



Hydrologisk rapport

Kvinesdal kommune

Veiprofilnummer 7 300 – 24 000

Detaljregulering E39 Lyngdal vest – Kvinesdal

Hydrologiske beregninger for vassdrag i Kvinesdal kommune

NV Dokumentnummer: NV42E39LK-VAA-RAP-0003

ENT Dokumentnummer: 10220781_E39LK_000_hyd_rap_03

Prosjekt nr:	115510
Oppdragsnavn:	E39 Lyngdal vest - Kvinesdal
Kunde	Nye Veier AS

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Årsak til utgivelse	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
01	15.05.2023	Første gangs behandling	NOOMLA NOSKLA	NOSKLA NOMAFO	NORUHO
02	22.03.2024	Innspill fra høring	NOSKLA	NODRAN	NORUHO

Endringsoversikt

Revisjon	Endringsbeskrivelse
01	Til første gangs behandling i Lyngdal og Kvinesdal kommune
02	Innarbeide merknad fra NVE om TEK17 §7-1 som kom inn i forbindelse med høring av reguleringsplanen. Lagt til tekst i kap. 2.4.

Innhold

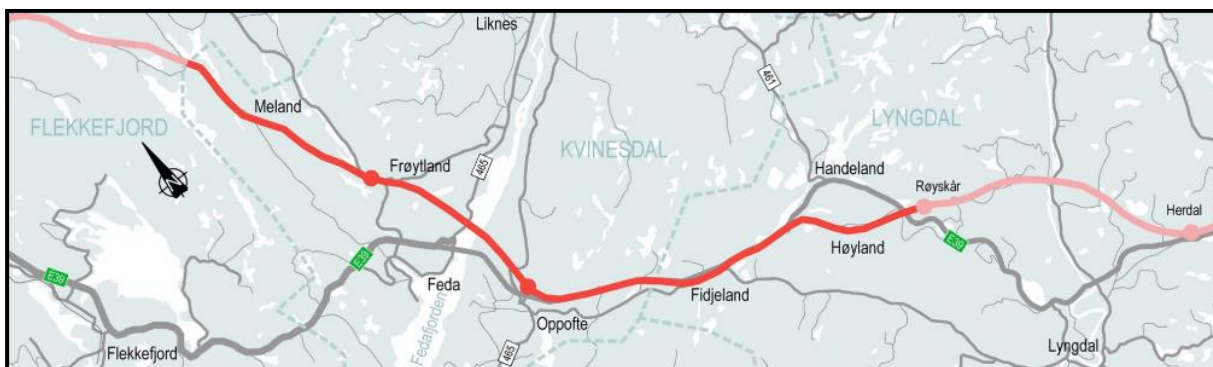
1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Om rapporten	5
2	Krav, retningslinjer og veiledere	6
2.1	Statens vegvesens vegnormal N200 Veibygging (2022)	6
2.2	Statens vegvesens vegnormal N400 Bruprosjektering (2023)	7
2.3	Statens vegvesens håndbok V240 Vannhåndtering	7
2.4	Byggteknisk forskrift (TEK17)	7
2.5	NVEs retningslinjer nr. 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar	8
2.6	NVEs veileder nr. 1/2022 Veileder for flomberegninger	8
3	Metode.....	10
3.1	Flomberegninger	10
4	Hydrologiske beregninger	16
4.1	Flomberegninger	16
5	Usikkerheter	33
6	Oppsummering.....	34
7	Referanser og litteratur.....	35

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Nye Veier har ansvaret for utbygging av E39 fra Kristiansand i Agder til Ålgård i Rogaland, en strekning på om lag 200 kilometer. Ny E39 planlegges som trafikkssikker firefelts motorvei med fartsgrense 110 km/t. Motorveien vil, i tillegg til reduksjon i antall ulykker, gi vesentlig kortere reisetid for brukerne og knytte Agder og Rogaland tettere sammen som felles bo- og arbeidsmarked.

Utarbeiding av reguleringsplan med konsekvensutredning for parsellen Lyngdal vest-Kvinesdal er en del av dette arbeidet. Planlegging av ny vei og tunnel fra E39 til Øyesletta inngår i prosjektet. Det er Lyngdal og Kvinesdal kommuner som er planmyndighet.



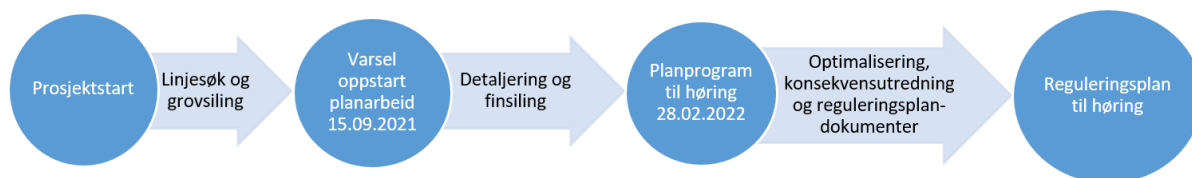
Figur 1-1: Parsellen E39 Lyngdal vest-Kvinesdal.

Det foreligger trasé for veiløsning i de gjeldende kommunedelplanene E39 Vigeland-Lyngdal vest og E39 Lyngdal vest-Ålgård, men strekningen gjennom Kvinesdal kommune er ikke vedtatt. Ny trasé fra Røyskår til kommunegrensen mot Flekkefjord er nå utredet av Nye Veier.

I arbeidet med reguleringsplan er det gjennomført linjesøk og tverrfaglige vurderinger av et bredt utvalg av løsninger for å finne den samlet sett beste traséen fra Røyskår i Lyngdal, gjennom Kvinesdal, til kommunegrensen mot Flekkefjord. Fra kommunegrensen og nordvestover foreligger det vedtatt kommunedelplan for ny E39. Østover fra Røyskår er prosjektet E39 Lyngdal øst-Lyngdal vest under bygging, med forventet ferdigstilling i 2025.

Til varsel om oppstart av planarbeid (15.09.2021) ble det gjennomført en grovsiling av et stort antall alternative veilinjer for ny E39. Anbefalte linjer fra grovsilingen danner grunnlaget for videre detaljering og vurdering. Frem mot utlegging av planprogram til høring og offentlig ettersyn (28.02.2022) ble det gjennomført en finsiling av de gjestående linjene fra grovsilingen. Anbefalt linje fra finsilingen, sammen med linjer og kryssløsninger som kommunene vedtok utredet i planprogrammet, har dannet

grunnlaget for videre optimalisering, detaljering, konsekvensutredning, valg av linje og utarbeidelse av reguleringsplandokumenter.



Figur 1-2: Tidslinje med utført arbeid mellom prosjektets sentrale milepeler

Det henvises til silingsrapporter, planprogram, prosjektrapport, konsekvensutredning, reguleringsplandokumenter og fagrapporter for ytterligere detaljert informasjon om prosjektet. Dokumentene kan finnes på nettsidene til Nye Veier, Lyngdal og Kvinesdal kommune.

1.2 Om rapporten

Denne fagrapporten er en del av kunnskapsgrunnlaget for reguleringsplanen til E39 Lyngdal vest-Kvinesdal, og omhandler hydrologiske beregninger som danner grunnlag for hydrauliske beregninger og dimensjonering av stikkrenner, kulverter og brukonstruksjoner, samt omlegging av bekker og mindre flomveier.

Hensikten med denne fagrapporten er å dokumentere hydrologiske beregninger for vassdrag som krysser eller går langs veitrasé i Kvinesdal kommune. Det er utført flomberegninger for alle vassdrag som krysser planlagt ny E39 i Kvinesdal kommune. Rapporten danner grunnlag for blant annet hydrauliske vurderinger, som er dokumentert i rapport «NV42E39LK-VAA-RAP-0004_Hydraulisk rapport Kvinesdal kommune» [1].

2 Krav, retningslinjer og veiledere

I dette kapitlet presenteres relevante krav, retningslinjer og veiledere for flomfareutredning i reguleringsplan.

2.1 Statens vegvesens vegnormal N200 Veibygging (2022)

Vegnormal N200 Vegbygging inneholder krav og føringer for blant annet dimensjonering og håndtering av overvann og drensvann.

Krav 2.1-2 angir dokumentasjon som skal foreligge i ulike planfaser. I reguleringsplan skal det kartlegges feltgrenser, vannveier og flomveier i nedbørfeltene. Det skal også vurderes flomvannstand ift. veiens høyde, samt kartlegges avrenningsforhold. Det skal også kartlegges erosjon- og massetransportsforhold [2].

For flomberegninger skal returperiode for flom bestemmes ut fra ÅDT og omkjøringsmuligheter ihht. krav 2.2.1-3 (Tabell 2-1). E39 Lyngdal vest-Kvinesdal har ÅDT over 4000. I flomberegningene utført i prosjektet er det derfor benyttet gjentaksintervall 200 år.

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser for vei påvirket av flom [2].

Sikkerhets- klasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse			
		Med omkjøringsmulighet		Uten omkjøringsmulighet	
		Tverr- drenering	Langsgående drenering	Tverr- drenering	Langs- gående drenering
V1	< 500	50 år	50 år	100 år	50 år
V2	500 - 4000	100 år	50 år	200 år	100 år
V3	> 4000	200 år	100 år	200 år	100 år

Krav 2.3.2 sier at det på grunn av stor usikkerhet ved avrenningsberegninger skal benyttes flere metoder for å beregne avrenning, og Q_T skal velges innenfor spennet av beregnet avrenning. Valg av metode skal begrunnes ut fra feltparametre og metodens gyldighetsintervall.

Det skal brukes en klimafaktor F_k for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer og en sikkerhetsfaktor F_u for å ta hensyn til usikkerheten i beregningene. Klimafaktor for Agder fylke er oppgitt til 1,2 for store nedbørfelt med areal over 50 km² og 1,3 for små

nedbørfelt med areal under 50 km². Sikkerhetsfaktor avhenger av vannveiens sikkerhetsklasse, og vil for E39 være 1,2.

