Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure

Kunnskapsgrunnlag overvann og klimatilpasning

Time kommune

09.04.2020

Oppdragsgiver: Time kommune

Arne Garborgs veg 30
4344 Bryne

Forfatter:

Dr. Blasy - Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee
☏ 08143 / 997 100 info@blasy-overland.de
🖷 08143 / 997 150 www.blasy-overland.de

ea-Time-002.01/saut/schi

Vann
Jord
Miljø

Dokumentoversikt

Rapport

Vedlegg 1: Nedbørdata

Vedlegg 2: Oppmålingsdata

Vedlegg 3: Kart over ruheter i hydrauliske modeller

Vedlegg 4: Arbeidsanvisning for infiltrasjonsforsøk

Vedlegg 5: Sammenligning av avrenningsfaktorer

Vedlegg 6: Liste over tegninger

Rapport

1. Prosjektansvarlig 1
2. Prosjektets formål og fremgangsmåte 1
3. Undersøkt område 3
3.1 Delområder 4
3.2 Vassdrag 4
3.3 Arealbruk 11
3.4 Dimensjonerende nedbør 16
3.4.1 Nedbørstasjoner 16
3.4.2 Konklusjon nedbørdata 18
3.4.3 Klimapåslag 22
3.4.4 Konklusjon klimapåslag 22
3.5 Terreng 23
4. Terrenganalyse 24
4.1 GIS-analyse 24
4.2 Avrenningslinjer og forsenkninger 24
5. Hydrologiske beregninger 26
5.1 Hydrologisk modell 26
5.2 Begrensninger 27
5.3 Nedbør-avløps-modell Hååna 27
5.4 Nedbør-avløps-modell Frøylandsvatnet 29
5.5 Nedbør-avløps-modeller Eivindsholtjørna og Smukkevatnet 35
6. Hydrauliske beregninger 39
6.1 Hydraulisk modell 39
6.2 Modeller i delområdene 39
6.2.1 Ruhet 40

6.2.2 Nedbør og avrenningskoeffisienter 40
6.2.3 Grensebetingelser 41
6.2.4 Begrensninger 42
6.3 Plausibilitet av hydraulisk modell 42
6.4 Simuleringer 45
6.5 Oversvømt areal og vanndybde 46
6.5.1 Kvernaland 46
6.5.2 Lye 47
6.5.3 Undheim 48
6.5.4 Bryne 50
6.5.5 Frøyland 52
7. Kapasitet til vassdrag som mottar overvann 54
7.1 Elver 54
7.1.1 Njåbekken 54
7.1.2 Roslandsåna 58
7.1.3 Salteåna 58
7.1.4 Frøylandsbekken 61
7.2 Innsjøer 63
8. Myrområder 66
9. Infiltrasjonsevne 72
9.1 Kvernaland 72
9.2 Lye 72
9.3 Undheim 75
9.4 Bryne 75
9.5 Frøyland 78
10. Områder egnet til direkte avledning og utslipp i vassdrag 79
10.1 Vurdering av overvannets kvalitet og av hvor egnet det er til direkte utslipp 79
10.2 Kvaliteten på overvannet i delområdene 83
10.3 Typer vassdrag som mottar overvann fra delområdene 85
10.4 Resipientenes kapasitet til å motta overvann 87
10.5 Områder i Time kommune egnet til direkte avledning og utslipp til vassdrag 89

11. Prinsippløsninger tretrinnsstrategi 94
11.1 Prinsipper for overvannshåndtering 94
11.1.1 Infiltrasjon 97
11.1.2 Dammer og terskler 102
11.1.3 Grønnstrukturer 105
11.1.4 Våtmark 107
11.1.5 Lukkede magasiner 108
11.1.6 Renner 109
11.1.7 Gjenåpning / restaurering av bekker 109
11.1.8 Sikring av byggverk 110
11.1.9 Bevaring av viktige områder og terrengformer 111
11.2 Utbyggingstilstand og type bebyggelse: Hvor egnet er de ulike prinsipp-løsningene 112
11.3 Konsekvenser på andre steder 116
11.4 Kost-nytte-vurdering 116
11.5 Ansvarsforhold 121
11.5.1 Bygging i fareområder 122
11.5.2 Bygging i tettbebyggelse utsatt for overvannsflom 124
12. Overvannsstrategi 128
12.1 Bruk av tretrinnsstrategien 128
12.1.1 Hensyn til lokale forhold 128
12.1.2 Beslutningsprosess 129
12.1.3 Hensyn til sjelden nedbør 135
12.2 Krav og dokumentasjon i forbindelse med overvannshåndtering 136
12.3 Metoder for utredninger 139
12.3.1 Avrenning, overvannsflom 139
12.3.2 Flomvannstand, oversvømt areal 140
12.3.3 Avrenningslinjer og forsenkninger 140
12.3.4 Infiltrasjonsevne 140
12.3.5 Konsekvenser av utbyggingen på andre steder 140
12.3.6 Blågrønn faktor 141
12.3.7 Kvaliteten på overvannet 141

12.3.8 Ledningsnettberegning 141
12.4 Grunnlagsdata for utredninger 142
12.4.1 Nedbør 143
12.4.2 Klimapåslag 143
12.4.3 Avrenningsfaktorer 143
12.4.4 Terreng 145

1. Prosjektansvarlig

Prosjektansvarlig er: Time kommune
Arne Garborgs veg 30
4344 Bryne

2. Prosjektets formål og fremgangsmåte

Formålet med prosjektet er å utarbeide et forslag for en overvannsstrategi for Time kommune og fremskaffe det nødvendige kunnskapsgrunnlaget. Overvannsstrategien skal beskrive hvordan overvannshåndtering styres i riktig retning med tanke på klimaendringer og fremtidige utviklinger i kommunen, og hvordan man generelt kan gå frem ved bruk av tretrinnsstrategien for lokale tiltak og for kommunen samlet.

Grunnleggende for utviklingen av en slik overvannsstrategi er blant annet kunnskap om hydrologien i det undersøkte området, avrenningsmønster, flomutsatte områder, terreng- og grunnforhold, arealbruk, overvannsmengder, vannkvalitet, fordrøyningskapasitet for resipienter for overvann, og alternative løsninger for overvannshåndtering.

For å fremskaffe denne kunnskapen ble alle relevante nedbørfelt analysert ved bruk av GIS-verktøy, informasjon fra ulike digitale kart ble hentet inn, og det ble satt opp hydrologiske og hydrauliske modeller.

For fem delområder rundt de største tettstedene i kommunen ble analyser gjennomført med følgende emner:

- Terrenganalyse: Hydrologisk inndeling, avrenningslinjer og forsenkninger i delområdene
- Hydrologisk modellering: Flomberegninger og fordrøyningskapasitet til innsjøer
- Hydraulisk modellering: Oversvømt areal, avrenningslinjer, vanndybder, kritiske steder og fordrøyningskapasitet til elver og større bekker
- Myrområder: Hvor viktige er de for flomdemping
- Grunnforhold: Infiltrasjonsevne for områder egnet til infiltrasjon
- Vannkvalitet: Områder egnet til direkte avledning av overvann
- Prinsippløsninger overvannshåndtering: Kategorisering av alternative løsninger, vurdering av konsekvenser på andre steder, kost-nytte-vurdering og ansvarsforhold.

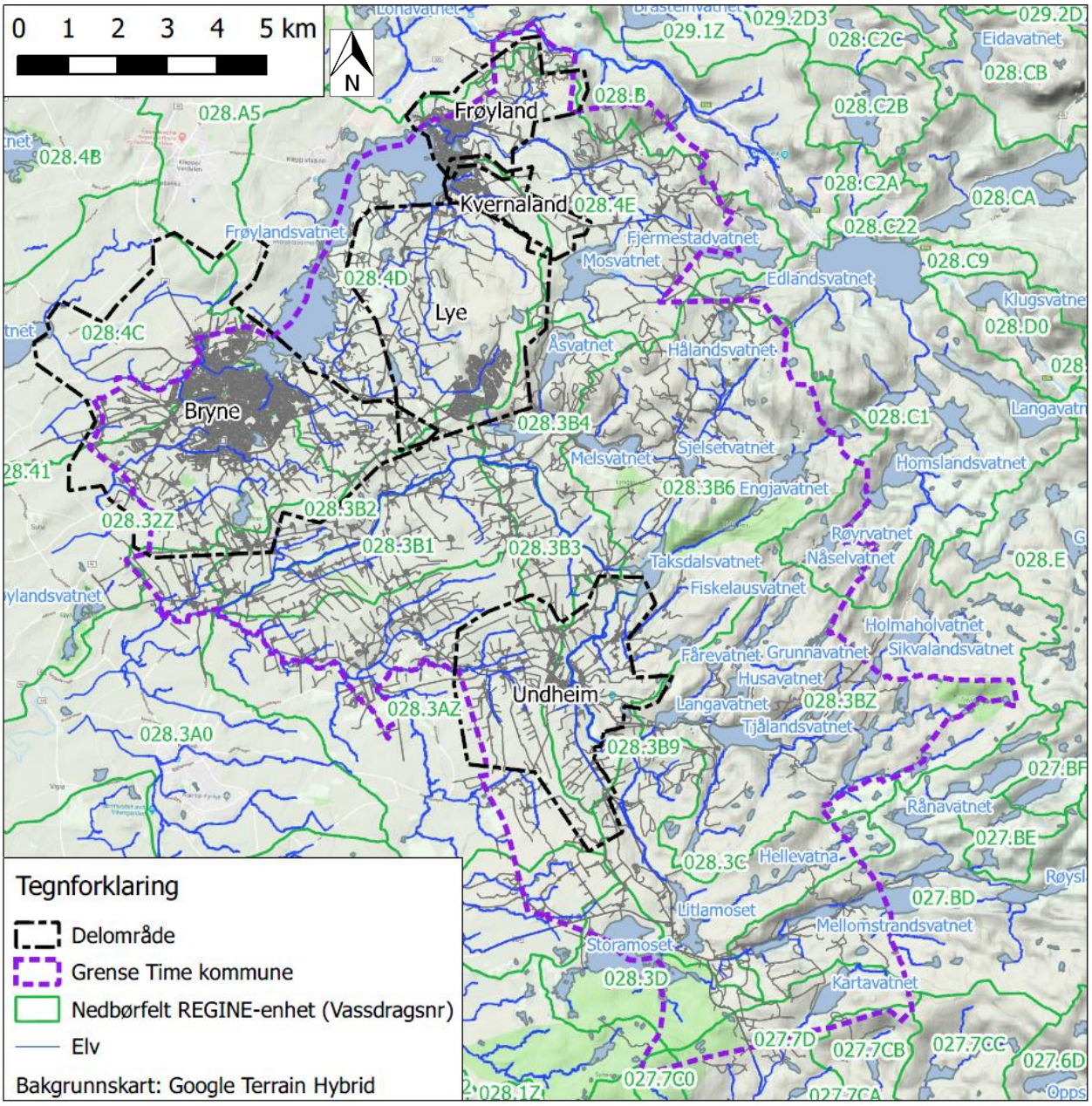
Delområdene omfatter de tettbebygde områdene i kommunen. Grensene for delområdene er fastsatt utfra behovene i de analysene som er nevnt ovenfor. Kapittel 3.1 gir nærmere opplysninger.

Kapittel 3 til 10 gjelder utførte undersøkelser og beregninger i Time kommune.

Kapittel 11 og 12 beskriver overvannstiltak, bruk av tretrinnsstrategien og ansvarsforhold, samt analysemetoder og nødvendige grunnlagsdata.

3. Undersøkt område

Det undersøkte området er avgrenset av alle nedbørfelt som Time kommune er del av. Hovedfokus for analysene ligger på fem delområder rundt de største tettstedene i Time kommune: Kvernaland, Lye, Undheim, Bryne og Frøyland (figur 1).



Figur 1: Oversiktskart over det undersøkte området med delområdene rundt tettstedene Kvernaland, Lye, Undheim, Bryne og Frøyland.

3.1 Delområder

Delområdene er bestemt gjennom grensene for nedbørfeltene som tettstedene ligger i. Delområdene tilsvarer områdene som det ble satt opp hydrauliske modeller for. I Kvernaland og Lye omfatter delområdene hele nedbørfeltene oppstrøms utløpspunktene, mens grensene for delområdene Undheim, Bryne og Frøyland ble lagt oppstrøms tettstedene på grunn av store nedbørfelt.

De delene av nedbørfeltene som ikke er inkludert i delområdene Undheim, Bryne og Frøyland, henholdsvis Hååna oppstrøms Undheim, Orreåna oppstrøms utløpet av Frøylandsvatnet og Frøylandsbekken oppstrøms tettstedet Frøyland, ble ikke modellert hydraulisk, men analysert ved hjelp av nedbør-avløps-modeller (hydrologiske modeller, se kapittel 5). Delområdene varierer i størrelse fra 2,8 km^2 til 28,3 km^2 (se tabell 1).

Kvernaland, Bryne og Frøyland har rundt 20 % andel urbanisert areal, mens andelen er mye mindre i Lye og Undheim. Tar man hensyn til hele de oppstrøms liggende nedbørfeltene for delområdene Undheim, Bryne og Frøyland, er andelen urbanisert areal henholdsvis 0,7 %, 12 % og 6 %. Således har nedbørfeltet til Kvernaland den høyeste andelen urbanisert areal, Bryne den nest høyeste, Lye og Frøyland den nest laveste og Undheim den laveste.

Tabell 1: Delområdenes areal og urbanisert andel. Urbanisert andel er beregnet fra AR50 kart og tilsvarer flatene vist som «bebygd og samferdsel».

Delområde	Areal [km^2]	Urbanisert [%]
Kvernaland	2,8	17
Lye	14,5	6
Undheim	13,4	3 (0,7*)
Bryne	28,3	19 (12*)
Frøyland	5,4	21 (6*)

* Tatt hensyn til hele de oppstrøms liggende nedbørfeltene, tilsvarende som for delområdene Kvernaland og Lye. Delområdene Undheim, Bryne og Frøyland omfatter bare en del av de tilhørende nedbørfeltene.

3.2 Vassdrag

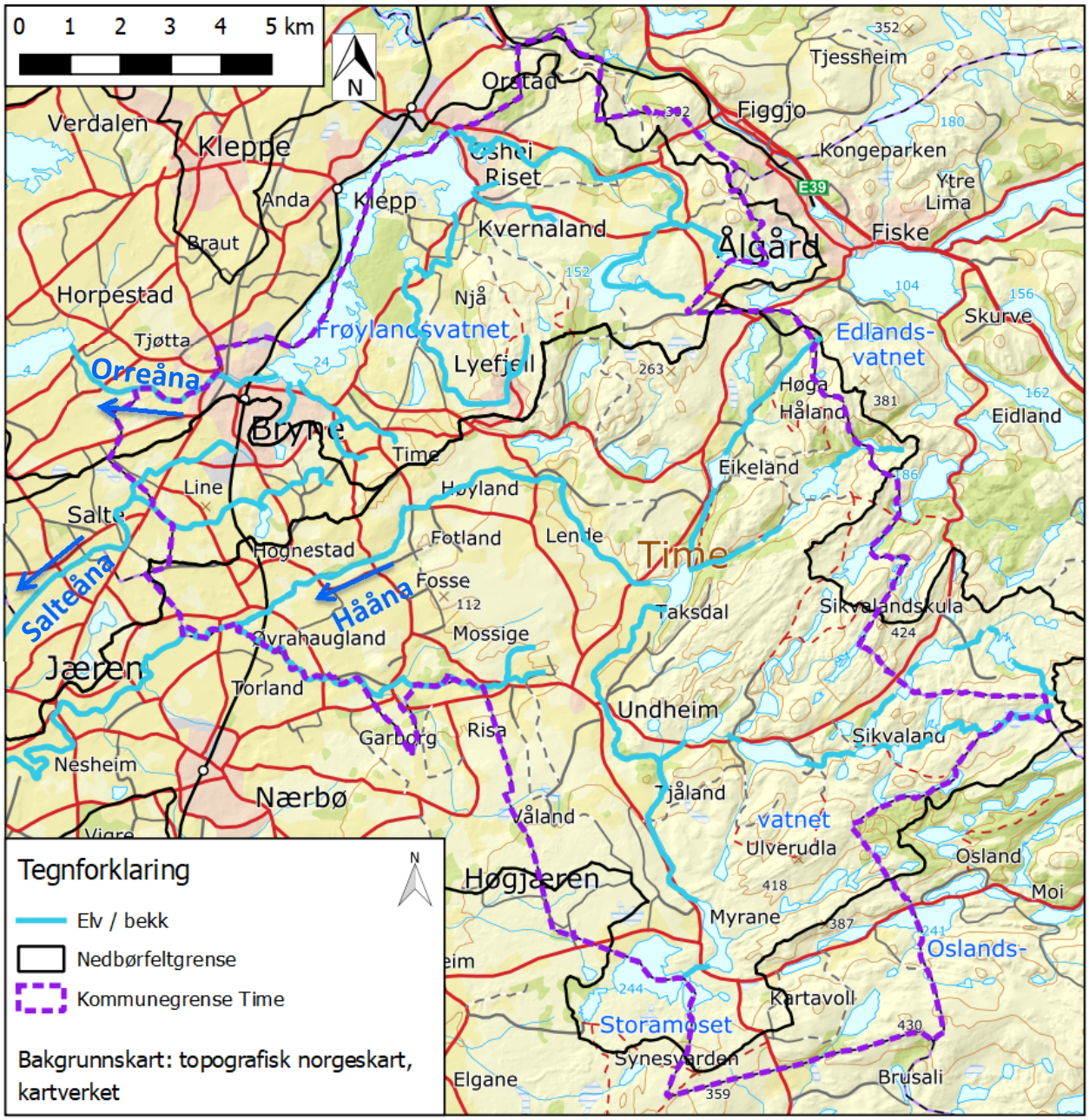
Det er tre overordnete nedbørfelt som dekker den største delen av Time kommune (se figur 2):

- Orreåna (vassdragsnr. 028.4Z),
- Hååna (028.3Z) og
- Salteåna (028.32Z).

Små andeler av Time kommune tilhører nedbørfeltene Figgjo (028.Z), Fuglestadåna (027.7Z), Bjerkreimvassdraget (027.Z) og Tvihaugbekken (028.22Z).

Delområdene rundt de fem tettstedene, som analyseres i dette prosjektet, inkluderer delfelt av nedbørfeltene Orreåna, Hååna og Salteåna med elver og bekker som vist i tabell 2.

Time kommunes og delområdenes hydrologiske inndeling ble gjennomført ved hjelp av GIS-verktøy, som beskrevet i kapittel 4.1. Oversiktskart over Time kommunes hydrologiske inndeling er vist i tegning nr. 100 nord og 100 sør.



