kuganesan Sivasubramaniam

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
C02	2023-08-31	Oppdatert rapport med kommentarer fra oppdragsgiver	Kuganesan Sivasubramaniam	James William Lancaster	Kristine Størmer Lied
B01	2023-06-23	For gjennomgåelse/kommentar hos oppdragsgiver	Kuganesan Sivasubramaniam	James William Lancaster	Kristine Størmer Lied

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.

Sammendrag

Norconsult AS er engasjert av Tynset kommune for å utarbeide flomsonekartlegging for områder i Tylldalen og Kvikne i Tynset kommune i Innlandet. Denne rapporten beskriver kartleggingen som er utført for Tylldalen. Se rapport «Flomsonekartlegging Kvikne» for Kvikne. Flomsonekartleggingen utføres iht. NVEs nye veileder 03-2022 Sikkerhet mot flom.

Flomsonekartlegging kan utnyttes i arealplanlegging, byggesaksbehandling og for beredskap mot flom. Nye tiltak i delplanområdet, inkludert nybygg/påbygg på landbrukseiendommer, skal bygges i henhold til TEK17 og nye tiltak forutsettes plassert i TEK17 sikkerhetsklasse F1 (bygninger med lite personopphold, lager/garasje etc.) og F2 (de fleste bygninger med personopphold) med krav om dimensjonering til flom med hhv. 20- og 200 års gjentaksintervall. Det er gjort beregninger for flom med gjentaksintervall på 20 år og 200 år, samt beregninger for 20- og 200 årsflom i et fremtidig klima.

Flomsonekartlegging i Tylldalen er utført for vassdraget Tysla og 2 sidebekker (Tverråa og Kvernbekken). Kartleggingen omfatter en ca. 10 km lang strekning av vassdraget Tysla fra Høllbrøtt, gjennom den bebygde delen av Tylldalen, til nedstrøms området ved Rivvangen hvor det er regulert inn næringsområde (serverpark).

Flomvannføringer er beregnet ved hjelp av flomfrekvensanalyse på vannføringsserier fra vannmerke 2.135 Tysla og nærliggende vannmerker, og nasjonalt formelverk for flomberegninger (RFFA-2018 og RFFA-NIFS). 20- og 200-årsflom med 20% klimapåslag for Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet med Riva er estimert til henholdsvis 48,6 m^3/s og 69,2 m^3/s.

Flomvannstand og flomutbredelse i vassdragene er beregnet ved hjelp av den to-dimensjonale hydrauliske modellen HEC-RAS 6.3.1. Resultatene fra vannlinjeberegningene er presentert i flomsonekart.

NVEs veileder for sikkerhet mot flom anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen for å beregne et sikkerhetspåslag i form av en ekstra høyde, som legges til den dimensjonerende vannstanden i forbindelse med arealplansaker og byggesaker. Sikkerhetspåslaget bestemmes ut fra kvalitetsklassifiseringen til flomberegning og hydraulisk modell. Det er kjørt simulering med 40% økning i flomvannføringene. Resulterende flomsone inkl. sikkerhetspåslag ligger vedlagt i denne rapporten. Endring i resulterende flomvannstand for 200-årsflom med 20% klimapåslag i Tysla i delplanområdet er stort sett på opp mot 0,5 m, bortsett fra en kort delstrekning ved Reittrøa, oppstrøms bru TY11, hvor endringen er opp mot 0,9 m.

Bygninger/infrastruktur bør minst ligge på dette nivået (flomvannstander inkl. sikkerhetspåslag), eventuelt høyere i området nærmest vassdraget. Terrengendringer og øvrig infrastruktur bør utformes slik at flomvannstander i området ikke øker.

Innhold

1	**Innledning og forutsetninger**		**5**
	1.1	Beskrivelse av nedbørfelt	6
2	**Beregning av flomstørrelser**		**11**
	2.1	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	11
	2.2	Vurdering av årsmiddeltilsig	14
	2.3	Sesongvariasjon	14
	2.4	Flomfrekvensanalyse på lokale vannmerker	15
	2.5	Lokal + regional flomfrekvensanalyse	16
	2.6	Formelverk RFFA-2018	17
	2.7	Formelverk RFFA-NIFS for små nedbørfelt	17
	2.8	Endelig valg av flomstørrelse	18
	2.9	Mulige konsekvenser av klimaendringer	20
	2.10	Vurdering av kvalitetsklassen til flomberegningene	21
3	**Hydraulisk modell**		**22**
	3.1	Beregningsmodell	22
	3.2	Grensebetingelser	24
	3.3	Infrastruktur i modellen	24
4	**Resultater**		**31**
	4.1	Sammenligning med NVEs aktsomhetskart	31
5	**Følsomhet og sikkerhetsmargin**		**34**
	5.1	Datagrunnlag	34
	5.2	Tilstopping av kulverter / bruer	34
	5.3	Følsomhet til nedstrøms grensebetingelse	34
	5.4	Følsomhet til Manningstall	34
	5.5	Følsomhet til estimert flomvannføring	34
	5.6	Klassifisering av hydraulisk modell	35
	5.6.1	*Prosentvis påslag på vannføringen*	*35*
	5.7	Anbefalt sikkerhetsmargin	35
6	**Andre farer i vassdrag**		**36**
	6.1	Erosjonsfare og massetransport	36
	6.2	Isganger og isdammer	40
7	**Konklusjon**		**41**
8	**Referanser**		**42**
9	**Vedlegg**		**43**

1 Innledning og forutsetninger

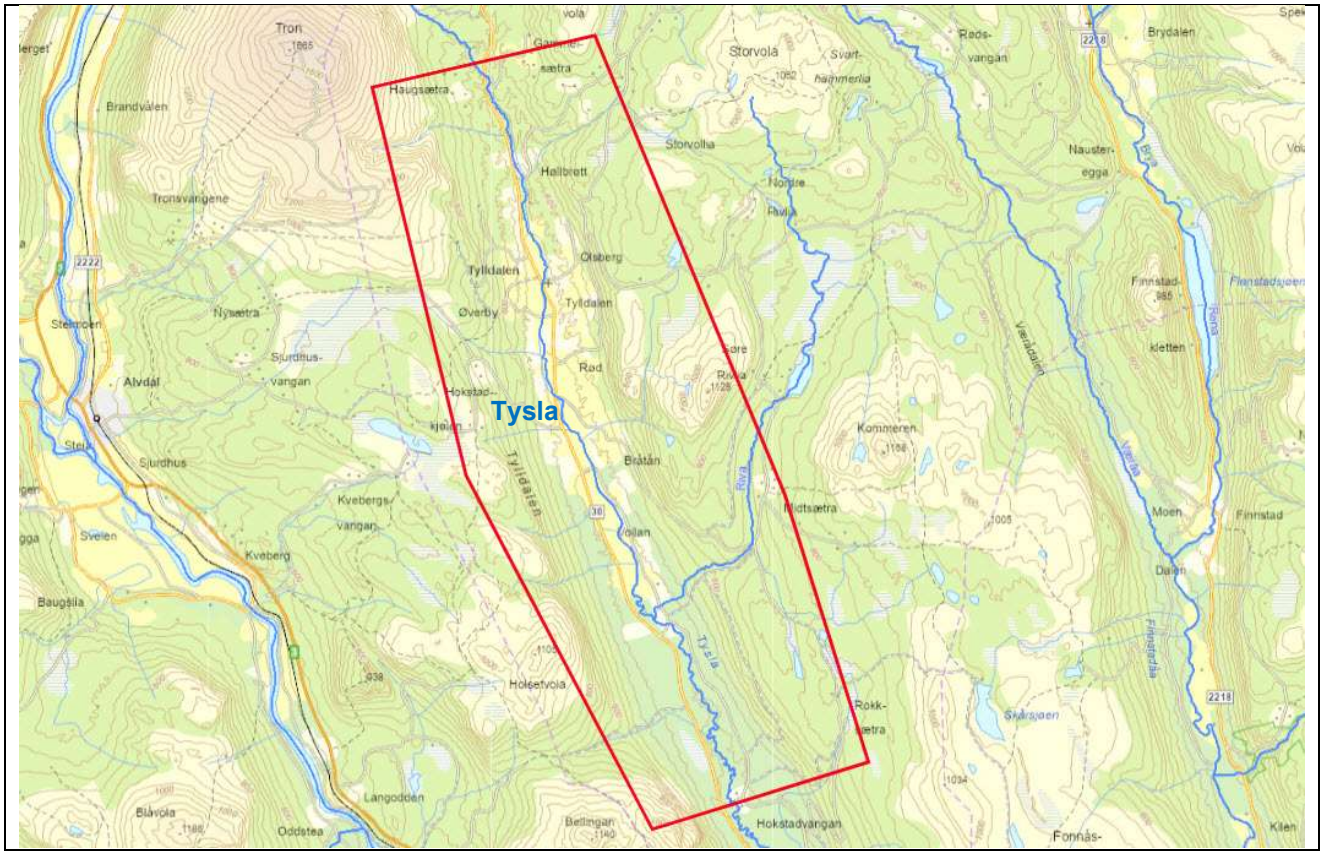
Norconsult AS er engasjert av Tynset kommune for å utarbeide flomsonekartlegging for områder i Tylldalen og Kvikne i Tynset kommune i Innlandet (Figur 1). Denne rapporten beskriver kartleggingen som er utført for Tylldalen. Se rapport «Flomsonekartlegging Kvikne» [1] for Kvikne.

Flomsonekartlegging kan utnyttes i arealplanlegging, byggesakshåndtering og for beredskap mot flom. Nye tiltak, inkludert nybygg/påbygg på landbrukseiendommer skal bygges i henhold til TEK17 [2]. Nye tiltak forutsettes plassert i TEK17 sikkerhetsklasse F1 (bygninger med lite personopphold, lager/garasje etc.) og F2 (de fleste bygninger med personopphold). Sikkerhetsklasse F1 i TEK17 stiller krav til sikkerhet mot 20-årsflom og F2 mot 200-årsflom [2]. Det er gjort beregninger for flom med gjentaksintervall på 20 år og 200 år. NVE anbefaler i tillegg å ta høyde for fremtidig klima ved dimensjonering av tiltak med lang levetid. Det legges opp til å lage flomsonekart som viser flomsone i dagens klima samt i et fremtidig klima (flomsone + klimapåslag). Flomsonekartleggingen utføres iht. NVEs nye veileder 03-2022 Sikkerhet mot flom [3].

Flomsonekartlegging i Tylldalen er utført for vassdraget Tysla og 2 sidebekker (Tverråa og Kvernbekken). Flomsonekartlegging for delområde Tylldalen omfatter en ca. 10 km lang strekning av vassdraget Tysla fra Høllbrøtt, gjennom den bebygde delen av Tylldalen, til nedstrøms området ved Rivvangen der det er regulert inn næringsområde (serverpark). Oversiktskart med markering av studieområdet i Tylldalen er vist i Figur 2.



Figur 1: Oversiktskart med markering av Tylldalen og Kvikne i Tynset kommune.



Figur 2: Oversiktskart med markering av delområde Tylldalen i Tynset kommune.

1.1 Beskrivelse av nedbørfelt

Tysla er et sidevassdrag til Renna i Innlandet. Tysla renner gjennom den bebygde delen av Tylldalen og forbi Rivvangen der det er regulert inn næringsområde (serverpark) før den løper sammen med Unsetåa som elv Rena. Rivvangen ligger 23 km nord for samløpet med Unsetåa. Rena løper videre ned i Glomma.

Feltarealet ved utvalgte punkter i Tysla (Tabell 1 og Figur 3) og sidebekker (Tabell 2, og Figur 4 og Figur 5) er beregnet ved hjelp av NVEs kartverktøy NEVINA og ScalgoLive. Disse verktøyene gir lite avvik i feltareal for de utvalgte punktene i Tysla og Tverråa. Feltarealet beregnet med NEVINA er brukt videre i beregninger for disse feltene.

For Kvernbekken gir ScalgoLive et feltareal på 4,2 km^2 mens NEVINA gir et feltareal på 2,4 km^2. Feltarealet fra ScalgoLive inkluderer en liten bekk i Nyheimdalen med et feltareal på 1,1 km^2. Innmålinger av kulverter K1 og K2 (se Figur 13 og bilder i Vedlegg 5) viser at Nyheimdalen renner ned til Kvernbekken. Det er imidlertid usikkerhet i avgrensningen her. Vi har valgt å bruke feltarealet som identifisert ved hjelp av ScalgoLive (Se Vedlegg 2).

Feltareal til Tysla ved Rivvangen er 112 km² rett nedstrøms samløpet med sideelva Riva (se Figur 3). Vassdraget består hovedsakelig av skog (65,5 %), snaufjell (20,1 %), myr (4,7%) og dyrket mark (4,6 %). Feltet har liten innsjøprosent, og effektiv sjøprosent er 0,05%.

Tysla har et sort feltareal sammenlignet med sidebekkene. Flomvannføringen i sidebekkene vil bli mer følsom for kortvarige nedbørhendelser med høy intensitet enn Tysla. Under en flomhendelse vil den hydrologiske responsen (kulminasjonsvannføring) til sidebekkene være raskere enn hovedelva.

Det er ingen kjente overføringer til eller fra feltene. Nøkkeldata for nedbørfeltet er presentert i Tabell 1, mens et oversiktskart med markering av nedbørfeltet er vist i Figur 3. Feltdata fra NEVINA og Scalgo er vist i Vedlegg 1 og Vedlegg 2.

Tabell 1: Nøkkeldata for nedbørfelt - Tysla

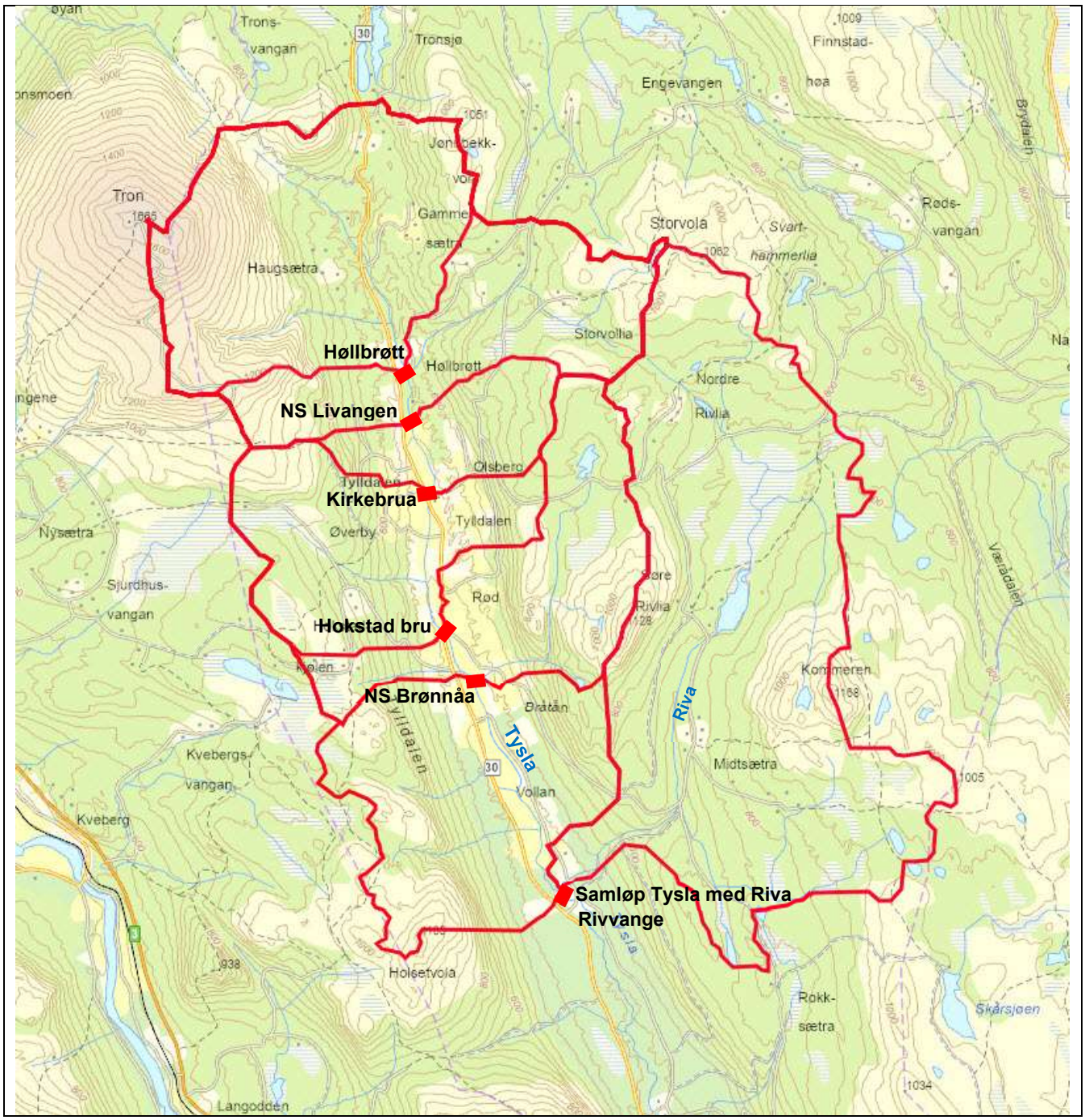
Nedbørfelt	Areal (km²)	Innsjø (%)	Eff. Sjø (%)	Skog (%)	Snaufjell (%)	Myr (%)	Dyrket mark (%)	Felthøyde, min-med-maks (m o.h.)	Årstilsig, Q_N (l/s/km²)
Tysla ved Høllbrøtt	18,4	0,1	0,0	51,2	40,5	0,8	2,1	549-852-1651	13,4 (14,2)*
Tysla nedstrøms samløpet med Livangen	29,5	0,2	0,0	57,0	34,2	2,4	1,9	531-853-1651	13,2 (13,4)*
Tysla ved Kirkebrua	34,3	0,2	0,0	60,6	29,6	2,1	3,3	505-841-1651	13,0 (12,9)*
Tysla ved Hokstad bru	45,5	0,1	0,0	62,5	24,7	3,3	5,0	582-830-1651	12,7 (12,3)*
Tysla nedstrøms samløpet med Brønnåa	57,2	0,4	0,01	60,9	23,2	3,8	5,9	450-836-1651	12,7 (12,2)*
Tysla oppstrøms samløpet med Riva	72,5	0,1	0,0	62,4	21,7	3,3	6,8	417-817-1651	12,5 (11,9)*
Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet	112	0,8	0,05	65,5	20,1	4,7	4,6	411-807-1651	12,5 (12,1)*

** Avrenningskart 1991-2020, NEVINA verdi (avrenningskart 1961 -1990) i parentes.*

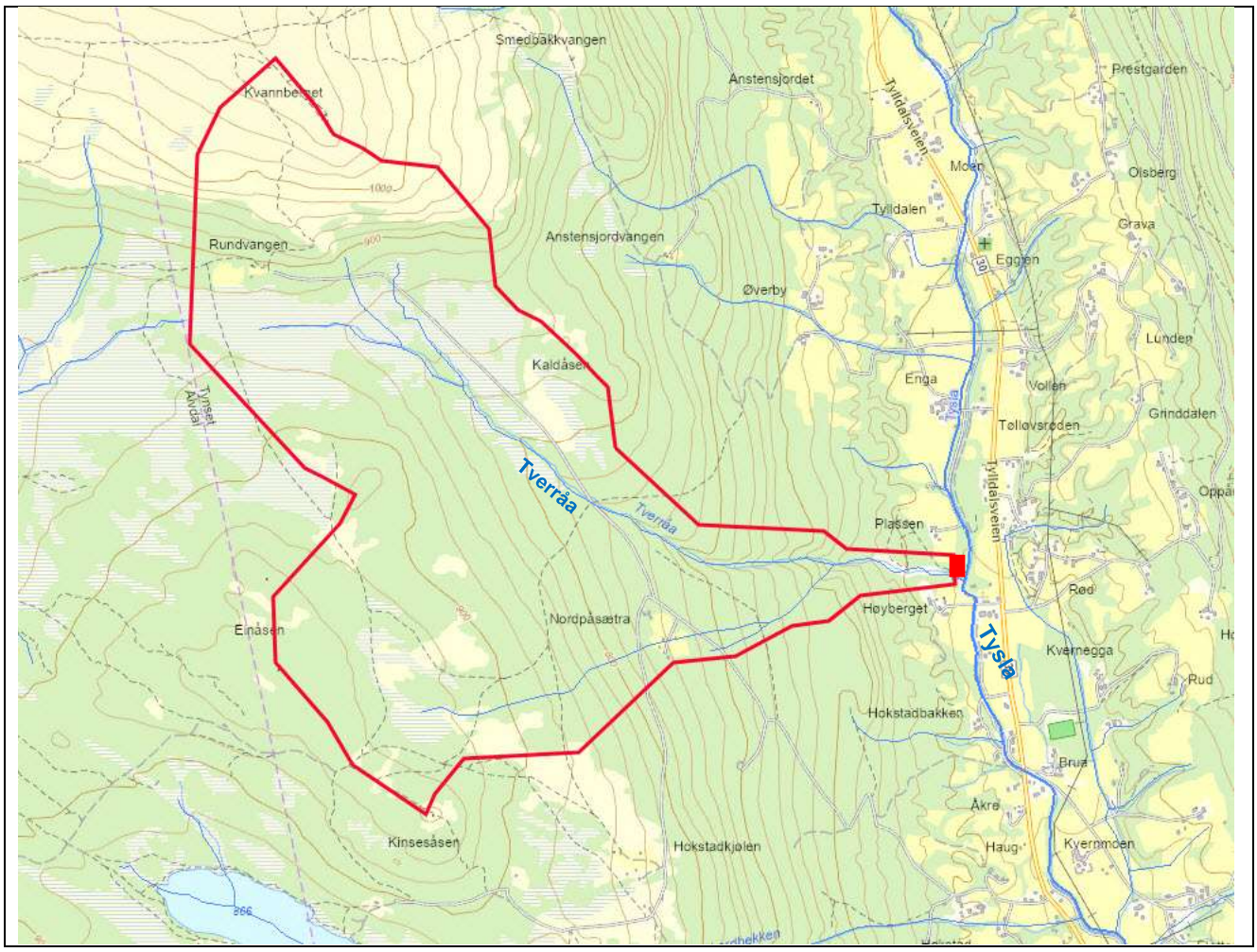
Tabell 2: Nøkkeldata for nedbørfelt – utvalgte sidebekker til Tysla.

Nedbørfelt	Areal (km²)	Innsjø (%)	Eff. Sjø (%)	Skog (%)	Snaufjell (%)	Myr (%)	Dyrket mark (%)	Felthøyde, min-med-maks (m o.h.)	Årstilsig, Q_N (l/s/km²)
Tverråa	4,1	0,0	0,0	66,9	14,2	16,3	0,8	480 – 876 - 1079	12,1 (11,9)*
Kvernbekken	4,2	0,0	0,0	59,3	0,0	0,0	25,2	456 – 538 - 857	12,0 (9,5)*

** Avrenningskart 1991-2020, NEVINA verdi (avrenningskart 1961 -1990) i parentes.*



Figur 3: Nedbørfelt.



Figur 4: Nedbørfelt til Tverråa ved utløpet til Tysla.



Figur 5: Nedbørfeltet til Kvernbekken ved utløpet til Tysla.

2 Beregning av flomstørrelser

Beregning av flomstørrelser utføres i henhold til NVEs veileder for flomberegninger [4]. For å kunne sammenligne beregningene med tidligere utførte beregninger i området er det også benyttet tidligere retningslinjer for flomberegninger fra 2011 [5].

Vannføring varierer i løpet av en flomhendelse. For mindre felt vil maksimal vannføring (kulminasjonsvannføring) ved en flomhendelse ofte bli betydelig større enn den gjennomsnittlige vannføringen i løpet av et døgn (døgnmiddelverdi). For denne flomsonekartleggingen er vi mest interessert i kulminasjonsverdier (flomtoppen), siden disse vil gi største flomvannstander og oversvømte områder.

Mange vannmerker har imidlertid lange dataserier med døgnmiddelverdier, men ingen eller bare korte dataserier med kulminasjonsverdier. Analyse av døgnverdier gir mulighet til å vurdere rimeligheten av beregnede flomverdier med grunnlag i et større datagrunnlag, og det kan benyttes standard metoder å estimere kulminasjonsverdier ut fra disse.