2.2 Statens vegvesens vegnormal N400 Bruprosjektering (2023)

Iht. krav 3.6.2 skal det benyttes returperiode 200 år for alle brukonstruksjon. Definisjon 7 sier at bru er konstruksjoner med spennvidde $\geq 2,5$ meter og bærer trafikklast. Iht. krav i N200 skal dimensjonerende flomverdi inkludere klimafaktor og sikkerhetsfaktor [3].

2.3 Statens vegvesens håndbok V240 Vannhåndtering

Håndbok V240 er en veiledning til kap. 2 Vannhåndtering i N200. Håndboken er delt inn i tre deler: planlegging, hydrologi og hydraulikk. Del to gir utdypende beskrivelser av metodene og kravene oppgitt i N200 [2]. Det er fokusert på datagrunnlag, valg av beregningsmetoder ut fra feltegenskaper og usikkerheten som er forbundet med metodene. Dette er ytterligere beskrevet i denne rapporten under metodekapitlet.

2.4 Byggteknisk forskrift (TEK17)

Kapittel 7 i Byggteknisk forskrift (TEK17) omfatter krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger, herunder sikkerhet mot flom, stormflo og skred, som skal legges til grunn ved regulering og bygging i faresoner.

§7-1 andre ledd angir at planlagte tiltak ikke skal medføre en fare for skade eller vesentlig ulempe for tilstøtende terreng, eller 3. part [4]. Det betyr at planlagte tiltak (veibyggingen) som får konsekvenser for tilstøtende terreng eller 3. part må sikres mot naturpåkjenninger, tilsvarende som for planlagt tiltak. Planlagt tiltak skal med andre ord ikke forverrer sikkerheten mot naturpåkjenninger for tilstøtende terreng og 3. part i ettertid.

§7-2 gir krav til sikkerhet mot flom og stormflo. For byggverk, konstruksjoner eller anlegg i flomutsatt område skal det fastsettes en sikkerhetsklasse for flom (Tabell 2-2). Byggverk, konstruksjon eller anlegg skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet ikke overskrides. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk, konstruksjon eller anlegg tilhører er avhengig av konsekvensene ved oversvømmelse [5].

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Sikkerhetsklasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold. Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. [4]

Tabell 2-2: Sikkerhetsklasser for byggverk, konstruksjon og anlegg [5].

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

Kravene i TEK17 trer i kraft hvis et vassdrag ligger nært bebyggelse og planlagt vei, hvor valg av gjentaksintervall for flomhendelser for planlagt vei vil påvirke flomfaren for bebyggelse. Strengeste krav til sikkerhet fra TEK17, N200 og N400 skal legges til grunn.

2.5 NVEs retningslinjer nr. 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar

Retningslinjene beskriver hvordan flom- og skredfare bør utredes og hensyntas i arealplansaker. Utgreiing av flomfare på reguleringsplannivå skal skaffe kunnskap om reell fare som utbyggingen må hensynta. Det vil si at flomfaren skal detalj-kartlegges og tallfestes for de gjentaksintervall som er oppgitt i TEK17 og N200. Dersom det skal bygges innenfor fareutsatt område skal det avklares hvordan man oppnår tilstrekkelig sikkerhet vha. risikoreduserende tiltak. Dersom det er behov for risikoreduserende tiltak, må arealbeslaget i reguleringsplanen ta hensyn til dette. Det skal også undersøkes om planlagt utbygging kan forverre sikkerheten mot flom og erosjon utenfor planområdet.

2.6 NVEs veileder nr. 1/2022 Veileder for flomberegninger

Veilederen gir anbefalinger til gjennomføring av flomberegninger i Norge. Kapittel 4 gir praktiske anbefalinger til hvilke metoder og hvilke anbefalinger som gjelder basert på eksisterende datagrunnlag. Tabell 2-3 gir en oversikt over de mest brukte metodene for beregninger av flomstørrelser i Norge med anbefalte arealbegrensninger, hvilken tidsoppløsning metoden egner seg for og hvilket gjentaksintervall metoden anbefales brukt for.

Tabell 2-3: Anbefalt bruk av de vanligste metodene for beregning av flomstørrelser [6].

Metode	Formelverk (regional flomfrekvensanalyse):		Frekvens-analyser	Nedbør-avløpsmetoder:	
	RFFA-NIFS	RFFA-2018		PQRUT	Den rasjonelle metode
areal begrensninger	< 60 km ² ¹⁾	alle ²⁾	alle	2 - 800 km ² ³⁾	< 2 km ² ⁴⁾
tids-oppløsning	kulminasjon	døgn eller kulminasjon	alle	time/døgn	kulminasjon
Q _M	x	x	x		(x)
Q ₅ - Q ₁₀₀	x	x	x	(x)	x
Q ₂₀₀	x	x	x	x	x
Q ₅₀₀		x	x	x	(x)
Q ₁₀₀₀		x	x	x	
PMF				x	

¹⁾ Kan brukes med forsiktighet for felt opp til 100 km²

²⁾ Kan benyttes for alle feltstørrelser, men ved beregning av kulminasjonsverdier for små felt (< 60 km²) anbefales det å bruke RFFA-NIFS opptil Q₂₀₀.

³⁾ Arealbegrensninger er omtrentlige, mer om bruksområder til PQRUT i kap. 4.3.1.2.1.

⁴⁾ Anbefalt bruksområde er ifølge Fergus mfl. (2010) er opp til 0,5 km², men tradisjonelt har metoden blitt benyttet for større felt. Etter krav i Håndbok V240 (Vegdirektoratet, 2020) skal metoden ikke benyttes for felt med areal over 2 km².

3 Metode

3.1 Flomberegninger

Flomberegninger er gjennomført i henhold til krav i SVVs Vegnormaler N200 og N400, samt anbefalinger i SVVs veileder V240 Vannhåndtering og NVEs veileder nr. 1/2022 Veileder for flomberegninger. Det er valgt å dele inn i store/middels store vassdrag og mindre vassdrag med tanke på valg av beregningsmetoder.

3.1.1 Store og middels store vassdrag - registrert i NEVINA

For vassdragene som er registrert som vannveier i NVEs karttjeneste NEVINA, er det hentet ut nedbørfelt, feltkarakteristikk og vannføringer.

Det er benyttet to metoder for å beregne flomverdier for ulike gjentakintervall: Lokal og regional flomfrekvensanalyse. Metodene er beskrevet under. De største flomverdier beregnet fra metodene er benyttet som endelige verdier for nedbørfeltene/vassdragene.

3.1.1.1 Regional flomfrekvensanalyse (formelverk RFFA-NIFS og RFFA-2018)

Metodene for beregning av flomverdier med regionale flomfrekvensanalyser basert på RFFA-NIFS- og RFFA-2018-formelverk er beskrevet nærmere i veiledere fra SVV og NVE [7] [6]. Metodene er inkludert i NVEs karttjeneste NEVINA og flomverdier, vekstkurver og forholdstall for døgn- og kulminasjonsflom beregnes automatisk for valgte nedbørfelt.

Metoden for RFFA-NIFS er utarbeidet for å estimere kulminerende flomverdier i små uregulerte nedbørfelt (feltareal < 60 km²) og for flomstørrelser opp til og med 200-års gjentakintervall. Metoden for RFFA-2018 er utarbeidet for beregning av døgnmiddel- og kulminasjonsflommer i alle typer felt og for gjentakintervaller til og med 1000 år (Glad, et al., 2022).

3.1.1.2 Lokal flomfrekvensanalyse – skalering av flom fra nabovassdrag

Det er gjort flomfrekvensanalyse (FFA) basert på nærliggende målestasjoner. Flomfrekvensanalysen er basert på døgn- og is-korrigerede findata.

FFA basert på målte data kan gjøres for alle felt der man har tilstrekkelig lange måleserier, eller sammenlignbare felt. Usikkerheten i beregningene avhenger av frekvensfordelingen som velges, tilgjengelig måledata og sammenlignbarheten av nedbørfeltene [7]. Det er gjort skalering av flomverdier basert på nedbørfeltareal og normalavrenning for referanseperioden 1961–1990.

For beregning av kulminerende flomverdier basert på FFA fra døgndata fra nærliggende målestasjon er det benyttet vassdragenes beregnede kulminasjonsfaktor fra NEVINA og formelverket RFFA-2018.

3.1.2 Små vassdrag – ikke registrert i NEVINA

For de mindre vassdragene som ikke er registrert som vannveier i NEVINA er det benyttet et egenutviklet verktøy i GIS og R-studio for å beregne nedbørfelt, feltkarakteristikk og vannføringer. Terrengdata er hentet fra hoydedata.no, informasjon om eksisterende stikkrenner er hentet fra vegdata.no og beliggenhet til innsjøer er hentet fra nve.no.

For å beregne flomverdier er det benyttet metodene RFFA-NIFS (samme som i NVEs karttjeneste NEVINA) og rasjonell formel. De største verdiene beregnet fra de to formelverkene er benyttet som endelige verdier for nedbørfeltene/vassdragene.

3.1.2.1 Regional flomfrekvensanalyse (formelverk RFFA-NIFS)

Metoden er beskrevet over. For at formelverket kan benyttes er det beregnet feltparameterne feltareal (A), effektiv sjøprosent (Ase) og normalavrenning for referanseperioden 1961–1990 (qn) for hvert nedbørfelt.

Feltareal ble generert ved hjelp av terrenganalyser i GIS. Effektiv sjøprosent ble beregnet ved bruk av NVEs temakart *Innsjødatabase* og normalavrenning ble beregnet ved bruk av NVEs temakart *Arsavrenning_6190*.

3.1.2.2 Rasjonell formel

Formelverket er beskrevet nærmere i veiledere fra SVV og NVE [7] [6] og det er gyldig for felt som er mindre enn 2 km². For at formelverket kan benyttes er det for hvert felt beregnet feltareal (A), effektiv sjøprosent (Ase), avrenningskoeffisient (C), feltlengde (L), høydeforskjell (dH), konsentrasjonstid (Tk), nedbørintensitet (I).