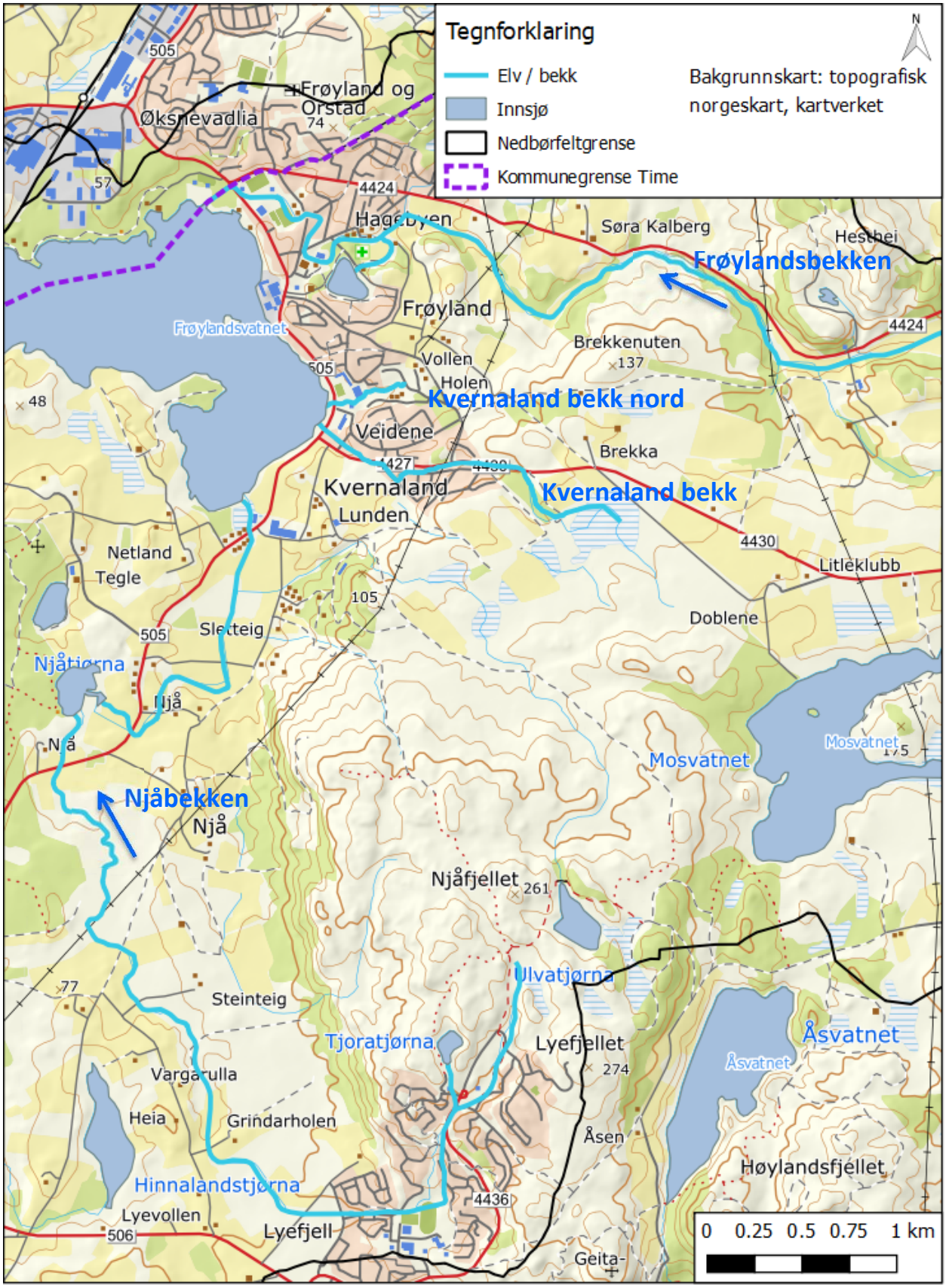
Figur 2: Oversiktskart over hovedvassdragene og tilhørende nedbørfelt i Time kommune.

Tabell 2: Nedbørfeltkarakteristikk av elver og bekker i delområdene. Andeler av arealtyper er beregnet fra AR50 kart.

Vassdrag (overordnet nedbørfelt)	Feltareal [km²]	Urbanisert [%]	Jordbruk [%]	Skog [%]	Snaumark [%]	Myr [%]
Kvernaland						
Bekker Kvernaland (Orreåna)	1,8	22	54	15	7	2
Lye						
Njåbekken (Orreåna)	9,5	7	55	9	23	5
Undheim						
Hååna oppstr. Taksdalsvatnet (Hååna)	55,8	1	28	6	46	6
Tjensvollbekken (Hååna)	5,5	4	82	5	8	1
Bryne						
Roslandsåna (Orreåna)	63,9	11	55	10	7	2
Salteåna oppstr. Kjellsholen (Salteåna)	9,3	13	79	1	2	4
Bekker Bryne øst (Orreåna)	3,9	35	59	2	2	1
Frøyland						
Frøylandsbekken (Orreåna)	19,7	6	53	17	12	5

Gjennom delområdet Kvernaland renner det to bekker uten navn på kartet (figur 3), med et samlet nedbørfeltareal på 1,8 km^2. Disse to bekkene blir videre kalt for Kvernaland bekk og Kvernaland bekk nord. Begge to renner i retning øst-vest ut i Frøylandsvatnet (overordnet nedbørfelt Orreåna).

I delområdet Lye renner Njåbekken (feltareal 9,5 km^2, overordnet nedbørfelt Orreåna) i en bue gjennom tettstedet Lye og videre nordover, gjennom Njåtjørna og ut i Frøylandsvatnet (figur 3).

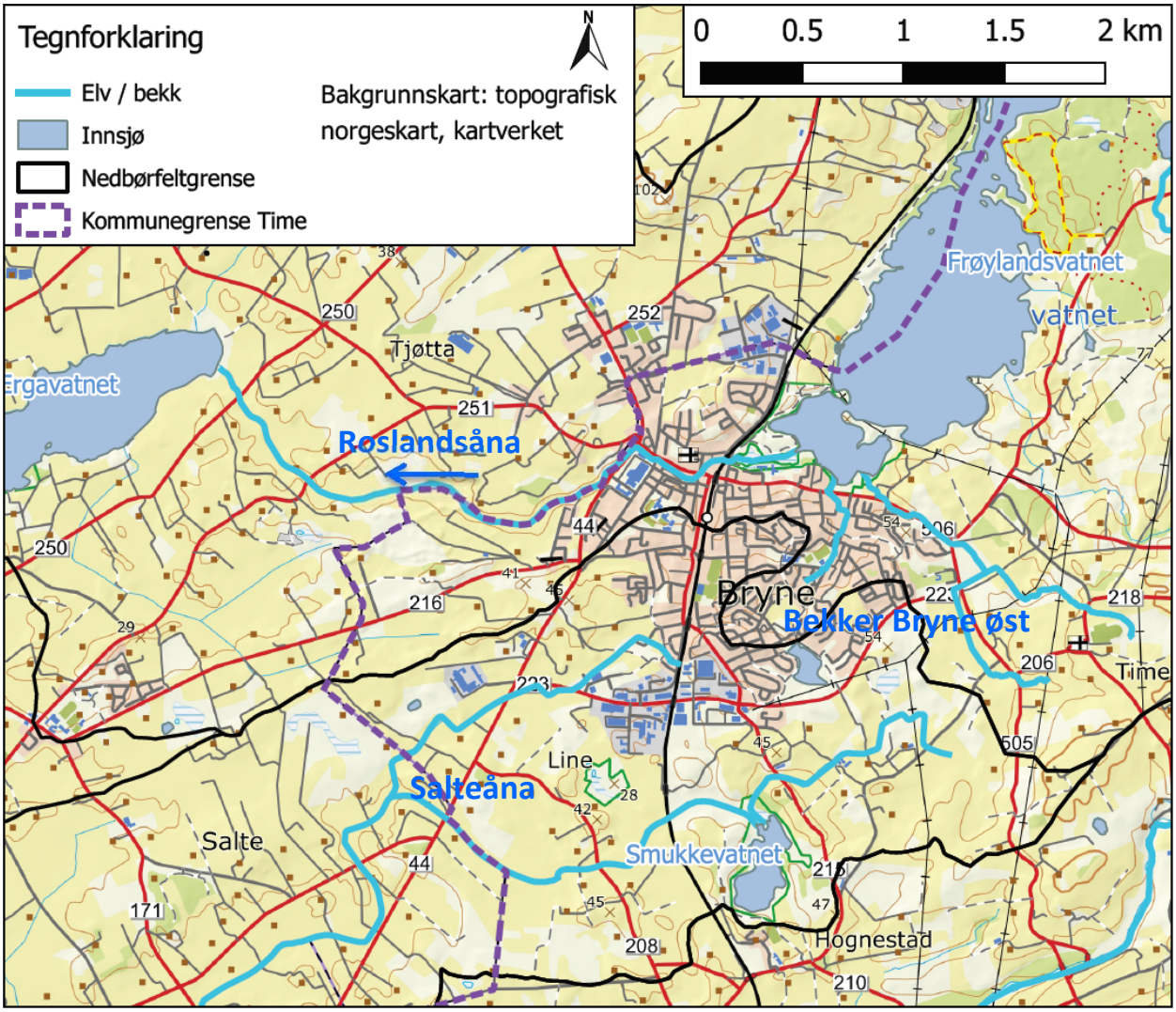


Figur 3: Vassdrag i delområdene Kvernaland, Lye og Frøyland.

Delområdet Undheim har en vannskille som går i retning nord-sør gjennom tettstedet. På østsiden renner Hååna fra sør til nord og ut i Taksdalsvatnet (figur 4), med et nedbørfeltareal oppstrøms Taksdalsvatnet på 55,8 km^2. Den vestlige delen av delområdet Undheim dreneres til Tjensvollbekken (feltareal 5,5 km^2, overordnet nedbørfelt Hååna), som renner vestover og har samløp med Tverråna, og lengre nedstrøms med Hååna.

Figur 4: Vassdrag i delområdet Undheim.

I Bryne er det tre vassdrag (figur 5). I den østlige delen renner to bekker uten navn på kartet ut i Frøylandsvatnet. Disse to bekkene med samlet feltareal på 3,9 km^2 tilhører nedbørfeltet Orreåna og blir videre kalt for bekker Bryne øst. Den vestlige av de to bekkene er lagt i rør. Den sørlige delen av Bryne dreneres mot Salteåna (feltareal 9,3 km^2), som renner vestover ut i havet. Resten av delområdet Bryne, fra Frøylandsvatnet til Horpestadvatnet / Ergavatnet, tilhører Roslandsåna (overordnet nedbørfelt Orreåna) med et feltareal på 63,9 km^2.



Figur 5: Vassdrag i delområdet Bryne.

I delområdet Frøyland renner Frøylandsbekken (feltareal 19,7 km^2, overordnet nedbørfelt Orreåna) gjennom tettstedet i retning øst-vest og ut i Frøylandsvatnet (figur 3). I oppstrøms del av nedbørfeltet til Frøylandsbekken ligger to innsjøer, Mosvatnet og Fjermestadvatnet (tabell 3). Sentralt i tettstedet ligger Stemmen, en liten tjørn. Stemmen får vann via en kanal fra Frøylandsbekken og har tre utløp, via bekken gjennom parken, et rør som leder vann til fossen i parken, og bekken til den gamle møllen oppstrøms Kverneland fabrikk.

Middels store innsjøer finnes i nedbørfeltene Orreåna og Hååna (tabell 3). Øverst i Orreånas nedbørfelt ligger Fjermestadvatnet og Mosvatnet. Midt i nedbørfeltet ligger den største innsjøen, Frøylandsvatnet, og før elva når havet renner den gjennom Horpestadvatnet / Ergavatnet.

I de øvre delene av Håånas nedbørfelt er det mange små innsjøer. De største er Storamoset, Litlamoset, Tjålandsvatnet, Engjavatnet, Åsvatnet og Melsvatnet. Sentralt i nedbørfeltet, nedstrøms tettstedet Undheim, renner Hååna gjennom Taksdalsvatnet. I delområdene Lye, Bryne og Frøyland er det i tillegg noen tjern som har betydning som mottakere for overvann (resipienter) fra tettbygde områder: Njåtjørna i Lye, Eivindsholtjørna og Smukkevatnet i Bryne, og Stemmen i Frøyland.

Tabell 3: Utvalg av innsjøer i nedbørfeltene Orreåna, Hååna og Salteåna.

Innsjø	**Overflateareal [km²]**
Orreåna	
Fjermestadvatnet	0,66
Mosvatnet	0,57
Frøylandsvatnet	4,69
Horpestadvatnet / Ergavatnet	1,26
Njåtjørna	0,04
Stemmen, Frøyland	0,02
Hååna	
Storamoset	1,35
Litlamoset	0,34
Tjålandsvatnet	0,47
Engjavatnet	0,39
Åsvatnet	0,36
Melsvatnet	0,36
Taksdalsvatnet	0,38
Salteåna	
Smukkevatnet	0,14
Eivindsholtjørna	0,04

3.3 Arealbruk

Kart over arealbruk AR50[1] ble brukt i forbindelse med bestemmelse av ruhetsverdier og avrenningskoeffisienter i de hydrauliske modellene, samt for tildeling av parametere i nedbør-avløps-modellene for Frøylandsvatnet og Hååna.

Delområdet Kvernaland har relativt mye bebygd areal (figur 6; for urbanisert andel i delområdene og nedbørfeltkarakteristikk se også tabell 1 og tabell 2). Resten er mest jordbruksareal, noe skog og litt myr og snaumark.

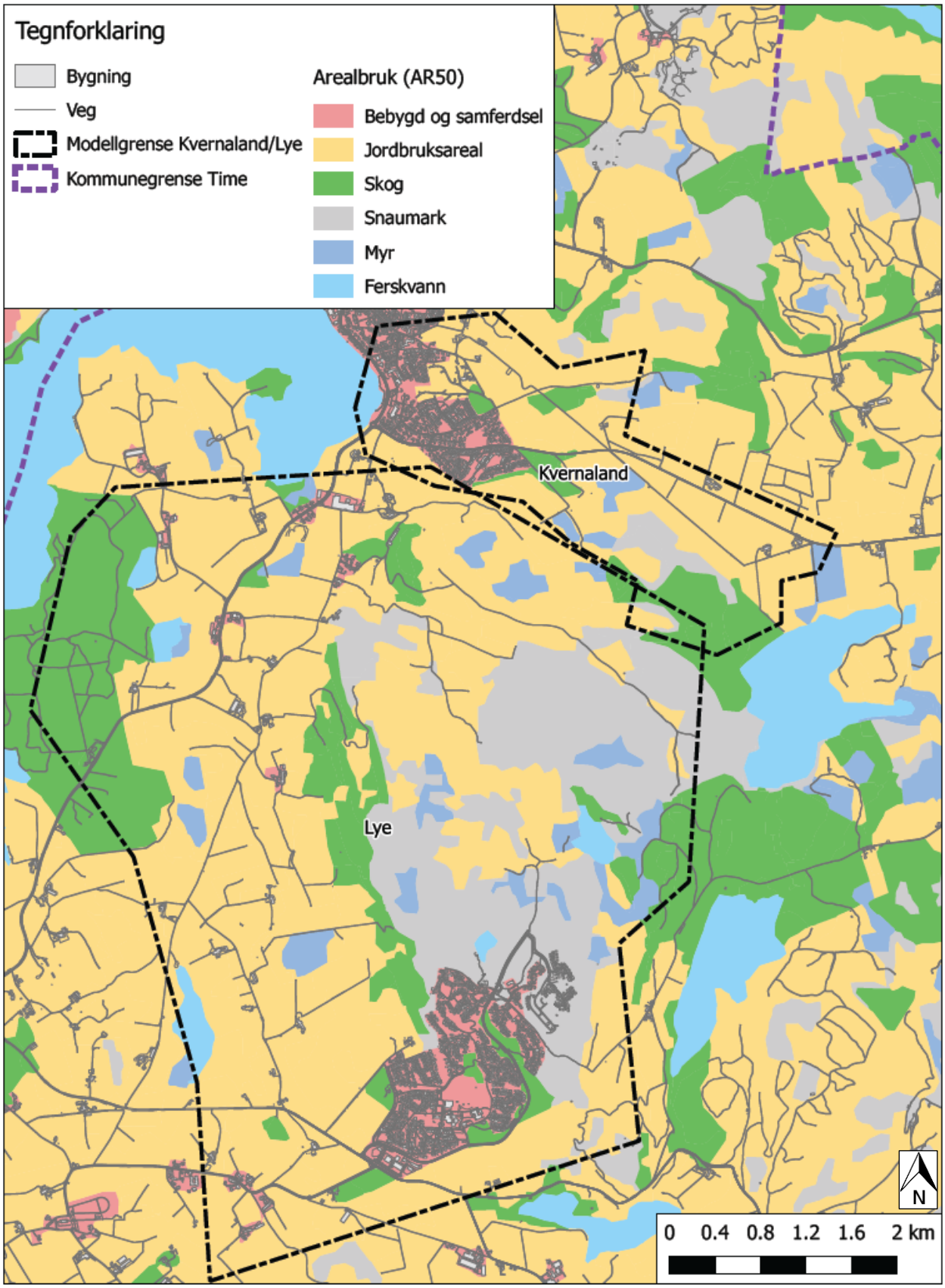
Delområdet Lye har mye jordbruksareal og snaumark, noe skog og litt myr og ferskvann (figur 6). Andelen av bebygd areal er liten.

Delområdet Undheim har lite bebygd areal (figur 7). Den største andelen er jordbruksareal, mens skog, snaumark, myr og ferskvann utgjør lite areal.

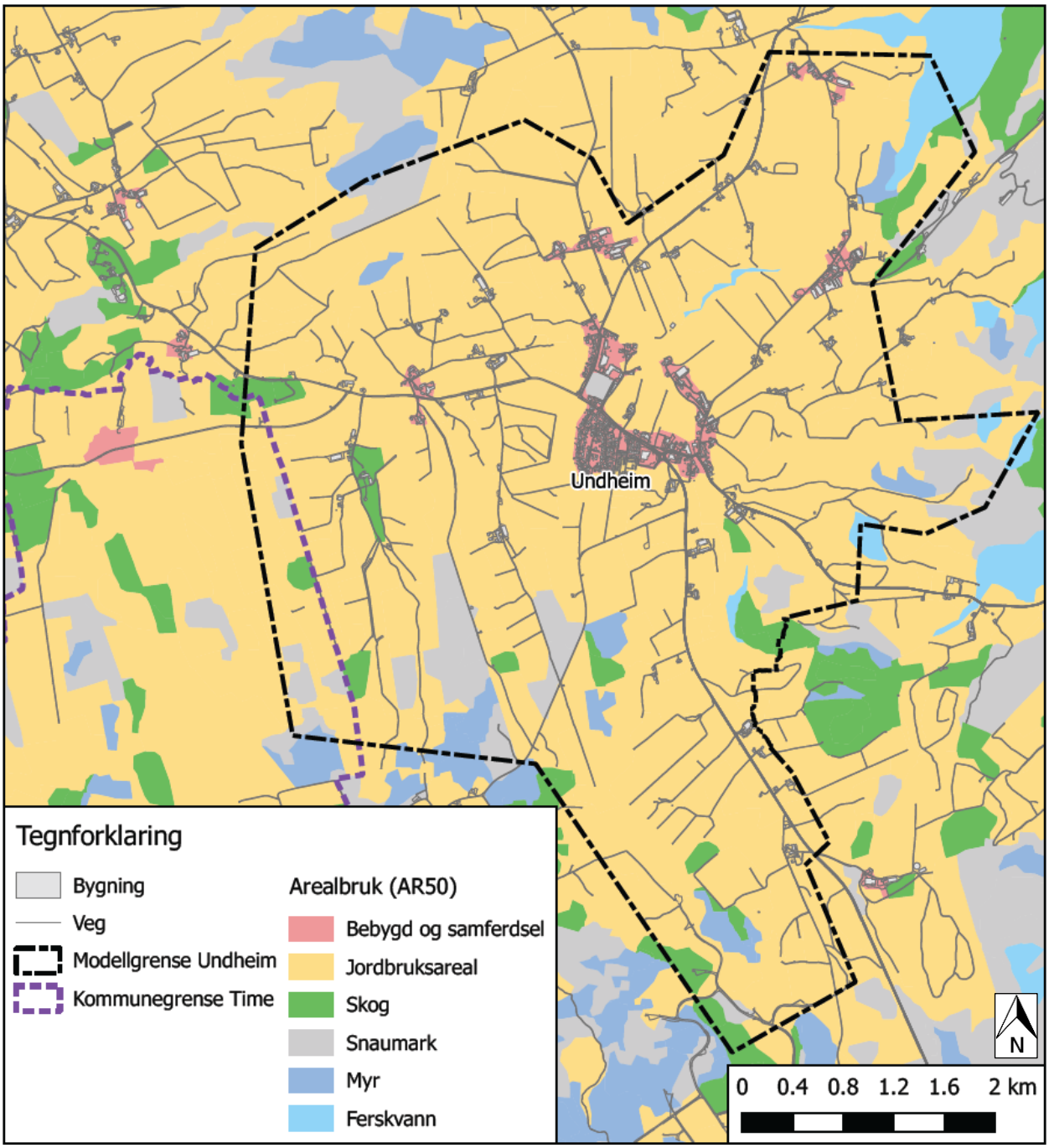
Delområdet Bryne har en relativt stor andel bebygd areal. Utenfor bebyggelse er det nesten bare jordbruk, bortsett fra noe snaumark, myr, ferskvann og litt skog (figur 8).