2.1 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

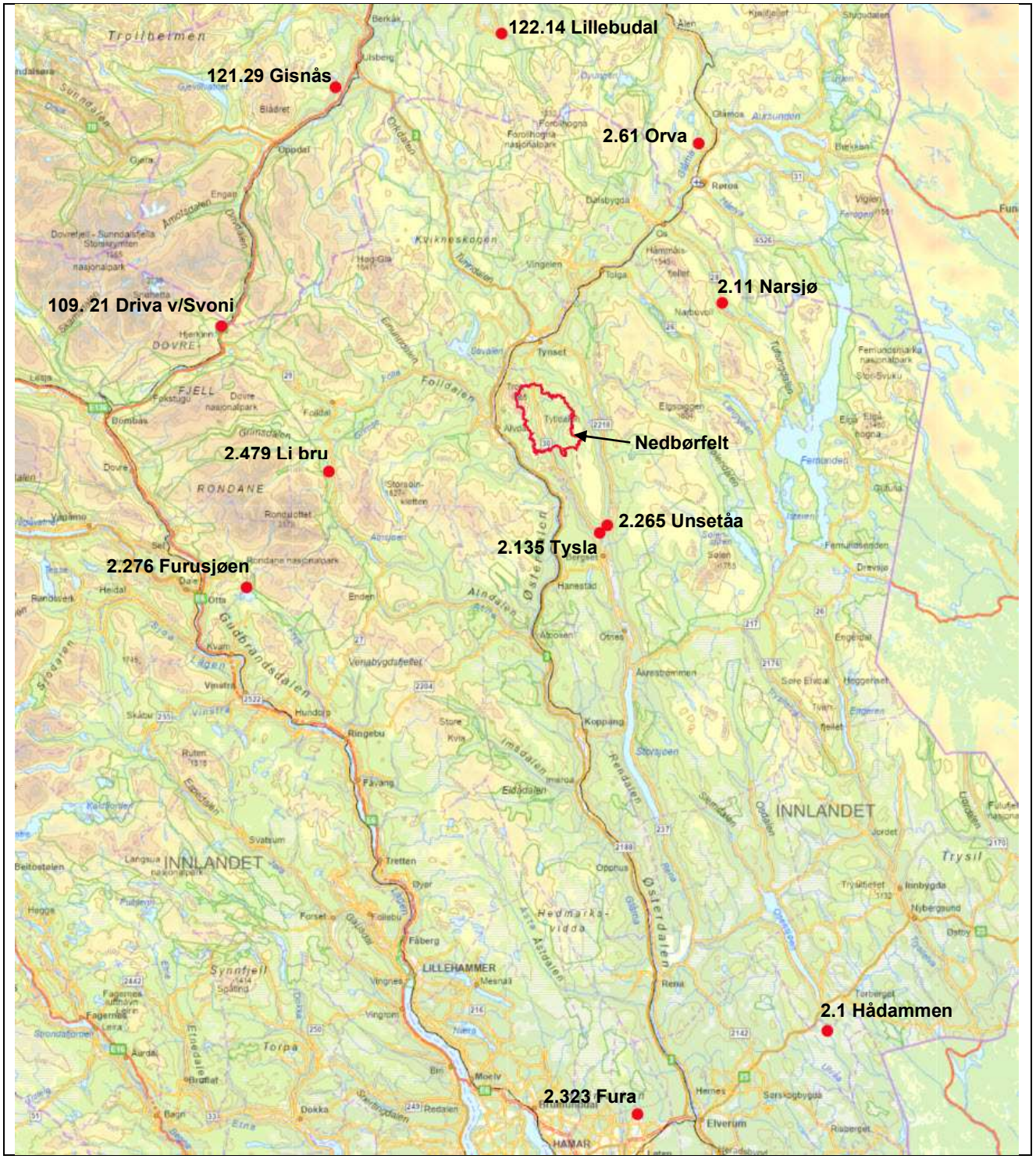
Utvalgte målestasjoner er benyttet. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 3 og plassering er vist i Figur 6. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk nærhet til og likhet med nedbørfeltene.

Vannmerker måler vannstanden i elva, som konverteres til vannføring ved hjelp av en vannføringskurve. Vannføringskurven er basert på fysiske målinger av vannføring ved hjelp av flygel eller andre måleinstrumenter ved forskjellige vannstander. Dersom målte vannstander er høyere enn høyeste vannstand ved fysisk målt vannføring må vannføring estimeres ved ekstrapolering av vannføringskurven. Ved noen vannmerker kan det være dårlig samsvar mellom vannstand og vannføring, for eksempel på grunn av massetransport. NVE vurderer kvaliteten til vannføringskurvene ved målestasjonene med grunnlag i utførte fysiske målinger og hydrauliske forhold ved målestasjoner. I Tabell 3 er det vist kurvekvalitet for store og normale vannføringer som angitt i NVEs database Hydra.

Vannmerke 2.135 Tysla ligger i det samme vassdraget, dog lengre nedstrøms og med dårlig kvalitet på vannføringskurve for de største vannføringene. Den dårlige kvaliteten på vannføringskurven medfører usikkerheter i observerte flomvannføringer, og det legges derfor mindre vekt på observasjoner fra dette vannmerket enn det som vil ha vært tilfellet dersom vannføringskurven hadde hatt bra kvalitet.

Tabell 3: Målestasjoner benyttet i flomberegning.

Målestasjon	**Feltareal (km^2)**	**Periode**	**Høyde (min-med-maks.) (m o.h.)**	**Eff. Sjø (%)**	**Kvalitet (Stor / Normal vannføring)**
2.135 Tysla	229.2	1920 - 1996	279 - 740-1651	0,01	Dårlig - Bra
Nærliggende målestasjoner					
2.265 Unsetåa	620.1	1962 - 2022	338 - 926 - 1433	0,09	Bra - Meget bra
2.11 Narsjø	119.0	1931 - 2022	737 - 940 - 1593	1,65	Middels - Middels
2.479 Li bru	156.9	1998 - 2022	753 – 1290 - 2169	0,01	Middels - Bra
2.276 Furusjøen	66.9	1965 - 1987	852 - 1037 - 1661	8,01	Meget dårlig - Middels
2.323 Fura	36.4	1971 - 2020	349 - 581 - 758	0,00	Bra - Meget bra
2.1 Hådammen	37.9	1990 - 2016	449 - 566 - 744	0,81	Bra - Bra
2.61 Orva	25.4	1996 - 2022	701 - 839 - 1026	6,37	Dårlig - Dårlig
121.29 Gisnås	94.6	1985 - 2022	582 - 910 - 1564	0,02	Dårlig - Bra
122.14 Lillebudal bru	168.1	1964 - 2022	516 - 948 - 1315	0,02	Bra - Bra
109. 21 Driva v/Svoni	136.0	1970 - 2022	989 - 1263 - 2281	0,03	Middels / Bra



Figur 6: Oversiktskart med markering av utvalgte målestasjoner.

2.2 Vurdering av årsmiddeltilsig

Avrenningskartet til NVE oppgir middelvannføring for normalperioden 1991-2020. Ifølge NVEs avrenningskart er middeltilsiget til nedbørfeltet til Tysla ved Rivvangen 12,5 l/(s/km^2). Som vist i Tabell 4 er verdien fra avrenningskartet sammenlignet med middelvannføring som målt ved hvert vannmerke, både i observasjonsperioden (den perioden vannmerkene er i drift) og i perioden 1991-2020.

Som vist i Tabell 4 har vannmerkene som ligger i nærheten, nesten like årsmiddeltilsig som NVEs avrenningskart 1991- 2020 tilsier. Avviket er mindre enn 4%, bortsett fra vannmerke 2.323 Fura (observerte er 23% høyere enn avrenningskartet tilsier). Det er derfor ikke vurdert å være grunnlag for justering av årsmiddeltilsiget for nedbørfeltene ved Tylldalen fra NVEs avrenningskart.

Tabell 4: Sammenligning av observerte middelvannføringer med verdier fra NVEs avrenningskart (1991-2020) for vannmerker.

Målestasjon	Periode	Midlere spes. avrenning Q_N (l/s/km^2)			Forhold (QN/QN1)
		Fra avrenningskart (1991- 2020), QN1	Fra Vannmerke, QN		
			Observasjons-periode, QN	(1991-2020)	
2.135 Tysla	1920 - 1996	12,6	12,1	-	0,96
Nærliggende målestasjoner					
2.265 Unsetåa	1962 - 2022	15,7	16,2	15,6	1,03
2.11 Narsjø	1931 - 2022	19,8	19,4	19,5	0,98
2.479 Li bru	1998 - 2022	22,3	23,1	22,9	1,04
2.276 Furusjøen	1965 - 1987	18,1	18,5	-	1,02
2.323 Fura	1971 - 2020	20,9	25,6	27,6	1,23
2.1 Hådammen	1990 - 2016	22,2	22,3	-	1,01
2.61 Orva	1996 - 2022	19,8	19,9	-	1,00
121.29 Gisnås	1985 - 2022	24,6	24,6	24,3	1,00
122.14 Lillebudal bru	1964 - 2022	32,5	31,6	32,8	0,97
109. 21 Driva v/Svoni	1970 - 2022	21,9	20,4	22,0	0,93

2.3 Sesongvariasjon

I flomberegninger er det vanlig å skille på ulike flomsesonger. Plasseringen i landet og høyden over havet gjør at vårflommer, på grunn av snøsmelting, er dominerende i dette området i Innlandet, noe som kommer tydelig frem i målinger fra vassdraget. Figur 7 viser flomfordeling over året i Tysla ved vannmerke 2.135 Tysla. Figuren viser at en overvekt av flomhendelser forekommer i mai og juni.

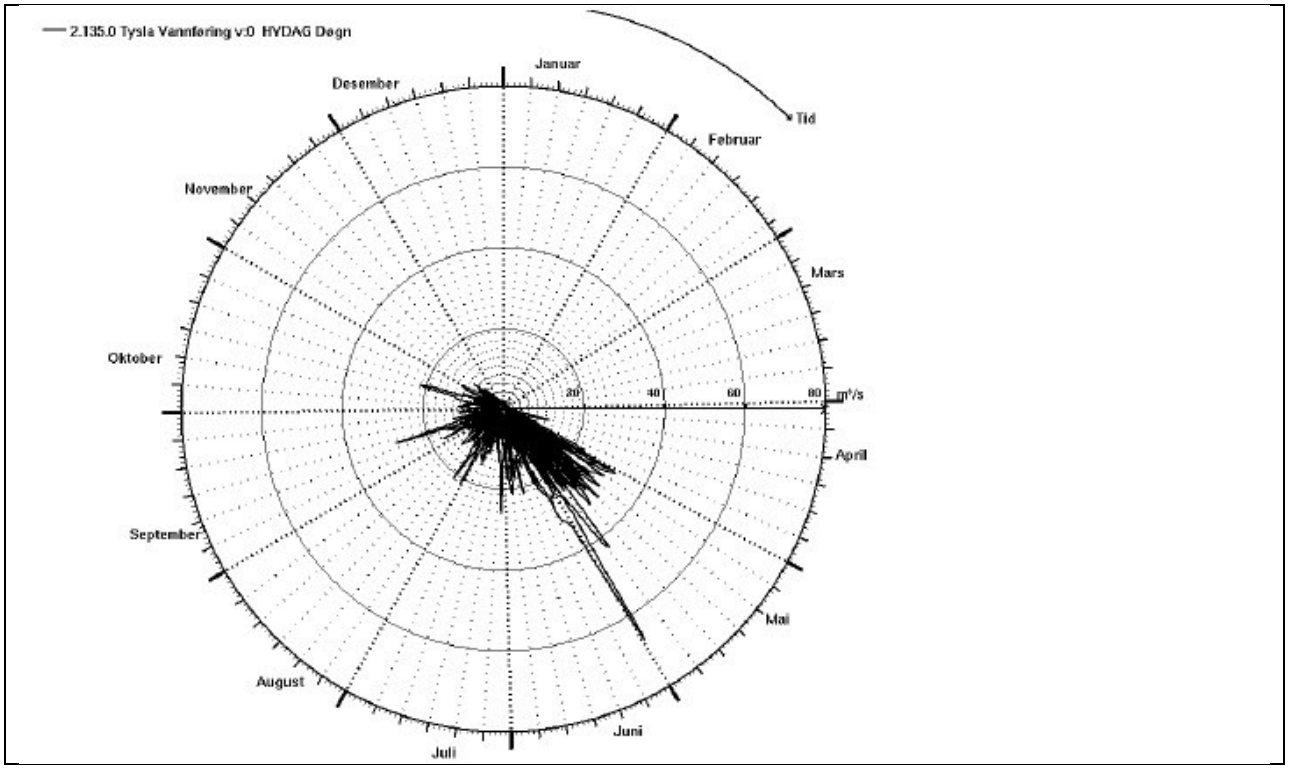
Tabell 5 viser resultater for Q_{200} med en oppdeling i vår (1.1 - 31.7) og høst (1.8 - 31.12), samt for hele året (årsflommer) for to vannmerker. Beregningene er foretatt med NVEs programvare for ekstremverdianalyse i DAGUT, og da ved bruk av Gumbel- og GEV-fordelingen. Det fremgår av tabellen at verdiene for årsflommer og vårflommer er ganske like.

Sidebekkene har små feltareal og vil bli følsom for nedbørhendelser gjennom året.

Det er derfor brukt årsflommer i flomfrekvensanalyse.

Tabell 5: Q200 beregnet med sesonginndeling (l/s/km^2)

Målestasjon	År	Vår	Høst
2.135 Tysla	270	276	142
2.265 Unsetåa	545	543	106



Figur 7: Årspolarplott for Tysla.

2.4 Flomfrekvensanalyse på lokale vannmerker

Det er utført flomfrekvensanalyse på vannmerkene listet opp i Tabell 3 basert på døgndata, og kulminasjonsverdier er estimert ut fra disse. Estimerte døgnvannføringer ved middelflom, 20- og 200-årsflom er vist i Tabell 6. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremverdianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbel-fordeling og General Extreme Value (GEV) fordeling (se Vedlegg 3).

Det er ikke FINUT data (data som gir opplysninger om kulminasjonsverdier) for 2.135 Tysla.

Tabell 6: Frekvensanalyse for årsflommer utført på utvalgte vannmerker (døgnmiddel i l/s/km²).

Målestasjon	Ant, år	Q_M	Q_{20}	Q_{200}	Q_{200} / Q_M	Q_{200}/Q_{20}	Tilpasning
2.135 Tysla	43	97	179	270	2,78	1,51	GEV
Nærliggende målestasjoner							
2.265 Unsetåa	56	164	333	545	3,33	1,64	GEV+Gumbel
2.11 Narsjø	92	197	345	528	2,69	1,53	GEV
2.479 Li bru	25	187	318	445	2,38	1,40	Gumbel
2.276 Furusjøen	23	165	318	466	2,81	1,47	Gumbel
2.323 Fura	52	377	611	851	2,26	1,39	GEV
2.1 Hådammen	27	246	381	513	2,09	1,35	Gumbel
2.61 Orva	25	179	309	429	2,39	1,39	Gumbel
121.29 Gisnås	38	247	392	562	2,27	1,43	GEV
122.14 Lillebudal bru	59	320	558	907	2,84	1,63	GEV
109. 21 Driva v/Svoni	51	196	336	469	2,39	1,40	GEV

2.5 Lokal + regional flomfrekvensanalyse

Det er utført lokal + regional flomfrekvensanalyse med NVEs programvare «Flomanalyse» på vannmerker med døgndata. Estimerte flomverdier (døgnmiddel) er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Lokal + regional frekvensanalyse utført på utvalgte vannmerker (døgnmiddel i l/s/km²).

Målestasjon	Ant, år	Q_M	Q_{20}	Q_{200}	Q_{200} / Q_M	Q_{200}/Q_{20}	Tilpasning
2.135 Tysla	43	97	177	263	2,70	1,49	GEV
Nærliggende målestasjoner							
2.265 Unsetåa	56	164	305	468	2,86	1,53	GEV
2.11 Narsjø	92	197	341	497	2,53	1,46	GEV
2.479 Li bru	25	187	333	485	2,59	1,46	GEV
2.276 Furusjøen	23	165	293	428	2,59	1,46	GEV
2.323 Fura	52	374	606	859	2,30	1,42	GEV
2.1 Hådammen	27	246	405	576	2,34	1,42	GEV
2.61 Orva	25	185	307	437	2,36	1,42	GEV
121.29 Gisnås	38	247	403	571	2,31	1,42	GEV
122.14 Lillebudal bru	59	320	519	761	2,38	1,47	GEV
109. 21 Driva v/Svoni	51	196	343	499	2,54	1,46	GEV

2.6 Formelverk RFFA-2018

Det er foretatt beregninger av flomstørrelse basert på NVEs mest oppdaterte formelverk RFFA-2018. Resultatene er vist i Tabell 8 og Tabell 9. Formelverket er gyldig for felt i hele landet med feltareal større enn 60 km², men er anbefalt verifisert mot lokale målinger [4].

Tabell 8: RFFA-2018, Middel, 20- og 200-årsflom (døgnmiddel).

Felt	Areal km²	Middelflom		20-årsflom		200-årsflom	
		m³/s	l/(s*km²)	m³/s	l/(s*km²)	m³/s	l/(s*km²)
Tysla oppstrøms samløpet med Riva	72,5	10,2	141	18,4	254	26,1	360
Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet	112	16,0	143	28,9	258	41,2	368

Tabell 9: 200-årsflom (kulminasjonsverdier) basert på RFFA 2018.

Felt	Kulminasjons-faktor	20-årsflom		200-årsflom	
		m³/s	l/(s*km²)	m³/s	l/(s*km²)
Tysla oppstrøms samløpet med Riva	1,20	22,1	305	31,3	432
Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet	1,19	34,4	307	49,0	438

2.7 Formelverk RFFA-NIFS 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 60 km², men kan brukes med forsiktighet for felt opp til 100 km². Det er anbefalt at verdiene fra NIFS er verifisert mot lokale målinger [4]. I formelen er flomstørrelsen i et gitt felt avhengig av feltareal, normalt årsmiddeltilsig og effektiv sjøprosent. Det henvises til NVE-rapport 7-2015 [6] for flere detaljer knyttet til beregningsmetodikk. Middelflommen utregnes som en momentanverdi og skaleres ved hjelp av en vekstkurve opp til 200-årsflom. Tabell 10 viser flomverdier for middelflom, 20-årsflom og 200-årsflom beregnet med RFFA-NIFS for små nedbørfelt.

Tabell 10: Middelflom og 200-årsflom (Kulminasjonsverdier) beregnet med «formelverk RFFA-NIFS for små nedbørfelt»

Felt	Areal (km^2)	Middelflom		20-årsflom		200-årsflom	
		(m^3/s)	($l/s/km^2$)	(m^3/s)	($l/s/km^2$)	(m^3/s)	($l/s/km^2$)
Tysla ved Høllbrøtt	18,4	5,7	310	10,1	550	16,5	895
Tysla nedstrøms samløpet med Livangen	29,5	8,4	285	15,0	510	24,5	830
Tysla ved Kirkebrua	34,3	9,5	275	16,9	490	27,6	805
Tysla ved Hokstad bru	45,5	11,8	260	21,1	465	34,6	760
Tysla nedstrøms samløpet med Brønnåa	57,2	14,4	250	25,8	450	42,2	735
Tysla oppstrøms samløpet med Riva	72,5	17,4	240	31,1	430	51,0	705

Tabell 11Middelflom og 200-årsflom (Kulminasjonsverdier) beregnet med «formelverk RFFA-NIFS for små nedbørfelt»:

Felt	Areal (km^2)	Middelflom		20-årsflom		200-årsflom	
		(m^3/s)	($l/s/km^2$)	(m^3/s)	($l/s/km^2$)	(m^3/s)	($l/s/km^2$)
Tverråa	4,1	1,41	345	2,55	620	4,15	1015
Kvernbekken	4,2	1,43	340	2,58	615	4,23	1005

2.8 Endelig valg av flomstørrelse

Flomstørrelse i Tysla og sidebekker ved delområde-Tylldalen er vurdert ved bruk av frekvensanalyse og nasjonalt formelverk (RFFA-2018 og RFFA-NIFS).

Frekvensanalysen ble utført på vannmerke 2.135 Tysla ved bruk av to ulike metoder (direkte på vannmerket og lokal + regional frekvensanalyse) med døgndata. I tillegg er beregningene sammenlignet med nærliggende vannmerker i en flomfrekvensanalyse.

Resultater fra beregning av døgnvannføring i Tysla ved Rivvangen, beregnet med flomfrekvensanalyse og RFFA-2018 er sammenlignet i Tabell 12. RFFA-2018 gir høyere 200-årsflomverdier enn angitt av flomfrekvensanalyse basert på vannmerket.

Frekvensanalysen på nærliggende vannmerker gir høyere flomverdier enn både den lokale frekvensanalysen på Tysla og RFFA-2018 (se Tabell 6 og Tabell 7). Dette skyldes at middelflom i Tysla er lavere enn ved nærliggende vannmerker. Årsmiddeltilsiget i Tysla er også relativt lav sammenlignet med nærliggende vannmerker (Tabell 4). Forholdstall Q_{200}/Q_M som angitt i Tabell 12 ser rimelig ut sammenlignet med nærliggende vannmerker (Tabell 6).

Da NVEs hydra-database angir at målingene ved 2.135 Tysla ved store vannføringer er dårlig, er det valgt døgnverdier som beregnet ved hjelp av RFFA-2018 for Tysla med feltareal større enn 60 km^2.

Tabell 12: Beregnede døgnmiddelverdier for Q_M og Q_{200} i Tysla ved Rivvangen med grunnlag i forskjellige metoder (l/s/km^2).

Felt	**Frekvensanalyse på Tysla (Døgndata)**			**RFFA-2018**		
	Q_M	**Q_{200}**	**Q_{200}/Q_M**	**Q_M**	**Q_{200}**	**Q_{200}/Q_M**
Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet med Riva	97	270	2,78	143	368	2,58

For nedbørfelt med feltareal mindre enn 60 km^2 er det valgt flomverdier for Q_{20} og Q_{200} som beregnet med RFFA-NIFS.

For felt med areal større enn 60 km^2 skal man i utgangspunktet bruker tall som estimert ved hjelp av RFFA-2018. Ved bruk av kulminasjonsfaktor (1,2) beregnet i RFFA-2018 får vi en kulminasjonsverdi på 49 m^3/s ved Rivvangen nedstrøms samløpet med Riva. Flomverdien i Tysla oppstrøms samløpet med Riva som beregnet med RFFA-2018 (31,3 m^3/s) er imidlertid lavere enn Tysla nedstrøms samløpet med Brønnåa som beregnet med RFFA-NIFS (42,2 m^3/s), se Tabell 9 og Tabell 10. Feltarealet ved Brønnåa er rett ved øvre grensen til gyldighetsområdet for bruk av RFFA-NIFS og RFFA-NIFS kan derfor overestimerer vannføringer her. Det likevel velges å benytte verdien for RFFA-NIFS.

Det er ingen findata (observasjoner med timesverdier) tilgjengelig i vassdraget, Tysla. Dermed kan forholdet mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom (kulminasjonsfaktor) ikke beregnes basert på observasjoner.
RFFA-2018 gir kulminasjonsfaktoren på 1,2 for Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet med Riva mens kulminasjonsfaktoren ble beregnet til 1,4 ved bruk av formelen for vårflommer angitt i NVEs tidligere retningslinjer for flomberegninger fra 2011 [5]. Vi har valgt å bruke kulminasjonsfaktoren på 1,4 for å beregne kulminasjonsvannføring ved flom for Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet med Riva.

Flomvannføringene i Tysla oppstrøms samløpet med Riva er beregnet ved bruk av fordeling av restvannføringen mellom Brønnåa og Riva oppstrøms og nedstrøms samløpet ved Rivvangen basert på arealskalering. Valgte flomverdier (kulminasjonsverdier) ved 20- og 200-årsflom er vist i Tabell 13 for Tysla og Tabell 14 for sidebekker til Tysla.

Erfaringstall viser at på Østlandet (vassdragsnummer 001 - 016), varierer døgnmiddelverdiene for 200-årsflom stort sett mellom 290 - 920 l/(s*km^2) (basert på 1000-årsflom mellom 350 – 1100 l/(s*km^2) og forholdstall Q_{1000}/Q_{200} = 1,2) i middels store felt (50 – 500 km^2) mens det varierer fra 500 - 1000 l/(s*km^2) (1000-årsflom mellom 600 – 1200 l/(s*km^2) og forholdstall Q_{1000}/Q_{200} = 1,2) i små felt (< 50km^2) [4]. Kulminasjonsflomverdiene for 200-årsflom i Østlandet varierer i stort fra 500 l/(s*km2) til 1500 l/(s*km^2) i små nedbørfelt [4]. Valgte flomverdier er i samsvar med NVEs erfaringstall.

Tabell 13: Valgt 20- og 200-årsflom (kulminasjonsverdi) for Tysla.

Felt	20-årsflom		200-årsflom	
	(m^3/s)	($l/s/km^2$)	(m^3/s)	($l/s/km^2$)
Tysla ved Høllbrøtt	10,1	550	16,5	895
Tysla ved nedstrøms samløpet med Livangen	15,0	510	24,5	830
Tysla ved Kirkebrua	16,9	495	27,6	805
Tysla ved Hokstad bru	21,1	465	34,6	760
Tysla ved nedstrøms samløpet med Brønnåa	25,8	450	42,2	735
Tysla oppstrøms samløpet med Riva	29,9	410	46,5	640
Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet	40,5	360	57,7	515

Tabell 14: Valgt 20- og 200-årsflom (kulminasjonsverdi) for sidebekker til Tysla.

Felt	20-årsflom		200-årsflom	
	(m^3/s)	($l/s/km^2$)	(m^3/s)	($l/s/km^2$)
Tverråa	2,6	620	4,2	1015
Kvernbekken	2,6	615	4,2	1005

2.9 Mulige konsekvenser av klimaendringer

Klimaframskrivinger for Norge tilsier endringer i fremtidig temperatur- og nedbørforhold. I rapporten «Klimaendring og fremtidige flommer i Norge» [7], har NVE sett på hvordan klimaendringer vil føre til endringer i flomstørrelser frem mot år 2100.

De store vassdragene i Innlandet viser både reduksjoner og økninger i flomstørrelsen i framtiden. I NVEs rapport «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» [7] anbefales det et klimapåslag på 0% for store vassdrag i Hedmark som er dominert av snøsmelteflommer om våren og tidlig på sommeren, med sjelden store høst-/vinterflommer i dagens klima. Likevel anbefales det i [7] et klimapåslag på minst 20% for alle nedbørfelt med areal < 100 km^2. Feltarealet til Tysla ved Rivvangen som ligger nedstrøms grensen til delområde-Tylldalen er litt større enn 100 km^2 (112 km^2).