Feltareal og effektiv sjøprosent ble beregnet på samme måte som beskrevet i kap.3.1.2.1.

Avrenningskoeffisient ble beregnet ved bruk av temakart *AR5*, hvor de ulike arealtypene innenfor et nedbørfelt ble delt opp og gitt en verdi basert på helningsforhold.

Avrenningskoeffisientene som er benyttet er vist i

Tabell 3-1. Avrenningskoeffisient for hele nedbørfelt ble til slutt vektet. Helningsforhold i feltet er basert på beregnet feltlengde og høydeforskjell.

Tabell 3-1: Avrenningskoeffisient for ulike areal typer i AR5 basert på helningsforhold i nedbørfelt. Avrenningskoeffisienter er hentet fra tabell 8.2.2.2 i SVVs veileder V240 [7].

Arealtype i AR5	Helning under 2 %	Helning 2-10 %	Helning over 10 %
Skog	0,1	0,15	0,2
Ferskvann	1	1	1
Samferdsel	0,9	0,9	0,9
Myr	0,25	0,3	0,35
Åpen fastmark	0,25	0,3	0,35
Innmarksbeite	0,25	0,3	0,35
Fulldyrka jord	0,5	0,55	0,6
Bebygd	0,6	0,8	0,9
Overflatedyrka jord	0,5	0,55	0,6
Hav	1	1	1

Det ble i tillegg beregnet en korreksjonsfaktor for avrenningsfaktor basert på returperiode/gjentaksintervall på flomhendelse, basert på korreksjonsfaktorer i tabell 8.3.2.1 i V240 [7].

Feltlengde ble beregnet ved terrengeanalyse i GIS ved å finne avrenningspunktet som ligger lengst unna utløpspunktet. Deretter ble det målt en rett linje fra punktet som ligger lengst unna til punktet ved utløpet av nedbørfeltet.

Høydeforskjell i feltet ble beregnet ved å ta differensen mellom høyden i punktet som ligger lengst unna i nedbørfeltet og høyden ved utløpet av nedbørfeltet.

Konsentrasjonstiden for hvert felt ble beregnet ved bruk av lign. 8.2.2.1 i V240 [7] for naturlige felt utarbeidet av Berg et al. (1992). Metoden ble valgt som følge av vassdragene ble ansett som naturlige, med liten grad av urbanisering.

Nedbørintensiteten ble beregnet ved bruk av IVF-kurve for målestasjon SN39515 Kristiansand Sømskleiva, se Tabell 3-2. Intensiteter for hvert nedbørfelt er basert på en interpolering av IVF-verdiene for beregnet konsentrasjonstid.

Tabell 3-2: Intensitet-varighet-frekvens-verdier (IVF) fra SN39515 Kristiansand Sømkleiva benyttet. Verdier i l/s*ha [8].

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	251,1	221,4	198,3	164,8	118,8	95,9	83,1	66,7	52,6	45,3	36,8	31,2	25,6	17,6	11,7	7,4
5	358,6	322,5	284,3	233,2	173,6	138,4	118	94,4	74,2	62,1	49,8	41,9	34,4	23,8	16,2	10,4
10	430,2	393	340,2	278,8	211,3	166,2	141,2	113,2	88,7	74	59	49,3	40,9	28,4	19,5	12,6
20	502	463,8	393,9	320	247,7	193,5	163,7	130,7	103,5	85,9	68,1	56,7	47,3	33,3	22,9	15
25	524,1	485,9	411,2	333,2	259,7	202,3	170,7	136,3	108,2	89,7	71	59,1	49,4	34,8	24	15,7
50	594,7	557,8	465,9	372,4	295,4	230,6	193,1	154,7	123,5	102	80,5	66,9	56,5	40,3	27,7	18,3
100	668,4	632,9	521	411,6	334,7	257,7	215,1	172,8	138,4	114,7	90,5	74,9	63,8	46,2	31,6	20,9
200	740,6	708,5	574	450,1	375,2	284,6	237,7	190,9	154,6	128,5	101,3	82,9	71,8	52,1	35,9	23,6

3.1.3 Hydrograf

I de fleste tilfeller er det tilstrekkelig å benytte en konstant/statisk vannføring for dimensjonering av vassdragsanlegg på tvers og langs nytt veianlegg. Enkelte tilfeller krever at det gjøres vurderinger av flomforhold over tid, som f.eks. flomdempning i en innsjø eller forsinkelse av flomvann over en lengre elvestrekning. I slike situasjoner benyttes det en hydrograf eller et flomforløp.

Det er laget hydrografer basert på målte flomforløp fra de største årlige flomforløpene fra sammenlignbar målestasjon. Flomforløpene for alle årene ble ved hjelp av et skript i R-studio skalert til gjeldende vassdrag og justert for å inkludere kulminerende flom basert på feltets konsentrasjonstid. Flomforløpene ble også tilpasset slik at totalt volum tilsvarer beregnet døgnflom for vassdraget. Det ble benyttet formen til gjennomsnittet av flomforløpene for alle årene for å representere flomforløp for vassdraget.

4 Hydrologiske beregninger

4.1 Flomberegninger

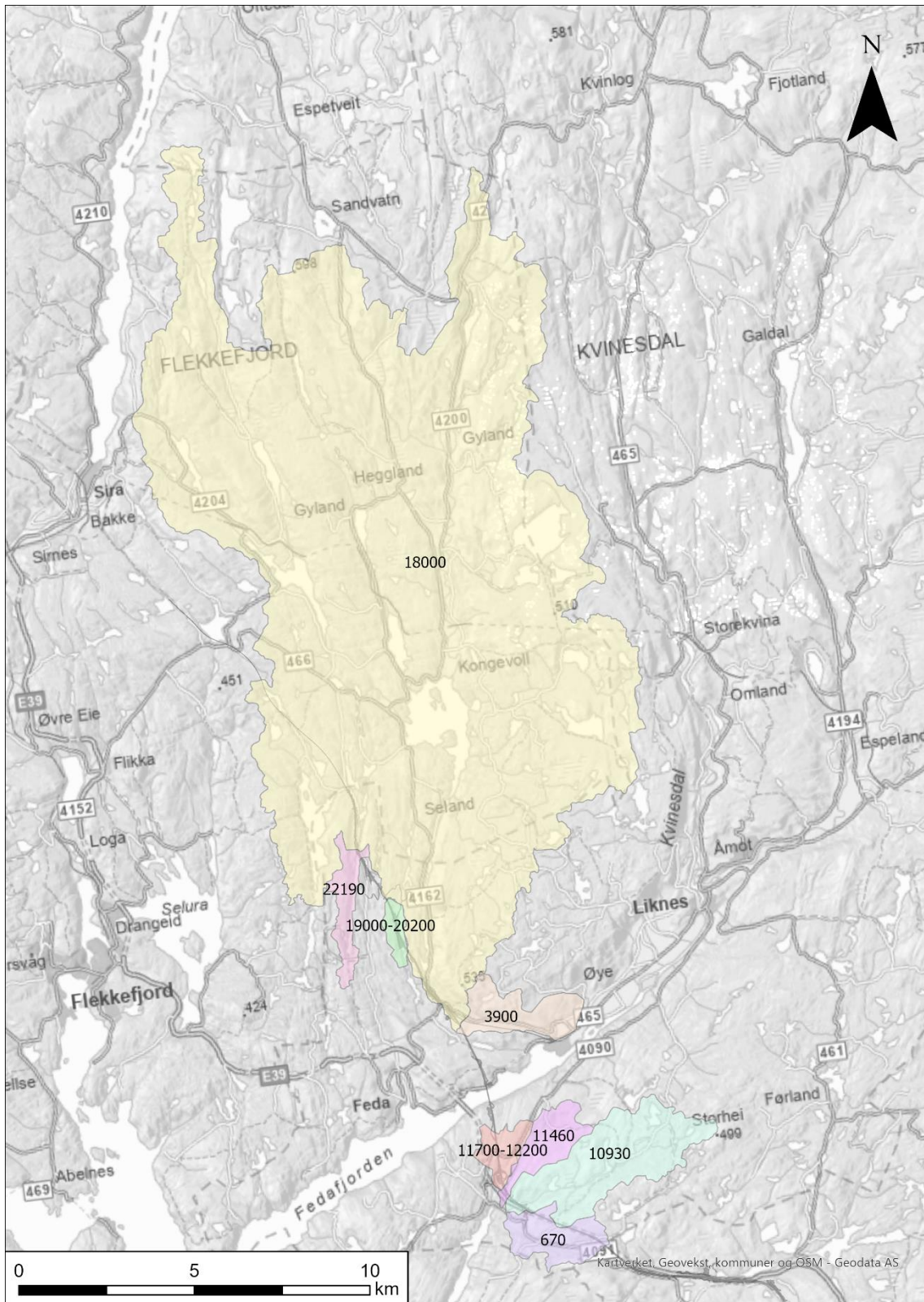
Det er utført flomberegninger for vannveier som krysser planlagt E39 i Kvinesdal kommune. Flomberegningene er utført med flere metoder (ihht. krav i N200), som beskrevet i metodekapitlet.