Delområdet Frøyland har en relativt stor andel bebygd areal. Utenfor bebyggelse er det jordbruk og noe skog og snaumark (figur 9).

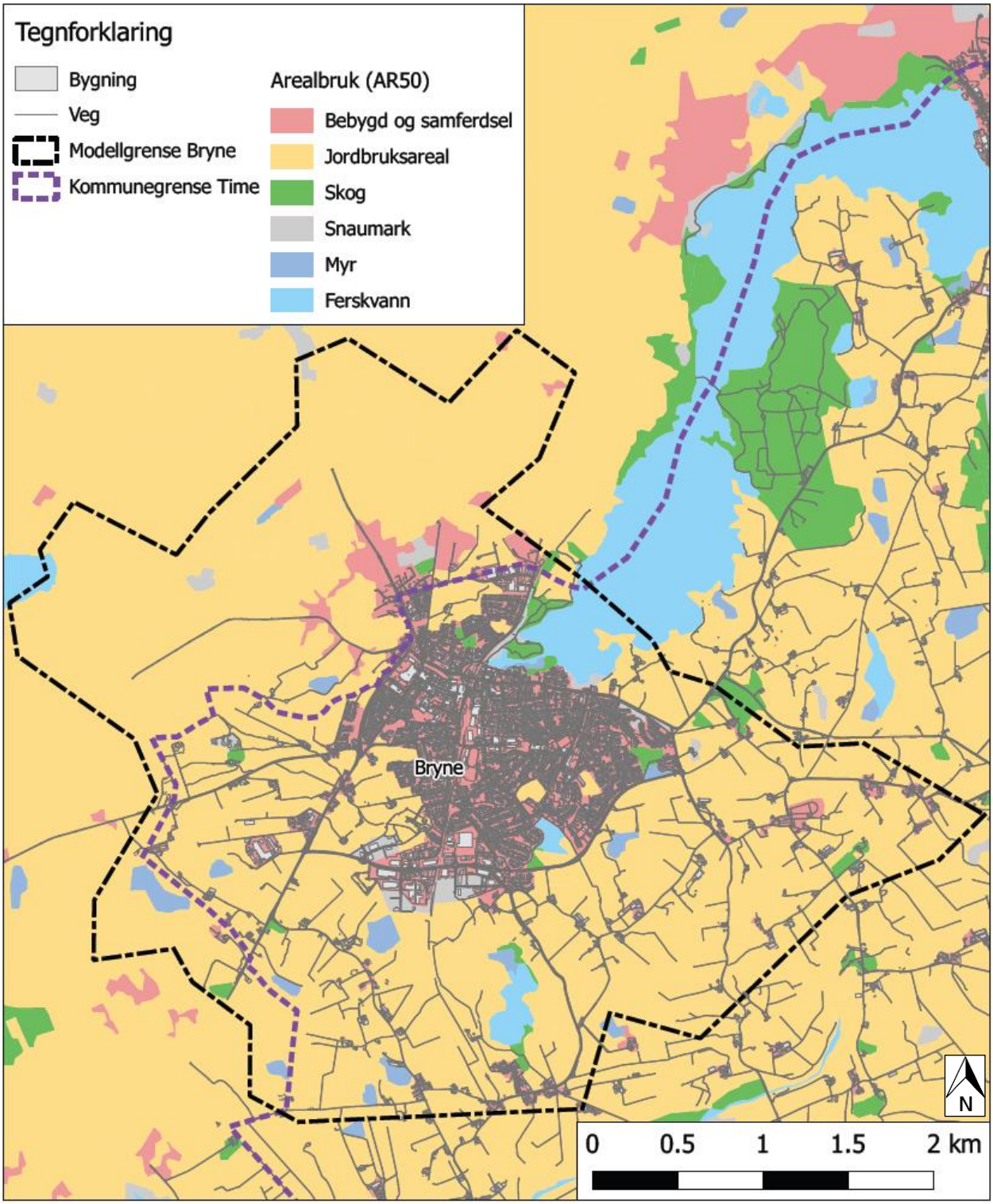
[1] *NIBIO Norsk institutt for bioøkonomi; https://kilden.nibio.no*



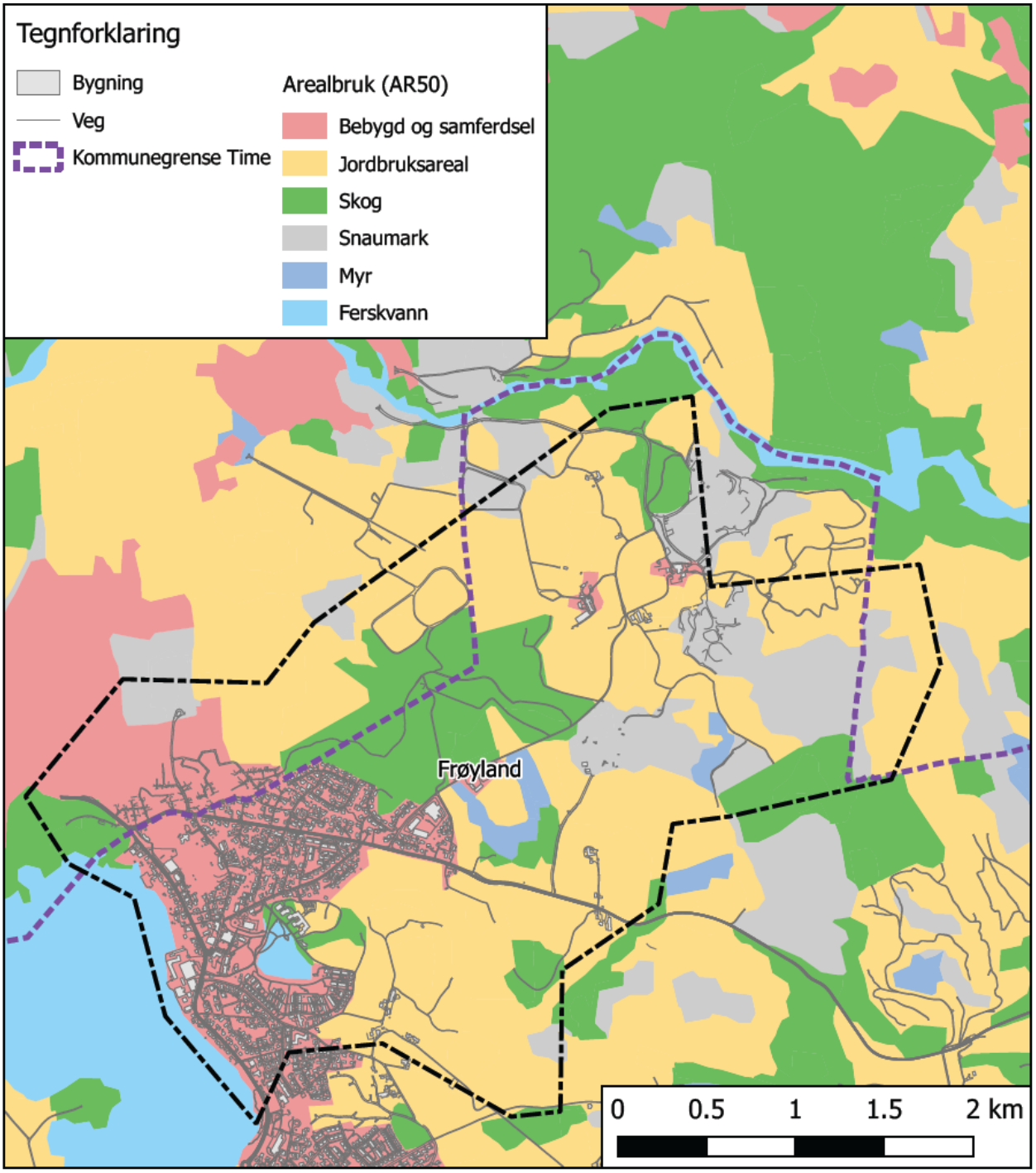
Figur 6: Arealbruk i delområdene Kvernaland og Lye (kilde: NIBIO).



Figur 7: Arealbruk i delområdet Undheim (kilde: NIBIO).



Figur 8: Arealbruk i delområdet Bryne (kilde: NIBIO).



Figur 9: Arealbruk i delområdet Frøyland (kilde: NIBIO).

3.4 Dimensjonerende nedbør

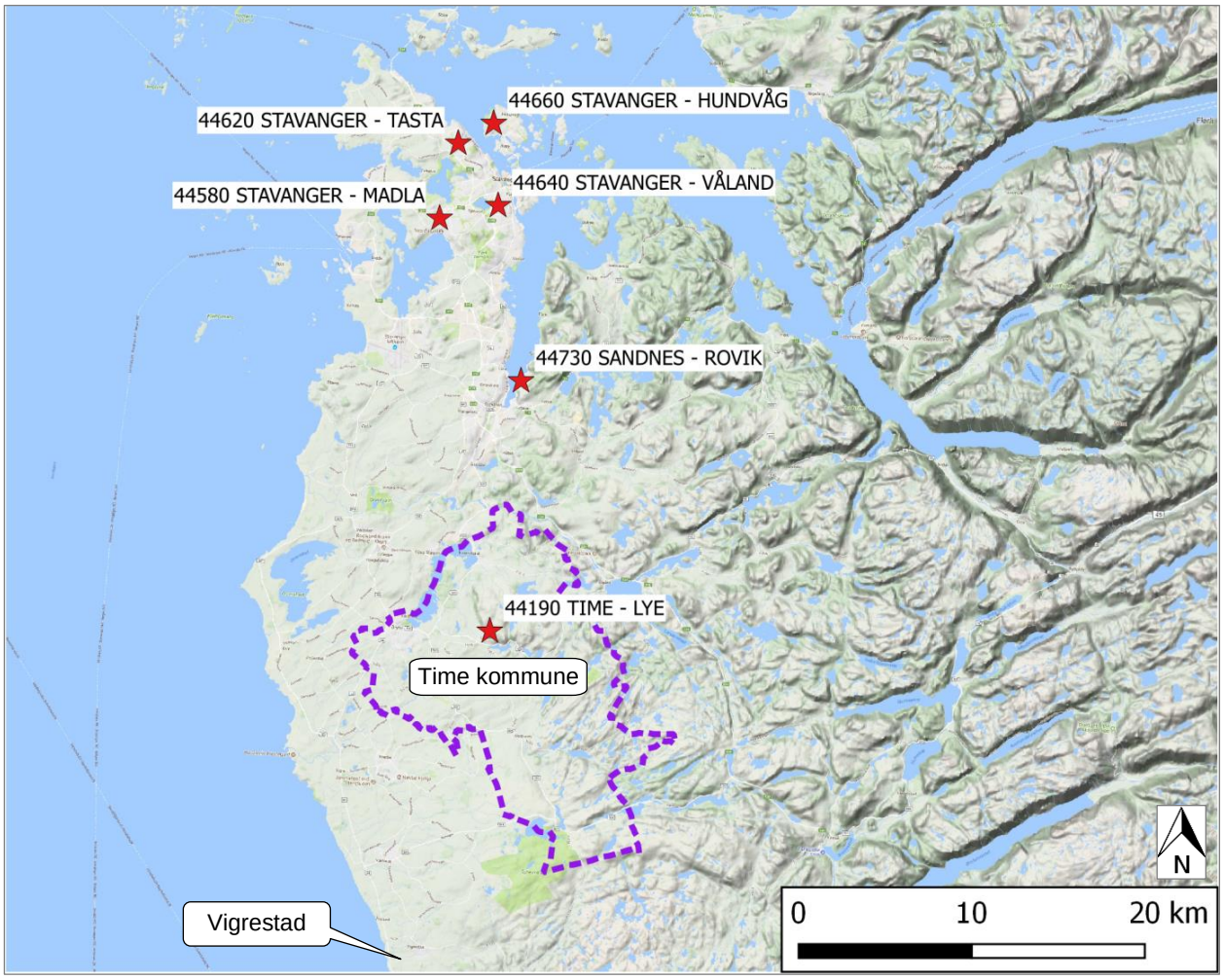
3.4.1 Nedbørstasjoner

På Meteorologisk institutts database for klimadata, eKlima[2], er det tilgjengelig data fra syv nedbørstasjoner i Rogaland med statistikk for ekstremnedbør. Seks intensitets-varighets-frekvens (IVF)-kurver fra eKlima ble sammenlignet med hverandre. Stasjonen 47240 KARMØY - BREKKEVANN ble utelatt, siden den ligger lengst nord i regionen på en øy, mer enn 50 km nord for Time kommune. Stasjonene tatt med i sammenligningen er vist i tabell 4 og figur 10.

Tabell 4: Nedbørstasjoner i og i nærheten av Time kommune.

Stasjon	Periode	Antall sesonger	Høyde [moh]
44190 TIME - LYE	1981 - 2017	31	135
44580 STAVANGER - MADLA	1983 - 2014	24	15
44620 STAVANGER - TASTA	2000 - 2014	13	30
44640 STAVANGER - VÅLAND	1999 - 2017	17	72
44660 STAVANGER - HUNDVÅG	1982 - 2014	25	5
44730 SANDNES - ROVIK	1974 - 2017	34	19

[2] *www.eklima.no*



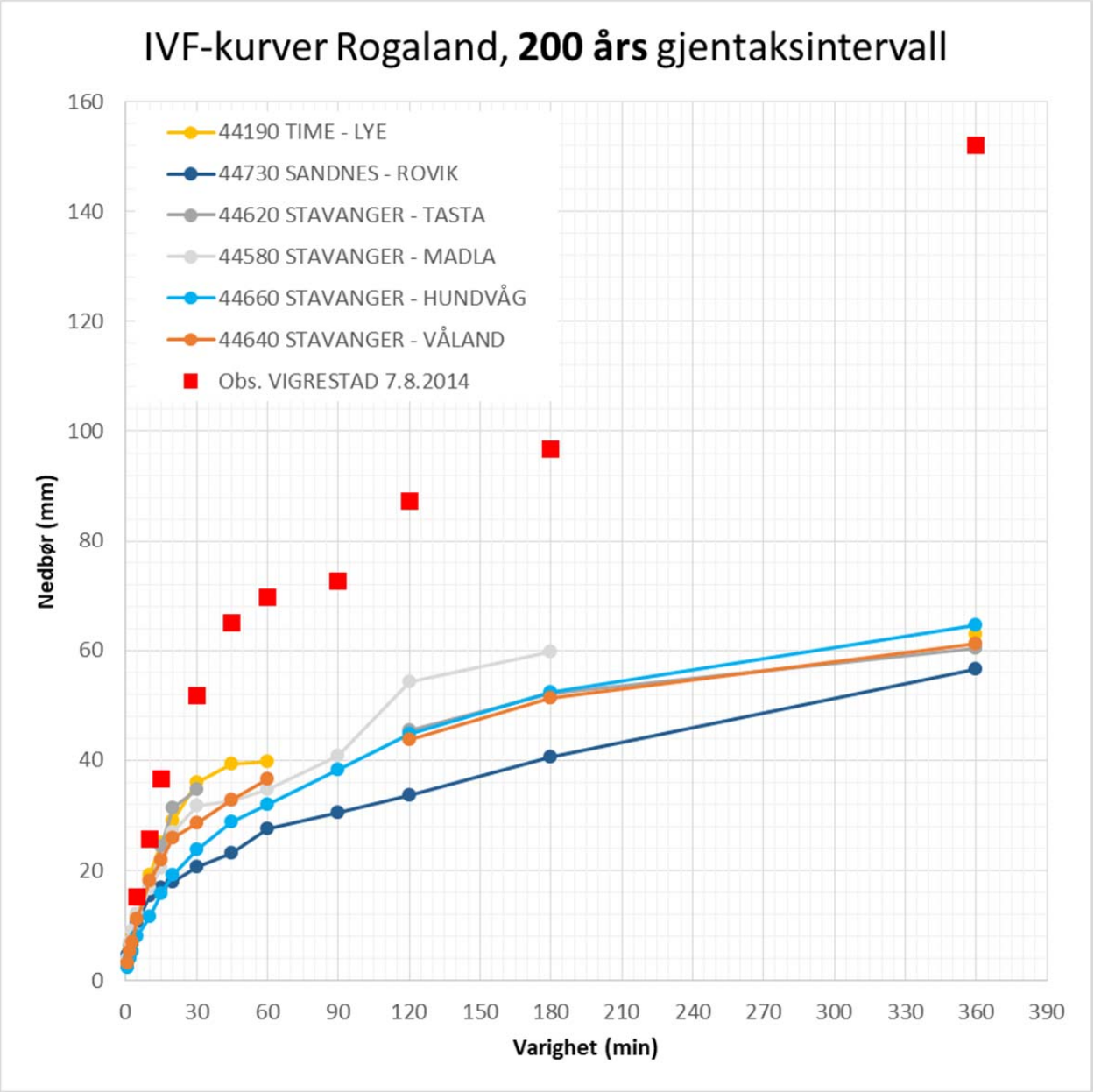
Figur 10: Beliggenhet av nedbørstasjoner (røde stjerner) i og i nærheten av Time kommune.

I tillegg ble en nedbørhendelse observert på Vigrestad sammenlignet med IVF-kurvene (figur 11). Nedbørhendelsen ble målt den 7. august 2014.

I figur 11 er det bare vist IVF-kurver for 200-års gjentaksintervall. For 20-års gjentaksintervall har kurvene lignende forløp (se vedlegg 1).

Nedbørverdiene fra stasjon 44580 STAVANGER - MADLA virker usikre, siden stigningen i kurven minker og øker igjen for varighet mellom 30 og 120 min. Stasjonen 44620 STAVANGER - TASTA har et lavt antall sesonger (se tabell 4), som gir dårlig statistisk grunnlag. I tillegg ligger de to stasjonene nærmere Nordsjøkysten enn de andre stasjonene.