Ifølge klimaprofilen for Hedmark, som er basert på rapport om klimapåslag for korttidsnedbør [8], anbefales det et klimapåslag på 30 - 50% for små nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn. NVEs veileder for flomberegninger anbefaler et klimapåslag på 40% for alle nedbørfelt mindre enn ca. 10 km^2 [4].

Det er valgt å bruke 40% klimapåslag for sidebekkene og 20% for Tysla i denne rapporten. Kulminasjonsvannføring inkludert klimapåslag er presentert i Tabell 15.

Tabell 15: Flomverdier (kulminasjonsverdi) for Tysla (m^3/s)

Felt	Q_{20}	Q_{20} inkl. 20% klimapåslag	Q_{200}	Q_{200} inkl. 20% klimapåslag
Tysla ved Høllbrøtt	10,1	12,1	16,5	19,8
Tysla ved nedstrøms samløpet med Livangen	15,0	18,0	24,5	29,4
Tysla ved Kirkebrua	16,90	20,3	27,6	33,1
Tysla ved Hokstad bru	21,1	25,3	34,6	41,5
Tysla nedstrøms samløpet med Brønnåa	25,8	31,0	42,2	50,6
Tysla oppstrøms samløpet med Riva	29,9	35,9	46,5	55,8
Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet	40,5	48,6	57,7	69,2

Tabell 16: Flomverdier (kulminasjonsverdi) for sidebekker til Tysla (m^3/s).

Felt	Q_{20}	Q_{20} inkl. 40% klimapåslag	Q_{200}	Q_{200} inkl. 40% klimapåslag
Tverråa	2,6	3,6	4,2	5,8
Kvernbekken	2,6	3,6	4,2	5,9

2.10 Vurdering av kvalitetsklassen til flomberegningene

I Figur 9 i NVEs veileder for flomberegning [4] viser et flytskjema over hvordan det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegning kan klassifiseres. Det er brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i Tysla og nært vassdraget, men målingene i Tysla betraktes som mer usikre på grunn av kurvekvaliteten angitt av NVEs HYDRA database, og stort avvik i flomverdier mot andre nærliggende vannmerker (se Tabell 6). Det hydrologiske datagrunnlaget for beregningene er vurdert til å være flomberegningsklasse 3.

3 Hydraulisk modell

3.1 Beregningsmodell

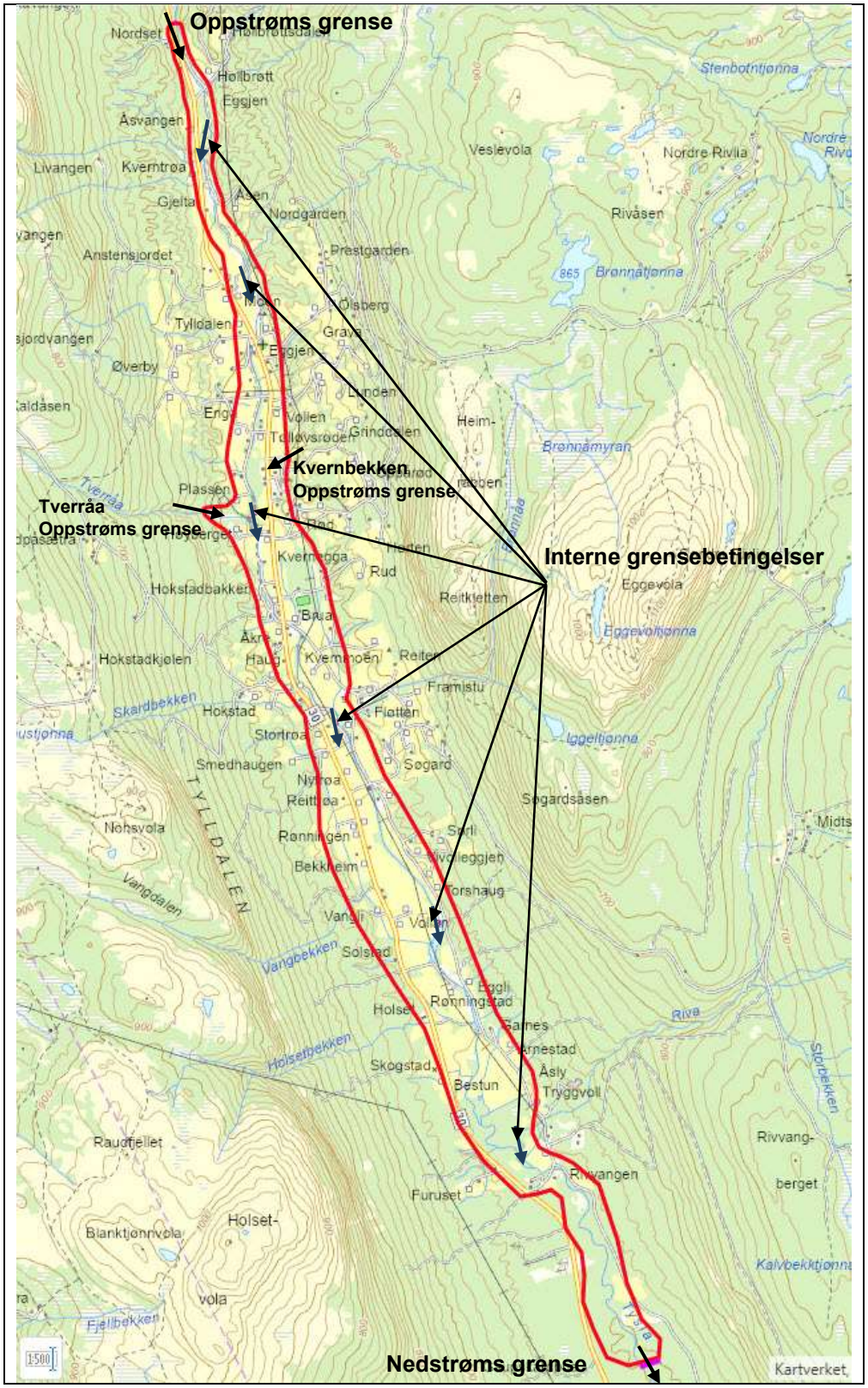
Vannstandsstigning og flomutbredelse langs vassdragene ved Tylldalen er beregnet ved bruk av den to dimensjonale hydrauliske modellen HEC-RAS, Versjon 6.3.1. Grunnlaget for modellen er laserdata [9] som vist i Tabell 17.

Tabell 17: Grunnlaget for hydraulisk modell.

Grunnlag	Høydesystem	Oppløsning
NDH Tylldalen-Unset 5pkt 2017	NN2000	0,25 x 0,25 m

Den hydrauliske modellen er satt opp for Tysla og sidebekker (Tverråa og Kvernbekken), slik at den dekker delområdet. For at ikke nedre grensebetingelse skal påvirke resultatene ved delområdet, er grensebetingelsen plassert ca. 2 km nedstrøms delområdet. Oversiktskart som viser modellert område, er vist i Figur 8.

Vannstand, vannføring og vannhastighet i modellen beregnes for celler i et «beregningsmesh». Cellestørrelsen i modellen er satt til 4 x 4 meter i elven og områdene tett på. For områdene utenfor, med mindre krav til nøyaktighet, er det brukt en cellestørrelse på 10 x 10 meter. Modellen er kjørt med bruk av ligningen SWE-ELM med et tidssteg på 0,5 sekunder. Disse beregningsforutsetningene gir et Courant tall under 1,0.



Figur 8: Kartutsnitt over modellert område – Tysla.

3.2 Grensebetingelser

2D-modellen er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse. Oppstrøms grensebetingelser er flomvannføringer inn i beregningsstrekningen dvs. momentanverdien for Tysla ved Høllbrøtt, i henhold til Tabell 15. Nedstrøms grensebetingelse er satt lik normalstrømning i Tysla med bunnhelning på 0,003 (jf. Figur 8). Modellens følsomhet til nedstrøms grensebetingelser er omtalt i kapittel 5.3.

Beregnede flomvanføringer i sidebekkene (Tverråa og Kvernbekken) iht. Tabell 16 er satt som oppstrøms grensebetingelser (se Figur 8).

Flomvannføringer i Tysla ved ulike punkter er estimert og vist i Tabell 15, og restvannføringer er lagt inn i modellen som interne grensebetingelser (se Figur 8).

Det foreligger ingen observerte flomhendelser som modellen kan kalibreres mot. Friksjonsforholdene er vurdert ut fra kart og bilder, samt erfaringstall fra litteratur [11] knyttet til forskjellig arealbruk og forhold i elven. Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningen er basert på Manningstall (n), og benyttede Manningstall for ulike flater er gjengitt i Tabell 18. For 2D-beregningene er Manningstallene definert basert på arealressurskart fra Statens kartverk.

Tabell 18: Benyttede Manningstall i 2D-beregningen.

Flate-type	n	M
Elveløp, ferskvann	0,035	29
Flomslette, åpen fastmark	0,045	22
Flomslette, innmarksbeite og dyrket jord	0,045	22
Flomslette, skog	0,08	13
Flomslette, myr	0,06	17
Flomslette, bebygd	0,02	50
Flomslette, samferdsel	0,017	59

3.3 Infrastruktur i modellen

Det er flere veier som krysser Tysla og sidebekkene. Det er 12 bruer i forbindelse med fylkesveg, Fv30 Tylldalsveien og lokale veger som krysser Tysla på beregningstrekningen. Plassering av bruene er markert på kart i Figur 9 til Figur 11. Merk at traktorstier krysser Tysla på TY2, TY3 og TY12 i beregningstrekningen, men det er ingen bruer/kulverter ved disse kryssingene (se Vedlegg 5). Bru TY13 krysser Riva, og den er ikke lagt inn i modellen.

Langs Tverråa er det er en bru på beregningstrekningen, det er ingen bru/kulvert ved elvekryssing TV1 (se Figur 12). Langs Kvernbekken er det 7 kulverter på beregningstrekningen (se Figur 13).

Bruene/kulvertene er innmålt av Norconsult (se Vedlegg 5) og det antas i beregningene at lysåpning under disse bruene ikke er tilstoppet. Bru-/kulvertdimensjoner som er benyttet i HEC-RAS modellen, er vist i Tabell 19, Tabell 20 og Tabell 21.

Tabell 19: Dimensjoner til bruer i modellen som krysser Tysla på beregningstrekningen (Høydene i høydesystem NN2000).

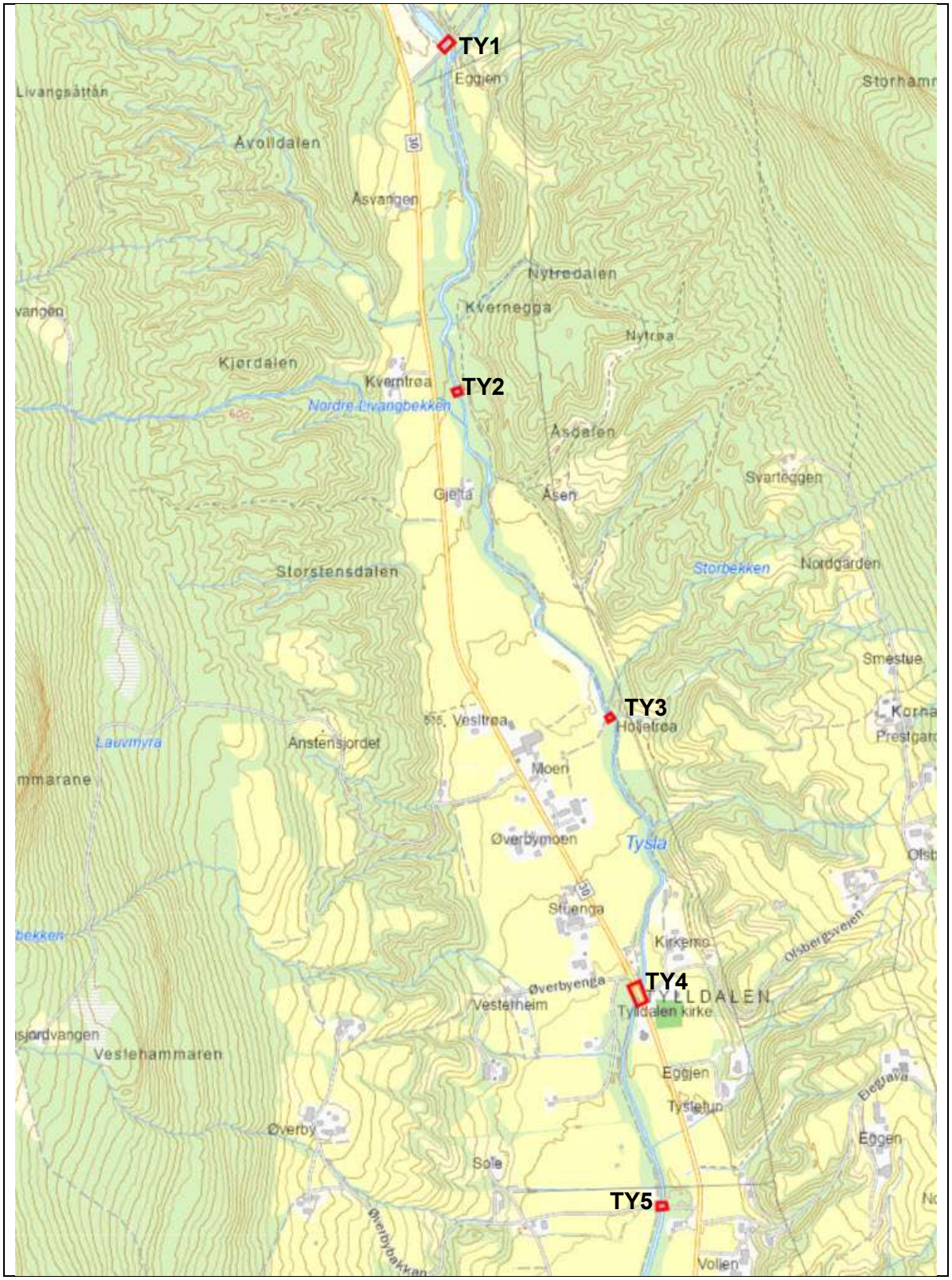
	Bredde (m)	Overkant brudekke (moh.)	Underkant brudekke (moh.)
TY1	7,5	549,30	548,65
TY4	14,6	505,20	504,05
TY5	9,6	495,00	494,42
TY6	10,8	490,65	489,93
TY7	13,4	479,00	478,675
TY8A	14,8	475,00	474,67
TY8	12,8	475,30	474,55
TY9A	8,2	469,35	468,66
TY9	13,2	467,00	466,49
TY10	12,4	465,35	464,03
TY11	12,3	444,15	443,40
TY14	10,0	412,80	412,02

Tabell 20: Dimensjoner til bruer i modellen som krysser Tverråa på beregningstrekningen (Høydene i høydesystem NN2000).

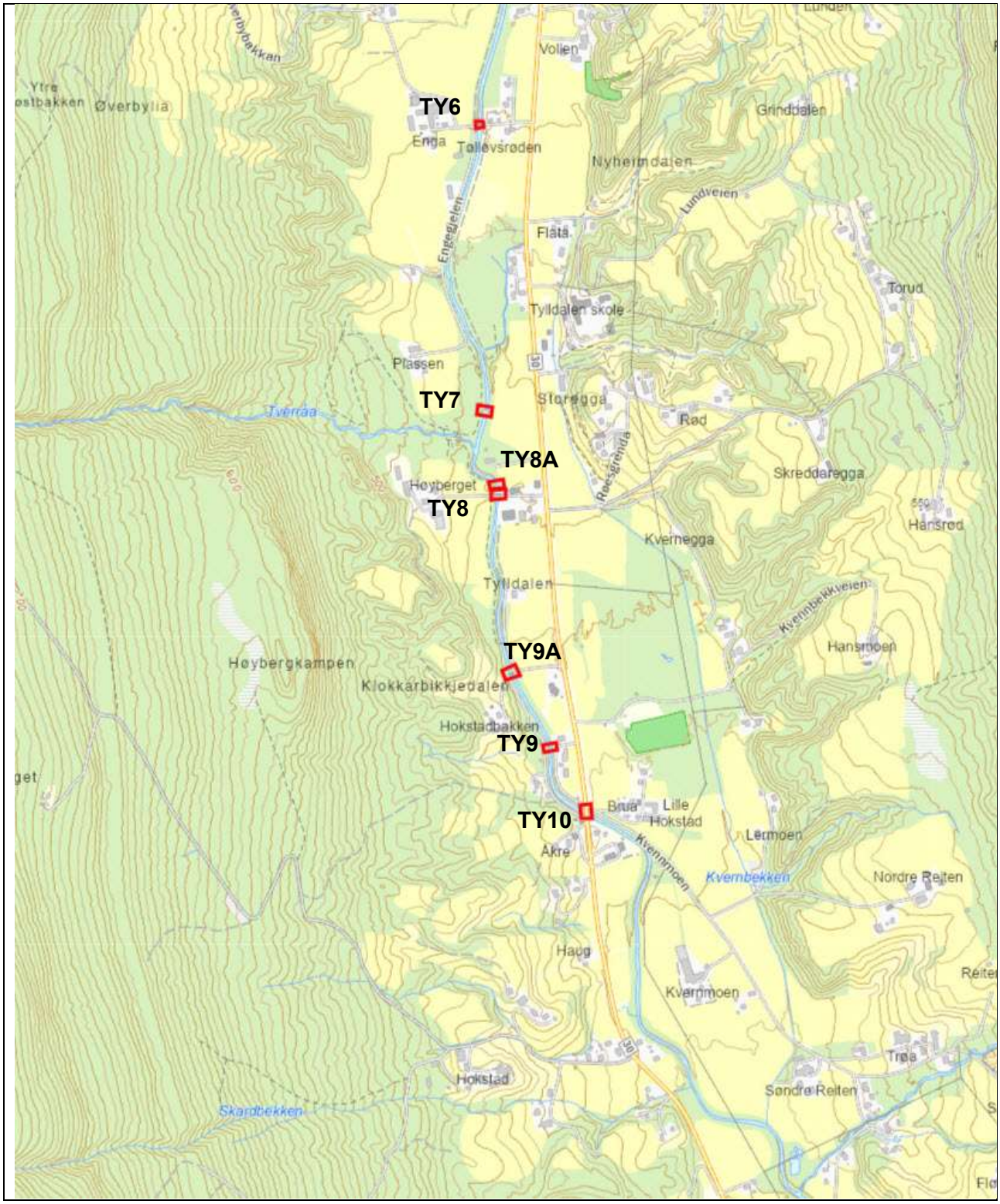
	Bredde (m)	Overkant brudekke (moh.)	Underkant brudekke (moh.)
TV2	4,0	480,40	480,03

Tabell 21: Dimensjoner til kulverter i modellen som krysser Kvernbekken på beregningstrekningen (Høydene i høydesystem NN2000).

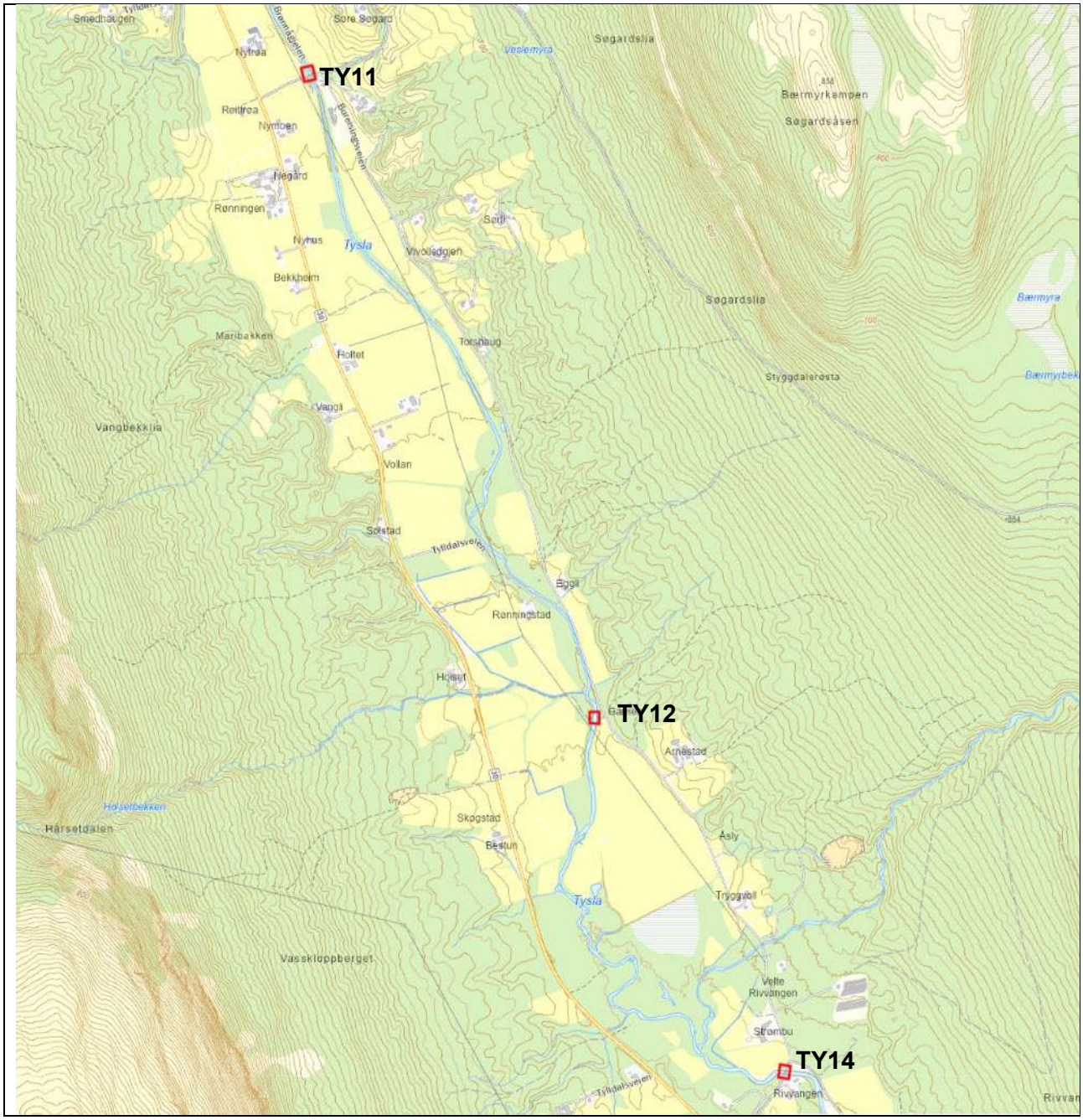
	Diameter (m)	Lengde (m)	Bunnivå innløp (moh.)	Bunnivå utløp (moh.)	Vegtopp (moh.)
K1	0,6	35,1	487,38	486,05	488,00
K3	0,7	15,1	483,02	483,00	486,00
K4	1,0	54,9	479,59	478,72	481,90
K5	0,8	18,4	473,75	473,55	476,45
K6	1,0	7,2	464,84	464,77	466,90
K8	0,8	6,6	457,62	457,60	460,30
K9	0,8	9,3	453,34	453,30	455,10



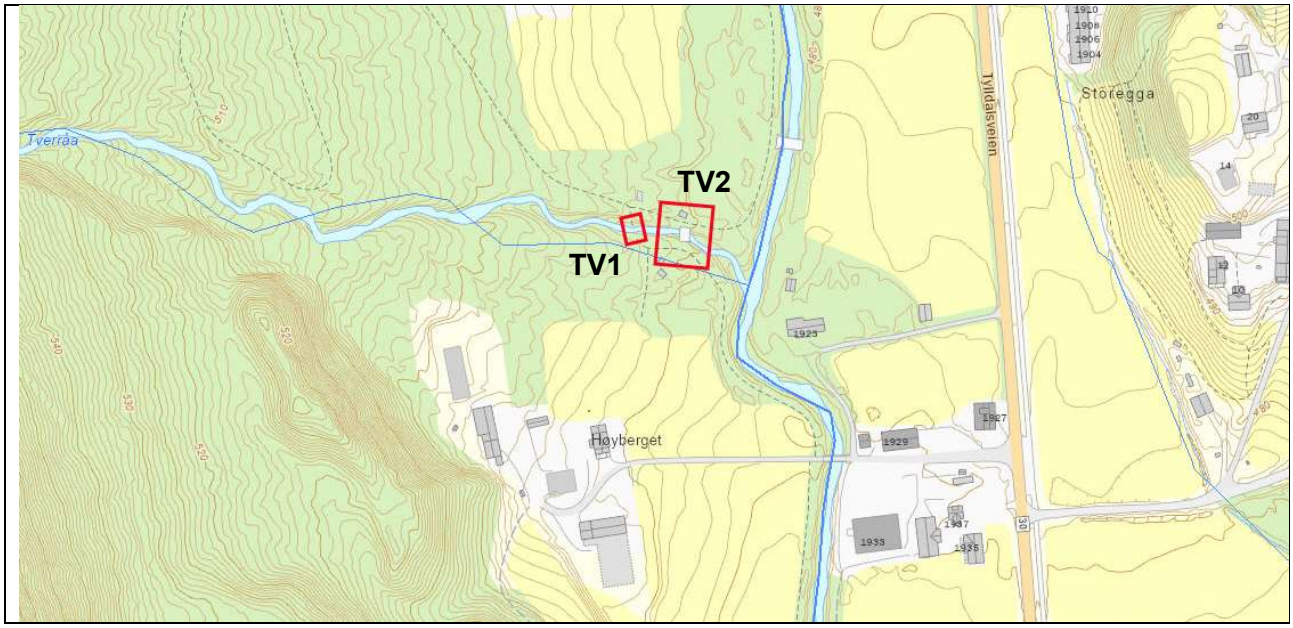
Figur 9: Oversiktskart over bruer (markert med rød boks) som krysser Tysla på beregningstrekningen – del 1.