4.1.1 Store og middels store vassdrag – registrert i NEVINA

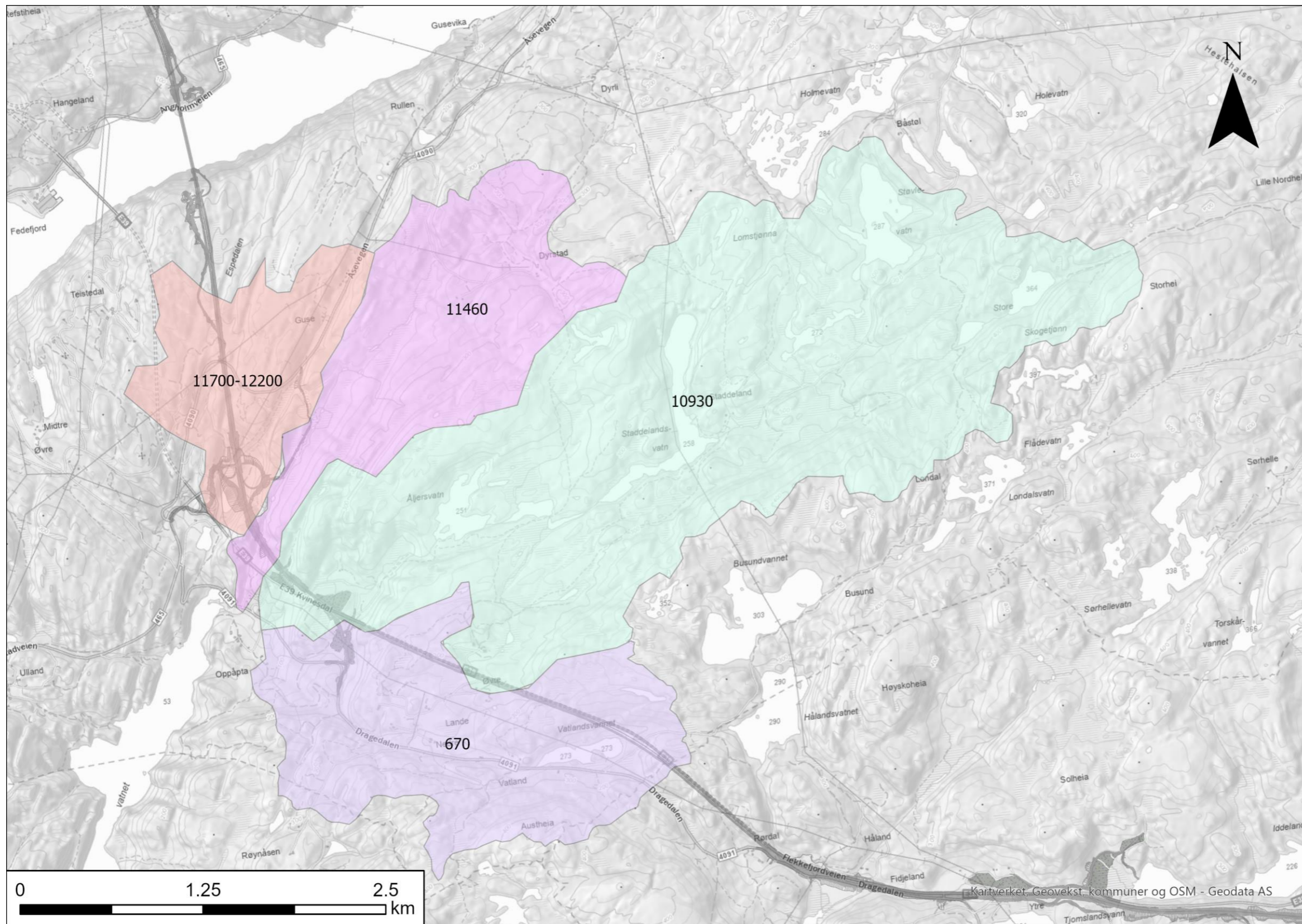
For store og middels store vassdrag, som har registrert vannvei i NEVINA, er nedbørfeltene generert i NEVINA (Figur 4-1) og det er gjort flomberegninger med RFFA-NIFS, RFFA-2018 og FFA. RFFA-NIFS og RFFA-2018 er utført i beregningsverktøyet NEVINA. FFA er gjort basert på nærliggende målestasjoner, og måledata er hentet fra HYDRA II.

For beregninger med FFA er det vurdert 17 målestasjoner som ligger i nærhet til de nedbørfeltene det skal gjøres beregninger for. Målestasjonene er vurdert mtp. feltegenskaper og måleperiode, og de mest representative stasjonene er valgt og brukt i beregningene. I flomberegningene for vannveiene i Kvinesdal kommune er målestasjoner 24.8 Møska, 26.21 Sandvatn og 26.64 Rekedalselv brukt. Stasjon Møska ligger like nord for Lyngdal ved utløpet av Skolandsvatnet, stasjon Sandvatn ligger nordøst for Sira og stasjon Rekedalselv ligger mellom Flekkefjord og Egersund. Møska og Sandvatn er brukt for flomberegninger i nedbørfelt Fedaelva, profilnummer 18000. For de resterende feltene er det brukt data fra målestasjon Rekedalselv. Feltparametrene til målestasjonene og nedbørfeltene er presentert i Tabell 4-1.

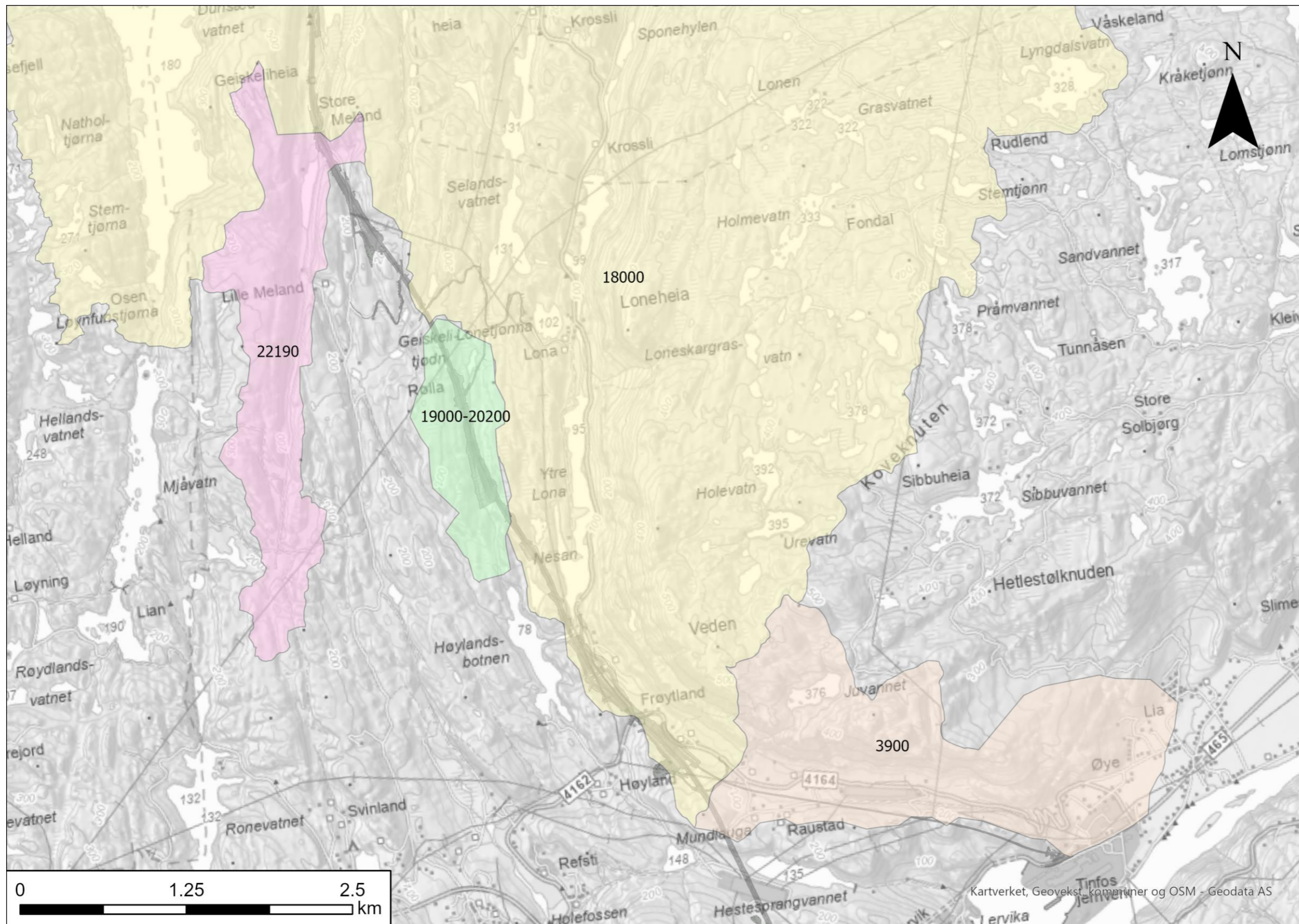
Flomverdiene fra RFFA-NIFS, RFFA-2018 og FFA er sammenlignet og den høyeste verdien er valgt og brukt videre i de hydrauliske beregningene (Tabell 4-2).



Figur 4-1: Nedbørfelt for store og middels store vassdrag som krysser eller går langs ny veilinj. Oversiktsbilde.



Figur 4-2: Nedbørfelt for store og middels store vassdrag som krysser eller går langs ny veilinj. Nærbilde 1 av 2.



Figur 4-3: Nedbørfelt for store og middels store vassdrag som krysser eller går langs ny veilinje. Nærbilde 2 av 2.

Tabell 4-1: Feltparametre for målestasjoner og store og middels store vassdrag.