44640 STAVANGER - VÅLAND ligger høyere over havet og viser samme tendensen til høye nedbørverdier som 44190 TIME - LYE, men har et lavt antall sesonger. 44660 STAVANGER - HUNDVÅG har et greit antall sesonger, men ligger ganske langt nord og utsatt for havet. 44730 SANDNES - ROVIK har høyest antall sesonger blant stasjonene og ligger forholdsvis nært Time kommune.



Figur 11: Intensitet-varighet-frekvens-kurver fra nedbørstasjoner i og i nærheten av Time kommune for 200-års gjentaksintervall; kilde: eKlima.no, data til og med år 2017. De røde prikkene viser observerte verdier fra en nedbørhendelse på Vigrestad.

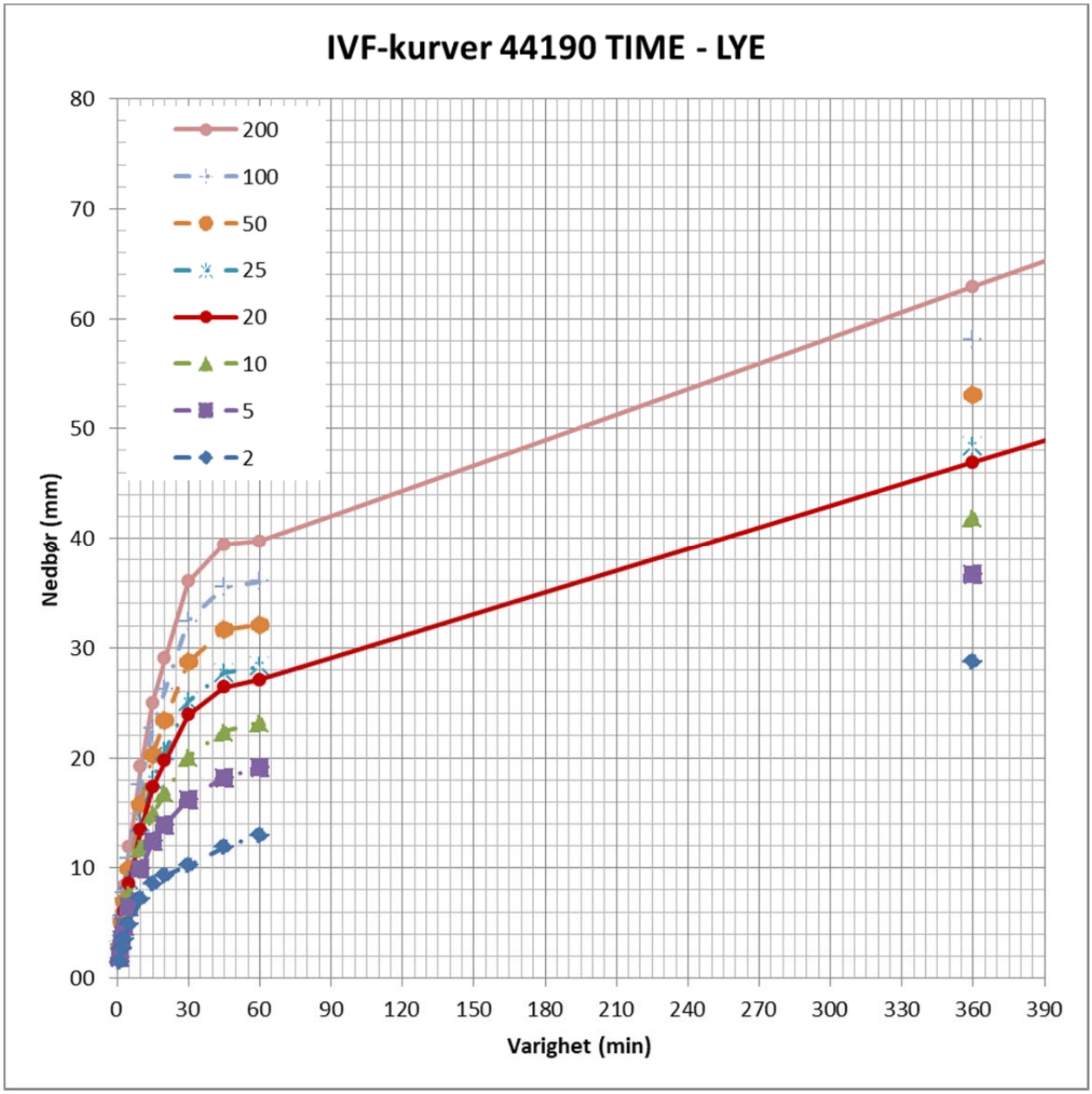
3.4.2 Konklusjon nedbørdata

Det ble bestemt å bruke data fra stasjon 44190 TIME – LYE (tabell 5, figur 12) som grunnlag for beregningene i prosjektet, siden denne stasjonen ligger midt i kommunen og har et høyt antall sesonger, dvs. bedre statistisk grunnlag. For varigheter opptil 60 min har stasjonen de høyeste nedbørverdiene sammenlignet med de andre, aktuelle stasjonene 44640 STAVANGER - VÅLAND, 44660 STAVANGER - HUNDVÅG og 44730 SANDNES - ROVIK. Observerte nedbørverdier fra Vigrestad viser at de høye verdiene fra 44190 TIME - LYE ikke er urimelige.

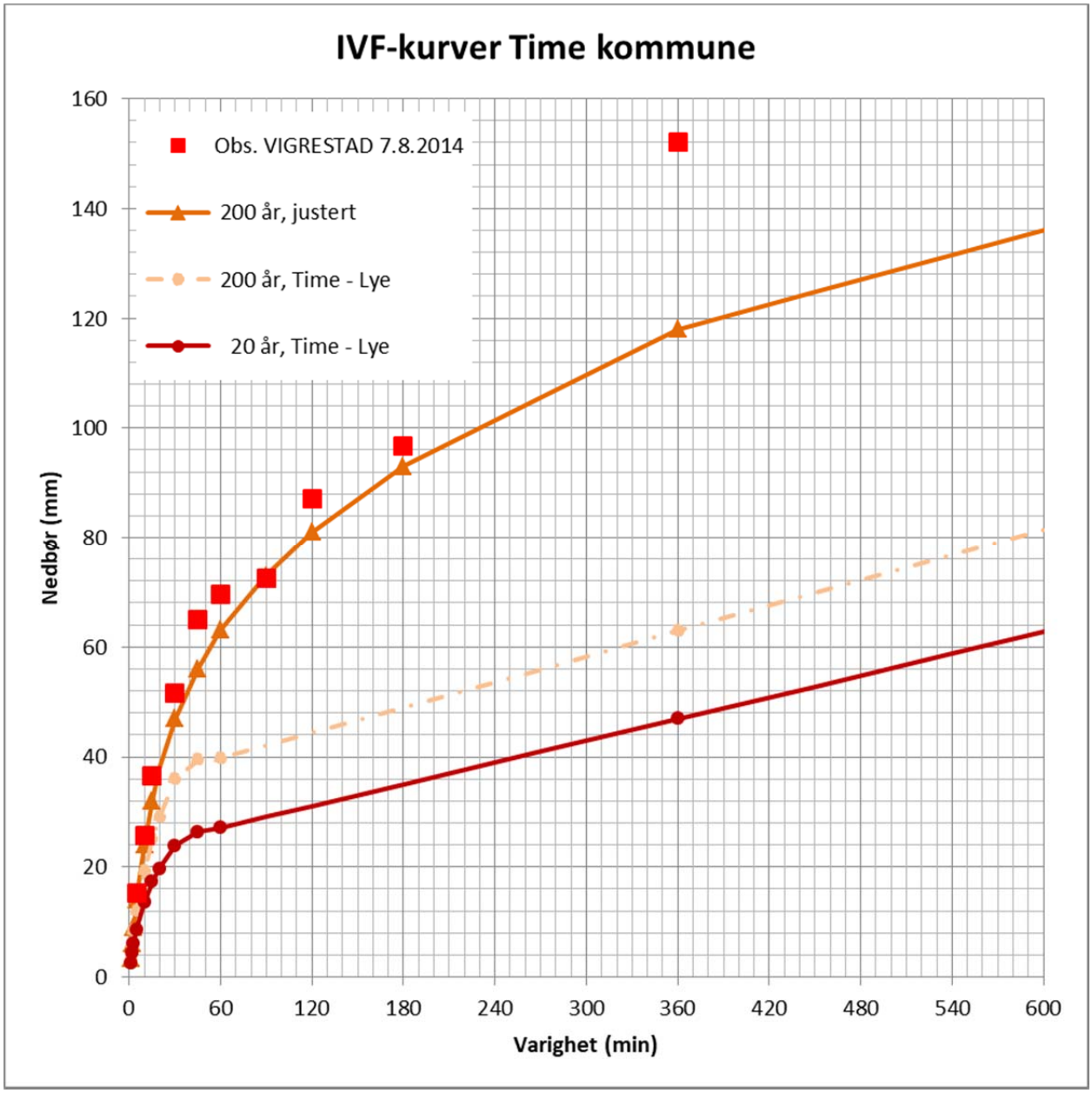
En ulempe med IVF-kurven TIME - LYE er at den mest oppdaterte kurven ikke har verdier for varigheter mellom 60 og 360 minutter. Verdien for 60 minutter varighet virker noe lavt. Tidligere viste denne kurven en «bulk», lignende kurven for 44580 STAVANGER - MADLA viser i figur 11. Det er mulig at 60 minutters verdien ikke ble fjernet fra kurven sammen med verdiene for 90, 120 og 180 minutter varighet. Det er likevel vurdert som rimelig å bruke nedbørdata fra 44190 TIME - LYE for 20 års gjentaksintervall, og inter- / ekstrapolere manglende verdier (figur 12). For sjeldne nedbørhendelser og lengre varigheter er datagrunnlaget mer usikkert. Derfor ble verdiene fra TIME - LYE justert opp for nedbørhendelser med 200 års gjentaksintervall ved bruk av den observerte nedbørhendelsen på Vigrestad (figur 13). Nedbørdataene er vist detaljert i vedlegg 1.

Tabell 5: Nedbør (mm) målt ved stasjon 44190 TIME – LYE for ulike gjentaksintervall og varigheter; Data fra eKlima.no, periode 1981 – 2017, antall sesonger 31. Nedbørverdier for 200- års gjentaksintervall ble justert opp ved bruk av en nedbørhendelse observert i Vigrestad (serie «200 justert»).

	Varighet [min]										
År	**1**	**2**	**3**	**5**	**10**	**15**	**20**	**30**	**45**	**60**	**360**
2	1,5	2,7	3,6	4,9	7,2	8,6	9,3	10,2	11,9	13,0	28,7
5	1,9	3,4	4,7	6,5	9,9	12,4	13,9	16,2	18,2	19,1	36,7
10	2,2	3,9	5,4	7,6	11,8	14,9	16,8	20,1	22,4	23,2	41,9
20	2,5	4,4	6,1	8,6	13,5	17,3	19,7	23,9	26,4	27,1	46,9
25	2,5	4,6	6,4	8,9	14,1	18,0	20,6	25,1	27,7	28,3	48,4
50	2,8	5,1	7,0	9,9	15,8	20,3	23,4	28,7	31,6	32,1	53,1
100	3,0	5,6	7,7	10,9	17,5	22,7	26,2	32,4	35,5	36,0	58,1
200	3,3	6,0	8,4	11,9	19,2	25,0	29,0	36,0	39,4	39,7	62,9
200 justert	3,3	6,0	9,0	14,0	24,0	32,0	38,0	47,0	56,0	63,0	118,0



Figur 12: Intensitets-varighets-frekvens (IVF)-kurver fra nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, henholdsvis inter- og ekstrapolert mellom 60 og 360 minutter og utover 360 minutter.



Figur 13: 20- og 200-års IVF-kurver fra nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, inter- / ekstrapolert mellom 60 og 360 minutter / utover 360 minutter, og 200-års kurve justert opp mot observerte verdier på Vigrestad.

3.4.3 Klimapåslag

Nedbør

Norsk Klimaservicesenter (KSS) har beskrevet klimaendringer for hver region i Norge. I Klimaprofil Rogaland[3] er det vist en økning i årsnedbøren på 10 %, hvor økningen er størst om vinteren (20 %). Intensiteten for kraftig døgnnedbør er forventet å øke med 15 %. For nedbør med varighet kortere enn 3 timer foreslår KSS et klimapåslag på minst 40 %.

Flom

NVE har utgitt en rapport med anbefalinger for klimapåslag på flomvannføringer i elver[4]. For Rogaland anbefaler NVE et klimapåslag på 20 % for alle større nedbørfelt, og minst 20 % for alle mindre nedbørfelt (areal < 100 km^2) og andre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn. Verdiene gjelder endringen i maksimal døgnmiddelvannføring, og er basert på endringer i 200-årsflom i perioden fra år 2071 til 2100, men gjelder også andre gjentaksintervall.

3.4.4 Konklusjon klimapåslag

I prosjektet utføres det hydrologiske og hydrauliske beregninger i nedbørfelt med areal mindre enn 100 km^2. Inngangsdata i modellene er nedbørdata for gitte gjentaksintervaller (200 og 20 år) og avgjørende varighet (mellom 24 timer og ca. 30 minutter). For disse varighetene foreslår KSS en økning i nedbør mellom ca. 15 % (døgnnedbør) og minst 40 % (varighet kortere enn 3 timer). KSS forventer større økning i nedbør for nedbørhendelser kortere enn tre timer enn hva som tilsier økningen i flom anbefalt av NVE (minst 20 %).

Ved bruk av beregningsmetoder som detaljert tar hensyn til omdanning av nedbør til avrenning, inklusive fordamping, skal det vurderes å øke klimapåslaget opptil 40 % for nedbørhendelser kortere enn tre timer. På den måten sikres det at økningen i flom skal være minst 20 % i alle mindre nedbørfelt og i andre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.

Med hensyn til vannføring reagerer vår hydrauliske modell tilnærmet lineært på endringer i nedbør. Vi velger derfor å ikke følge KSSs anbefalte klimapåslag på nedbør med varigheter kortere enn tre timer, men velger 20 % klimapåslag for alle varigheter av nedbør. Forutsatt et lineært forhold mellom endring i nedbør og endring i flomvannføring i vår modell vil dette tilsvare en økning i flom i henhold til NVEs anbefaling.

---

[3] *KSS (2017) Klimaprofil Rogaland – Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning. Norsk Klimaservicesenter januar 2017, oppdatert juli 2017*

[4] *NVE (2016) Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport 81-2016, Norges vassdrags- og energidirektorat*

3.5 Terreng

Terrengmodeller for Time kommune og tilhørende vassdragsområder ble satt opp. Til dette ble det brukt lasermålte høydedata[5] og oppmålinger[6]:

- Digital terrengmodell med 1 m grid (DTM 1)
- Digital terrengmodell med 10 m grid (DTM 10)
- Oppmålte tverrprofiler i vassdragene rundt tettstedene

Alle høydeverdier i dette prosjektet er høyder i høydesystemet NN2000.

DTM 1 ble brukt som grunnlag for analysen av avrenningslinjer, forsenkninger og nedbørfelt i delområdene (se kapittel 4), mens DTM 10 var grunnlaget for oppsett av hydrologiske modeller (se kapittel 5.1). Terrengmodellene gjenspeiler tilstanden fra tidspunktene da lasermåling av terrenghøyder ble utført i regionen, mellom år 2015 og 2017. Nyere terrengforandringer som følge av by- og næringsutvikling er dermed ikke inkludert i analysene. På steder der det var byggeaktivitet i denne perioden, er det uklart i hvilken tilstand terrenget er i terrengmodellene. Det gjelder f. eks. byggefeltet i Kvernaland, der omfattende terrengforandringer i forbindelse med anlegg av et parkområde med bekkeløp har blitt gjennomført.

Oppmålte tverrprofiler ble brukt til å opprette elve- og bekkeløp i terrengmodellene. For å begrense den nødvendige innsatsen ble det bare oppmålt strekninger av vassdrag innenfor delområdene, som er vesentlige for hydraulisk modellering med akseptabel nøyaktighet i tettstedene. Oppmålingsdataene er nærmere beskrevet i vedlegg 2.

Det er viktig å påpeke at det var på gang ombygging av Roslandsånas løp i Bryne sentrum i oppmålingsperioden. Det er derfor usikkert om tverrprofilene i Roslandsåna ble målt inn etter at bekkeløpet hadde fått sin endelig form. Dessuten ble utløpsområdet av Frøylandsvatnet oppmålt svært grovt. Bunnen av Roslandsåna er lagt inn i terrengmodellen basert på få målepunkter i dette området.

---

[5] *Nasjonale høydemodeller, lastet ned fra www.høydedata.no 14.11.2017*

[6] *Oppmålt av Geopartner as, Nordlysvegen 3, 4340 Bryne, på oppdrag av Time kommune*

4. Terrenganalyse

4.1 GIS-analyse

Formålene med terrenganalysen var:

- å dele inn Time kommune hydrologisk,
- å generere avrenningslinjer og å analysere forsenkninger i delområdene, og
- å danne grunnlaget for hydrologiske modeller for Frøylandsvatnet og Hååna oppstrøms Undheim.

Til dette ble det brukt GIS-verktøyene i programvaren HEC-GeoHMS[7].

Analysen av forsenkninger og avrenningslinjer ble gjennomført på grunnlag av DTM 1 (se kapittel 3.5). Først ble forsenkninger i terrenget «fylt». Forsenkninger ble beregnet ved å trekke det opprinnelige terrenget fra det «fylte terrenget». Så ble avrenningslinjer generert for hele Time kommune. Avrenningslinjenes hovedløp, dvs. forløp av elver og bekker, ble manuelt korrigert for feil som følge av strukturer som ikke er representert i terrengmodeller (i hovedsak kulverter). Avrenningslinjene ble så beregnet på nytt med det korrigerte elvenettet. Utfra avrenningslinjene delt opp i segmenter ble det generert nedbørfelt med delfelt. For å bestemme delfeltene mer detaljert i delområdene ble prosedyren gjentatt for hvert delområde.

Lignende fremgangsmåte ble brukt for oppsett av de hydrologiske modellene for Frøylandsvatnet, Hååna oppstrøms Undheim, Eivindsholtjørna og Smukkevatnet (se kapittel 5). Til dette formålet ble analysen imidlertid utført på DTM 10. Den større oppløsningen tillot raskere analyse og ga tilstrekkelig nøyaktighet for hydrologisk inndeling av de relativt store områdene.