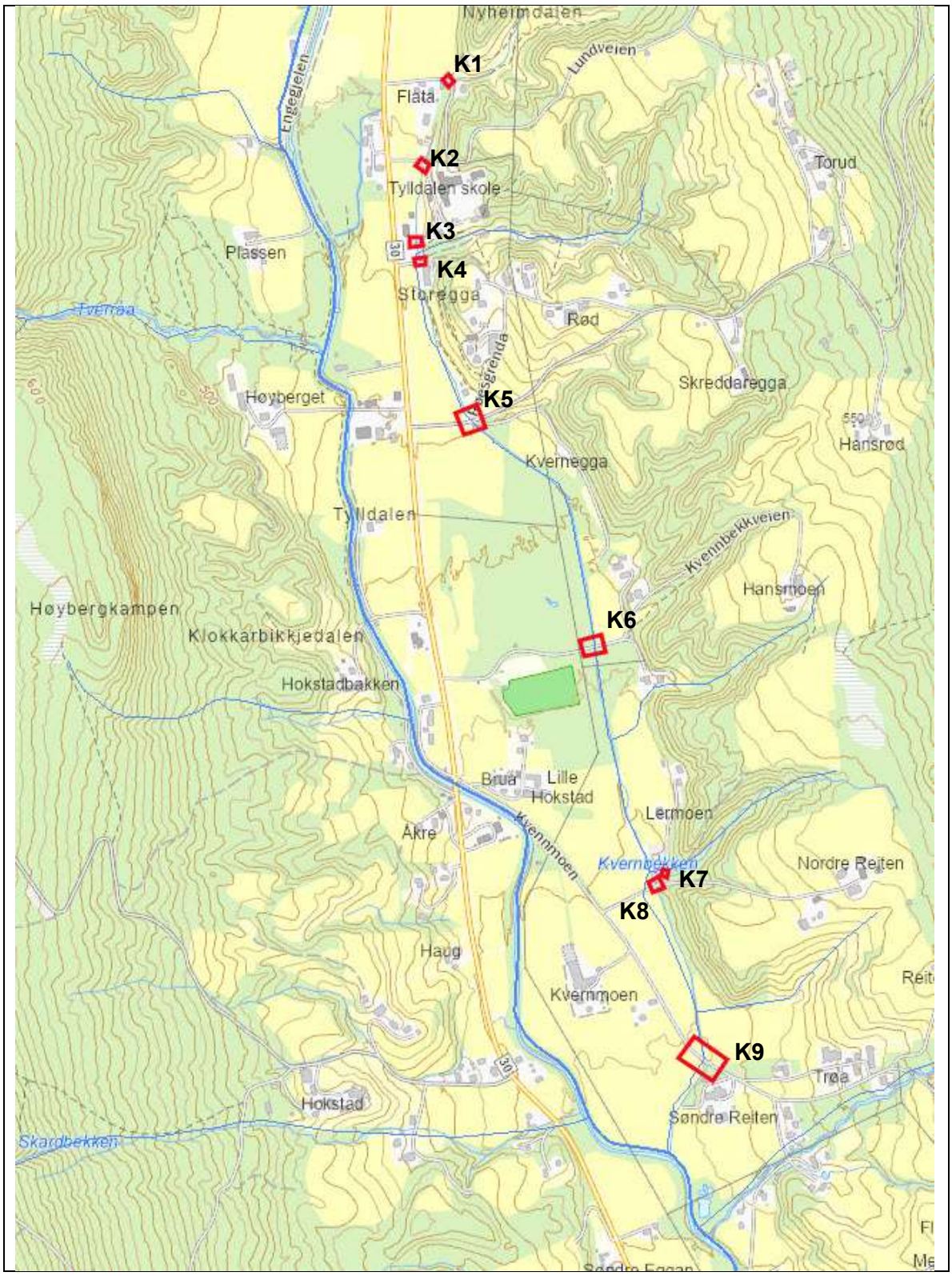
Figur 10: Oversiktskart over bruer (markert med rød boks) som krysser Tysla på beregningstrekningen – del 2.



Figur 11: Oversiktskart over bruer (markert med rød boks) som krysser Tysla på beregningstrekningen - del 3.



Figur 12: Oversiktskart over bruer (markert med rød boks) som krysser Tverråa på beregningstrekningen.



Figur 13: Oversiktskart over bruer (markert med rød boks) som krysser Kvernbekken på beregningstrekningen.

4 Resultater

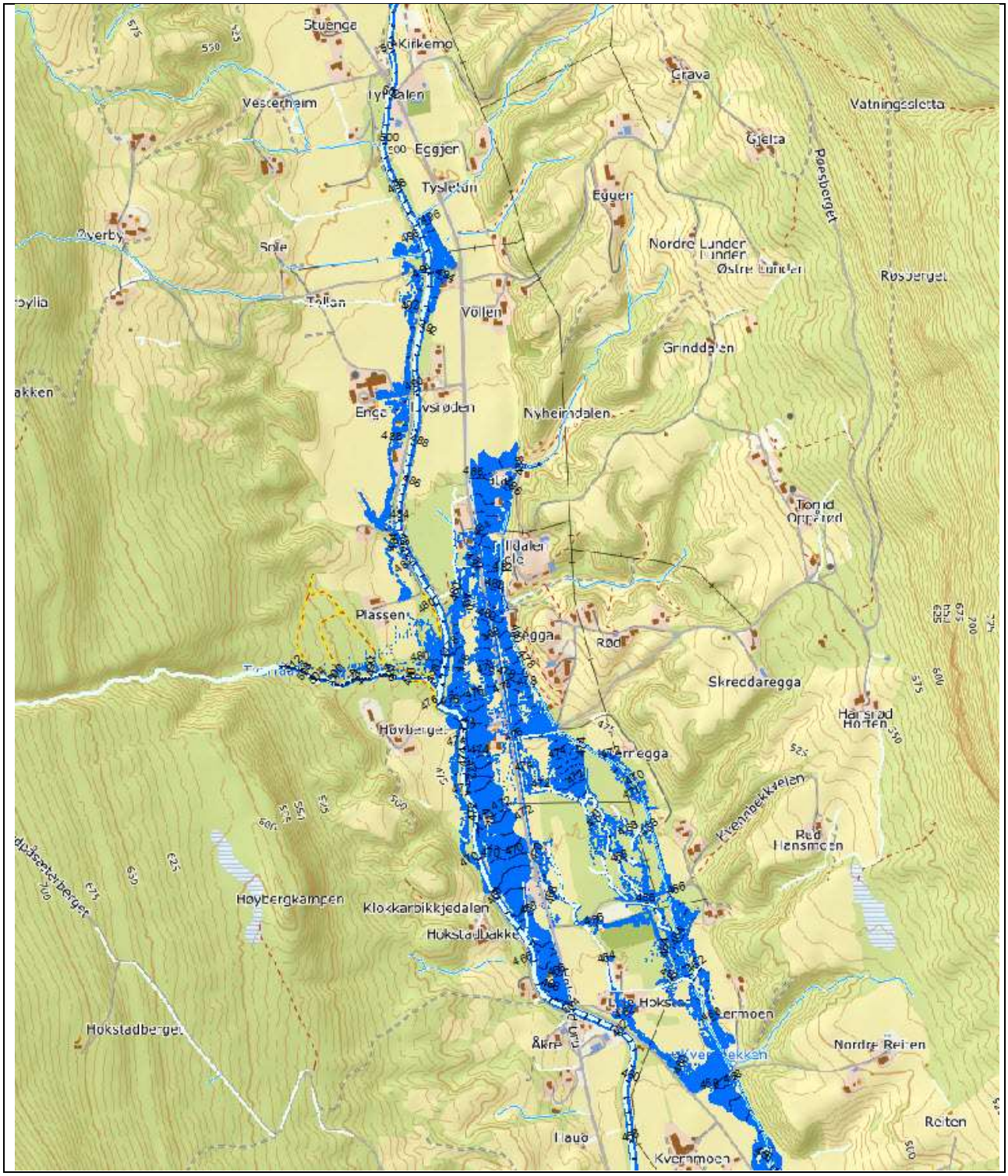
Flomsonekart som viser flomutbredelse langs vassdragene er vedlagt (Vedlegg 6). Flomutbredelsen er vurdert for flom med gjentaksintervall på 20 og 200 år, samt 20- og 200 årsflom i et fremtidig klima.

Figur 14 viser oversvømt område ved 200-årsflom med klimapåslag i den bebygde delen av Tylldalen, strekningen mellom Kirkebrua og Hokstadbrua. I beregningstrekningen vil flomvannet i hovedsak følge selve elveløpet. På enkelte delstrekninger renner imidlertid elva ut av sitt naturlige løp og oversvømmer nærliggende områder.

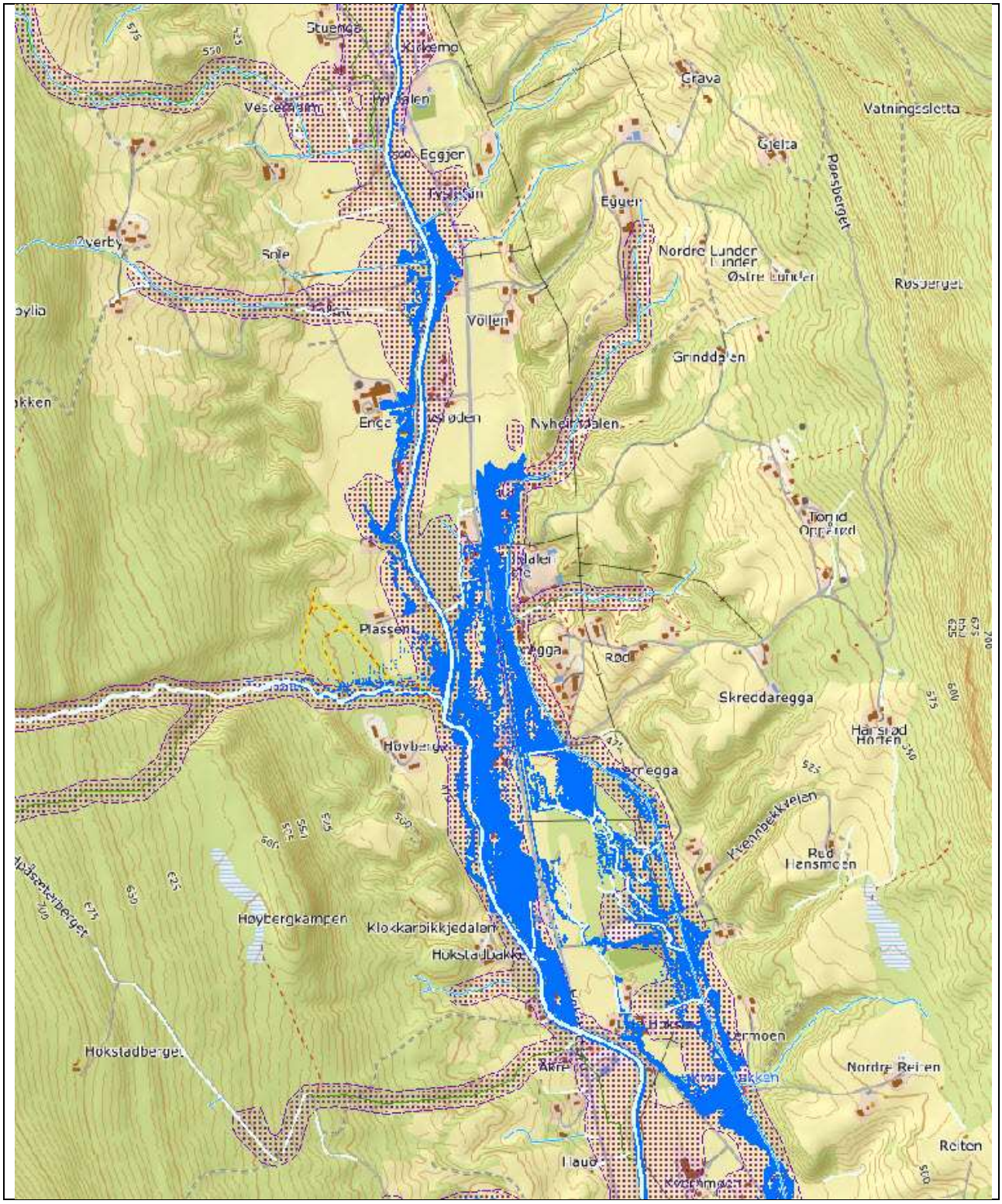
4.1 Sammenligning med NVEs aktsomhetskart

NVEs aktsomhetskart er et nasjonalt kart på oversiktsnivå som viser hvilke arealer som kan være utsatt for flomfare. Kartet vil aldri kunne bli helt nøyaktig, men er godt nok til å gi en indikasjon på hvor flomfaren bør vurderes nærmere dersom det er aktuelt med ny utbygging. Kartet er produsert på bakgrunn av hydrologiske modeller, basert på erfaring fra norske vassdrag og en digital terrengmodell. Vannstandsstigningen vil som oftest være overestimert ved bruk av denne metoden. En mer detaljert kartlegging vil derfor som regel redusere aktsomhetsområdenes utstrekning.

Figur 15 viser sammenligning av beregnet flomsone (200-årsflom med klimapåslag) med NVEs flomaktsomhetskart. Som vist i figuren er flomutbredelsen overestimert i aktsomhetskartet sammenlignet med beregnet flomsone. Videre viser aktsomhetskartet flomfaren i sidebekkene til Tysla. Merk at denne kartleggingen omfatter Tverråa og Kvernbekken, men ikke alle sidebekkene.



Figur 14: Flomutbredelse ved delområdet (200-årsflom med klimapåslag), se flomsonekart i Vedlegg 6.



Figur 15: Sammenligning av beregnet flomsone (200-årsflom med klimapåslag) med NVEs flomaktsomhetskart.

5 Følsomhet og sikkerhetsmargin

Vurdering av usikkerheter i beregninger, følsomhetsanalyse og beregning av sikkerhetspåslag som legges på flomvannstander utføres i henhold til NVEs veileder for sikkerhet mot flom [3].

5.1 Datagrunnlag

Terrengmodellen som vannlinjemodellen er basert på er laget med punktoppmåling fra 2017 registrert fra fly. Punktoppmåling fra fly har i utgangspunktet høy nøyaktighet, men nøyaktigheten reduseres i områder med skog og der vanndybden er stor.

Utstyret brukt i punktoppmåling fra fly kan ikke penetrere vann og terrengmodellen er derfor basert på vannoverflaten på skanningsdatoen istedenfor den reelle elvebunnen. Videre er endringer i terrenget etter skanningstidspunktet ikke tatt høyde for. Det er sammenlignet innmålinger ved bruer med laserdata fra fly, uten funn av store avvik. Mer detaljert terrenggrunnlag vil kunne øke nøyaktigheten i beregningene, men eksisterende detaljeringsgrad vurderes som tilstrekkelig og det er ikke forventet at et annet grunnlag vil ha stor innvirkning på flomutbredelsen i utbyggingsområdet.

5.2 Tilstopping av kulverter / bruer

I beregningene er det forutsatt at bruene er åpne (ikke tilstoppet). Eventuell tilstopping av kulvertene/bruene vil føre til høyere vannstand og større flomutbredelse sammenlignet med det flomsonekartet viser.

Den hydrauliske beregningen forholder seg til terrenget slik det var på skanningstidspunktet. Eventuell erosjon/ sedimentasjon i vassdraget i tiden etter skanning, eller det som oppstår under en flomhendelse, samt forhold knyttet til tilstopping, is eller grunnforhold/skred, er ikke hensyntatt i beregningen.

5.3 Følsomhet til nedstrøms grensebetingelse

I modellen er nedstrøms grensebetingelse satt lik normalstrømning i Tysla med bunnhelning på 0,003. Resultater viser at vannstand ved nedstrøms grense er ca. 10 m lavere enn flomvannstanden i delplanområdet. Usikkerheten nedstrøms grensebetingelsen vil ikke påvirke beregnet flomvannstand ved delplanområdet.

5.4 Følsomhet til Manningstall

Det er sjekket sensitivitet i den hydrauliske modellen for ±0,01 (~20%) i Mannings n. Dette gir en endring i resulterende flomvannstander i delplanområdet på opp mot ± 15 cm. Resultatet av denne beregningen vurderes på dette grunnlaget å være noe sensitivt for valg av Manningstall.

5.5 Følsomhet til estimert flomvannføring

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til beregninger av flom og flomvannstand. Flomberegningen som er utført for Tysla, er gjort med ulike beregningsmetodikker og beregnede vannføringer er deretter sammenlignet. Resultatet fra beregningene viser relativt stor forskjell i forventet vannføring, og ved valg av flomstørrelse er en konservativ tilnærming valgt (se avsnitt 2.8).

HEC-RAS-modellen er kjørt basert på kulminasjonsvannføring, det vil si ved en konstant vannføring i elva over flere timer. Dette kan gi et noe konservativt estimat av flomvannstanden ved delplanområdet. En simulering basert på en flomhydrogram kan eventuelt gi en lavere vannstand ved delplanområdet.

Sensitivitetsanalyse på vannføring viser at 20% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. klimapåslag) gir opp mot 0,3 m høyere flomvannstand i Tysla ved delplanområdet.

5.6 Klassifisering av hydraulisk modell

Den hydrauliske modellen, brukt for beregningene, er vurdert til å være klasse D [3]. Det foreligger ikke kalibreringsdata for modellen og vannstander er derfor simulert basert på estimerte Manningstall. Det vil alltid være usikkerhet i beregnet flomvannstander og oversvømt område forbundet med dette. Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er generelt 30 cm eller lavere ved 20% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. klimapåslag). Med henvising til Tabell 10-1 i NVEs veileder for sikkerhet mot flom [3] plasseres den hydrauliske modellen i klasse D.

5.6.1 Prosentvis påslag på vannføringen

NVEs veileder for sikkerhet mot flom anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen for å beregne et sikkerhetspåslag i form av en ekstra høyde, som legges til den beregnede vannstanden i forbindelse med arealplansaker og byggesaker [3]. Sikkerhetspåslaget bestemmes ut fra kvalitetsklassifiseringen til flomberegning og hydraulisk modell. Flomberegningsklassen og den hydrauliske modellen er vurdert å være hhv. klasse 3 og klasse D. Iht. veilederen skal da sikkerhetspåslaget beregnes ut fra 40% prosent påslag på vannføringen. Det er kjørt simulering med 40% økning i flomvannføringene. Dette gir en endring i resulterende flomvannstand for 200-årsflom med klimapåslag i Tysla i delplanområdet på opp mot 0,5 m, bortsett fra en kort delstrekning ved Reittrøa, oppstrøms bru TY11 hvor endringen er opp mot 0,9 m (se Vedlegg 4).

5.7 Anbefalt sikkerhetsmargin

Sikkerhetspåslag som omtalt i kapittel 5.6.1 bør ansees som et minimumspåslag. Alt infrastruktur som kan bli skadet av flom bør sikres til minst dette nivået [3]. Vi foreslår at det benyttes beregnede flomvannstander inkl. sikkerhetspåslag (se Vedlegg 6) for arealplanlegging og byggesaksbehandling. Bygninger/infrastruktur bør ligge minst på dette nivået (flomvannstander inkl. sikkerhetspåslag), eventuelt høyere i området nærmest vassdraget. Terrengendringer og øvrige infrastruktur bør utformes slik at flomvannstander i området ikke øker.

6 Andre farer i vassdrag

6.1 Erosjonsfare og massetransport

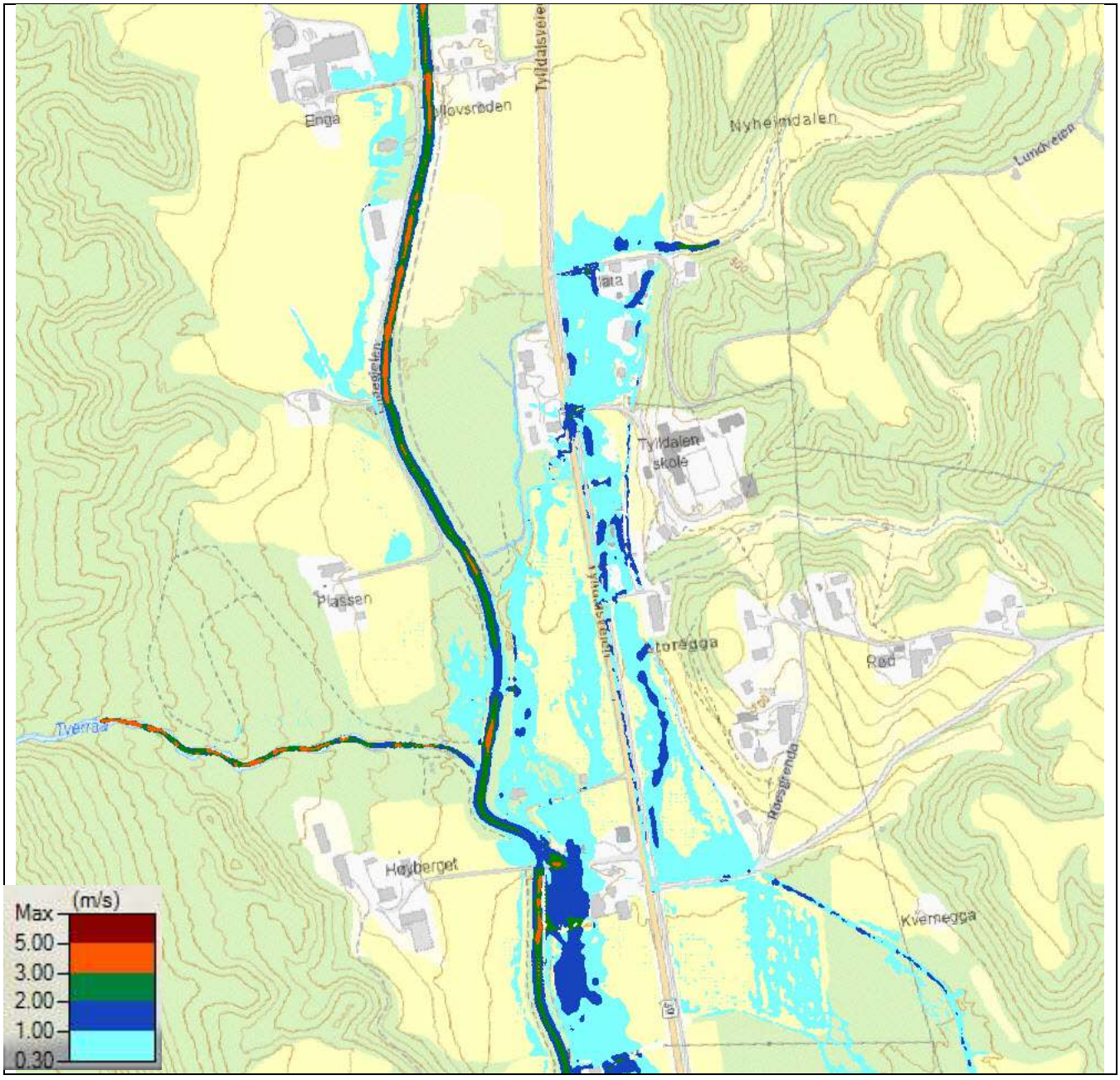
Figur 16 viser vannhastigheter ved 200-årsflom med 20 % klimapåslag i den bebygde delen av Tylldalen, strekningen mellom Kirkebrua og Hokstadbrua. Vannhastigheter for flommen i Tysla ved 200-årsflom med 20% klimapåslag varierer mellom 1 – 6 m/s langs vassdraget. Som vist i Figur 16 er vannhastighet for flommen relativ lav (mindre enn 0,3 m/s) i flomsletten og i sidebekker bortsett fra selve elve- og bekkeløpene.

Figur 17 viser vanndybder i Tysla ved den bebygde delen av Tylldalen for 200-årsflom med klimapåslag. Vanndybden er stort sett relativ lav (mindre enn 0,3 m) på flomsletten, men større enn dette i elve- og bekkeløpene.