Stasjonsnr.	Stasjonsnavn	Måleperiode	Areal (km ²)	A _{se} (%)	Skog (%)	Bre (%)	Sjø (%)	Snaufjell (%)	Myr (%)	Jord (%)	Urban (%)	Uklassifisert (%)	Q _n (l/s/km ²)	H _{min} -H ₅₀ -H _{maks}	Årsnedbør (mm)
24.8	Møska	1978-2021 (34 år)	121	1,71	77,1	0,0	9,3	8,3	3,1	1,0	0	1,3	50,2	8-325-613	1998
26.31	Sandvatn	1970-2021 (48 år)	27,5	2,80	44,4	0,0	10,2	35,0	8,8	1,4	0	0,3	62,0	306-471-647	1823
26.64	Rekedalselv	1996-2021 (22 år)	10,0	1,46	37,9	0,0	7,1	47,1	2,3	1,2	0	4,3	45,9	108-204-311	1687
Veinavn	Veiprofilnr.	Nedbørfelt	Areal (km ²)	A _{se} (%)	Skog (%)	Bre (%)	Sjø (%)	Snaufjell (%)	Myr (%)	Jord (%)	Urban (%)	Uklassifisert (%)	Q _n (l/s/km ²)	H _{min} -H ₅₀ -H _{maks}	Årsnedbør (mm)
Dragedalen	670	Bekk fra Vatlandsvannet	2,6	0,66	78,8	0,0	2,7	10,2	3,8	3,9	0,0	0,6	56,3	156-306-447	1943
Øyesletta	3900	Kleivsbekken ved Øyesletta	3,8	0,24	84,1	0,0	1,8	1,1	0,7	8,9	2,2	1,2	50,0	4-198-522	1836
E39	10930	Avkomstjønn	9,8	2,65	40,1	0,0	7,2	44,8	6,7	0,8	0,0	0,4	56,4	75-304-488	1990
E39	11460	Bekk ved Timbråsen	2,8	0,001	70,3	0,0	0,6	21,2	4,8	1,5	0,0	1,6	54,4	73-273-370	1912
E39	11700-12200	Indretjønn	1,7	0,00	91,4	0,0	1,0	1,8	2,1	1,4	0,0	2,3	49,0	108-218-288	1889
E39	18000	Fedaelva/Frøitlandsfossen	193,0	2,12	75,6	0,0	9,8	5,2	4,5	2,8	0,0	2,1	55,6	95-298-595	1849
E39	19000-20200	Dal med langsgående bekk	0,9	0,19	93,8	0,0	1,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,1	48,2	100-173-223	1870
E39	22190	Melandsbekken	2,5	1,56	94,3	0,0	1,8	1,1	0,8	1,2	0,0	0,8	53,1	156-235-324	1888

Tabell 4-2: Sammenligning av kulminasjonsverdier fra lokal og regional flomfrekvensanalyser for 200-årsflom (Q₂₀₀) for store og middels store vassdrag.

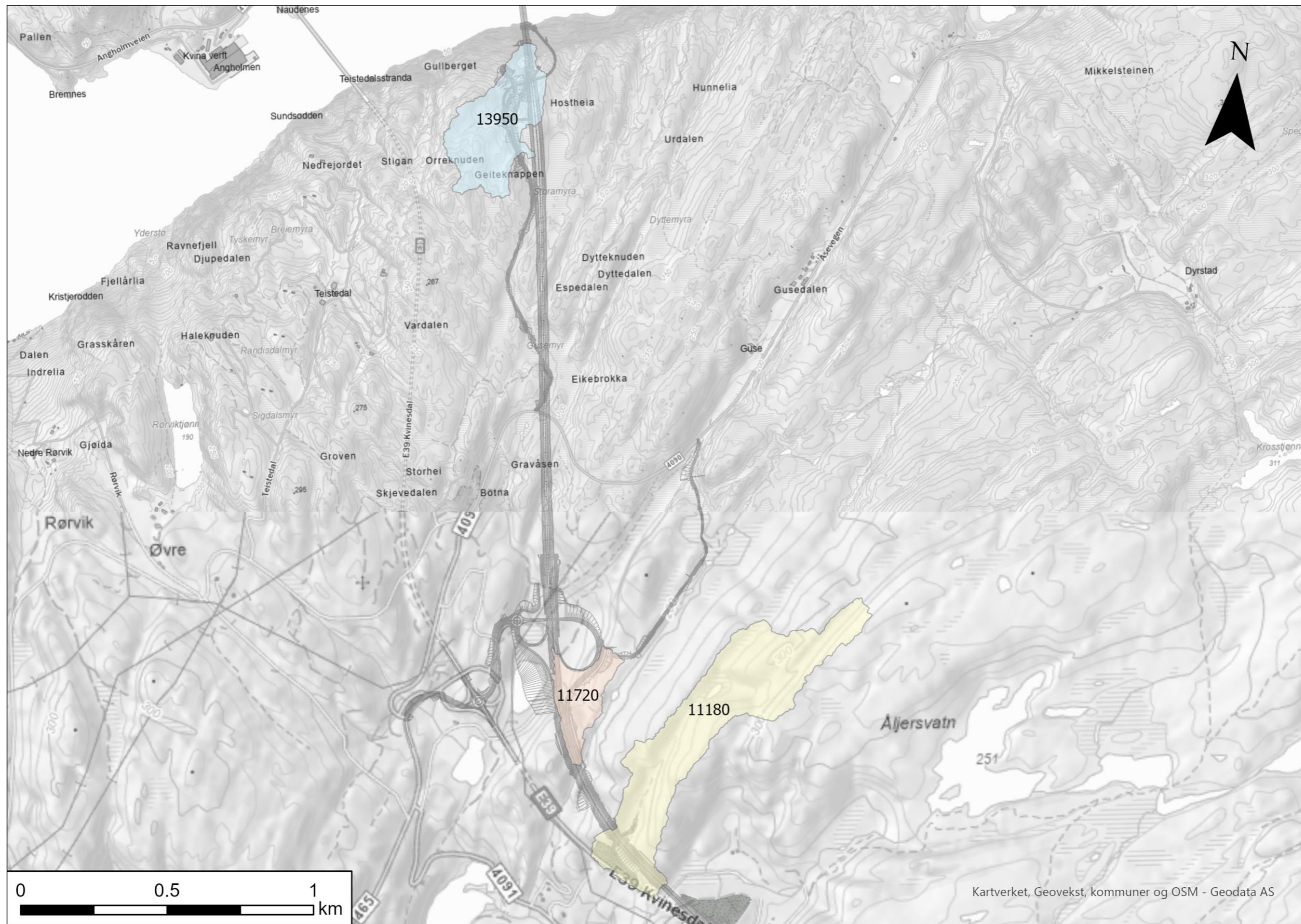
Veinr.	Veiprofilnr.	Nedbørfelt	Q ₂₀₀		
			Lokal-FFA	RFFA-2018	RFFA-NIFS
			m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Dragedalen vest	670	Bekk fra Vatlandsvannet	8,4	8,5	7,6
Øyesletta	3900	Kleivsbekken ved Øyesletta	11,6	9,9	10,4
E39	10930	Avkomstjønn	20,7	13,3	20,2
E39	11460	Bekk ved Timbråsen	10,7	8,8	9,6
E39	11700-12200	Indretjønn	6,3	5,8	4,9
E39	18000	Fedaelva/Frøitlandsfossen	235	205	-
E39	19000-20200	Dal med langsgående bekk	3,7	3,3	3,0
E39	22190	Melandsbekken	6,2	4,4	5,9

Tabell 4-3: Beregnede flomverdier for store og middels store vassdrag for ulike gjentakintervall og dimensjonerende flomverdi.

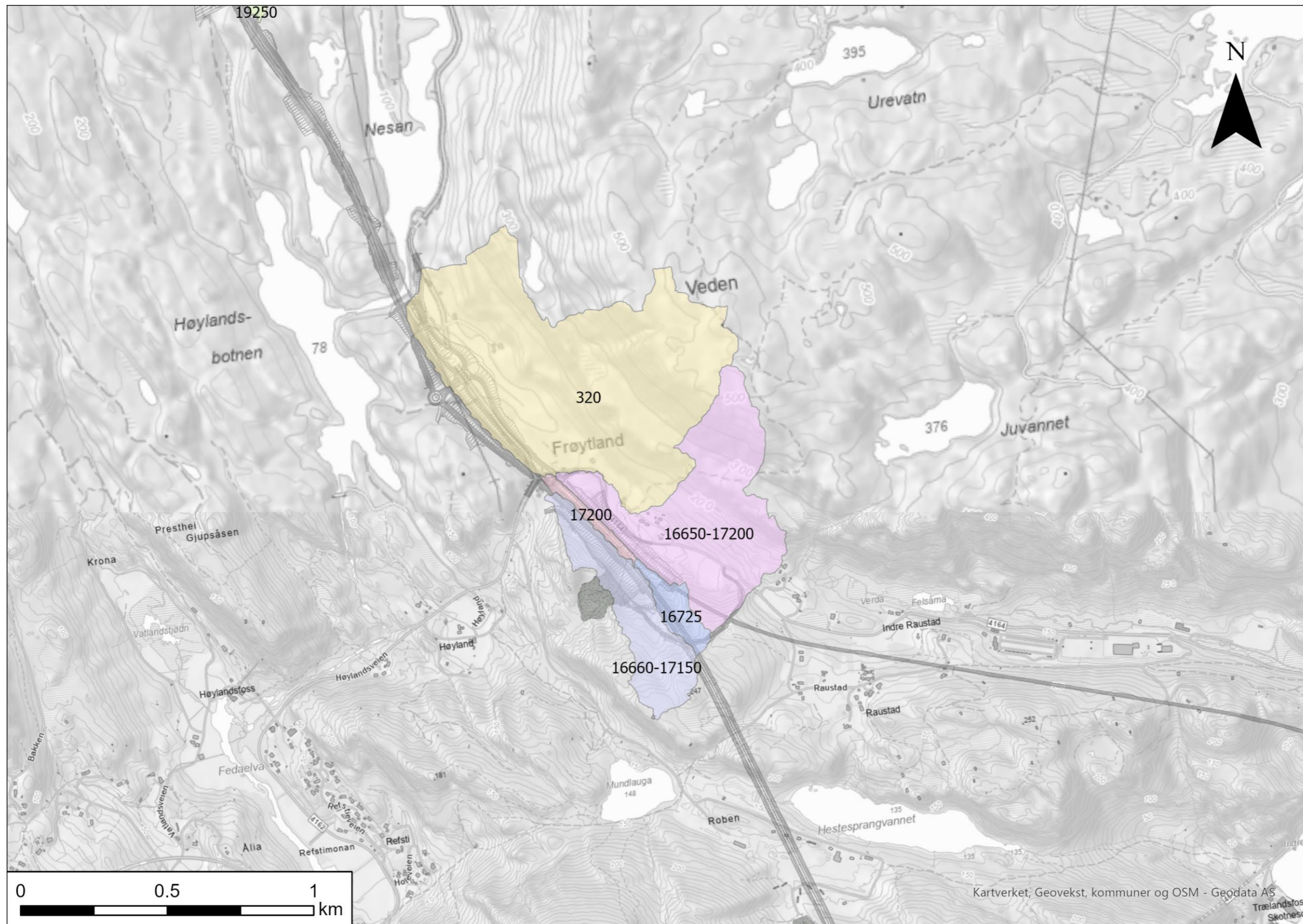
Veinavn	Veiprofilnr.	Nedbørfelt	Vannføringer for ulike gjentakintervall						Dim. gjentakintervall	k _f	k _u	Q _{Dim}
			Q _N	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₂₀₀				
			m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s				
Dragedalen vest	670	Bekk fra Vatlandsvannet	0,15	3,7	4,5	5,2	6,9	8,5	200	1,3	1,2	11,1
Øyesletta	3900	Kleivsbekken ved Øyesletta	0,15	5,2	6,3	7,3	9,6	11,6	200	1,3	1,2	18,2
E39	10930	Avkomstjønn	0,55	9,2	11,1	12,9	17	20,7	200	1,3	1,2	32,3
E39	11460	Bekk ved Timbråsen	0,15	4,7	5,7	6,7	8,8	10,7	200	1,3	1,2	16,6
E39	11700-12200	Indretjønn	0,08	2,8	3,4	3,9	5,2	6,3	200	1,3	1,2	9,8
E39	18000	Fedaelva/Frøitlandsfossen	10,7	105	128	147	193	235	200	1,3	1,2	338
E39	1900--20200	Dal med langsgående bekk	0,04	1,6	2	2,3	3	3,7	200	1,3	1,2	5,7
E39	22190	Melandsbekken	0,13	2,7	3,3	3,8	5,1	6,2	200	1,3	1,2	9,6