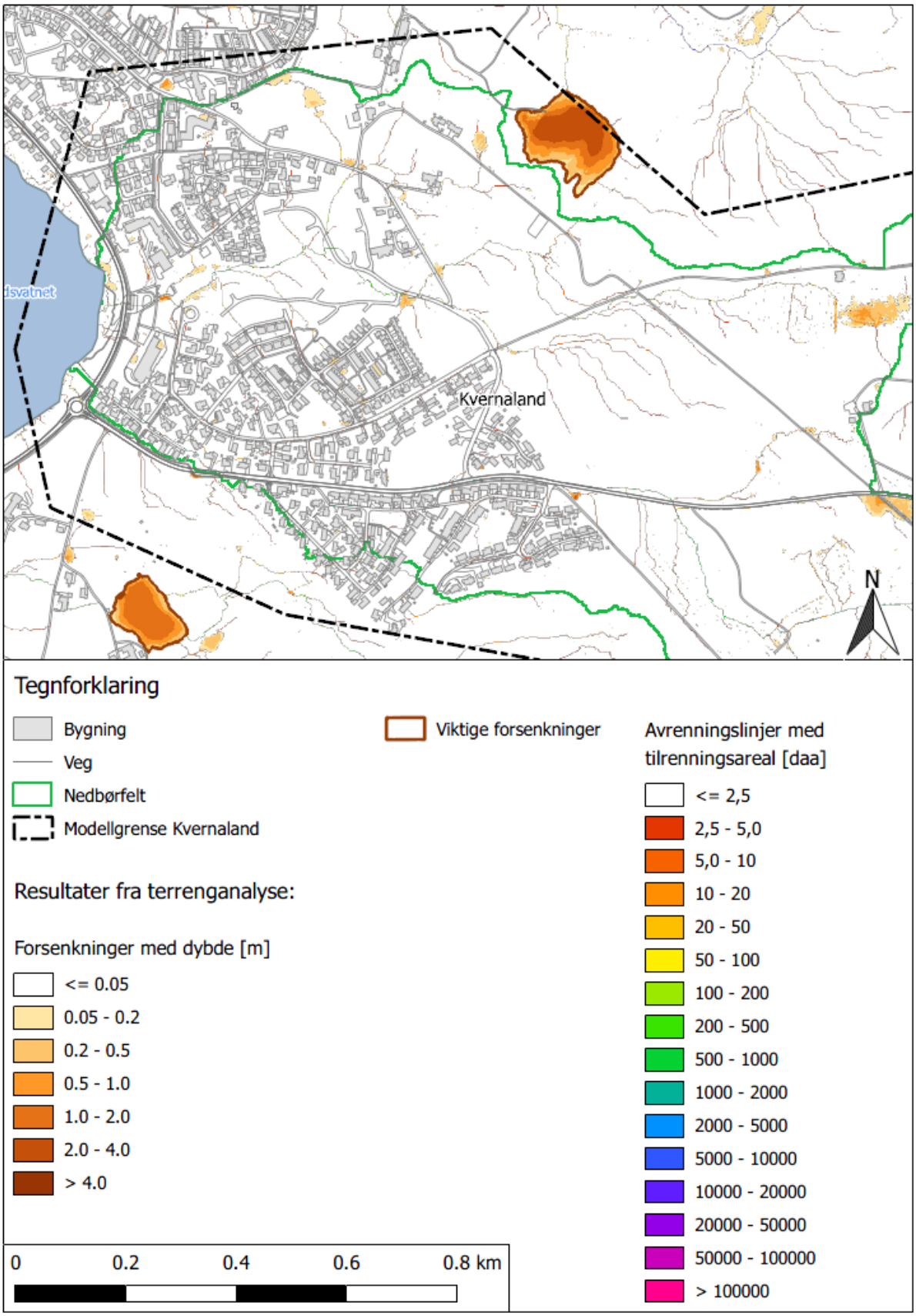
4.2 Avrenningslinjer og forsenkninger

Avrenningslinjene ble kategorisert etter størrelsen av oppstrøms liggende nedbørfeltareal (avrenningslinjer gradert etter tilrenningsarealet). Resultatene er vist sammen med forsenkninger kategorisert etter dybden. Forsenkninger som er vurdert som viktige i forhold til fordrøyning, er merket av. Forsenkninger som er viktige å bevare, ble valgt utfra følgende kriterier:

- Forsenkningen har et volum på minst 2000 m^3,
- den ligger utenfor bebygd område, og
- det går ikke noen hovedvei eller annen viktig infrastruktur gjennom.

Et eksempel er vist i figur 14 for den nedre delen av delområdet Kvernaland. Kart over avrenningslinjer og forsenkninger for hvert delområde er presentert i tegning nr. 101 til 105.

[7] *Geospatial Hydrologic Modeling Extension HEC-GeoHMS 5.0 2010, U.S. Army Corps of Engineers, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis CA 95616-4687, USA.*



Figur 14: Avrenningslinjer og forsenkninger i nedre del av delområdet Kvernaland.

5. Hydrologiske beregninger

5.1 Hydrologisk modell

Nedbør-avløps-modellen HEC-HMS[8] ble brukt til å beskrive hydrologien av nedbørfeltene i Time kommune. Modellen omfatter en rekke hydrologiske metoder for en fullstendig beregning av hydrologiske prosesser i vassdrag. Vassdrag gjengis ved hjelp av elementer som delfelt, elveløp, samløp, magasiner, kilder og utløp.

Nedbørmengder eller -tidsserier regnes om til andelen av nedbøren som renner av. I neste omgang beregnes avrenningsprosessen, altså hvordan andelen av nedbøren som renner av direkte, konsentreres og samles ved et utløpspunkt. Til dette velges en av flere metoder for beregning av enhetshydrogrammer. I tillegg til andelen av nedbøren som renner av direkte, tas det hensyn til grunnvannstilsiget («base flow»). For modellering av avrenningsprosessen i elveløp og gjennom magasiner / innsjøer er et utvalg av ulike metoder tilgjengelig for å lede («rute») en flom gjennom et vassdrag.

Følgende metoder[9] for omdanning av nedbør til avrenning og til ruting av en flom ble brukt (begrepene i kursiv henviser til metodene i HEC-HMS-modellen):

- Tap ved omdanning av nedbør til avrenning: *Initial loss and constant loss rate*
- Beregning av avrenning: *Clark Unit Hydrograph*
- Grunnvannstilsig: *Baseflow Recession*
- Ruting av en flomtopp: *Kinematic Wave*

I nedbørtapet ble det inkludert et start-tap (fukting av overflater, fylling av forsenkninger i terrenget) og en konstant infiltrasjonsrate.

Arealbruk inngår i modellen ved andel tette flater.

Clarks enhetshydrogram (*Clark Unit Hydrograph*) tar hensyn til konsentrasjonstiden i hvert delfelt. Konsentrasjonstider ble beregnet i henhold til formelen gitt i Vassdragshåndboka[10], som inkluderer sjøprosenten. Ved sjøprosenten tas det hensyn til flomdemping i innsjøer.

For grunnvannstilsiget ble det antatt en resesjonsmodell som definerer et avtagende grunnvannstilsig, inntil den indirekte avrenningen fra foregående nedbørhendelsen når vassdraget, og grunnvannstilsiget øker igjen.

Rutingmetoden Kinematisk bølge (*Kinematic Wave*) i HEC-HMS-modellen bruker gjennomsnittlige trapetstverrsnitt i elve- og bekkeløp med ruhet definert ved Mannings ruhetstall.

---

[8] *Hydrologic Modeling System HEC-HMS 4.2.1 3/2017, U.S. Army Corps of Engineers, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis CA 95616-4620, USA.*

[9] *Hydrologic Modeling System HEC-HMS – Technical Reference Manual, March 2000, U.S. Army Corps of Engineers, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis CA 95616-4687, USA.*

[10] *Vassdragshåndboka – Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø (2010) Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.*

Data fra nedbørstasjon 44190 TIME – LYE ble brukt, som beskrevet i kapittel 3.4.2. Alle hydrologiske beregninger er basert på antakelse om jevnt fordelt, konstant nedbør inklusive et klimapåslag på 20 %.

5.2 Begrensninger

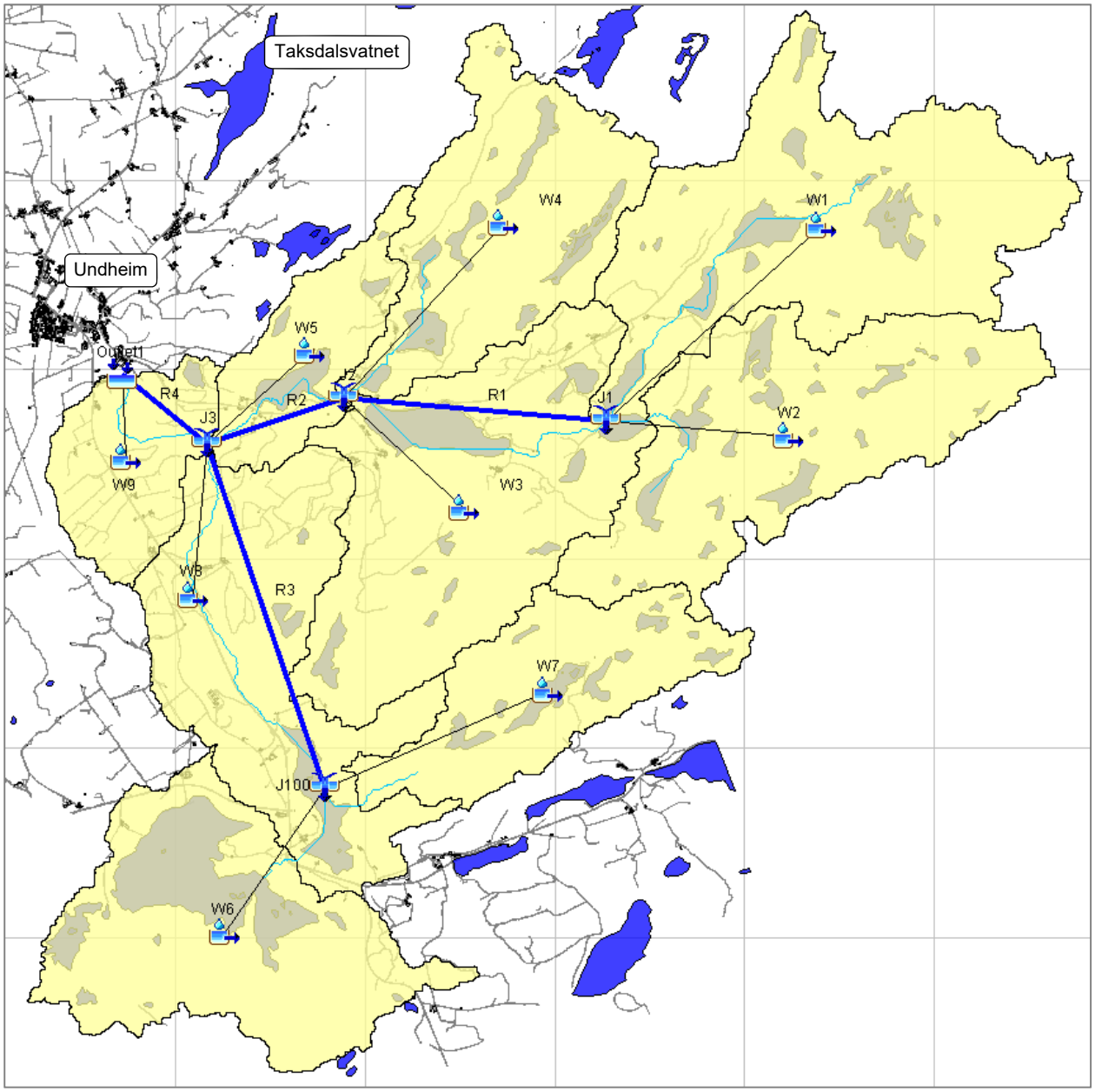
Nedbør-avløps-modellen beskriver hydrologien i Time kommune relativt grovt. Det ble ikke gjennomført noen kalibrering. Det ble heller ikke eksplisitt tatt hensyn til hydrologiske prosesser som infiltrasjon, evapotranspirasjon eller snøsmelting. Metoder ble valgt utfra nedbørfeltkarakteristikk, datatilgjengelighet og erfaring fra bruk av modellen i andre, lignende nedbørfelt.

5.3 Nedbør-avløps-modell Hååna

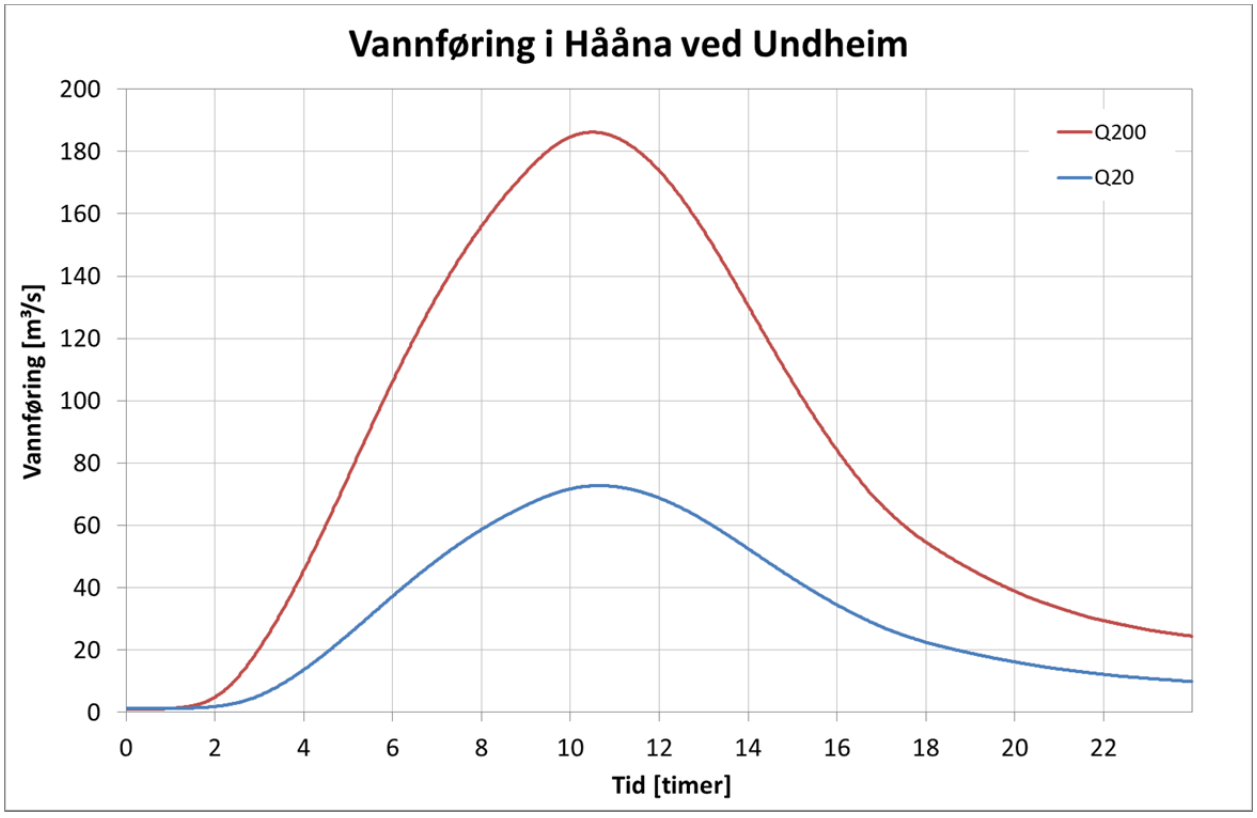
Nedbør-avløps-modellen ble satt opp for Hååna oppstrøms Undheim for å beregne vannføringer under 20- og 200-årsflom. De resulterende hydrogrammene ble brukt som grensebetingelser i den hydrauliske modellen for delområdet Undheim (se kapittel 6.2.3).

Den skjematiske oppbyggingen av nedbør-avløps-modellen er vist i figur 15, inndelingen av nedbørfeltet i delfelt i tegning nr. NA 100.

Beregningene ble gjennomført for forskjellige varigheter av 20-års og 200-års nedbør med 20 % klimapåslag (nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, se kapittel 3.4.2). De største kulminasjons-vannføringene ble beregnet for en varighet på 9 timer, 73 m^3/s ved 20-års og 186 m^3/s ved 200-års gjentaksintervall (figur 16).



Figur 15: Skjema av nedbør-avløps-modellen for Hååna oppstrøms Undheim.



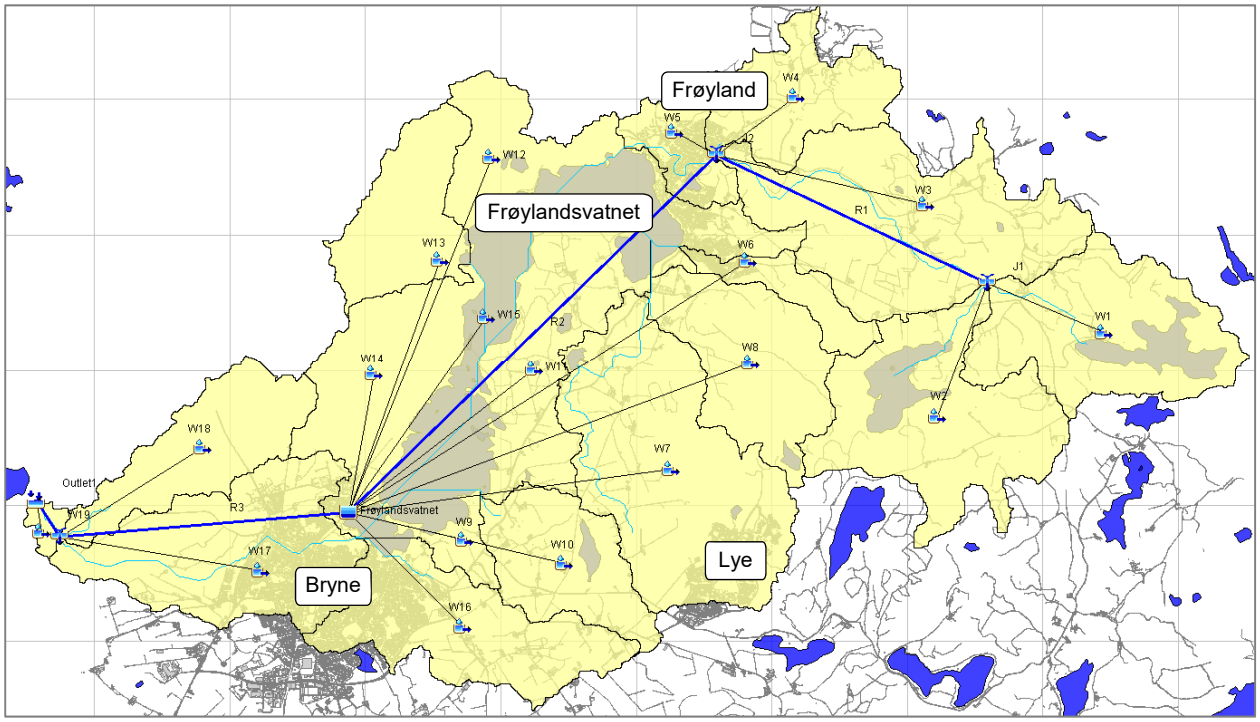
Figur 16: Hydrogrammer for 20- og 200-årsflom i Hååna ved Undheim, for nedbør med 9 timer varighet og 20 % klimapåslag.

5.4 Nedbør-avløps-modell Frøylandsvatnet

Nedbør-avløps-modellen ble satt opp for Orreåna oppstrøms Horpestadvatnet for å analysere flomdempingseffekten av Frøylandsvatnet og vannføringer under 20- og 200-årsflom. Resulterende vannføringer ut av Frøylandsvatnet og i Frøylandsbekken oppstrøms tettstedet Frøyland ble satt som grensebetingelser i den hydrauliske modellen for henholdsvis delområdet Bryne og Frøyland (se kapittel 6.2.3).