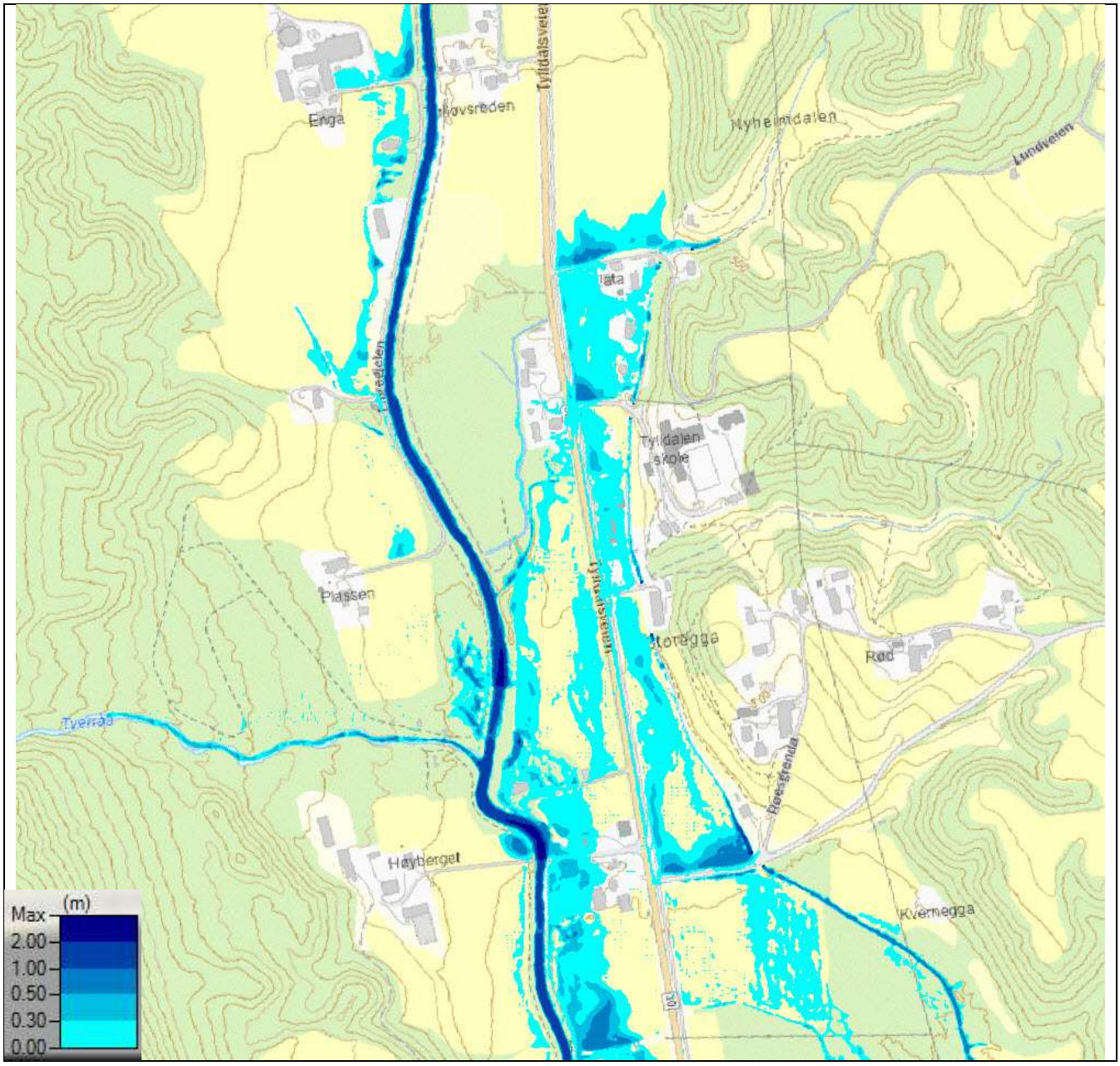
Løsmassekart fra NGU (Figur 18) viser at terrenget i delområdet Tylldalen langs Tysla består av elve- og bekkeavsetning og bresjø-/innsjøavsetning.

Høy vannhastighet ligger på løsmasser kan forventes erosjon og massetransport i Tysla. Ifølge NVEs rapport [10] skapte vårflommen i 2013 store skader i elva Tysla gjennom Tylldalen, og vårflommen 2014 bidro til å forsterke skadene ytterligere. Det er utført betydelige sikringstiltak i løpet av 2013 og 2014, og tiltakene, forankret i en helhetlig plan, ble sluttført i 2015. Videre viser NVEs Atlas erosjons- og flomsikringstiltak langs mesteparten av Tysla i delplanområdet.

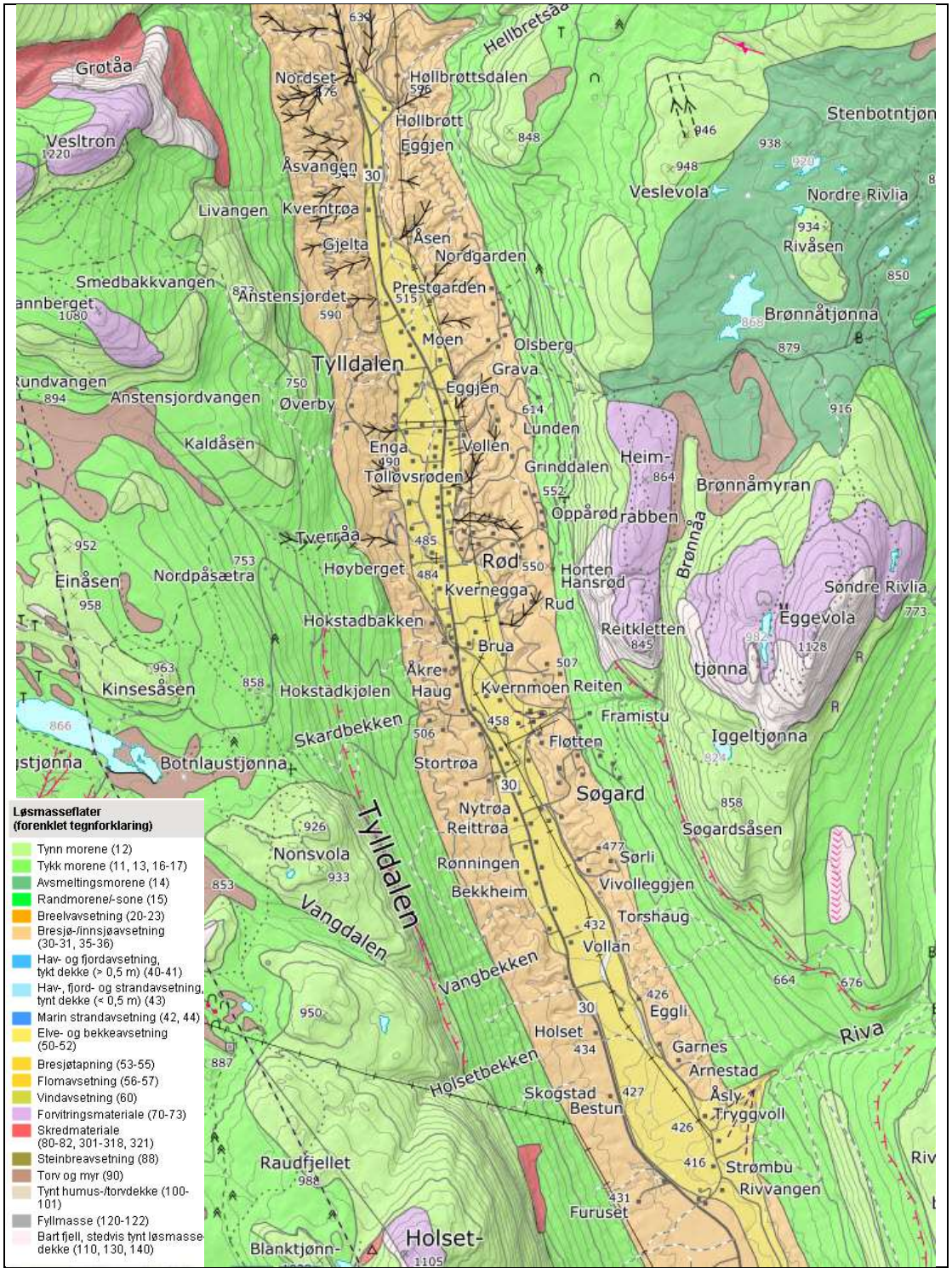
Vi anbefaler at det utføres en mer detaljert utredning av erosjonsfare dersom det planlegges tiltak i nærheten av elveløpet, ev. også i områder hvor det er forventet at problemer med erosjon/massetransport kan oppstå.



Figur 16: Vannhastighet [m/s] i Tysla ved den bebygde delen av Tylldalen, 200-årsflom med klimapåslag.



Figur 17: Vanndybde [m/s] i Tysla den bebygde delen av Tylldalen, 200-årsflom med klimapåslag.



Figur 18: Løsmassekart (NGU, https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/).

6.2 Isganger og isdammer

De største flommene opptrer i vassdraget normalt på vår på grunn av snøsmelting. Det kan oppstå isgang problemer i vassdraget. Kommunen har ikke opplyst kjente områder med isproblematikk.

NVE anbefaler at effekten av tilstopping på grunn av for eksempel ispropp kartlegges i vassdrag der en har erfaring fra tidligere hendelser knyttet til isproblematikk. Likevel er det svært sjeldent at vannstandsstigning på grunn av tilstopping fra is overstiger vannstander høyere enn en 200-årsflom [3].

7 Konklusjon

Flomsonekartlegging i Tylldalen er utført for vassdraget Tysla og to sidebekker (Tverråa og Kvernbekken). Flomsonekartlegging for delområde Tylldalen omfatter en ca. 10 km lang strekning av vassdraget Tysla fra Høllbrøtt, gjennom den bebygde delen av Tylldalen, til nedstrøms område ved Rivvangen der det er regulert inn næringsområde (serverpark).

Flomvannføringer er beregnet ved hjelp av flomfrekvensanalyse på vannføringsserier fra vannmerke 2.135 Tysla og nærliggende vannmerker, og nasjonalt formelverk for flomberegninger (RFFA-2018 og RFFA-NIFS). 20- og 200-årsflom med 20% klimapåslag for Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet med Riva er estimert til henholdsvis 48,6 m³/s og 69,2 m3/s.

Flomvannstand og flomutbredelse i vassdragene er beregnet ved hjelp av den to-dimensjonale hydrauliske modellen HEC-RAS 6.3.1. Resultatene fra vannlinjeberegningene er presentert i flomsonekart.

NVEs veileder for sikkerhet mot flom anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen for å beregne et sikkerhetspåslag i form av en ekstra høyde, som legges til den dimensjonerende vannstanden i forbindelse med arealplansaker og byggesaker. Sikkerhetspåslaget bestemmes ut fra kvalitetsklassifiseringen til flomberegning og hydraulisk modell. Det er kjørt simulering med 40% økning i flomvannføringene. Resulterende flomsone inkl. sikkerhetspåslag ligger vedlagt i denne rapporten. Endring i resulterende flomvannstand for 200-årsflom med klimapåslag i Tysla i delplanområdet er stort sett på opp mot 0,5 m, bortsett fra en kort delstrekning ved Reittrøa, oppstrøms bru TY11, hvor endringen er opp mot 0,9 m.

Bygninger/infrastruktur bør ligge minst på dette nivået (flomvannstander inkl. sikkerhetspåslag), eventuelt høyere i området nærmest vassdraget. Terrengendringer og øvrig infrastruktur bør utformes slik at flomvannstander i området ikke øker.

8 Referanser

[1] Norconsult (2023). Flomsonekartlegging Kvikne. Rapport nr. 52303053-HYD-02
[2] Byggteknisk forskrift (TEK17). https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17
[3] NVE (2022). Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak.
[4] NVE (2022). Veileder for flomberegninger. NVE-rapport 1-2022.
[5] NVE (2011). Retningslinjer for flomberegninger. NVE-rapport 4-2011.
[6] NVE (2015). Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE-rapport 7-2015
[7] NVE (2016). Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE-rapport 81-2016.
[8] Klimaservicesenter (2021). Klimaprofil Hedmark
https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/hedmark
[9] https://hoydedata.no/LaserInnsyn/
[10] NVE (2016). Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2015. NVE-rapport 57-2016.
[11] NVE (2010). Vassdragshåndboka.

9 Vedlegg

Vedlegg 1: Nedbørfeltparametere, hentet fra NEVINA
Vedlegg 2: Feltanalyser fra ScalgoLive
Vedlegg 3: Flomfrekvenskurver
Vedlegg 4: Forskjellen i flomvannstand uten og med sikkerhetspåslag (200-årsflom inkl. klimapåslag)
Vedlegg 5: Oppmålinger av bruer og kulverter i vassdraget
Vedlegg 6: Flomsonekart

Vedlegg 1: Nedbørfeltparametere, hentet fra NEVINA

Feltet til Tysla ved Høllbrøtt

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 002..JEB
Kommune.: Tynset
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Tysla

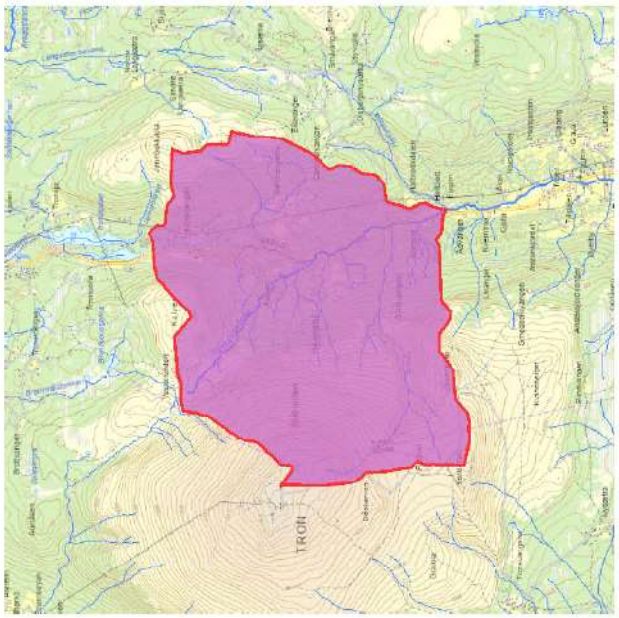
Feltparametere		
Areal (A)	18.4	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvelengde (E_L)	5.4	km
Elvegradient (E_G)	62.4	m/km
Elvegradient 1085 ($E_{G,1085}$)	59.1	m/km
Helning	16.5	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.6	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	4.9	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	2.1	%
Myr (A_{MYR})	0.8	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	51.2	%
Sjø ($A_{SJØ}$)	0.1	%
Snaufjell (A_{SF})	40.5	%
Urban (A_U)	0	%
Ikke klassifisert areal (A_{REST})	5.3	%

Hypsografisk kurve		
Høyde MIN	549	m
Høyde 10	650	m
Høyde 20	698	m
Høyde 30	726	m
Høyde 40	784	m
Høyde 50	832	m
Høyde 60	928	m
Høyde 70	1045	m
Høyde 80	1202	m
Høyde 90	1322	m
Høyde MAX	1651	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	14.2	l/s*km²
Sommernedbør	290	mm
Vinternedbør	179	mm
Årstemperatur	-1.4	°C
Sommertemperatur	6.5	°C
Vintertemperatur	-7.1	°C

Rapportdato: 5/12/2023 © nevina.nve.no



Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 280393 E 6090641 N

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

Tysla nedstrøms samløpet med Livangen

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.:	002.JEB
Kommune.:	Tynset
Fylke.:	Innlandet
Vassdrag.:	Tysla

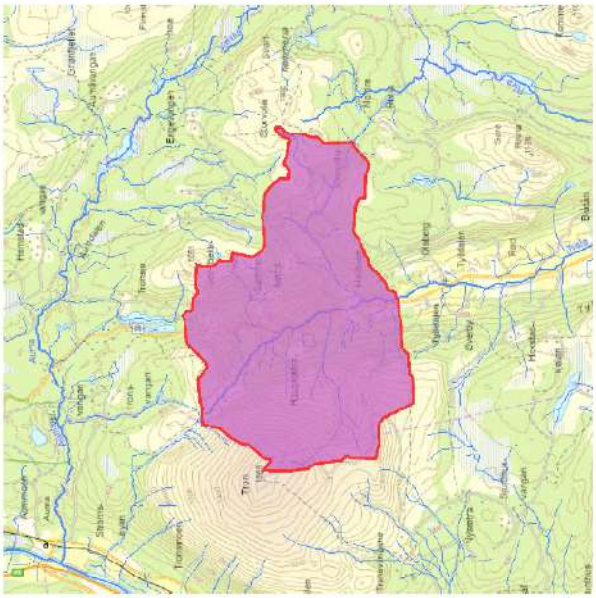
Feltparametere		
Areal (A)	29.5	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvelengde (E_L)	6.3	km
Elvegradient (E_G)	55.0	m/km
Elvegradient$_{1085}$ (E_{G1085})	53.4	m/km
Helning	14.2	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.6	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	5.6	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	1.9	%
Myr (A_{MYR})	2.4	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	57.0	%
Sjø (A_{SJO})	0.2	%
Snaufjell (A_{SF})	34.9	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	4.3	%

Hypsografisk kurve		
Høyde$_{MIN}$	531	m
Høyde$_{10}$	650	m
Høyde$_{20}$	701	m
Høyde$_{30}$	751	m
Høyde$_{40}$	816	m
Høyde$_{50}$	853	m
Høyde$_{60}$	899	m
Høyde$_{70}$	950	m
Høyde$_{80}$	1070	m
Høyde$_{90}$	1257	m
Høyde$_{MAX}$	1651	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	13.4	l/s*km²
Sommernedbør	292	mm
Vinternedbør	183	mm
Årstemperatur	-1.4	°C
Sommertemperatur	6.5	°C
Vintertemperatur	-7.1	°C

Rapportdato: 6/12/2023 © nevina.nve.no



Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 200442 E 6897809 N

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

Tysla ved Kirkebrua

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.:	002.JEB
Kommune.:	Tynset
Fylke.:	Innlandet
Vassdrag.:	Tysla

Feltparametere		
Areal (A)	34.3	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvelengde (E_L)	7.6	km
Elvegradient (E_G)	50.0	m/km
Elvegradient$_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	46.4	m/km
Helning	13.9	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.4	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	6.8	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	3.3	%
Myr (A_{MYR})	2.1	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	60.6	%
Sjø (A_{SJO})	0.2	%
Snaufjell (A_{SF})	29.6	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	4.1	%

Hypsografisk kurve		
Høyde$_{MIN}$	505	m
Høyde$_{10}$	617	m
Høyde$_{20}$	686	m
Høyde$_{30}$	730	m
Høyde$_{40}$	797	m
Høyde$_{50}$	841	m
Høyde$_{60}$	881	m
Høyde$_{70}$	927	m
Høyde$_{80}$	1012	m
Høyde$_{90}$	1222	m
Høyde$_{MAX}$	1651	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	12.9	l/s*km²
Sommernedbør	292	mm
Vinternedbør	184	mm
Årstemperatur	-1.4	°C
Sommertemperatur	5.6	°C
Vintertemperatur	-7.0	°C

Rapportdato: 5/15/2023 © nevina.nve.no

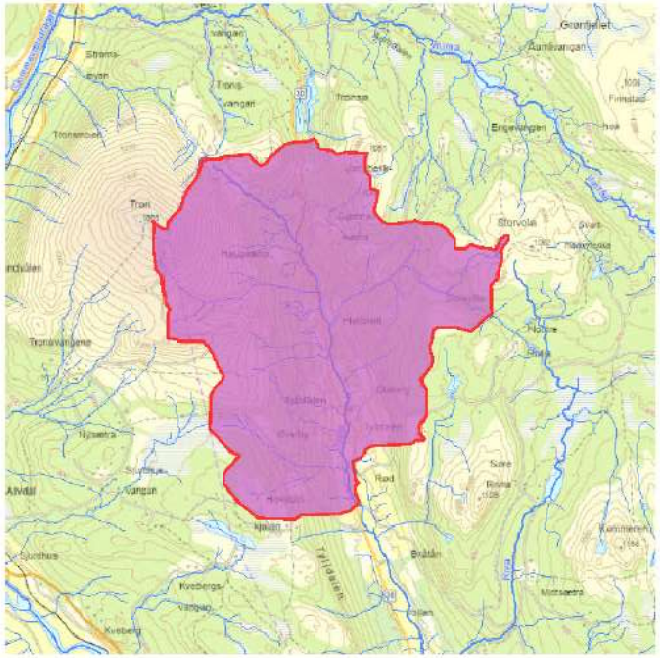
Norges vassdrags- og energidirektorat

N V E

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM33N
Beregn.punkt: 280828 E 6896541 N

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

Tysla ved Hokstad bru



Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.:	**002.JEB**
Kommune.:	**Tynset**
Fylke.:	**Innlandet**
Vassdrag.:	**Tysla**

Feltparametere		
Areal (A)	45.5	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvleengde (E_L)	10	km
Elvegradient (E_G)	42.0	m/km
Elvegradient $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	36.3	m/km
Helning	13.2	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.4	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	8.9	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	5.0	%
Myr (A_{MYR})	3.3	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	62.5	%
Sjø (A_{SJO})	0.1	%
Snaufjell (A_{SF})	24.7	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	4.4	%

Hypsografisk kurve		
$Høyde_{MIN}$	464	m
$Høyde_{10}$	582	m
$Høyde_{20}$	659	m
$Høyde_{30}$	713	m
$Høyde_{40}$	778	m
$Høyde_{50}$	830	m
$Høyde_{60}$	865	m
$Høyde_{70}$	906	m
$Høyde_{80}$	959	m
$Høyde_{90}$	1152	m
$Høyde_{MAX}$	1651	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	12.3	l/s*km²
Sommernedbør	294	mm
Vinternedbør	185	mm
Årstemperatur	-1.1	°C
Sommertemperatur	6.8	°C
Vintertemperatur	-6.8	°C

Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn:	Statens Kartverk
Kartdatum:	EUREF89 WGS84
Projeksjon:	UTM 33N
Beregn.punkt:	281042 E 6894384 N

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

Rapportdato: 5/15/2023 © nevina.nve.no

Tysla ved nedstrøms samløpet med Brønnåa

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 002.JEB
Kommune.: Tynset
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Tysla

Feltparametere		
Areal (A)	57.2	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0.01	%
Elvleengde (E_L)	11.1	km
Elvegradient (E_G)	39.0	m/km
Elvegradient $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	32.0	m/km
Helning	12.8	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.4	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	9.9	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	5.9	%
Myr (A_{MYR})	3.8	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	60.9	%
Sjø (A_{SJO})	0.4	%
Snaufjell (A_{SF})	23.2	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	5.9	%

Hypsografisk kurve		
Høyde $_{MIN}$	450	m
Høyde $_{10}$	558	m
Høyde $_{20}$	648	m
Høyde $_{30}$	714	m
Høyde $_{40}$	789	m
Høyde $_{50}$	836	m
Høyde $_{60}$	867	m
Høyde $_{70}$	901	m
Høyde $_{80}$	944	m
Høyde $_{90}$	1084	m
Høyde $_{MAX}$	1651	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	12.2	l/s*km²
Sommernedbør	296	mm
Vinternedbør	187	mm
Årstemperatur	-1.1	°C
Sommertemperatur	6.8	°C
Vintertemperatur	-6.8	°C

Rapportdato: 6/12/2023 © nevina.nve.no

Norges vassdrags- og energidirektorat

N V E

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 281527 E 6893537 N

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

Tysla oppstrøms samløpet med Riva

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 002.JEB
Kommune.: Tynset
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Tysla

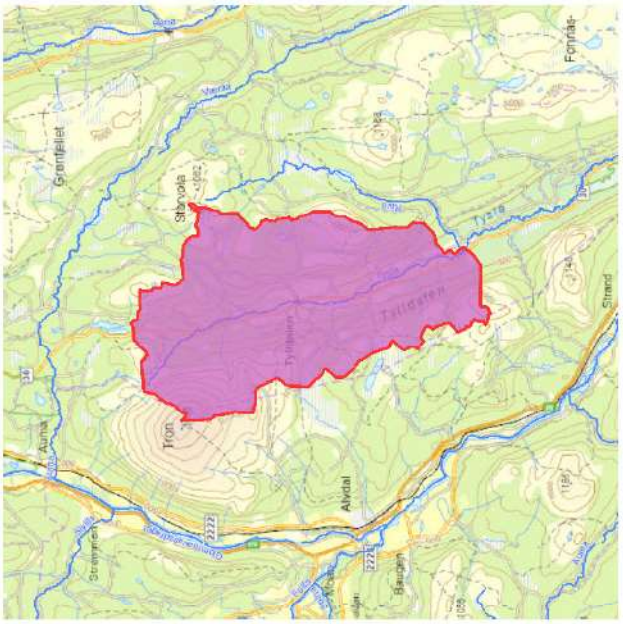
Feltparametere		
Areal (A)	72.5	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvleengde (E_L)	15.4	km
Elvegradient (E_G)	30.3	m/km
Elvegradient $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	21.6	m/km
Helning	12.9	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.3	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	13.6	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	6.8	%
Myr (A_{MYR})	3.3	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	62.4	%
Sjø (A_{SJO})	0.3	%
Snaufjell (A_{SF})	21.7	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	5.5	%

Hypsografisk kurve		
Høyde $_{MIN}$	417	m
Høyde $_{10}$	500	m
Høyde $_{20}$	583	m
Høyde $_{30}$	670	m
Høyde $_{40}$	742	m
Høyde $_{50}$	817	m
Høyde $_{60}$	853	m
Høyde $_{70}$	888	m
Høyde $_{80}$	928	m
Høyde $_{90}$	1032	m
Høyde $_{MAX}$	1651	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	11.9	l/s*km²
Sommernedbør	290	mm
Vinternedbør	189	mm
Årstemperatur	-0.9	°C
Sommertemperatur	7.1	°C
Vintertemperatur	-6.6	°C

Rapportdato: 5/15/2023 © nevina.nve.no



Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF-89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn punkt: 282904 F 6890169 N

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

Feltet til Tysla ved Rivvangen nedstrøms samløpet med

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 002.JEA0
Kommune.: Tynset
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Tysla

Feltparametere		
Areal (A)	112	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0.05	%
Elvleengde (E_L)	16.0	km
Elvegradient (E_G)	29.6	m/km
Elvegradient $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	20.8	m/km
Helning	11.2	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.4	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	14.0	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	4.6	%
Myr (A_{MYR})	4.7	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	65.5	%
Sjø (A_{SJO})	0.8	%
Snaufjell (A_{SF})	20.1	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	4.2	%