4.1.2 Små vassdrag - ikke registrert i NEVINA

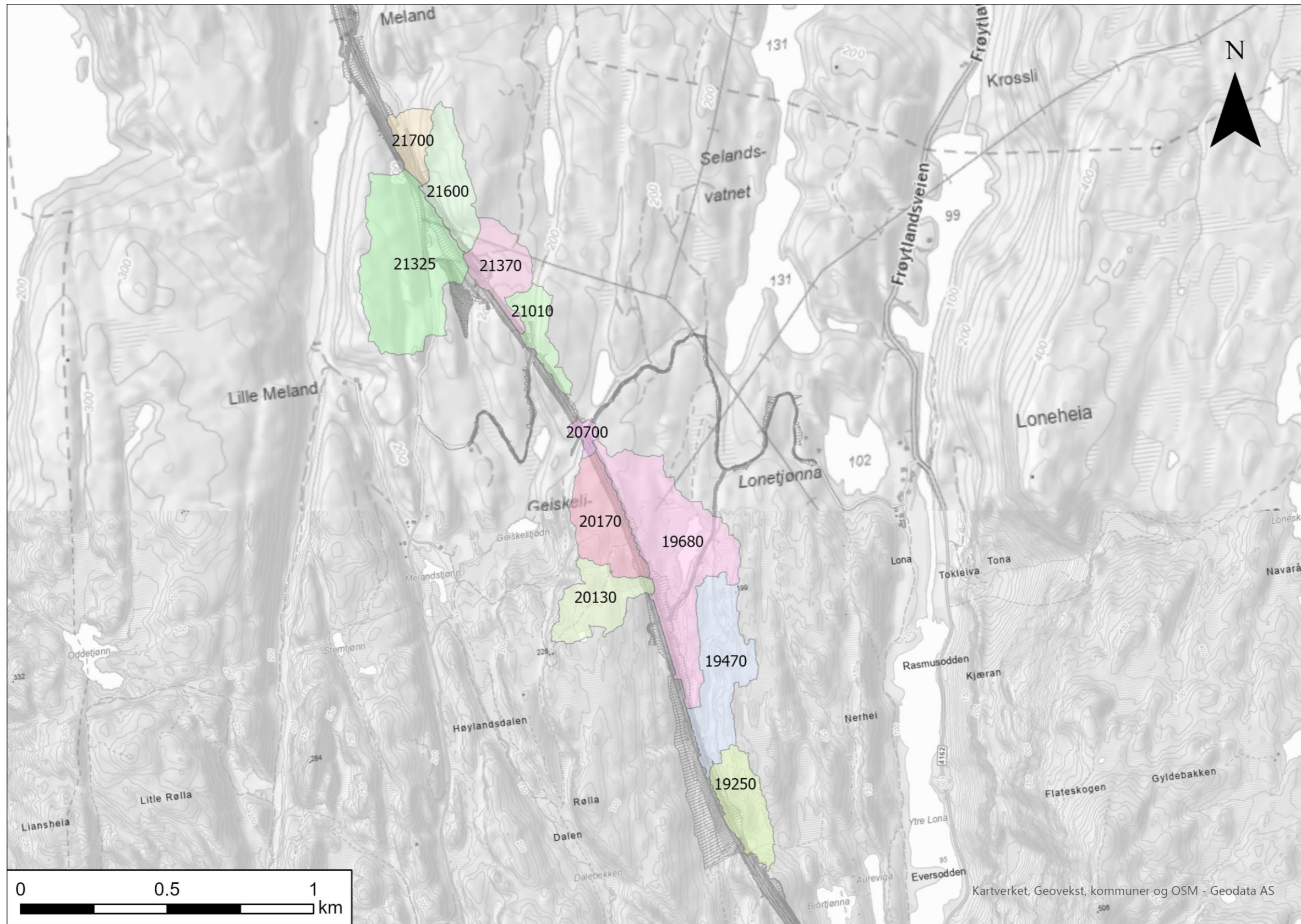
For små vassdrag som ikke har registrert vannlinje i NEVINA er beregning av nedbørfelt gjort i ArcGIS pro (Figur 4-4–Figur 4-7) og flomberegninger gjort i R-studio. Feltparametrene til nedbørfeltene er presentert i Tabell 4-4. Flomberegningene ble gjort med RFFA-NIFS og Rasjonelle formel. Den høyeste flomverdien ble valgt og brukt videre i de hydrauliske beregningene. Det er lagt ved klimafaktor og sikkerhetsfaktor på flomverdiene. Flomverdiene for feltene er sammenstilt i Tabell 4-5.



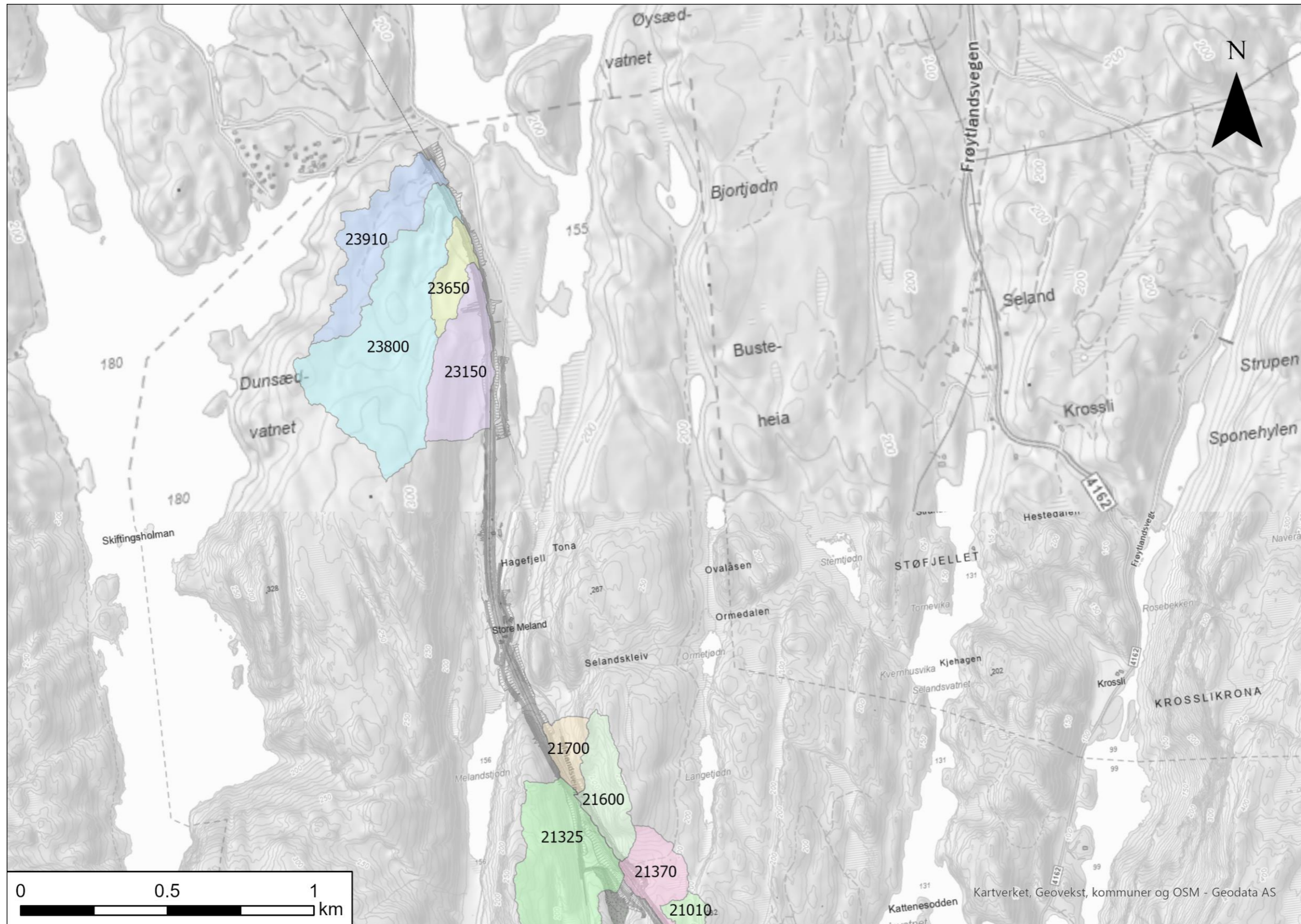
Figur 4-4: Nedbørfelt for små vassdrag som krysser og går langs ny veilinje. Bilde 1 av 4.