Dessuten ble nedbør-avløps-modellen brukt til beregning av vannføringsserier i Njåbekken og i Frøylandsbekken for 200-års nedbør med forskjellige varigheter. Disse ble satt som grensebetingelser i den hydrauliske modellen for Njåbekken og Frøylandsbekken i analysen av flomdempingseffekten i vassdragene (se kapittel 7.1.1 og 7.1.4).

Den skjematiske oppbyggingen av nedbør-avløps-modellen for Frøylandsvatnet er vist i figur 17, inndelingen av nedbørfeltet i delfelt i tegning nr. NA 101.

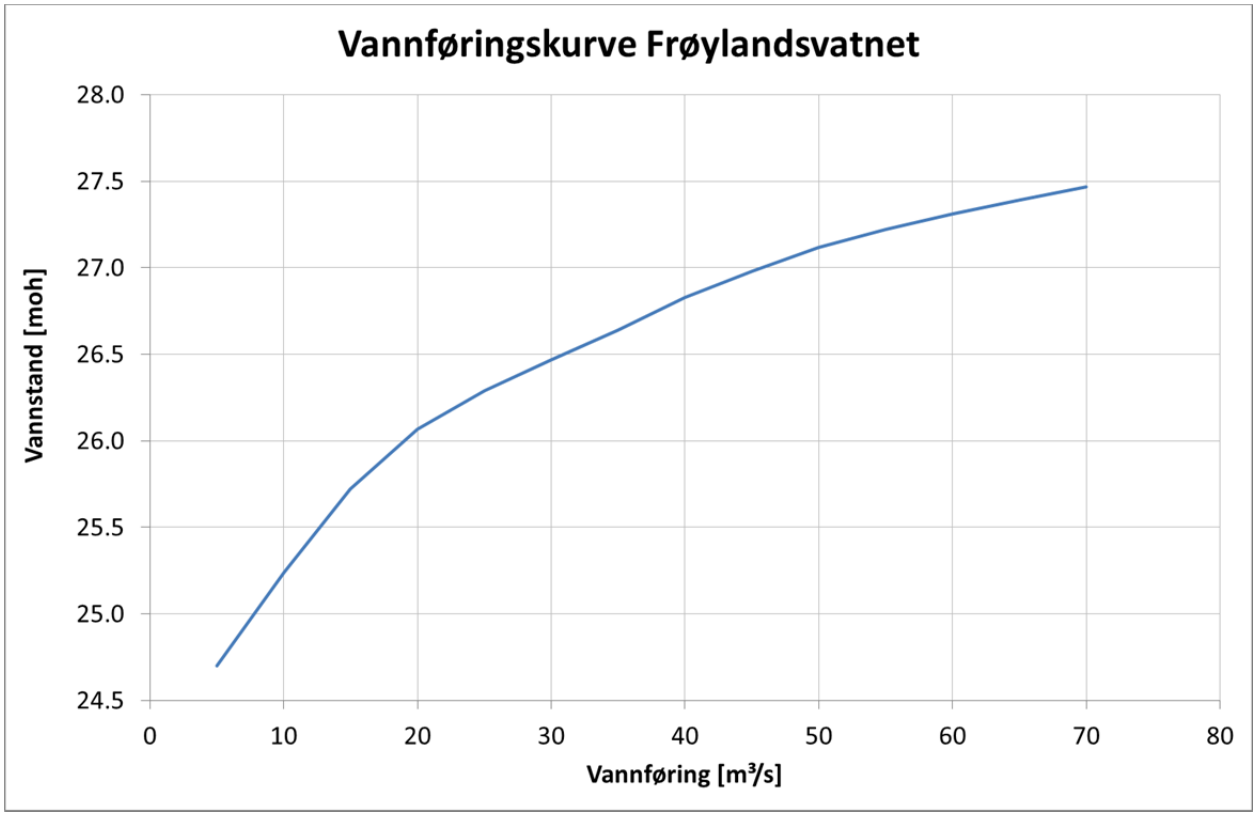


Figur 17: Skjema av nedbør-avløps-modellen for Frøylandsvatnet.

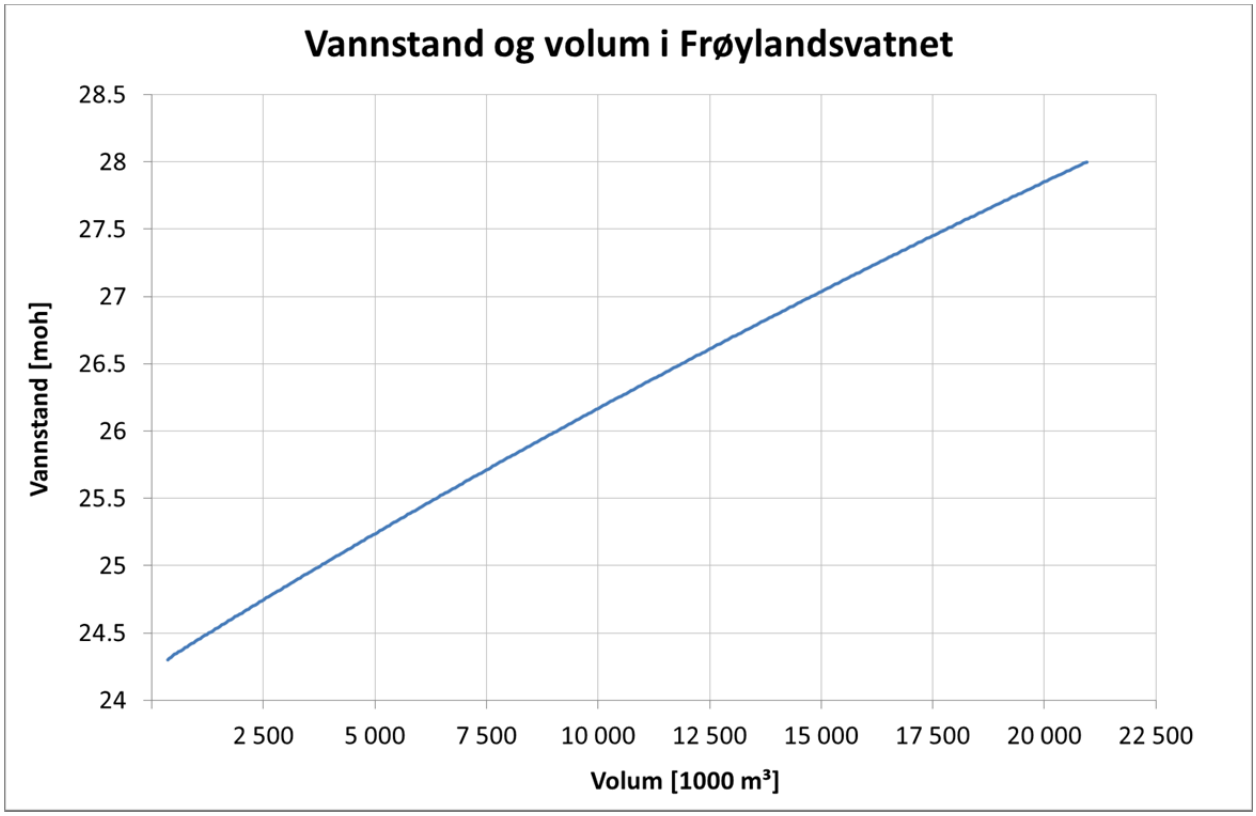
Ved beregning av vannføringen i Roslandsåna spiller Frøylandsvatnet en stor rolle, siden innsjøen har flomdempende virkning. For en detaljert analyse av flomdempingseffekten ble innsjøen modellert som et magasin. Vannføringen ut av magasinet ble definert som en vannføringskurve ved utløpet av Frøylandsvatnet. Denne sammenhengen mellom vannstand og vannføring ble beregnet ved hjelp av en todimensjonal hydraulisk modell for utløpsområdet av innsjøen (HYDRO_AS-2D, se kapittel 6.1). Vannstandsverdier ble beregnet for forskjellige vannføringer (figur 18).

Det er viktig å påpeke at beregningsnettet til den hydrauliske modellen i utløpsområdet av Frøylandsvatnet er satt opp basert på svært grove oppmålinger (se også kapittel 3.5 og vedlegg 2). Vannføringskurven beregnet med denne modellen er derfor usikker.

Videre ble reguleringsvolumet ved forskjellige vannstander beregnet på grunnlag av den digitale terrengmodellen (figur 19). Siden terrengmodellen er basert på lasermålte terrenghøyder er batymetrien (dybdeforhold) av innsjøen ikke med. Derfor ble det beregnet vannvolumet over høyden av vannspeilet under lasermålingen. Det antas at denne vannstanden tilsvarer normalvannstanden. Ved kombinasjon av kurvene vannstand - vannføring og vannstand - volum ble det beregnet sammenheng mellom vannføring og volum, som benyttes i den hydrologiske modellen (tabell 6).



Figur 18: Sammenheng mellom vannstand og vannføring ved utløpet av Frøylandsvatnet.



Figur 19: Sammenheng mellom vannstand og reguleringsvolum i Frøylandsvatnet.

Tabell 6: Beregnet vannføringskurve og tilhørende reguleringsvolum for Frøylandsvatnet.

Vannstand [moh]	Vannføring [m³/s]	Volum* [1000 m³]
24,70	5	2 264
25,24	10	5 008
25,72	15	7 538
26,07	20	9 451
26,29	25	10 679
26,47	30	11 698
26,64	35	12 672
26,83	40	13 775
26,98	45	14 657
27,12	50	15 489
27,22	55	16 090
27,31	60	16 634
27,39	65	17 122
27,47	70	17 612

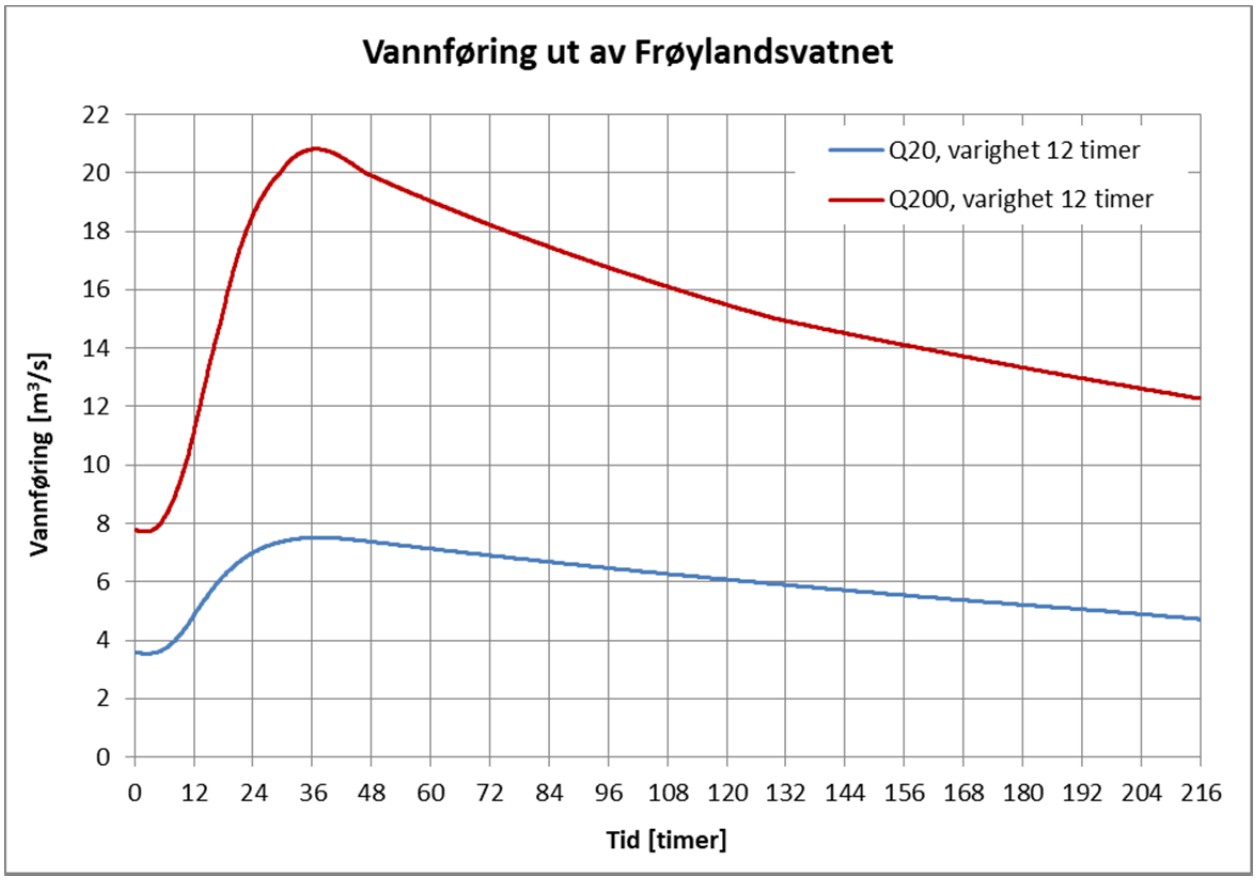
* Vannvolum over normalvannstand

Nedbør-avløps-modellen ble tildelt parametere basert på nedbørfeltkarakteristikk og erfaring fra bruk av modellen i andre, lignende nedbørfelt. Det viste seg at vannføringen ved utløpet av innsjøen er tydelig mindre følsom for parameterverdiene i modellen for Frøylandsvatnet enn for vannføringskurven som bestemmer flomdempingen. Derfor har startvannstanden i Frøylandsvatnet, som settes som grensebetingelse i modellberegningene, stor innflytelse på vannføringen ut av Frøylandsvatnet. Eksempler: Vannføringen ut av Frøylandsvatnet for 200-års gjentaksintervall er 18 m³/s ved 112 m³/s tilløp og en startvannstand på 25,0 moh, mens den er 12 m³/s ved 112 m³/s tilløp og 24,1 moh startvannstand, som tilsvarer omtrent normalvannstanden (tabell 7). Dette betyr at valget av scenarioet for nedbørmengder som faller før den beregnede nedbørhendelsen, og dermed for startvannstanden, er avgjørende ved beregning av vannføringen ut av Frøylandsvatnet.

Tabell 7: Resultater for 200-års nedbør med varighet på 6 timer for to ulike vannstander i Frøylandsvatnet før nedbørhendelsen inntreffer.

		Startvannstand [moh]	
		25,0	24,1
Q_{start}	[m³/s]	7,8	0,7
Innløp	[m³/s]	112	112
Utløp	[m³/s]	18	12

Beregningene ble gjennomført for forskjellige varigheter av 200-års og 20-års nedbør med 20 % klimapåslag (nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, se kapittel 3.4.2). Startvannstanden i Frøylandsvatnet ble satt på 25,0 moh for 200-års nedbør, og 24,5 moh for 20-års nedbør. De største kulminasjonsvannføringene ble beregnet for en varighet på 12 timer: 7,5 m³/s for 20-års og 20,8 m³/s for 200-års gjentaksintervall (figur 20). Flomverdiene samt tilhørende vannstander i Frøylandsvatnet er oppsummert i tabell 8.

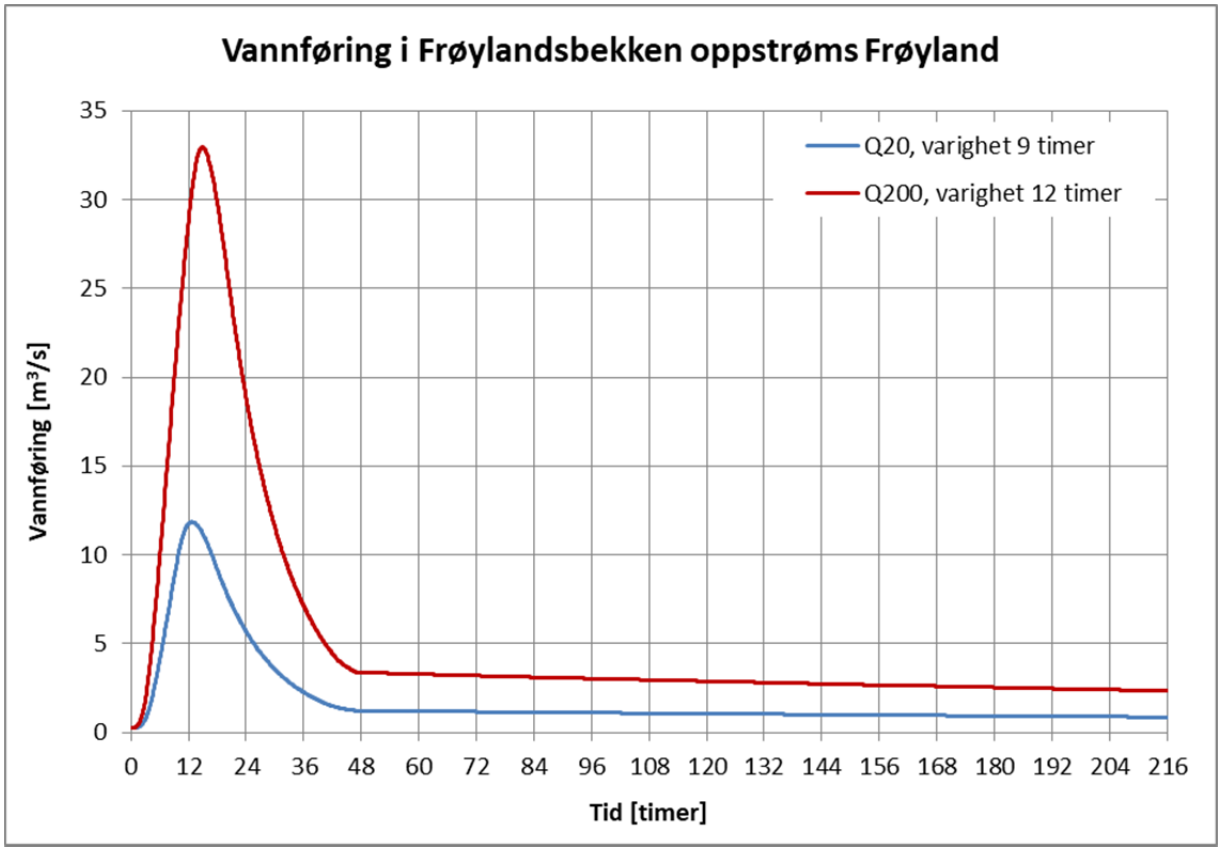


Figur 20: Hydrogrammer for 20- og 200-årsflom ved utløpet av Frøylandsvatnet, for nedbør med 12 timer varighet og 20 % klimapåslag.

Tabell 8: Resultater for Frøylandsvatnet for 20-års og 200-års nedbør med varighet på 12 timer: Kulminasjonsvannføring ut av Frøylandsvatnet og tilhørende vannstand ved gitt startvannstand.

		Q_{20}	Q_{200}
Q_{maks}	[m³/s]	7,5	20,8
H_{maks}	[moh]	25,0	26,1
H_{start}	[moh]	24,5	25,0

I Frøylandsbekken oppstrøms tettstedet Frøyland ble den største kulminasjonsvannføringen for 20-års gjentaksintervall beregnet til 11,8 m³/s for en varighet på 9 timer, og for 200-års gjentaksintervall til 32,9 m³/s for en varighet på 12 timer (figur 21).