Hypsografisk kurve		
Høyde$_{MIN}$	411	m
Høyde$_{10}$	526	m
Høyde$_{20}$	650	m
Høyde$_{30}$	721	m
Høyde$_{40}$	762	m
Høyde$_{50}$	807	m
Høyde$_{60}$	846	m
Høyde$_{70}$	883	m
Høyde$_{80}$	922	m
Høyde$_{90}$	990	m
Høyde$_{MAX}$	1651	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	12.1	l/s*km²
Sommernedbør	300	mm
Vinternedbør	194	mm
Årstemperatur	-1.0	°C
Sommertemperatur	7.0	°C
Vintertemperatur	-6.6	°C

Rapportdato: 5/12/2023 © nevina.nve.no

Norges vassdrags- og energidirektorat

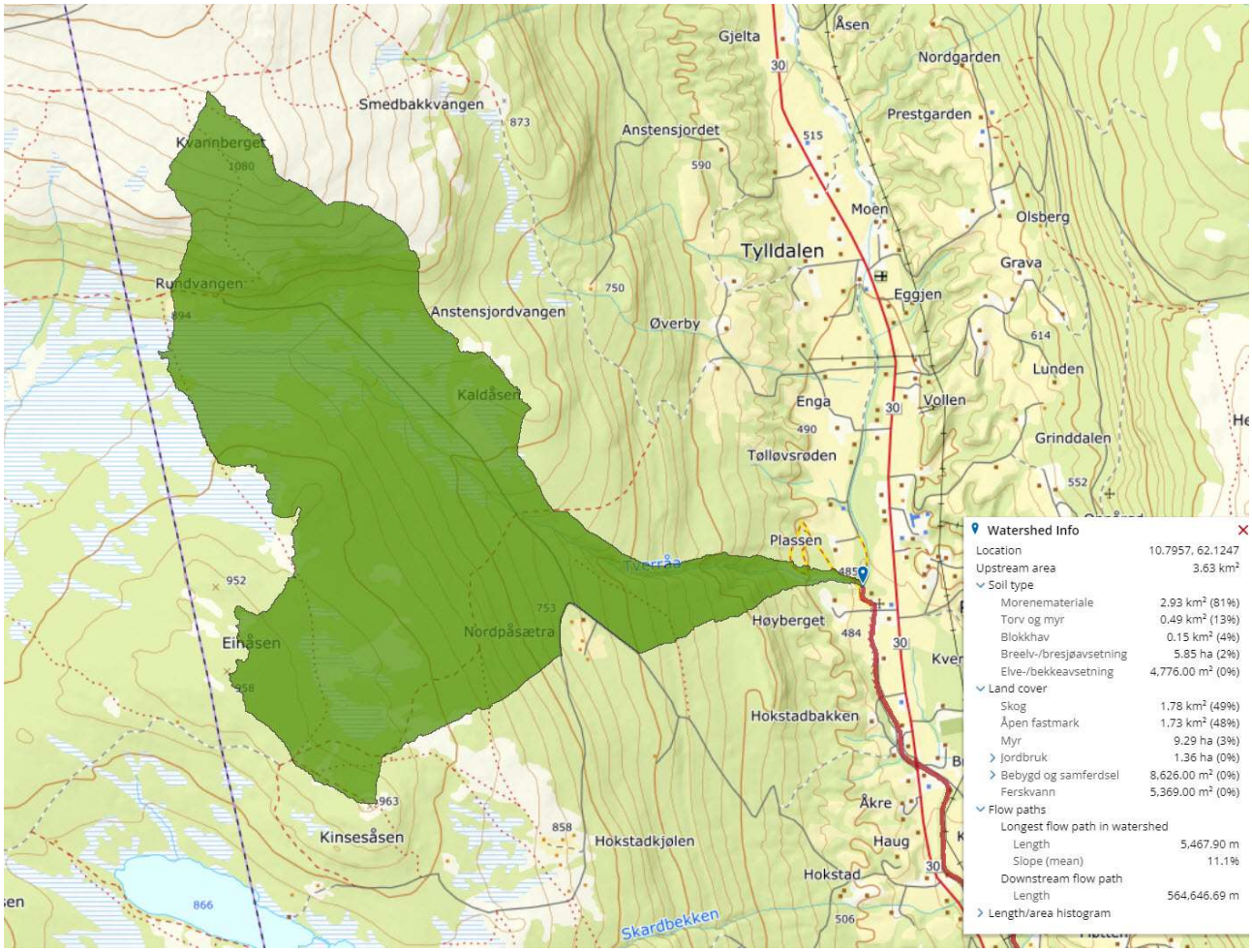
N V E

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 283308 E 6889925 N

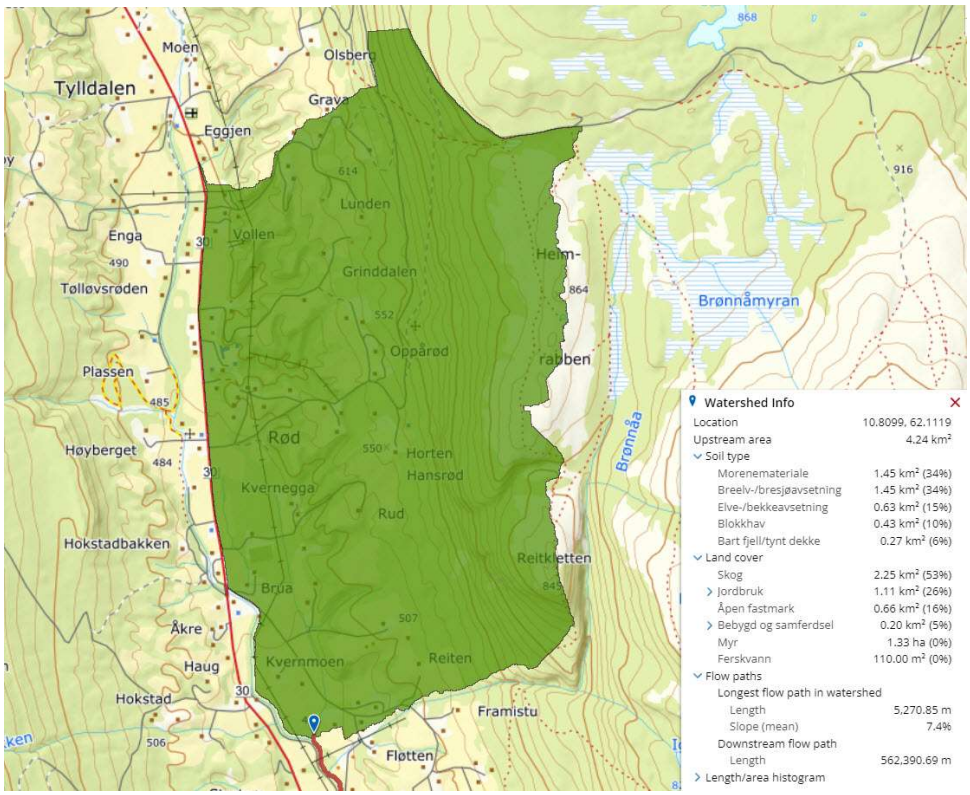
Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Vedlegg 2: Feltanalyser fra Scalgo

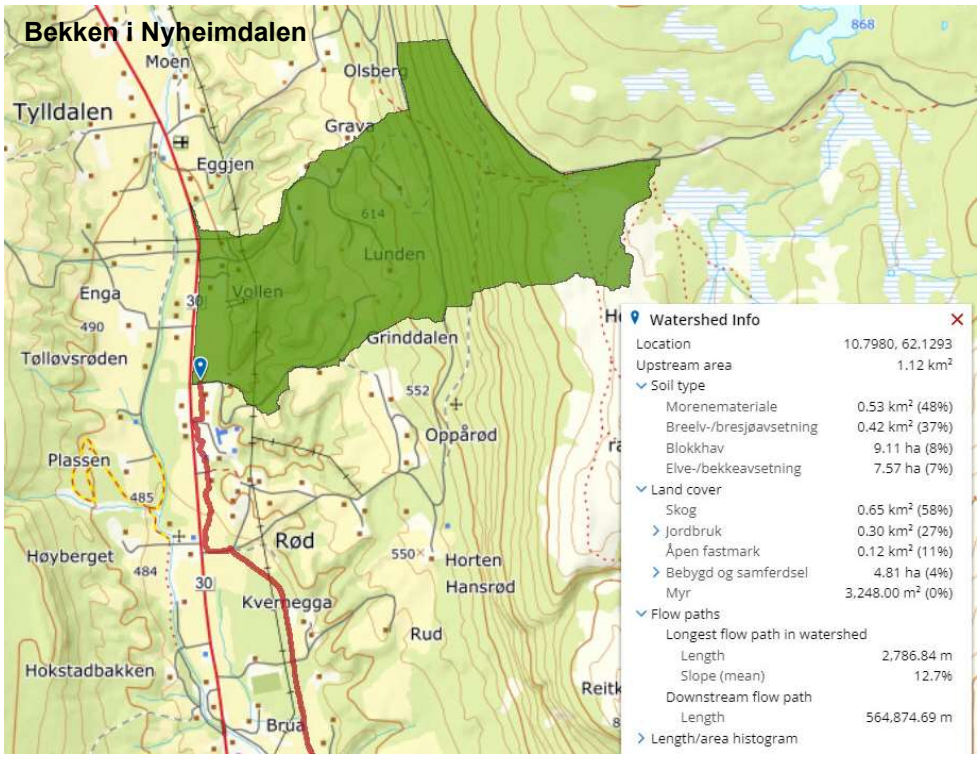
Feltet til Tverråa



Feltet til Kvernbekken

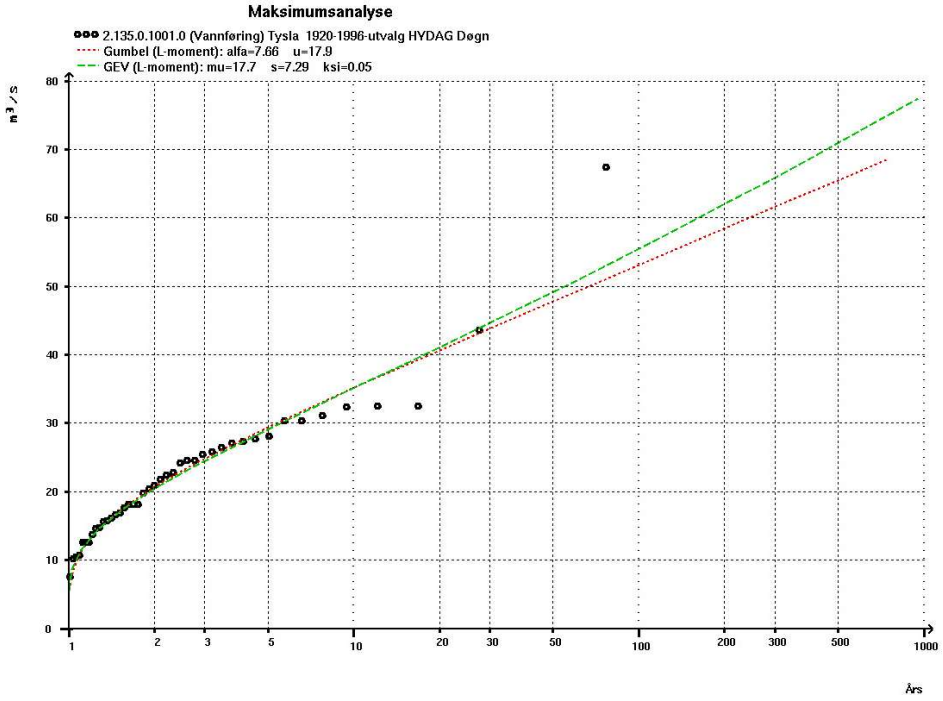


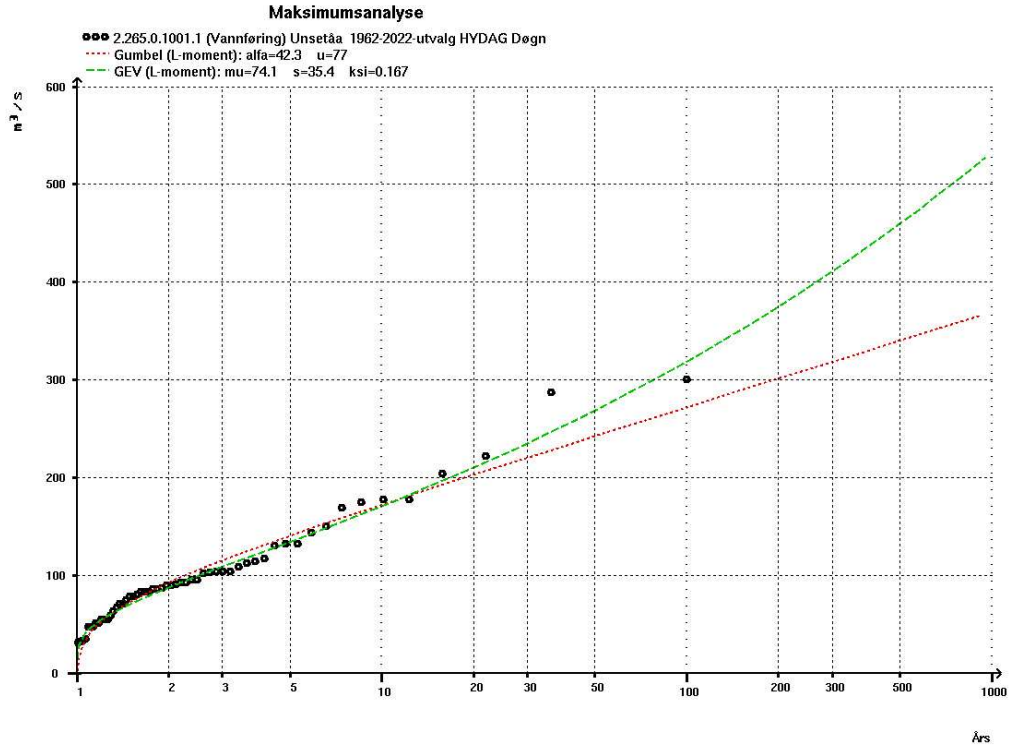
Bekken i Nyheimdalen

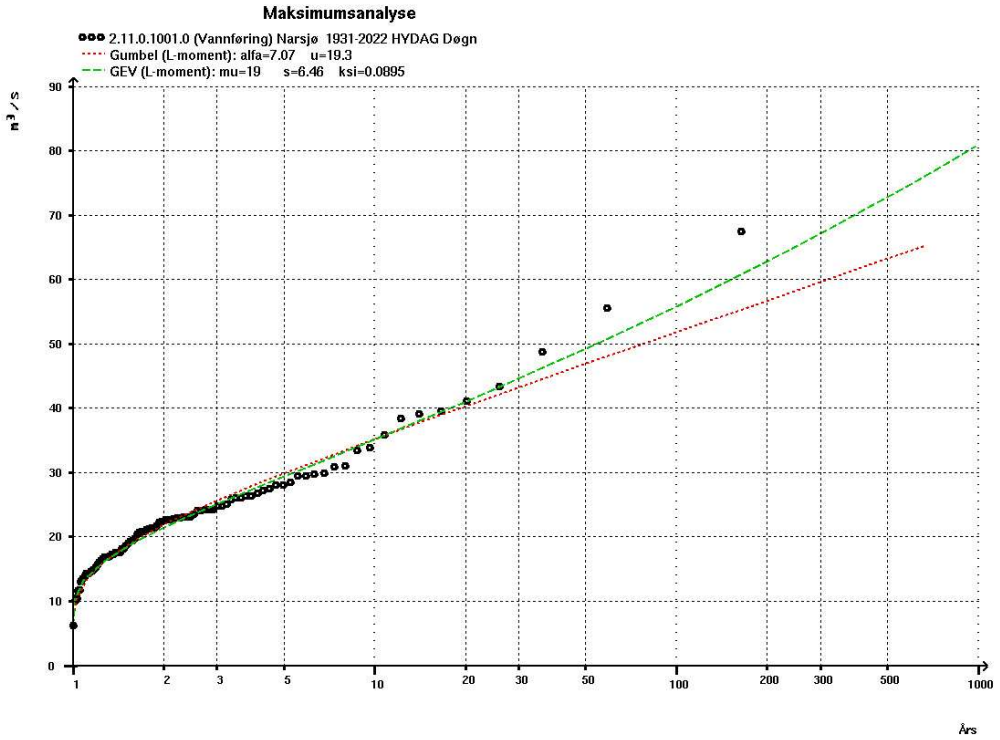


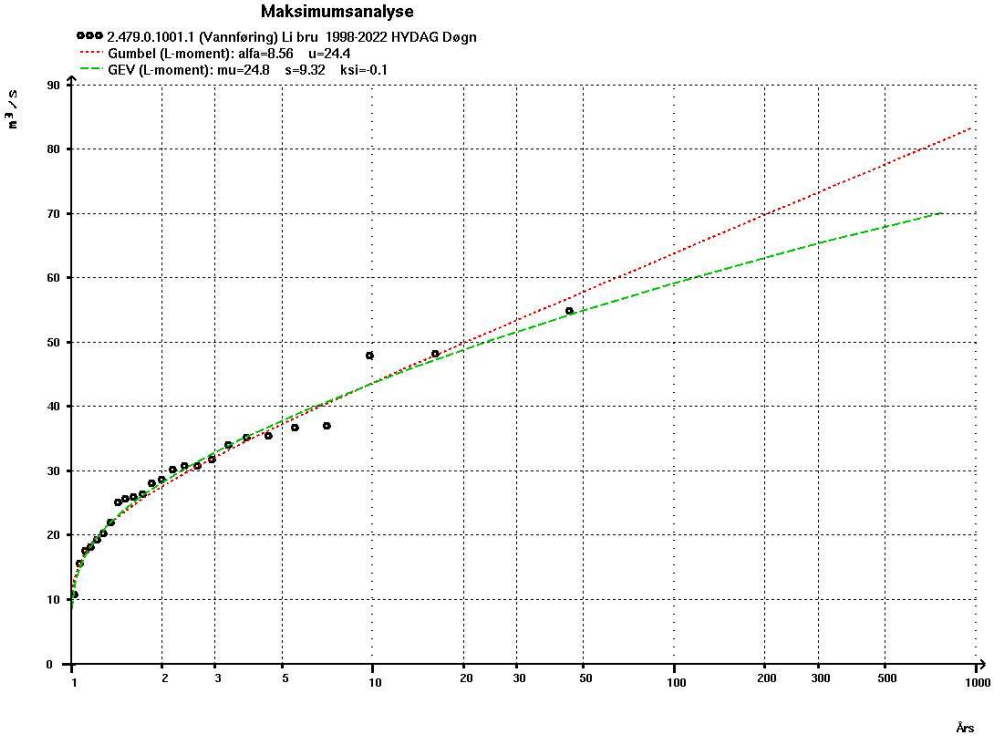
Vedlegg 3: Flomfrekvenskurver

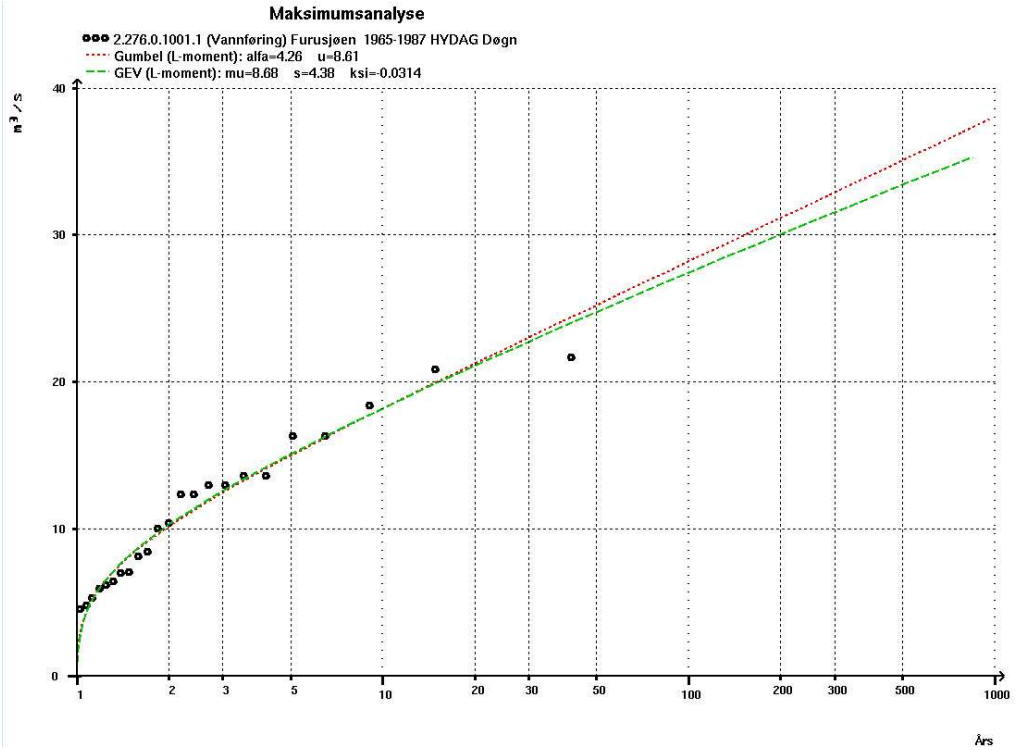
Frekvensanalyse på vannmerker (døgndata)