Figur 4-5: Nedbørfelt for små vassdrag som krysser og går langs ny veilinj. Bilde 2 av 4.



Figur 4-6: Nedbørfelt for små vassdrag som krysser og går langs ny veilinje. Bilde 3 av 4.



Figur 4-7: Nedbørfelt for små vassdrag som krysser og går langs ny veilinje. Bilde 4 av 4.

Tabell 4-4: Feltparametre for små vassdrag.

Veinavn	Veiprofilnr.	Areal km ²	QN l/s/km ²	A _{se} %	dH, H100-H0 m	L, feltlengde km	Tk, konsentrasjonstid min	Midlere C-verdi -
Frøytlandsveien	320	0,59	54,1	0,0	441	1,0	30	0,30
E39	11180	0,24	49,7	0,0	229	1,2	48	0,23
E39	11720	0,05	49,4	0,0	87	0,1	10	0,21
E39	13950	0,10	47,2	0,0	193	0,6	24	0,20
E39	16650-17150	0,25	50,8	0,0	395	0,7	21	0,28
E39	16660-17150	0,08	45,4	0,0	108	0,4	23	0,22
E39	16725	0,03	46,1	0,0	95	0,4	24	0,24
E39	19250	0,05	46,5	0,0	68	0,2	18	0,22
E39	19470	0,09	48,4	0,0	56	0,6	47	0,16
E39	19680	0,29	49,7	0,0	75	0,5	94	0,24
E39	20130	0,05	49,5	0,0	48	0,4	32	0,22
E39	20170	0,06	49,9	0,0	46	0,4	36	0,20
E39	20700	0,01	48,5	0,0	22	0,0	6	0,20
E39	21010	0,03	48,9	0,0	49	0,0	4	0,20
E39	21325	0,29	51,7	0,0	112	0,3	20	0,22
E39	21600	0,06	50,7	0,0	79	0,1	9	0,20
E39	21700	0,03	51,6	0,0	72	0,2	17	0,22
E39	23150	0,10	50,2	0,0	118	0,3	18	0,21
E39	23650	0,03	50,0	0,0	100	0,3	20	0,20
E39	23800	0,25	50,9	0,0	141	0,3	16	0,21
E39	23910	0,10	50,4	0,0	92	0,7	45	0,21

Tabell 4-5: Flomverdier beregnet for små vassdrag med rasjonelle formel og RFFA-NIFS for 200-årsflom.

Veinavn	Veiprofilnr.	Q ₂₀₀	
		Rasjonell formel	RFFA-NIFS
		m ³ /s	m ³ /s
Frøytlandsveien	320	4,42	2,51
E39	11180	1,05	1,08
E39	11720	0,47	0,26
E39	13950	0,59	0,49
E39	16650-17150	2,17	1,14
E39	16660-17150	0,51	0,57
E39	16725	0,20	0,16
E39	19250	0,38	0,27
E39	19470	0,29	0,46
E39	19680	0,53	0,40
E39	20130	0,29	0,30
E39	20170	0,31	0,35
E39	20700	0,08	0,05
E39	21010	0,40	0,18
E39	21325	1,94	1,33
E39	21600	0,59	0,32
E39	21700	0,21	0,17
E39	23150	0,67	0,49
E39	23650	0,20	0,19
E39	23800	1,85	1,12
E39	23910	0,40	0,49

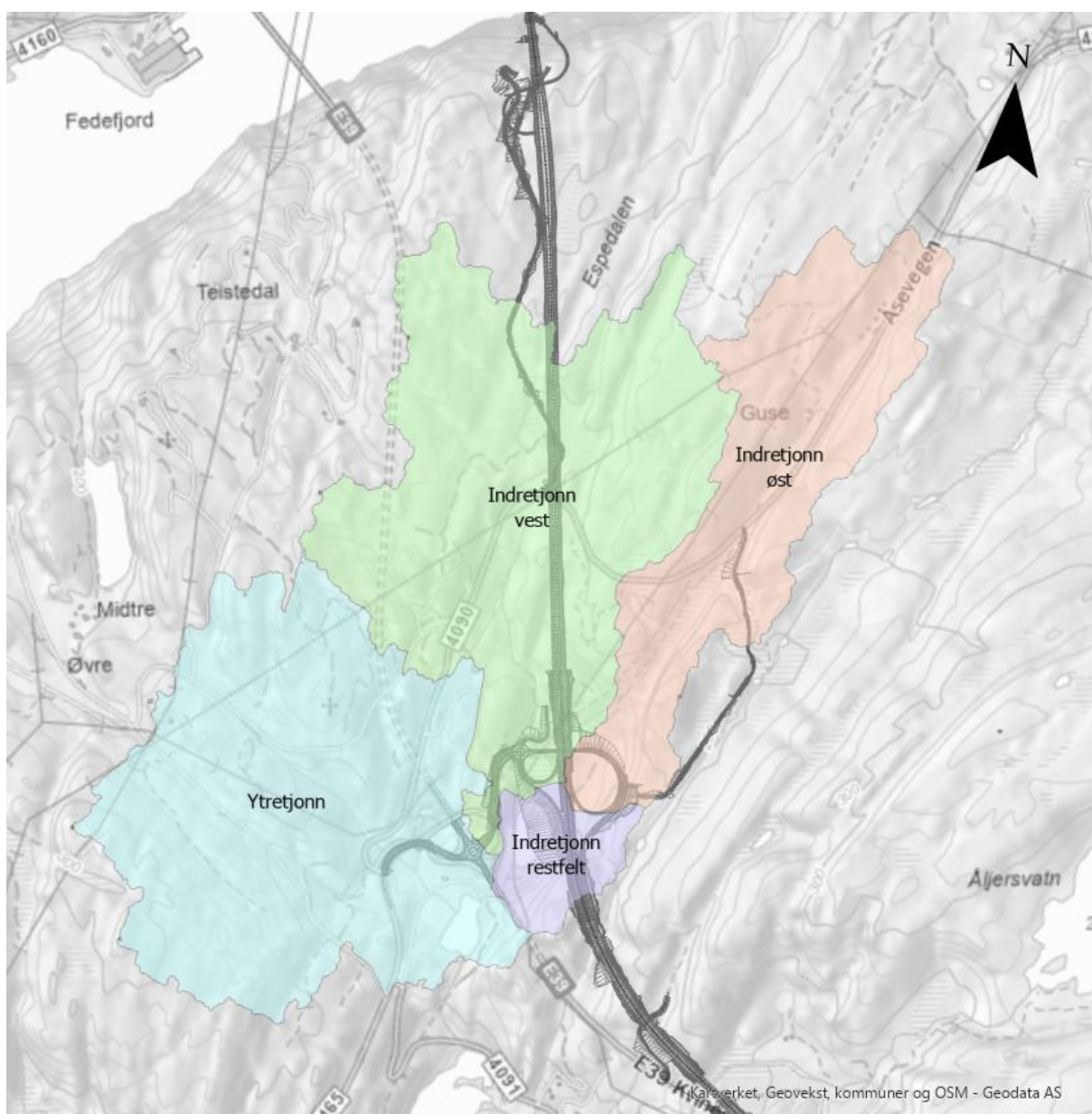
Tabell 4-6: Beregnede flomverdier for ulike gjentakintervall og dimensjonerende flom for små vassdrag.

Veinavn	Veiprofilnr.	Vannføringer for ulike gjentakintervall								Dim. gjentakintervall	k _f	k _u	Q _{Dim}
		Q _N	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀				
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s				
Frøytlandsveien	320	0,03	1,19	1,68	2,22	2,56	3,44	4,00	4,42	200	1,3	1,0	5,7
E39	11180	0,01	0,41	0,51	0,59	0,69	0,82	0,94	1,08	200	1,3	1,2	1,7
E39	11720	0,00	0,12	0,17	0,23	0,26	0,36	0,42	0,47	200	1,3	1,2	0,7
E39	13950	0,00	0,19	0,23	0,30	0,34	0,46	0,53	0,59	200	1,3	1,2	0,9
E39	16650-17150	0,01	0,58	0,83	1,09	1,26	1,70	1,96	2,17	50	1,3	1,0	2,2
E39	16660-17150	0,01	0,22	0,27	0,31	0,36	0,43	0,50	0,57	200	1,3	1,2	0,9
E39	16725	0,00	0,06	0,08	0,10	0,11	0,15	0,18	0,20	200	1,3	1,2	0,3
E39	19250	0,00	0,10	0,14	0,19	0,22	0,29	0,34	0,38	200	1,3	1,2	0,6
E39	19470	0,01	0,18	0,22	0,25	0,29	0,35	0,40	0,46	200	1,3	1,2	0,7
E39	19680	0,00	0,47	0,57	0,67	0,77	0,93	1,06	1,22	200	1,3	1,2	1,9
E39	20130	0,00	0,11	0,14	0,16	0,19	0,23	0,26	0,30	200	1,3	1,2	0,5
E39	20170	0,00	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,30	0,35	200	1,3	1,2	0,5
E39	20700	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	200	1,3	1,2	0,1
E39	21010	0,00	0,11	0,16	0,21	0,24	0,32	0,37	0,40	200	1,3	1,2	0,6
E39	21325	0,01	0,52	0,74	0,97	1,13	1,51	1,75	1,94	200	1,3	1,2	3,0
E39	21600	0,00	0,15	0,22	0,29	0,34	0,45	0,53	0,59	200	1,3	1,2	0,9
E39	21700	0,00	0,07	0,08	0,10	0,12	0,16	0,19	0,21	200	1,3	1,2	0,3
E39	23150	0,00	0,19	0,25	0,34	0,39	0,52	0,61	0,67	200	1,3	1,2	1,0
E39	23650	0,00	0,07	0,09	0,11	0,12	0,16	0,18	0,20	200	1,3	1,2	0,3
E39	23800	0,01	0,48	0,69	0,92	1,07	1,44	1,67	1,85	200	1,3	1,2	2,9
E39	23910	0,00	0,19	0,23	0,27	0,31	0,38	0,43	0,49	200	1,3	1,2	0,8