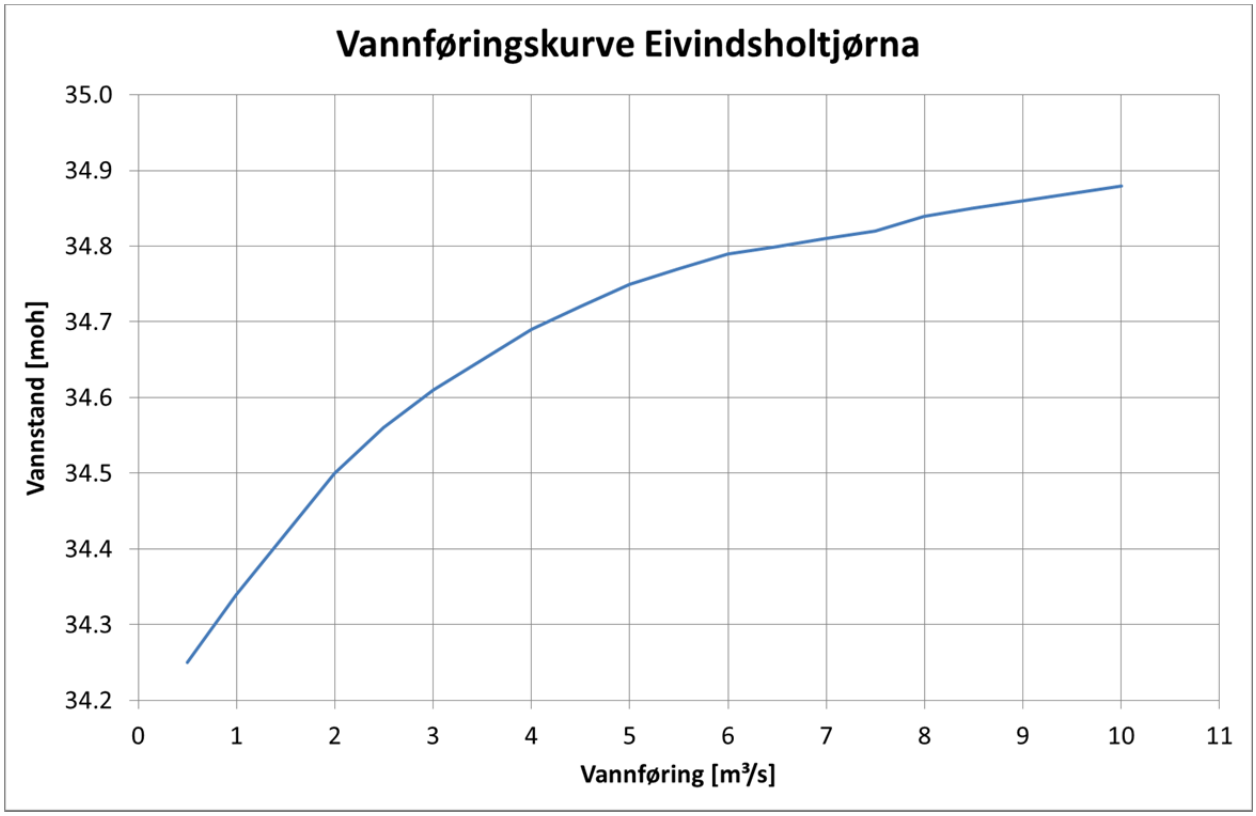


Figur 21: Hydrogrammer for 20- og 200-årsflom ved utløpet av Frøylandsvatnet, for nedbør med henholdsvis 9 timer og 12 timer varighet og 20 % klimapåslag.

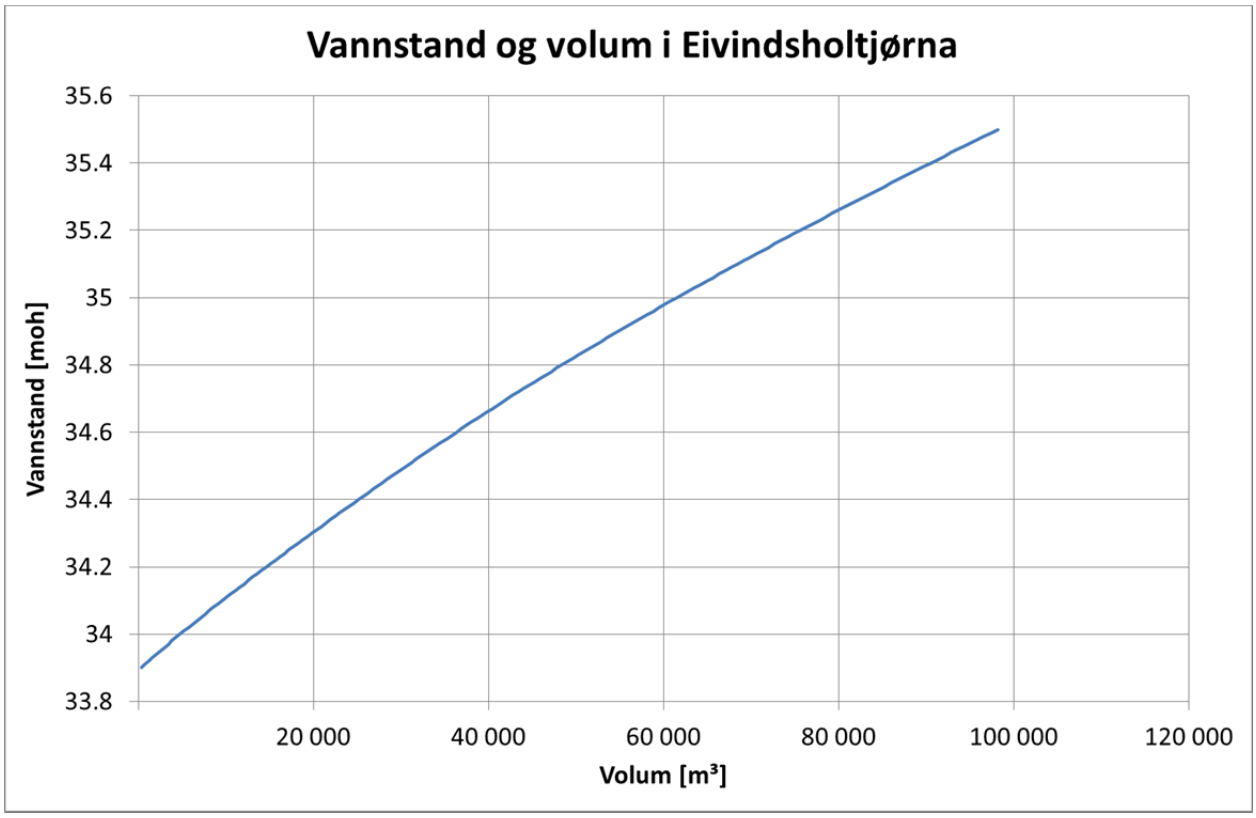
5.5 Nedbør-avløps-modeller Eivindsholtjørna og Smukkevatnet

På lignende måte som for Frøylandsvatnet ble det satt opp nedbør-avløps-modeller for Eivindsholtjørna og Smukkevatnet. Vannføringskurver og sammenheng mellom vannstand og volum ble beregnet (figur 22 til figur 25 og tabell 9). Beregnede vannføringsserier for 200-års nedbør med forskjellige varigheter ble brukt som grensebetingelser i den hydrauliske modellen i analysen av flomdempingseffekten i Salteåna (se kapittel 7.1.3).

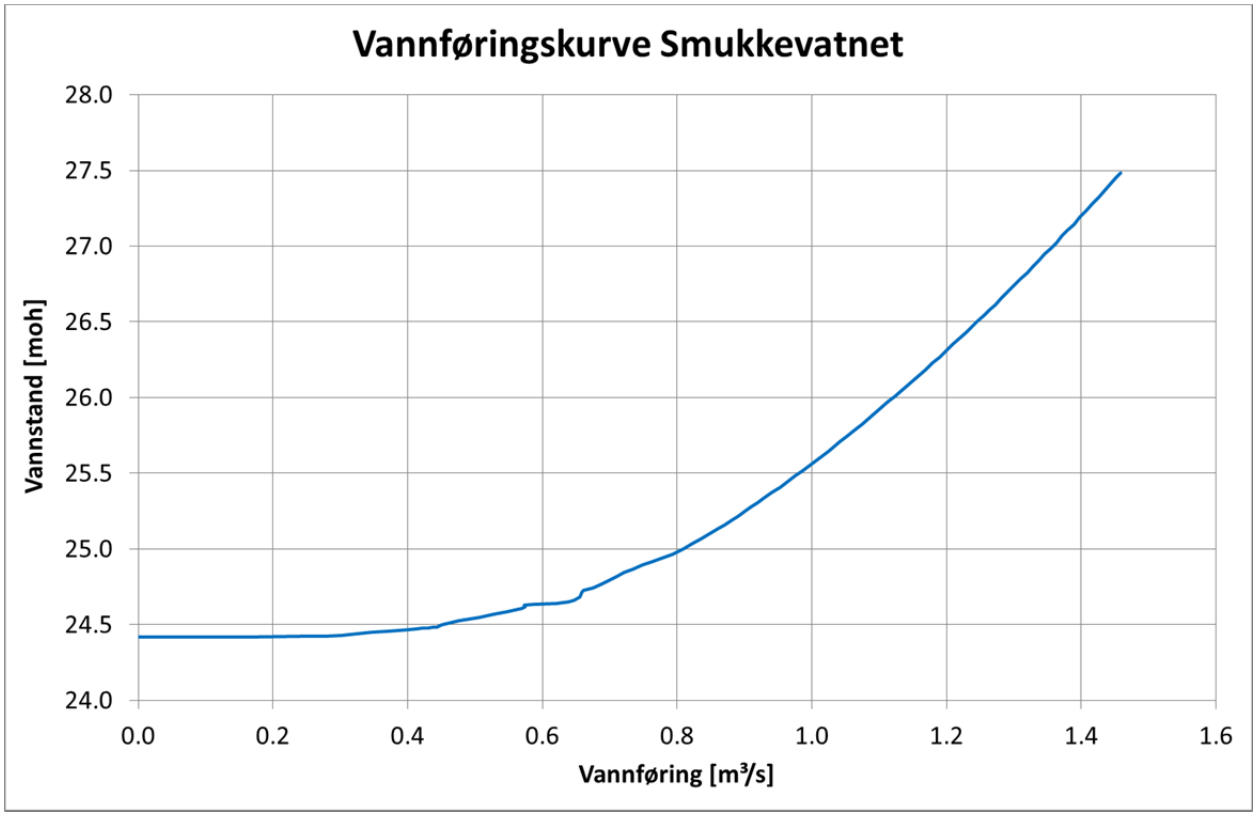
Ca. 500 m nedstrøms Smukkevatnet krysser jernbanen og en grusvei Salteåna. Kulverten på dette stedet begrenser vannføringen ut av innsjøen. For vannstand på 24,7 moh og høyere i Smukkevatnet er vannstanden ved kulverten lik vannstanden i innsjøen.



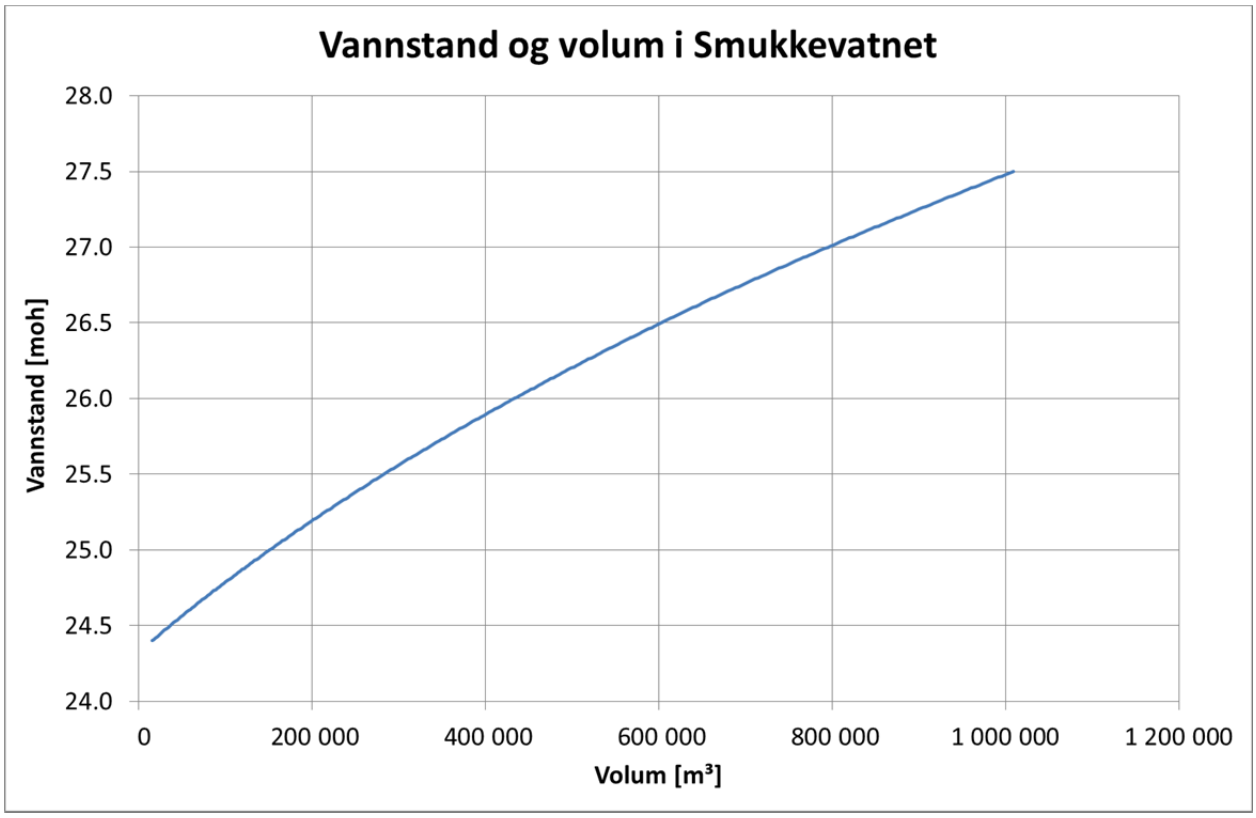
Figur 22: Sammenheng mellom vannstand og vannføring ved utløpet av Eivindsholtjørna.



Figur 23: Sammenheng mellom vannstand og reguleringsvolum i Eivindsholtjørna.



Figur 24: Sammenheng mellom vannstand og vannføring ved utløpet av Smukkevatnet.



Figur 25: Sammenheng mellom vannstand og reguleringsvolum i Smukkevatnet.

Tabell 9: Beregnet vannføringskurve og tilhørende reguleringsvolum for Eivindsholtjørna og Smukkevatnet.

Eivindsholtjørna			Smukkevatnet		
Vannstand [moh]	**Vannføring [m³/s]**	**Volum* [m³]**	**Vannstand [moh]**	**Vannføring [m³/s]**	**Volum* [m³]**
34,25	0,5	17 200	24,45	0,35	26 300
34,34	1,0	22 000	24,50	0,45	36 600
34,42	1,5	26 300	24,60	0,57	60 200
34,50	2,0	30 700	24,65	0,64	69 100
34,56	2,5	34 000	24,70	0,66	82 600
34,61	3,0	36 900	24,80	0,70	103 400
34,65	3,5	39 200	24,90	0,75	124 700
34,69	4,0	41 600	25,00	0,81	151 400
34,72	4,5	43 400	25,10	0,85	176 500
34,75	5,0	45 300	25,20	0,88	199 600
34,77	5,5	46 500	25,30	0,92	228 600
34,79	6,0	47 800	25,40	0,95	258 300
34,80	6,5	48 400	25,50	0,99	288 800
34,81	7,0	49 000	25,60	1,02	317 400
34,82	7,5	49 700	25,70	1,04	343 800
34,84	8,0	50 900	25,80	1,06	367 800
34,85	8,5	51 600	25,90	1,09	401 800
34,86	9,0	52 200	26,00	1,12	436 700
34,87	9,5	52 900	26,20	1,17	495 700
34,88	10,0	53 500	26,40	1,22	563 900
			26,60	1,27	646 700
			26,80	1,31	707 500
			27,00	1,35	791 100
			27,50	1,46	1 004 800

* Vannvolum over normalvannstand

6. Hydrauliske beregninger

6.1 Hydraulisk modell

Avrenningen på overflaten ble beregnet ved bruk av den todimensjonale hydrauliske modellen HYDRO_AS-2D. For å utføre de numeriske simuleringene deles området opp i diskrete elementer. Beregningsmetoden benytter et beregningsnett som kombinerer tre- og firkantede elementer. Bruken av et kombinert nett gjør det lettere å tilpasse modellen til de topografiske og hydrodynamiske forholdene. På den måten kan strømninger, voller og veier avbildes med tilstrekkelig nøyaktighet, noe som er avgjørende for modelleringen av strømningsprosessen.

Beregningsnettet genereres på grunnlag av lasermålte terrengdata og oppmålinger ved hjelp av LASER_AS-2D. Programvaren reduserer datamengden, samtidig som nøyaktigheten av terrengmodellen opprettholdes ved identifisering av høybrekk i terrenget og tilpasset variasjon av elementstørrelsen. På den måten avbildes strukturer som veier og voller. For elve- og bekkeløp brukes det oppmålte tverrprofiler, siden lasermålte høydedata ikke gjengir formen av elveleiet og konstruksjoner langs elva med tilstrekkelig nøyaktighet. Oppmåling av tverrprofiler gir derfor et bedre grunnlag for nøyaktig beregning av strømninger og vannstander.

Etter oppsett av beregningsnettet blir de enkelte nettelementer tildelt ruhetskoeffisienter k_{st} etter Manning-Stricklers formel. Denne koeffisienten beskriver overflatenes ruhet og derved strømningsmotstand. Ruhetskoeffisienten settes utfra de lokale forholdene og bygger på erfaringsverdier. Bygninger modelleres som ikke gjennomstrømbare.

Nedbør er simulert på følgende måte i den hydrauliske modellen:

- Det er forutsatt jevnt fordelt, konstant nedbør.
- Først beregnes den effektive nedbøren utfra den dimensjonerende nedbøren. Med effektiv nedbør menes her avrent nedbør på terrengoverflaten. Derved tas det hensyn til at en del av den nedbøren som faller på overflaten ikke bidrar til avrenning, men f. eks. infiltrerer i grunnen.
- Beregningen av effektiv nedbør foretas ved hjelp av avrenningskoeffisienter, altså andelen av nedbøren som renner av direkte, avhengig av arealtype.
- Den effektive nedbøren fordeles deretter jevnt på nodene i beregningsnettet.

6.2 Modeller i delområdene

Modellgrensene ble lagt slik at en del av nabovassdragene er inkludert. På den måten ble det sikret at all avrenning til et delområde er med i modellen. Nedbør på utsiden av en vannskille renner mot modellkanten og ut av modellen. Modellene ble brukt til analyse av oversvømt areal, avrenningslinjer, vanndybder, kritiske steder, overvannsmengder og fordrøyningskapasitet av vassdrag.

6.2.1 Ruhet

Tabell 10 inneholder en oversikt over ruheter som er brukt i de hydrauliske beregningene i dette prosjektet. Fordelingen av ruhetsverdiene i delområdene er basert på kart over arealbruk (se kapittel 3.3), og er vist i vedlegg 3.

Tabell 10: Valgte ruhetskoeffisienter etter Manning-Strickler for ulike arealtyper.