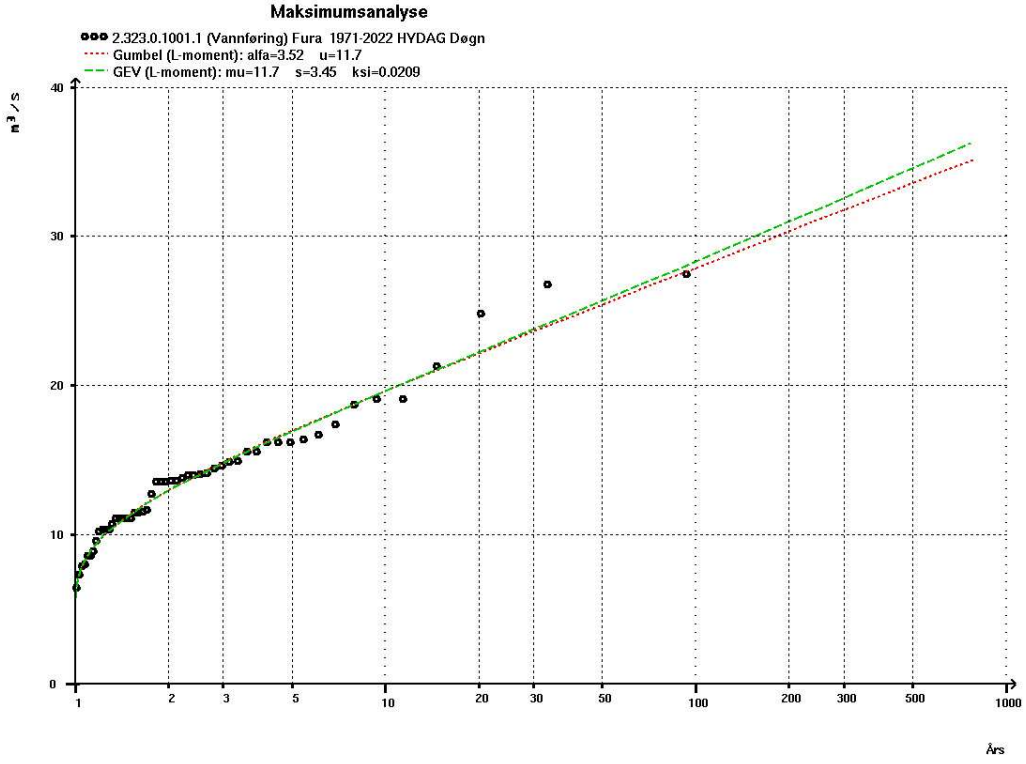


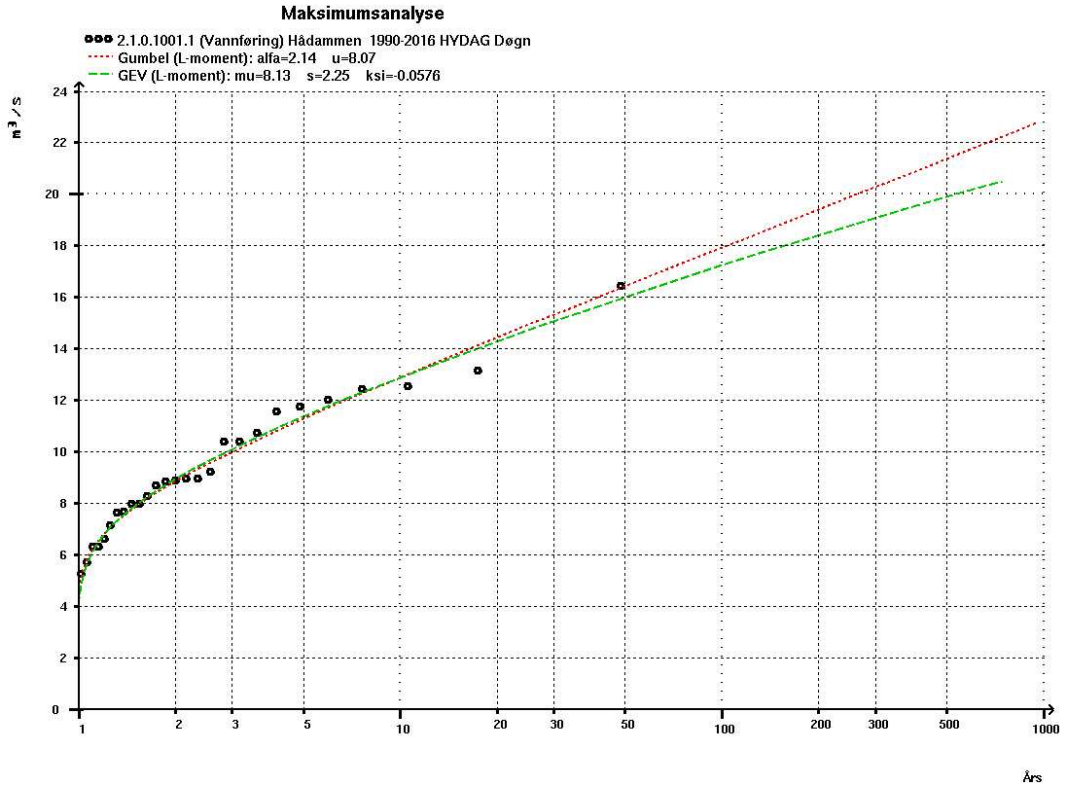


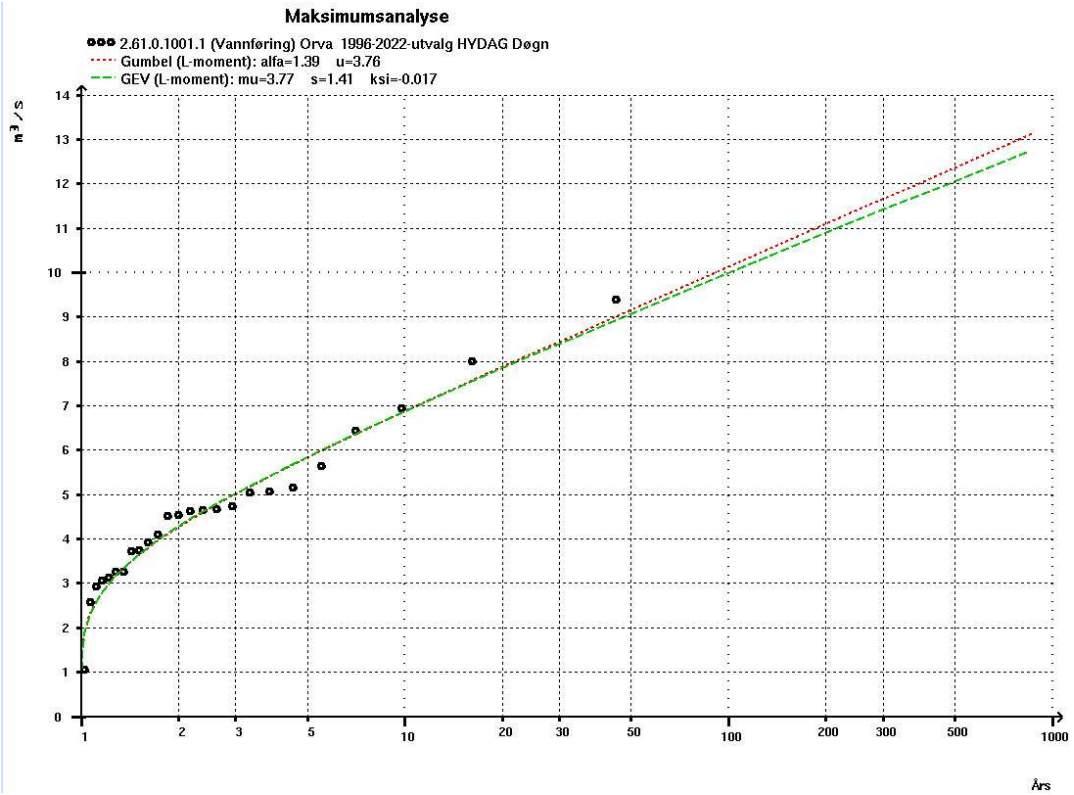

Maksimumsanalyse
2.11.0.1001.0 (Vannføring) Narsjø 1931-2022 HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=7.07 u=19.3
GEV (L-moment): mu=19 s=6.46 ksi=0.0895
m³/s
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

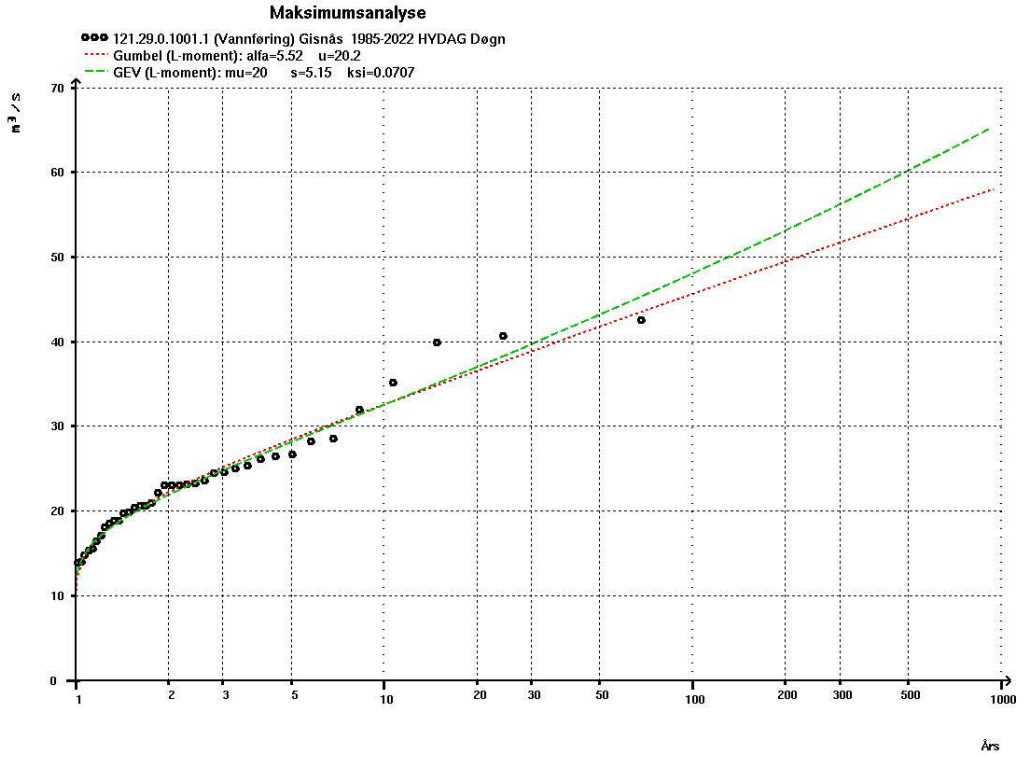

Maksimumsanalyse
2.479.0.1001.1 (Vannføring) Li bru 1998-2022 HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=8.56 u=24.4
GEV (L-moment): mu=24.8 s=9.32 ksi=-0.1
m³/s
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

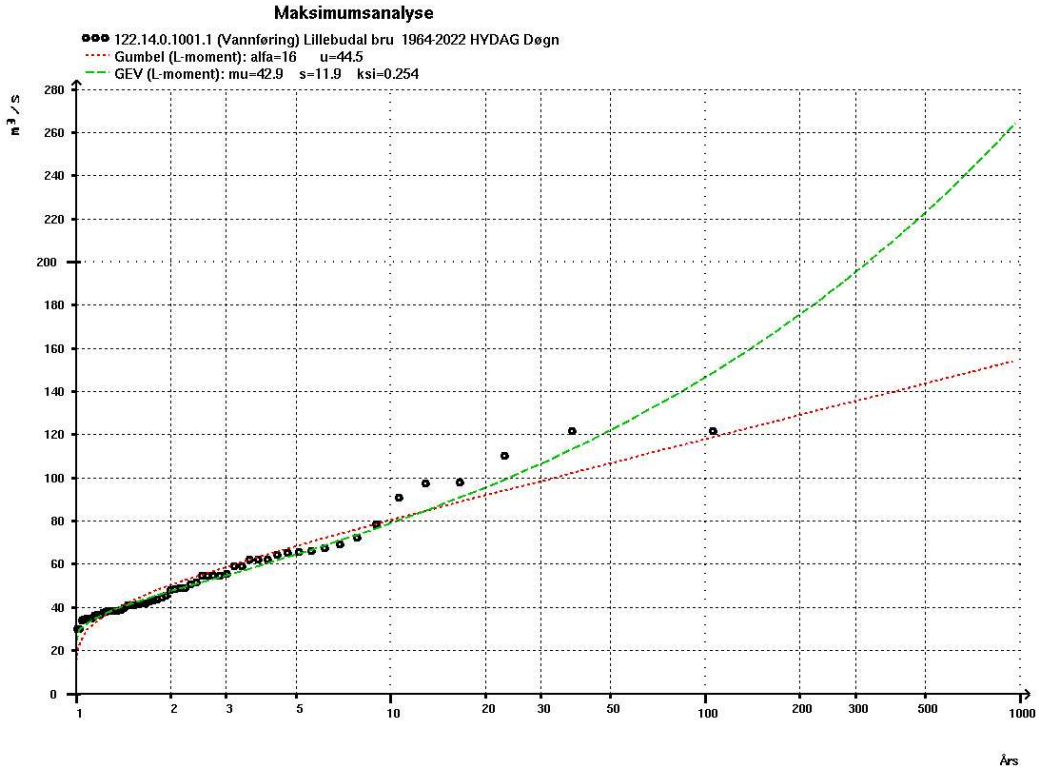

Maksimumsanalyse
2.276.0.1001.1 (Vannføring) Furusjøen 1965-1987 HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=4.26 u=8.61
GEV (L-moment): mu=8.68 s=4.38 ksi=-0.0314
m³/s
0
10
20
30
40
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

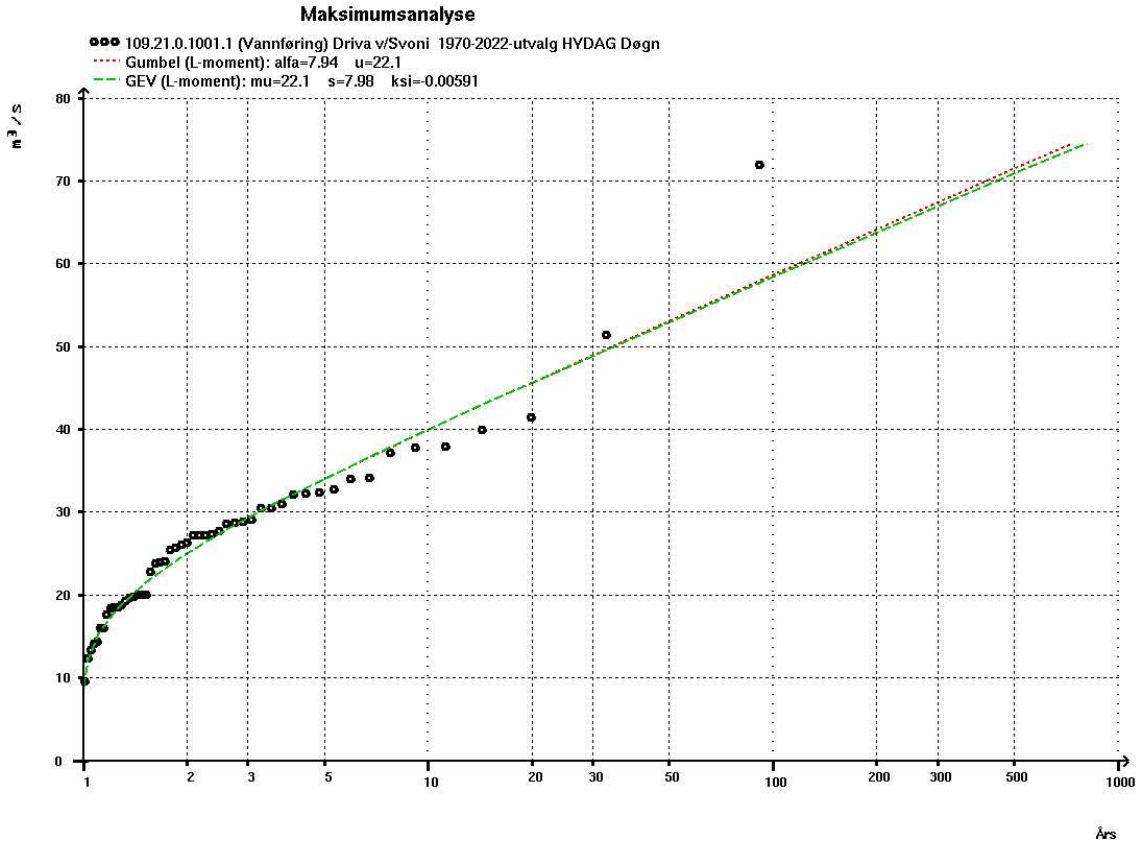

Maksimumsanalyse
2.323.0.1001.1 (Vannføring) Fura 1971-2022 HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=3.52 u=11.7
GEV (L-moment): mu=11.7 s=3.45 ksi=0.0209
m³/s
0
10
20
30
40
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års


Maksimumsanalyse
2.1.0.1001.1 (Vannføring) Hådammen 1990-2016 HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=2.14 u=8.07
GEV (L-moment): mu=8.13 s=2.25 ksi=-0.0576
m³/s
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

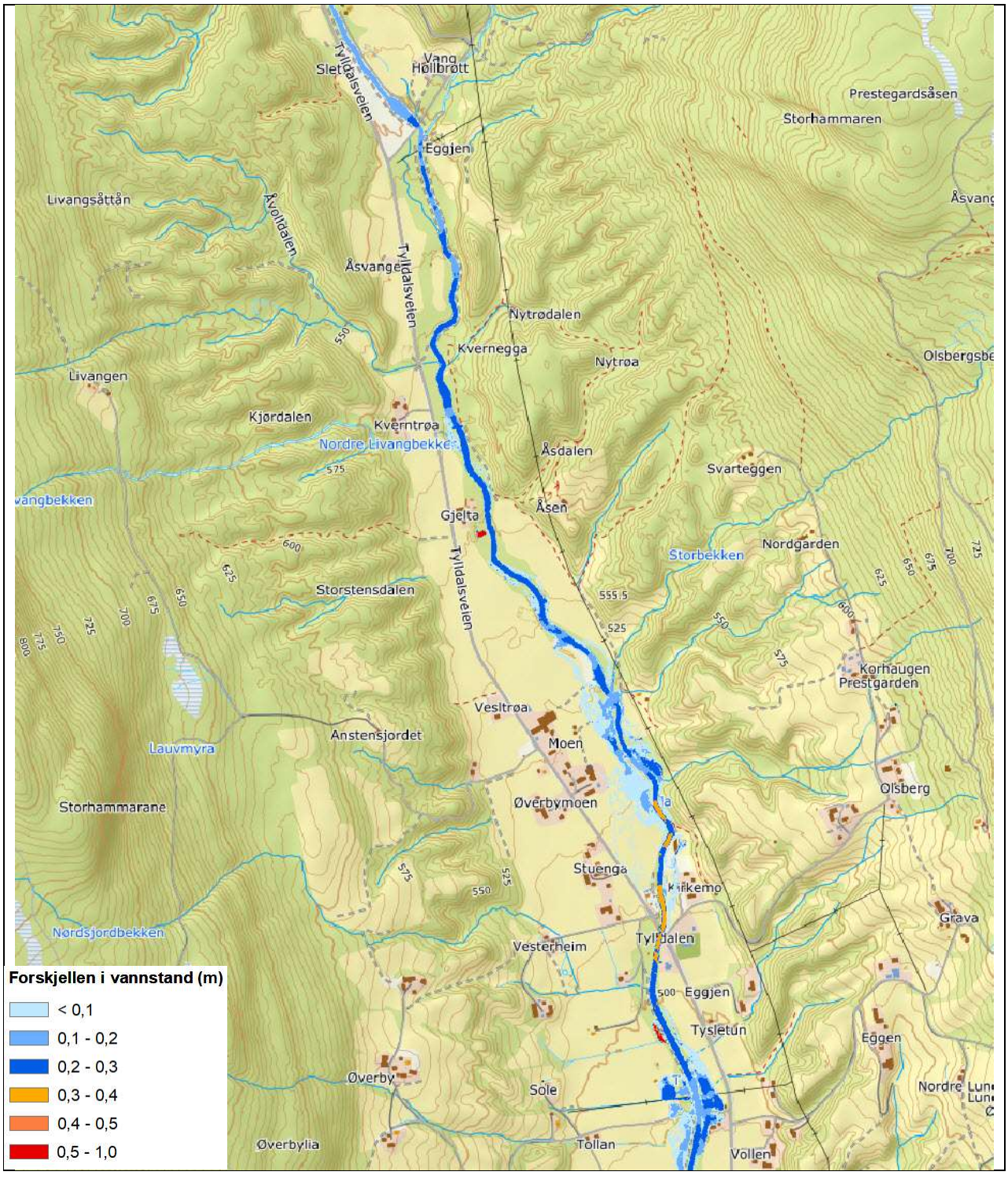

Maksimumsanalyse
2.61.0.1001.1 (Vannføring) Orva 1996-2022-utvalg HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=1.39 u=3.76
GEV (L-moment): mu=3.77 s=1.41 ksi=-0.017
m³/s
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

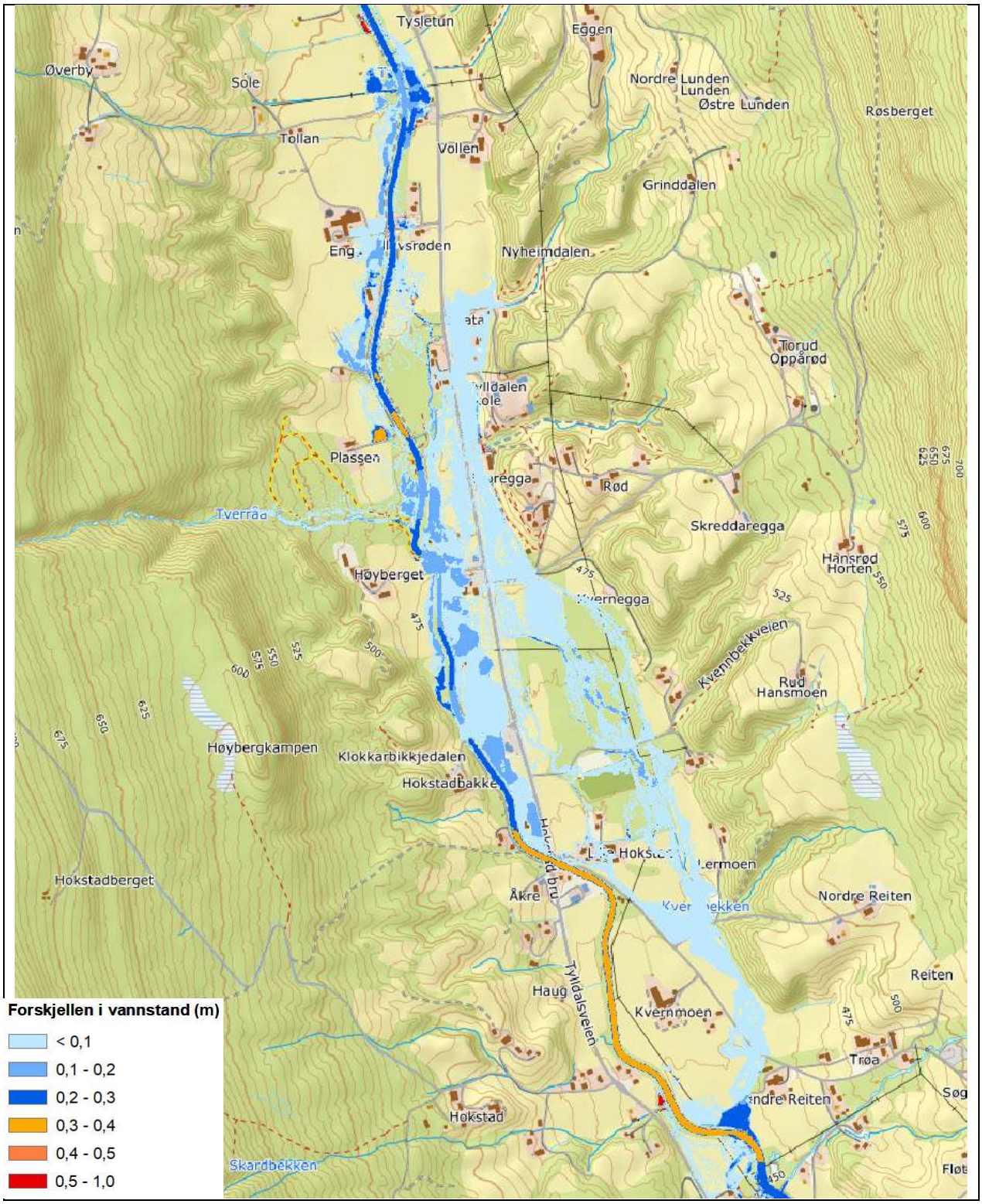

Maksimumsanalyse
121.29.0.1001.1 (Vannføring) Gisnås 1985-2022 HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=5.52 u=20.2
GEV (L-moment): mu=20 s=5.15 ksi=0.0707
m³/s
0
10
20
30
40
50
60
70
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

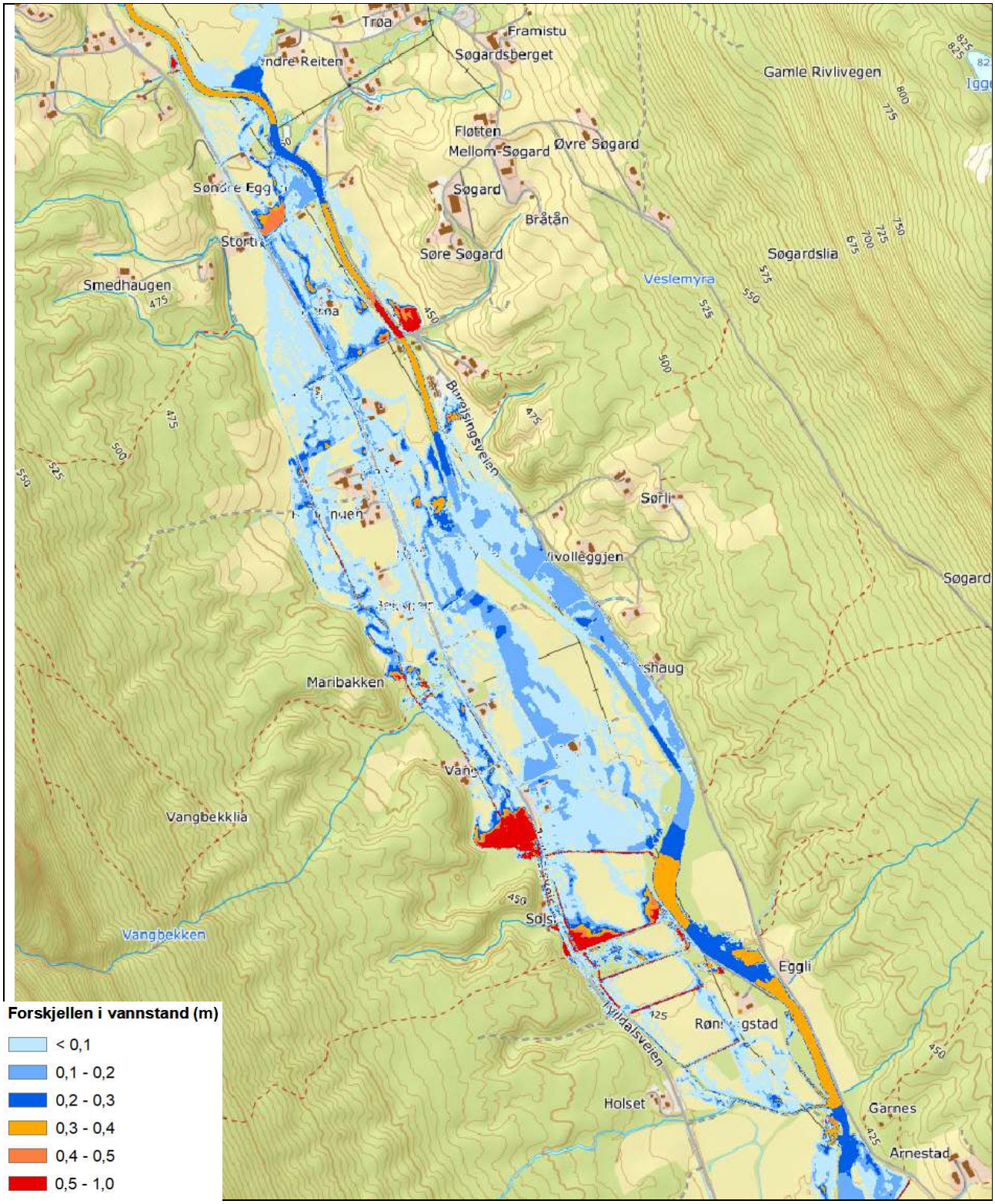

Maksimumsanalyse
122.14.0.1001.1 (Vannføring) Lillebudal bru 1964-2022 HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=16 u=44.5
GEV (L-moment): mu=42.9 s=11.9 ksi=0.254
m³/s
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