4.1.3 Hydrograf

4.1.3.1 Indretjønn og Ytretjønn

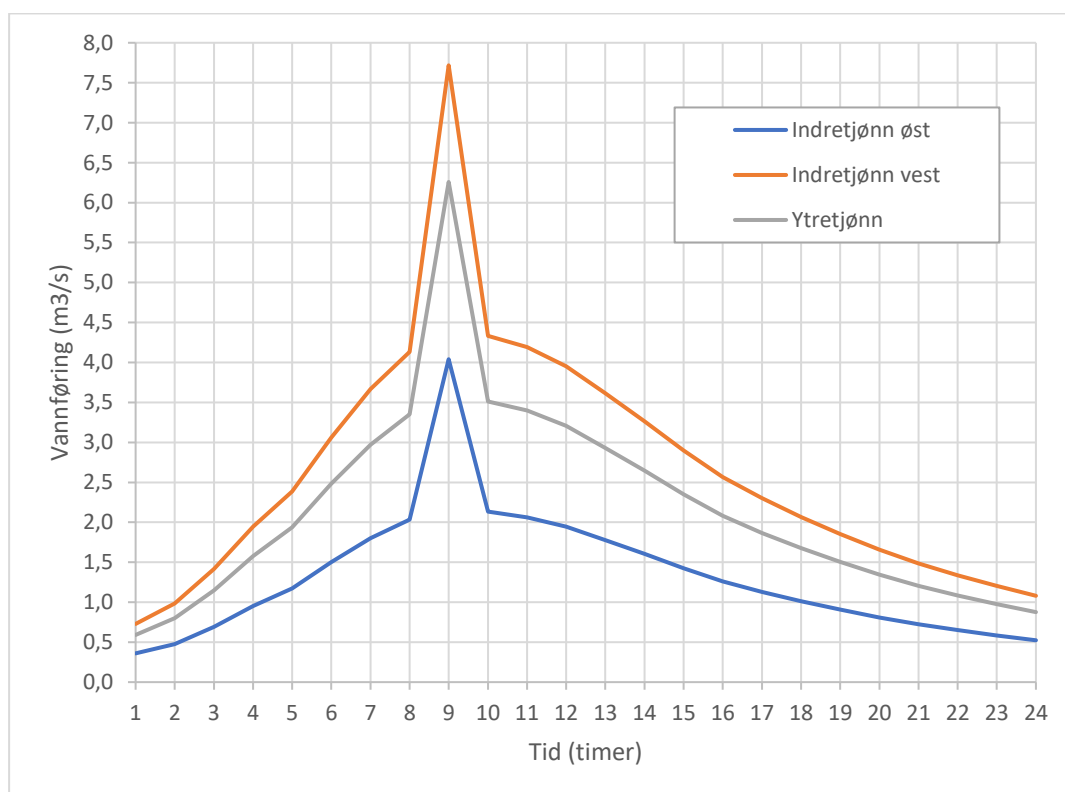
Det er laget hydrografer for å representere flomforløp ved Indretjønn og Ytretjønn for å vurdere endring i flomtopp som følge av utfylling i Indretjønn. Vassdraget ble delt opp i fire nedbørfelt: Indretjønn lokalt og tre bekker med tilsig kalt Indretjønn vest, Indretjønn øst og Ytretjønn (se Figur 4-8). Tilsiget til Indretjønn lokalt ble ved en forenkling fordelt mellom bekkene Indretjønn vest og Indretjønn øst.



Figur 4-8: Nedbørfelt for bekkene ved Indre- og Ytretjønn.

Det er benyttet målestasjon 26.64 Rekedalselv for å generere hydrografer (samme målestasjon som benyttet i flomfrekvensanalyse). Nedbørfelt, forholdstall mellom kulminasjon- og døgnflom og middelavrenning (q_n) for delfeltene ble beregnet ved hjelp av NEVINA. Kulminasjonsflommen for de ulike nedbørfeltene ble beregnet ved å skalere (basert på areal og middelavrenning) beregnet dimensjonerende flomverdi for nedbørfelt 11700–12200 Indretjønn lik $9,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (se Tabell 4-3). Det er med andre ord gjort en forenkling at flomtoppen for bekkene hver for seg vil opptre samtidig.

Beregnete flomforløp for de tre bekkene er vist i Figur 4-9 og Tabell 4-7.



Figur 4-9: Beregnet hydrograf for bekkene Indretjønn øst, Indretjønn vest og Ytretjønn.

Tabell 4-7: Beregnet hydrograf for bekkene Indretjønn øst, Indretjønn vest og Ytretjønn. Kulminerende verdier markert med fet skrift.

Tid (timer)	200-årsflom + 30 % klimapåslag + 20 % usikkerhetspåslag (m ³ /s)		
	Indretjønn øst	Indretjønn vest	Ytretjønn
1	0,4	0,7	0,6
2	0,5	1,0	0,8
3	0,7	1,4	1,2
4	1,0	1,9	1,6
5	1,2	2,4	1,9
6	1,5	3,1	2,5
7	1,8	3,7	3,0
8	2,0	4,1	3,4
9	4,0	7,7	6,3
10	2,1	4,3	3,5
11	2,1	4,2	3,4
12	1,9	4,0	3,2
13	1,8	3,6	2,9
14	1,6	3,3	2,6
15	1,4	2,9	2,4
16	1,3	2,6	2,1
17	1,1	2,3	1,9
18	1,0	2,1	1,7
19	0,9	1,9	1,5
20	0,8	1,7	1,3
21	0,7	1,5	1,2
22	0,7	1,3	1,1
23	0,6	1,2	1,0
24	0,5	1,1	0,9

5 Usikkerheter

Hydrologiske beregninger, og flomberegninger spesielt, er beheftet med stor grad av usikkerhet og vil i stor grad være påvirket av grunnlagets og beregningsmetodenes usikkerhet. Grunnlaget til flomberegninger vil blant annet være statistisk grunnlag for nedbør og vannføringer. Bruk av flere metoder vil være med på å styrke troverdigheten av beregningene.

Målestasjon for nedbør er basert en tidsserie på 34 år og gi rimelige gode anslag. Målestasjonen ligger et stykke unna nytt veianlegg og det forventes å være lokale forskjeller som det ikke er tatt høyde for. Målestasjon for vannføringer har dataserier på ca. 20–30 år og vil gi rimelig gode anslag.

Det er lagt til grunn dagens arealbruk for flomberegningene av små vassdrag. For små, lokale nedbørfelt som er dominert av nytt veianlegg vil avrenningskoeffisienten endre seg betydelig. Det bør gjøres en kontroll av de minste vassdragene om nytt veianlegg vil påvirke flomverdiene.

Det gjøres oppmerksom at det kan være avvik mellom beregnede flomverdier og nedbørfelt for små vassdrag i reguleringsplanen og for endelig veianlegg, som følge av at veier kan flyttes på eller endre fallretning. Det vil være behov for å kontrollere mindre vassdrag i prosjekteringsfasen av anlegget.

6 Oppsummering

Det er utført flomberegninger for alle vassdrag som krysser planlagt ny E39 i Kvinesdal kommune. Flomberegningene er utført etter krav i SVV's Vegnormal N200 og N400, samt Byggteknisk forskrift (TEK17).

Beregningene er utført med ulike metoder basert på størrelsen til vassdrag, hvor høyeste flomverdi ble valgt. Dimensjonerende flomverdi vil avhenge av gjentaksintervall, klimafaktor og sikkerhetsfaktor for ulike veianlegg, men det er 200-årsflom som gjelder for E39.

Resultatene fra flomberegningene er brukt videre i modellering av flomsoner og kapasitetsberegninger av stikkrenner og kulverter. For mer info om hydraulisk beregninger se rapport «Hydraulisk rapport Kvinesdal kommune» [1].

Det gjøres oppmerksom at det kan være avvik mellom beregnede flomverdier og nedbørfelt for små vassdrag i reguleringsplanen og for endelig veianlegg, som følge av at veier kan flyttes på eller endre fallretning. Det vil være behov for å kontrollere mindre vassdrag i prosjekteringsfasen av anlegget.

7 Referanser og litteratur

- [1] Sweco Norge AS, NV42E39LK-VAA-RAP-0004 Hydraulisk rapport Kvinesdal kommune, 2023.
- [2] SWV, «Vegnormal N200 Vegbygging,» Statens vegvesen, 2022.
- [3] SWV, «Vegnormal N400 Bruprosjektering,» Statens vegvesen, 2023.
- [4] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17),» 2022. [Internett].
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, Byggteknisk forskrift (TEK17), 2022.
- [6] P. A. Glad, S. Stenius, A.-L. Ø. Leine, T. Væringstad, E. Holmqvist, M.-P. J. Dahl og E. Trondsen, «Veileder nr. 1/2022. Veileder for flomberegninger,» Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 2022.
- [7] SWV, «Håndbok V240 Vannhåndtering,» Statens vegvesen, 2020.
- [8] Klimaservicesenter, «Nedbørintensitet (IVF-verdier),» 01 09 2022. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>.