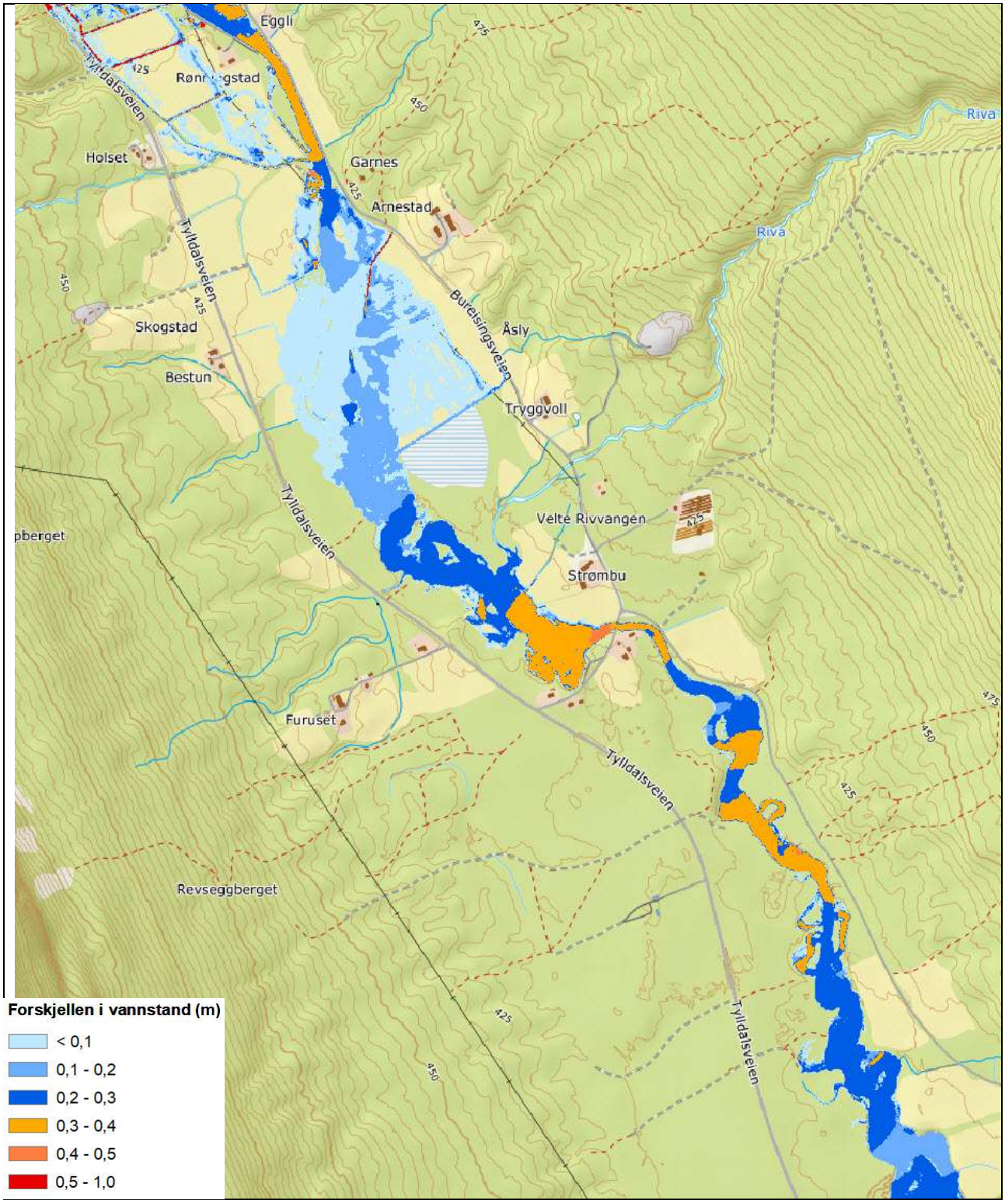

Maksimumsanalyse
109.21.0.1001.1 (Vannføring) Driva v/Svoni 1970-2022-utvalg HYDAG Døgn
Gumbel (L-moment): alfa=7.94 u=22.1
GEV (L-moment): mu=22.1 s=7.98 ksi=-0.00591
m3/s
0
10
20
30
40
50
60
70
80
1
2
3
5
10
20
30
50
100
200
300
500
1000
Års

Vedlegg 4: Forskjellen i flomvannstand uten og med sikkerhetspåslag (200-årsflom inkl. klimapåslag)




Tysletun
Eggen
Øverby
Sole
Nordre Lunden
Lunden
Østre Lunden
Røsberget
Tollan
Vollen
Grinddalen
Eng
Nyheimdalen
Tiorud
Oppårød
Plassen
Rød
Tverråa
Skreddaregga
Høyberget
Hansrød
Horten
Kvennbekkveien
Rud
Hansmoen
Høybergkampen
Klokkarbikkjedalen
Hokstadbakke
Hokstadberget
Åkre
Nordre Reiten
Reiten
Haug
Tylldalsveien
Kvernmoen
Trøa
Hokstad
Skardbekken
Forskjellen i vannstand (m)
< 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
0,3 - 0,4
0,4 - 0,5
0,5 - 1,0


Trøa
Framistu
Søgardsberget
Gamle Rivlivegen
Fløtten
Mellom-Søgard
Øvre Søgard
Søgard
Bråtån
Søre Søgard
Søgardslia
Veslemyra
Smedhaugen
Burøysingsveien
Sørli
Maribakken
Vangbekklia
Vangbekken
Eggli
Tylldalsveien
Holset
Garnes
Arnestad
Forskjellen i vannstand (m)
< 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
0,3 - 0,4
0,4 - 0,5
0,5 - 1,0


Eggli
Rønningstad
Holset
Garnes
Arnestad
Riva
Riva
Tylldalsveien
Tylldalsveien
Tylldalsveien
Tylldalsveien
Tylldalsveien
Tylldalsveien
Skogstad
Bestun
Åsly
Bureisingsveien
Tryggvoll
Velte Rivvangen
Strømbu
Furuset
Revseggberget
425
450
475
Forskjellen i vannstand (m)
< 0,1
0,1 - 0,2
0,2 - 0,3
0,3 - 0,4
0,4 - 0,5
0,5 - 1,0

Vedlegg 5: Oppmålinger av bruer i vassdraget

Vedlegg 5: Oppmålinger av bruer og kulverter i vassdraget

Bilder i vassdraget – Tylldalen

Bruer / Kulverter - Tysla

TY1 - Oppstrøms



TY1 - Nedstrøms



TY2



TY3



TY4 - Oppstrøms



TY4 - Nedstrøms




TY5 - Nedstrøms


TY5 - Oppstrøms


TY6 - Oppstrøms


TY6 - Nedstrøms


TY7 - Oppstrøms


TY7 - Nedstrøms

TY8A - Oppstrøms



TY8A - Nedstrøms



TY8 - Oppstrøms



TY8 - Nedstrøms



TY9A - Oppstrøms



TY9A - Nedstrøms



TY9 - Oppstrøms

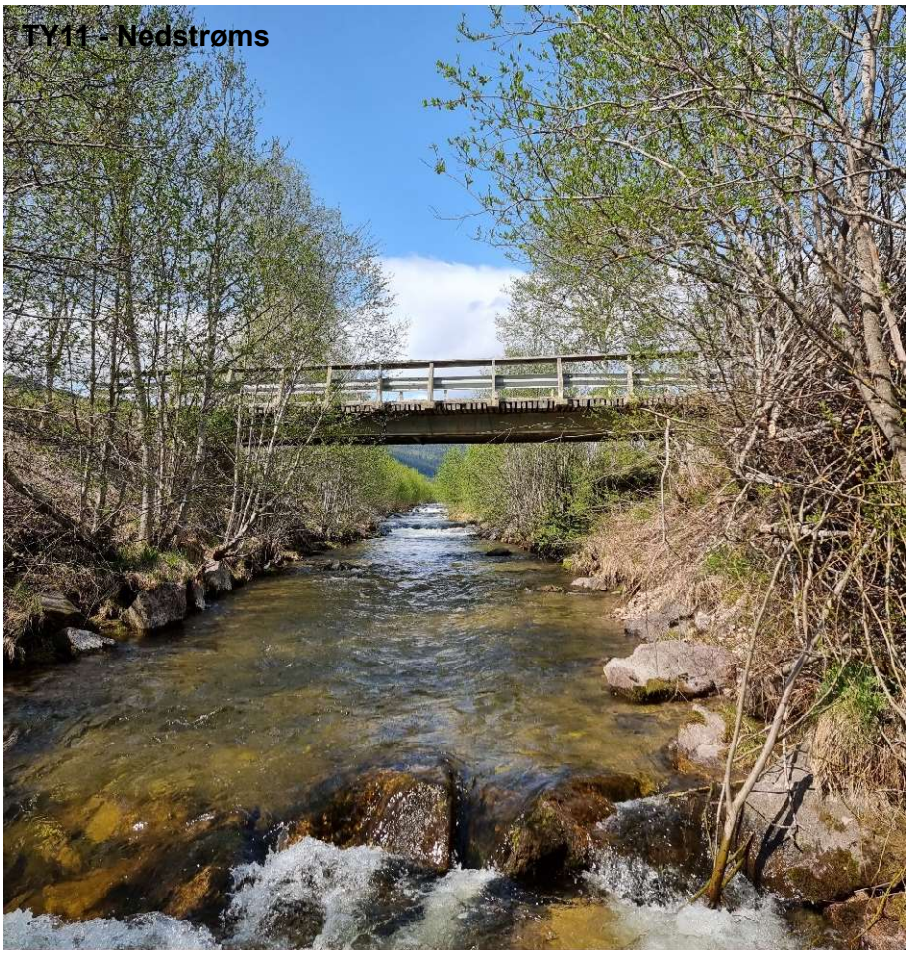





TY10 - Oppstrøms


TY10 - Nedstrøms


TY11 - Oppstrøms


TY11 - Nedstrøms


TY12


TY13 - Oppstrøms


TY13 - Nedstrøms


TY14 - Oppstrøms


TY14 - Nedstrøms

TY15 - Oppstrøms



TY15 - Nedstrøms



Bruer /Kulverter- Tverråa

TV1



TV2 - Oppstrøms





Bruer /Kulverter- Kvernbekken






K2 - Oppstrøms


K2 - Nedstrøms


K3 - Oppstrøms


K3 - Nedstrøms


K4 - Oppstrøms


K4 - Nedstrøms

K5 - Oppstrøms



K5 - Nedstrøms



K6 - Oppstrøms



K6 - Nedstrøms



K7 - Oppstrøms



K7 - Nedstrøms



K8 - Oppstrøms



K8 - Nedstrøms



K9 - Oppstrøms



Oppmåling bruer - Tysla

Program:	MAGNET	Field		
Jobbnavn:	230531_A			
Job	create	Date:	2023-05-31	09:44:49
Opprettet	av:	BT		
Projeksjon:	NORWAY-EUREF89	UTM	32	
Geoidemodell:	HREF2018B_NN2000_EUREF89			
Survey	configuration:	TNlive	Hiper	V
Kommentar:	N/A			
Eksportdato:	2023-05-31	17:30:04		
TY1_I1	6892756.045	592957.366	549.29	2.12
TY1_I2	6892758.867	592959.504	549.29	2.5
TY1_I3	6892762.042	592961.953	549.29	2
TY1_U1	6892753.612	592960.415	549.28	2.35
TY1_U2	6892756.562	592962.63	549.28	2.75
TY1_U3	6892759.664	592965.035	549.26	1.78
TY1_V	6892752.559	592962.513	547.30	
TY4_I1	6890807.387	593553.734	505.07	2.8
TY4_I2	6890811.756	593551.357	505.13	4.45
TY4_I3	6890816.598	593548.641	505.19	4
TY4_I4	6890820.33	593546.633	505.22	2.85
TY4_U1	6890796.966	593550.542	504.93	3
TY4_U2	6890800.767	593548.355	505.03	4.6
TY4_U3	6890806.822	593545.095	505.08	4.1
TY4_U4	6890809.739	593543.511	505.13	3.3
TY4_V	6890815.03	593553.811	501.05	
TY5_I1	6890369.16	593633.325	494.94	1.3
TY5_I2	6890369.425	593636.371	494.97	2.6
TY5_I3	6890369.785	593641.124	494.98	2.1
TY5_I4	6890369.957	593642.992	494.98	1.6
TY5_U1	6890366.656	593642.889	494.94	1.8
TY5_U2	6890366.537	593641.248	494.95	2.1
TY5_U3	6890366.224	593637.13	494.94	2.5
TY5_U4	6890365.916	593633.28	494.95	1.35
TY5_V	6890365.082	593635.609	493.08	
TY6_V	6890071.863	593606.431	488.37	
TY6_I1	6890077.078	593602.726	490.63	1.7
TY6_I2	6890078.228	593608.72	490.67	2.7
TY6_I3	6890079.129	593613.554	490.65	1.75
TY6_U1	6890075.128	593613.667	490.66	1.85
TY6_U2	6890074.26	593609.093	490.62	2.75
TY6_U3	6890073.119	593603.006	490.65	1.75
TV2_I1_	6889389.736	593621.343	480.47	2.05
TV2_I1_1	6889392.032	593621.446	480.45	2.3
TV2_I1_2	6889393.765	593621.478	480.50	2.05
TV2_U1	6889392.847	593626.956	480.31	2.1
TV2_U2	6889390.523	593626.818	480.29	2.55
TV2_U3	6889388.323	593626.67	480.25	2.3
TY7_I1	6889452.542	593674.103	478.81	1.6
TY7_I2	6889452.371	593677.467	479.04	2.15
TY7_I3	6889452.14	593681.367	478.81	2.25

TY7_I4	6889451.987	593684.903	478.68	2
TY7_U1	6889446.203	593684.886	478.62	2
TY7_U2	6889446.342	593680.771	478.78	2.65
TY7_U3	6889446.386	593677.68	479.09	2.5
TY7_U4	6889446.447	593674.254	478.85	2.35
TY7_D1	6889453.729	593672.332	478.75	
TY7_D2	6889452.531	593673.848	478.80	
TY7_D3	6889451.928	593687.231	478.62	
TY7_D4	6889446.156	593687.089	478.62	
TY7_D5	6889446.416	593673.513	478.81	
TY7_D6	6889445.283	593671.747	478.74	
TY7_V	6889454.324	593677.847	476.91	
TY7_V1	6889445.047	593677.697	476.62	
TY8A_I1	6889292.547	593711.936	475.13	1.6
TY8A_I2	6889293.383	593716.152	475.15	1.7
TY8A_I3	6889294.078	593719.789	475.02	1.9
TY8A_I4	6889294.699	593722.629	474.92	2
TY8A_U1	6889289.017	593726.499	474.90	1.25
TY8A_U2	6889288.479	593724.516	474.95	2
TY8A_U3	6889287.347	593720.211	475.12	1.95
TY8A_U4	6889286.416	593716.263	475.12	1.9
TY8A_D1	6889292.332	593710.933	475.14	
TY8A_D2	6889295.365	593725.804	474.92	
TY8A_D3	6889289.293	593727.665	474.89	
TY8A_D4	6889285.595	593713.354	475.10	
TY8A_V	6889286.254	593720.445	473.19	
TY8_V	6889272.917	593719.614	472.85	
TY8_I1	6889270.64	593717.032	475.29	1.5
TY8_I2	6889271.054	593719.836	475.28	2.5
TY8_I3	6889271.88	593725.822	475.27	2.8
TY8_I4	6889272.195	593728.197	475.29	1.6
TY8_U1	6889268.668	593728.139	475.27	1.95
TY8_U2	6889268.415	593726.098	475.23	2.6
TY8_U3	6889267.427	593719.224	475.28	2.55
TY8_U4	6889267.133	593716.903	475.26	1.75
TY8_D1	6889268.749	593728.88	475.26	
TY8_D2	6889267.063	593716.181	475.29	
TY8_D3	6889270.565	593716.216	475.25	
TY8_D4	6889272.365	593728.924	475.24	
TY9A_I1	6888881.601	593786.349	469.38	2.7
TY9A_I2	6888882.971	593788.687	469.37	3.0
TY9A_I3	6888884.418	593791.173	469.32	2.4
TY9A_I4	6888885.154	593792.347	469.32	1.8
TY9A_D1	6888883.168	593794.213	469.38	
TY9A_D2	6888878.649	593787.244	469.36	
TY9A_D3	6888881.21	593785.606	469.38	
TY9A_D4	6888885.365	593792.757	469.30	
TY9A_V	6888884.218	593790.865	466.82	
TY9_I1	6888726.787	593883.64	466.93	1.95
TY9_I2	6888727.732	593888.598	467.01	2.4

TY9_I3	6888728.548	593892.972	466.94	2.1
TY9_V	6888728.241	593891.387	464.80	
TY9_D1	6888728.869	593894.886	466.87	
TY9_D2	6888727.49	593895.129	466.88	
TY9_D3	6888725.09	593882.174	466.85	
TY9_D4	6888726.48	593881.937	466.87	
TY10_I1	6888589.766	593977.969	465.25	3
TY10_I2	6888594.144	593977.091	465.34	3.2
TY10_I3	6888599.571	593976.023	465.43	3.05
TY10_I4	6888602.087	593975.56	465.44	2.25
TY10_V	6888598.735	593975.912	462.58	
TY10_V1	6888592.647	593985.954	462.33	
TY10_U1	6888597.716	593984.702	465.34	2.7
TY10_U2	6888595.834	593985.07	465.30	3.2
TY10_U3	6888590.204	593986.196	465.24	3.3
TY10_U4	6888585.568	593987.081	465.13	2.75
TY11_I1	6887378.45	594772.717	444.13	2.45
TY11_I2	6887379.556	594775.46	444.15	4.1
TY11_I3	6887381.641	594780.464	444.13	4.3
TY11_I4	6887383.15	594784.151	444.12	2.3
TY11_V	6887380.524	594777.784	440.21	
TY11_V1	6887377.906	594780.871	440.16	
TY11_U1	6887380.096	594786.004	444.12	2.4
TY11_U2	6887379.22	594784.067	444.09	4.05
TY11_U3	6887377.897	594780.909	444.11	4.3
TY11_U4	6887376.403	594777.325	444.12	4.05
TY11_U5	6887375.301	594774.601	444.14	2.6
TY14_I1	6884462.583	596509.284	412.76	3.25
TY14_I2	6884465.122	596509.956	412.78	3.85
TY14_I3	6884470.095	596511.182	412.81	4.4
TY14_I4	6884472.314	596511.783	412.79	3
TY14_V	6884467.083	596510.475	409.26	
TY14_V1	6884467.487	596514.104	409.24	
TY14_U1	6884471.996	596515.351	412.82	3.3
TY14_U2	6884469.051	596514.822	412.78	4.3
TY14_U3	6884464.318	596513.262	412.79	4.25
TY14_U4	6884461.645	596512.554	412.85	3.15
TY15_U1	6881173.704	598129.815	392.62	4.15
TY15_U2	6881170.586	598128.02	392.57	4.6
TY15_U3	6881165.377	598124.88	392.41	3.1
TY15_V	6881170.306	598127.862	389.36	
TY13_I1	6884853.979	596405.245	423.51	2.2
TY13_I2	6884848.802	596408.196	423.55	2.2
TY13_V	6884850.255	596407.395	421.48	
TY13_V1	6884849.374	596403.604	421.42	
TY13_U1	6884846.934	596405.014	423.55	2.2
TY13_U2	6884852.131	596402.056	423.51	2.2
TY4_V	6890815.03	593553.811	501.05	
TY1_V	6892752.559	592962.513	547.30	

Oppmåling bruer - Tverråa

	Oppmalinger Tveraa				
0	Program:	MAGNET	Field		
0	Jobbnavn:	230531_A			
0	Job	create	Date:	2023-05-31	09:44:49
0	Opprettet	av:	BT		
0	Projeksjon:	NORWAY-EUREF89	UTM	32	
0	Geoidemodell:	HREF2018B_NN2000_EUREF89			
0	Survey	configuration:	TNlive	Hiper	V
0	Kommentar:	N/A			
0	Eksportdato:	2023-05-31	17:30:04		
5	TV2_I1_	6889389.736	593621.343	480.47	2.1
5	TV2_I1_1	6889392.032	593621.446	480.45	2.3
5	TV2_I1_2	6889393.765	593621.478	480.50	2.1
5	TV2_U1	6889392.847	593626.956	480.31	2.1
5	TV2_U2	6889390.523	593626.818	480.29	2.6
5	TV2_U3	6889388.323	593626.67	480.25	2.3

Oppmåling bruer - Kvernbekken

		Oppmaling_Kvernbekken					
	0	Program:	MAGNET	Field				
	0	Jobbnavn:	230531_A					
	0	Job	create	Date:	2023-05-31	09:44:49		
	0	Opprettet	av:	BT				
	0	Projeksjon:	NORWAY-EUREF89	UTM	32			
	0	Geoidemodell:	HREF2018B_NN2000_EUREF89					
	0	Survey	configuration:	TNlive	Hiper	V	sim	FC
	0	Kommentar:	N/A					
	0	Eksportdato:	2023-05-31	17:30:04				
	5	SI9_I1	6888137.834	594483.464	453.34	800BET		
	5	SI9_I2	6888137.843	594483.475	454.16			
	5	SI9_U1	6888128.572	594483.666	453.30			
	5	SI9_U2	6888128.628	594483.672	454.12			
	5	SI9_D1	6888133.84	594476.831	455.09			
	5	SI9_D2	6888130.236	594483.61	455.19			
	5	SI9_D3	6888125.963	594492.339	455.44			
	5	SI9_D4	6888130.732	594493.395	455.29			
	5	SI9_D5	6888135.822	594483.747	455.04			
	5	SI9_D6	6888141.165	594475.366	454.91			
	5	SI8_I1	6888449.183	594365.195	457.62			
	5	SI8_I2	6888449.115	594365.183	458.42			
	5	SI8_U1	6888439.918	594369.594	457.63			
	5	SI8_U2	6888439.946	594369.535	458.41			
	5	SI8_D1	6888449.84	594375.042	461.04			
	5	SI8_D2	6888443.549	594361.214	459.77			
	5	SI8_D3	6888439.796	594362.788	459.74			
	5	SI8_D4	6888445.429	594375.144	460.83			
	5	SI7_I1	6888473.122	594413.986	461.29	300		
	5	SI7_I2	6888473.132	594413.988	461.60			
	5	SI7_D1	6888465.478	594394.203	463.31			
	5	SI7_D2	6888460.641	594390.419	462.62			
	5	SI7_D3	6888456.608	594388.323	462.29			
	5	SI7_D4	6888453.273	594387.188	462.48			
	5	SI7_U1	6888456.001	594362.786	458.12			
	5	SI7_U2	6888456.135	594362.938	458.41			

	5	SI6_I1	6888877.808	594211.657	464.84	1000ST		
	5	SI6_I2	6888877.683	594211.692	465.84			
	5	SI6_U1	6888870.858	594213.296	464.77			
	5	SI6_U2	6888871.111	594213.392	465.74			
	5	SI6_D1	6888871.069	594208.097	466.79			
	5	SI6_D2	6888874.963	594220.447	466.83			
	5	SI6_D3	6888878.255	594219.239	466.89			
	5	SI6_D4	6888874.13	594206.321	466.87			
	5	SI5_I1	6889276.284	593939.001	473.75	800ST		
	5	SI5_I2	6889276.309	593939.105	474.57			
	5	SI5_U1	6889262.619	593951.292	473.55			
	5	SI5_U2	6889262.603	593951.197	474.38			
	5	SI5_U3	6889262.613	593951.191	474.39			
	5	SI5_D1	6889263.289	593937.7	476.25			
	5	SI5_D2	6889266.777	593935.43	476.09			
	5	SI5_D3	6889273.745	593954.181	476.80			
	5	SI5_D4	6889270.25	593956.523	476.90			
	5	SI4_I1	6889555	593826.539	479.59	1000		
	5	SI4_I2	6889554.813	593826.474	480.35			
	5	SI4_U1	6889500.943	593836.119	478.72			
	5	SI4_U2	6889501.173	593836.24	479.48			
	5	SI3_I1	6889590.046	593815.61	480.30	Gangbru		
	5	SI2_I1	6889738.278	593817.215	483.02	700X700		
	5	SI2_I2	6889738.498	593817.227	483.76			
	5	SI2_U1	6889723.693	593814.487	483.03	1000BET		
	5	SI2_U2	6889723.738	593814.507	484.03			
	5	SI2_D1	6889725.807	593817.978	486.17			
	5	SI2_D2	6889731.08	593812.3	485.59			
	5	SI2_D3	6889734.561	593807.221	485.26			
	5	SI2_D4	6889738.594	593808.211	485.43			
	5	SI2_D5	6889734.52	593815.005	485.79			
	5	SI2_D6	6889728.477	593821.163	486.39			
	5	SI1_U1	6889883.727	593845.452	486.05	600		
	5	SI1_U2	6889883.752	593845.39	486.60			
	5	SI1_I1	6889897.668	593877.63	487.38			
	5	SI1_I2	6889897.679	593877.71	488.01			

Vedlegg 6: Flomsonekart

1) Flomsonekart: 200- årsflom med klimapåslag (uten sikkerhetspåslag)
Tylldalen-01, Tylldalen-02, Tylldalen-03, Tylldalen-04

2) Flomsonekart: 20- årsflom med klimapåslag (uten sikkerhetspåslag)
Tylldalen-05, Tylldalen-06, Tylldalen-07, Tylldalen-08

3) Flomsonekart: 200- årsflom med klima og sikkerhetspåslag
Tylldalen-01S, Tylldalen-02S, Tylldalen-03S, Tylldalen-04S

4) Flomsonekart: 20- årsflom med klima og sikkerhetspåslag
Tylldalen-05S, Tylldalen-06S, Tylldalen-07S, Tylldalen-08S