Arealtype	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	Farge
Bygninger – ikke gjennomstrømbar	-	
Bebygd	30	
Veier	40	
Elver	25	
Innsjøer	30	
Myr	30	
Jordbruk	20	
Skog	10	
Snaumark	18	

6.2.2 Nedbør og avrenningskoeffisienter

Data fra nedbørstasjon 44190 TIME – LYE ble brukt, som beskrevet i kapittel 3.4.2. Alle hydrauliske beregninger er basert på antakelse om jevnt fordelt, konstant nedbør, inklusive et klimapåslag på 20 %. Avrenningskoeffisienter Ψ ble valgt som angitt i tabell 11 utfra arealbruk (se kapittel 3.3).

For høye gjentaksintervall brukes vanligvis høyere avrenningskoeffisienter enn for lave gjentaksintervall, siden andelen av nedbøren som renner av, blir større med økende regnintensitet. I dette prosjektet ble de samme koeffisientene brukt for 200-års gjentaksintervall som for 20-års gjentaksintervall. 200-års nedbør ble justert opp (se kapittel 3.4.2), og det ble derfor bestemt å ikke øke avrenningen ytterligere gjennom større avrenningskoeffisienter.

Tabell 11: Valgte avrenningskoeffisienter for ulike arealtyper.

Arealtype	Ψ [-]
Bebygd	0,8
Jordbruk	0,4
Skog	0,4
Annet	0,65

6.2.3 Grensebetingelser

I modellene for Kvernaland og Lye var oppstrøms grensebetingelser ikke nødvendige, siden hele nedbørfeltene ligger innenfor modellgrensene. Det vil si at hele nedbøren som bidrar til disse delområdene, er inkludert i de hydrauliske modellene.

Modellgrensene for delområdene Undheim, Bryne og Frøyland dekker bare en del av de tilhørende nedbørfeltene. Oppstrøms grensebetingelser i disse tre hydrauliske modellene ble satt lik hydrogrammene beregnet med nedbør-avløps-modellene for henholdsvis Hååna oppstrøms Undheim, Frøylandsvatnet og Frøylandsbekken (se kapittel 5.3 og 5.4).

Utløp med definert helning i energilinjen, tilnærmet lik helningen av terrenget, ble satt som nedstrøms grensebetingelse ved avslutningen av modellen, slik at det ikke skulle forekomme oppstuving ved avslutningen, og at vannet skulle kunne renne ut fritt. Denne antakelsen tilsvarer omtrent normalvannstand i innsjøene ved modellenes nedre grense (henholdsvis Frøylandsvatnet, Taksdalsvatnet og Horpestadvatnet for Kvernaland / Lye / Frøyland, Undheim og Bryne).

En oversikt over alle grensebetingelser er vist i tabell 12.

Tabell 12: Grensebetingelser i de hydrauliske modellene.

	Grensebetingelse		
Delområde	**Oppstrøms**	**Nedstrøms**	**Indre**
Kvernaland	Nedbør	Helning energilinje	Vannføringskurve, -serie
Lye	Nedbør	Helning energilinje	-
Undheim	Nedbør, hydrogram	Helning energilinje	-
Bryne	Nedbør, konstant Q	Helning energilinje	-
Frøyland	Nedbør, hydrogram	Helning energilinje	-

I delområdet Kvernaland ble det i tillegg satt en indre grensebetingelse for rørledningen som går parallelt til Fjermestadvegen, fra ovenfor tettstedet til Snarvegen. Denne ledningen er for lang for å modellere den som vanlig kulvert. Kapasiteten av ledningen ved forskjellige vannstander ble derfor beregnet grovt med en håndberegning. Sammenhengen mellom vannstand og vannføring ble satt som grensebetingelse ved innløpet til rørledningen. Ved utløpet ble den samme vannmengden lagt i modellen som tilløp.

6.2.4 Begrensninger

Den benyttede hydrauliske modellen beregner avrenningen på overflaten. En forutsetning for prosjektet var å ikke ta hensyn til ledningsnett. Hydrauliske beregninger av ledningsnett har ikke vært del av prosjektet. **I tettstedene avledes en betydelig del av nedbøren via avløpsnettet. Avløpsnettet er ikke inkludert i den hydrauliske modellen.** Som følge av dette representerer resultatene situasjonen at alt vann renner av på overflaten, også i tettstedene der forholdene i overvannsledningsnettet bestemmer omfanget av oversvømmelser. Avhengig av lokale forhold kan vannføringstopper og vannstander beregnet med den hydrauliske modellen avvike fra resultater man ville få med en modell som beregner både avrenningen på overflaten og strømningen i ledningsnettet (se kapittel 6.3).

På grunn av mangel av observerte vannlinjer og flomvannstander i de undersøkte vassdragene kunne det ikke gjennomføres noen kalibrering av de hydrauliske modellene.

Unøyaktig oppmåling av tverrprofiler (se kapittel 3.5 og vedlegg 2) reduserte nøyaktigheten av terrengmodellen, som er grunnlaget for beregningsnettet i den hydrauliske modellen.

Bare de viktigste byggverk i vassdragene ble oppmålt og tatt inn i modellen, dvs. kulverter og bruer i vassdragene i og rundt tettstedene (se kapittel 3.5 og vedlegg 2). Veiunderganger er ikke modellert. Dette fører til oppstuving i modellen på slike steder, mens vannet egentlig ville renne i eller gjennom undergangen, avhengig av terrengforholdene.

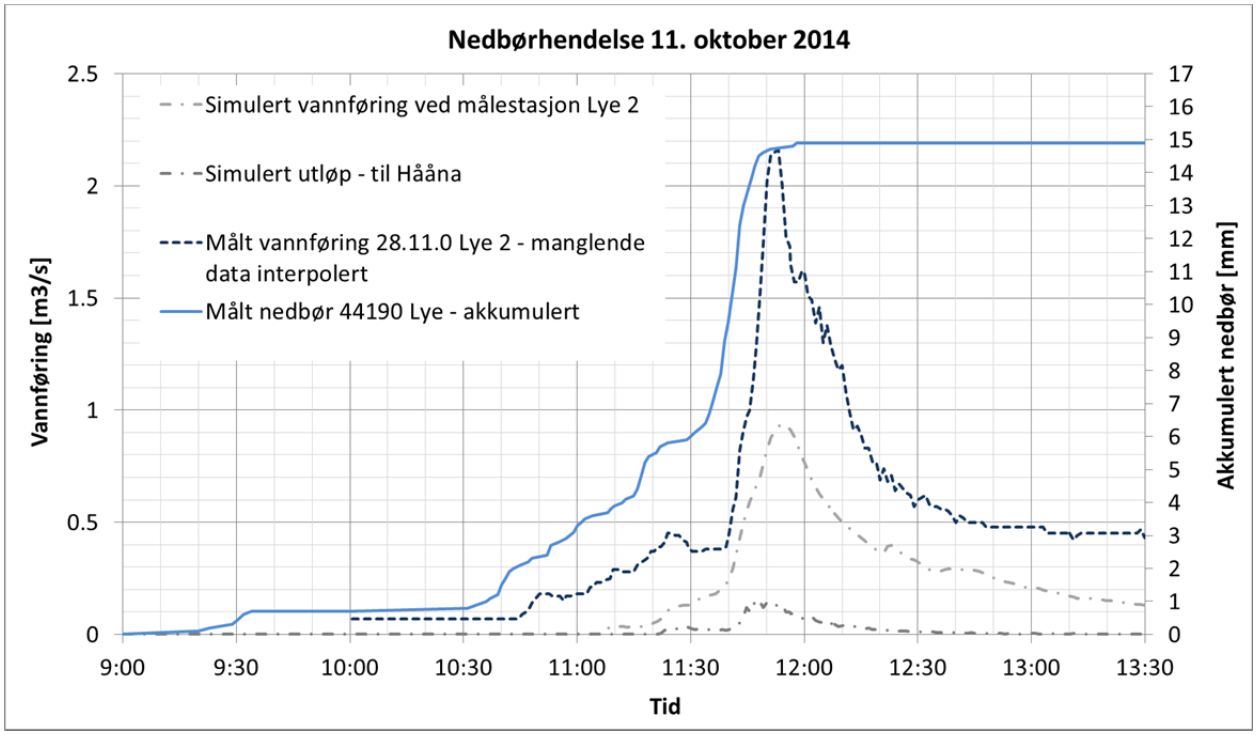
Romlig fordeling av ruheter og avrenningskoeffisienter i de hydrauliske modellene gjenspeiler nåtilstanden. Fremtidige ruhets- og avrenningsforhold som følge av by- og næringsutvikling og andre endringer i arealbruk er dermed ikke inkludert i analysene.

De hydrauliske forholdene for Stemmen i delområdet Frøyland er komplekse. Innsjøen får overført vann fra Frøylandsbekken og har tre utløp. Vannet renner ut via bekken gjennom parkområdet, via et rør til fossen i parken, og via en kanal til den gamle møllen som leder vannet til et rør ut i Frøylandsvatnet. På grunn av manglende data på rørene og hvordan eksisterende luker styres ble strømningen gjennom Stemmen modellert grovt ved bruk av antakelser utfra de beste, tilgjengelige dataene.

6.3 Plausibilitet av hydraulisk modell

Nedstrøms tettstedet Lyefjell ligger vannmerket 28.11.0 Lye 2. Vannføringen målt ved denne stasjonen ble sammenlignet med vannføringen som ble beregnet med den hydrauliske modellen på samme stedet. Til denne analysen ble det brukt en observert nedbørhendelse fra nedbørstasjonen 44190 TIME-LYE (se figur 26).

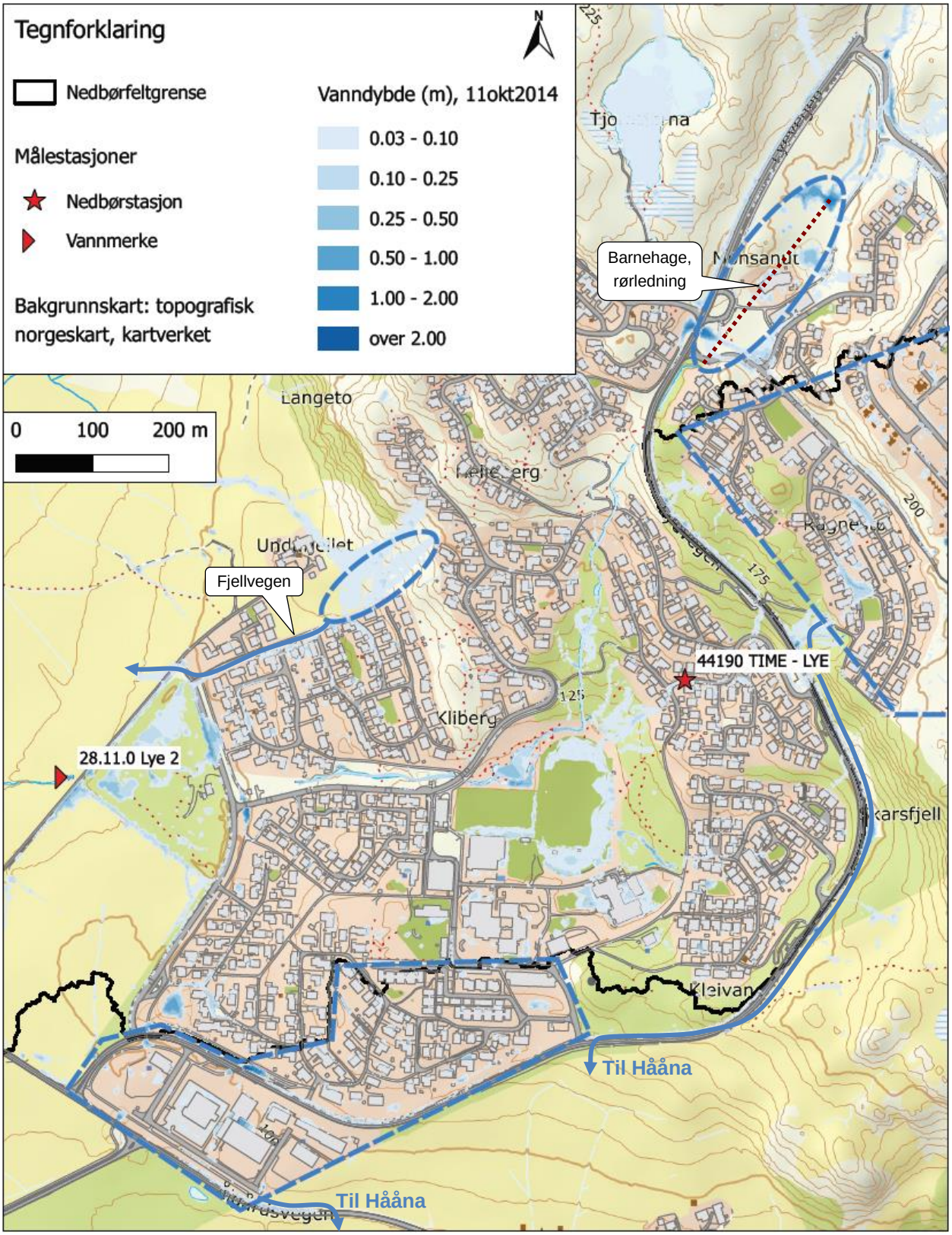
Den målte vannføringstoppen er mer enn dobbelt så stor som vannføringstoppen av den beregnede vannføringsserien (se figur 26).



Figur 26: Målt og simulert vannføring (venstre vertikal akse) samt akkumulert målt nedbør i tettstedet Lyefjell for nedbørhendelsen den 11. oktober 2014 (høyre vertikal akse).

At det ble beregnet lavere avrenning enn målt ved målestasjon Lye 2 forklares av at ledningsnettet ikke er med i den hydrauliske modellen:

- Nedbørfeltgrenser: Det er en forskjell i nedbørfeltet uten og med ledningsnett. I den hydrauliske modellen renner en del overvann som vanligvis tilrenner nedbørfeltet til målestasjonen via ledningsnettet, til nabonedbørfeltet Hååna (se figur 27). I tillegg renner overvann fra Fjellvegen ut på jordbruksarealet i modellen, som egentlig ledes til Njåbekken via avløpsnettet.
- Nedbørfeltkarakteristikk: Nedbørfeltet til målestasjonen Lye 2 er bratt. Særlig avledning i ledninger med stor helning fører til raskere avrenning i tettstedet Lyefjell enn i den hydrauliske modellen uten ledningsnett. Målte vannføringstopper er derfor større enn beregnet med modellen.
- Oppstuving: Rørledningen ved barnehagen er ikke modellert (se figur 27). I dette området forsinkes avrenningen i den hydrauliske modellen gjennom oppstuving og fylling av forsenkninger. Dette bidrar til lavere vannføringstopp i modellen.



Figur 27: Forklaring av lavere avrenning beregnet med hydraulisk modell sammenlignet med målt vannføring ved vannmerket 28.11.0 Lye 2.

6.4 Simuleringer

For analyse av avrenningen på overflaten og i vassdrag i delområdene ble det gjennomført simuleringer for forskjellige varigheter av 20-års og 200-års nedbør med 20 % klimapåslag (nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, se kapittel 3.4.2). De varighetene som resulterte i størst oversvømt areal og høyest vannstand, ble valgt som dimensjonerende nedbørhendelser (tabell 13).

På grunn av topografien av og størrelsen på delområdet Lye var forskjellige varigheter dimensjonerende innenfor dette delområdet, avhengig av oppstrøms tilrenningsareal. For delområdet Lye ble det derfor ikke valgt en bestemt varighet, men maksimumsverdiene av resultatene for fire forskjellige varigheter (se tabell 13).

Tabell 13: Oversikt over simuleringer med de hydrauliske modellene og dimensjonerende nedbørmengder brukt i simuleringene.

Simulering av delområde	**Gjentaksintervall [år]**	**Varighet [min]**	**Nedbørmengde inkl. 20 % klimapåslag [mm]**
Kvernaland	20	120	37,3
Lye	20	60 / 90 / 180 / 360	32,5 / 34,9 / 42,0 / 56,3
Undheim	20	90	34,9
Bryne	20	360	56,3
Frøyland	20	60	32,5
Kvernaland	200	120	97,2
Lye	200	60 / 90 / 180 / 360	75,6 / 87,6 / 111,6 / 141,6
Undheim	200	90	87,6
Bryne	200	360	141,6
Frøyland	200	60	75,6

6.5 Oversvømt areal og vanndybde

I hvert delområde ble de mest kritiske stedene identifisert etter følgende kriterier:

- Bebyggelse er rammet, vanndybde ≥ 0,1 m
- Tydelig flomvei eller oversvømt areal krysser hovedvei (fylkesvei)
- Betydelig oppstuving ved byggverk (f. eks. ved kulvert eller veiundergang)

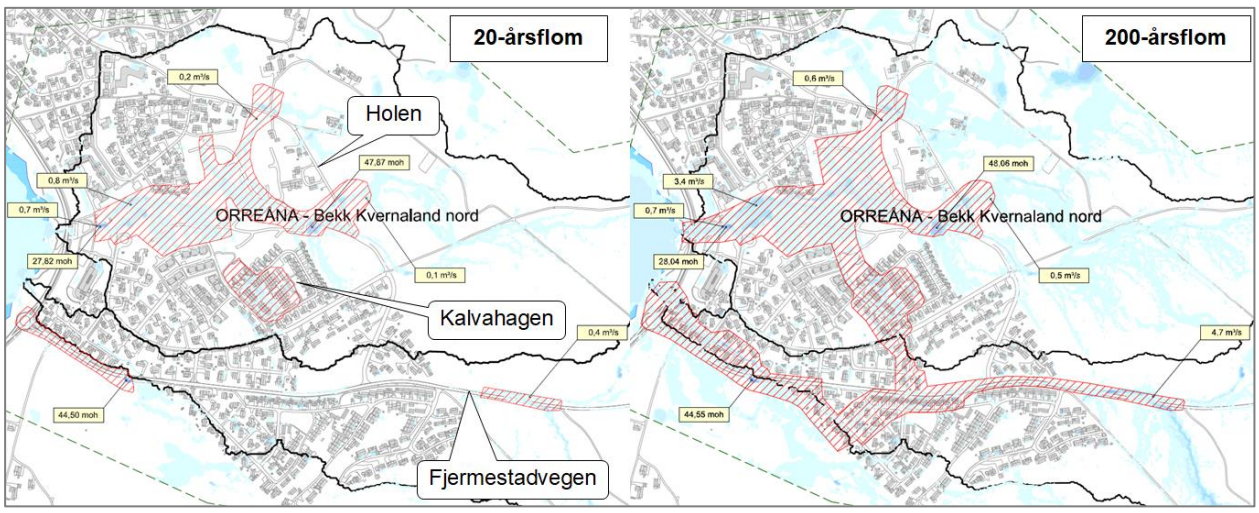
I vedlagte tegninger er det angitt enten vannføring på steder med rennende vann, eller vannstander på steder med stående vann.

6.5.1 Kvernaland

Kart over oversvømt areal og vanndybde **ved 20-årsflom** er vist i tegning nr. H 142.

Ovenfor Kvernaland krysser vann Fjermestadvegen (figur 28). På dette stedet er det imidlertid en kulvert under Fjermestadvegen som ikke er modellert. Lengre ned i Fjermestadvegen oppstuves vann ved undergangen og det renner ned vegen til rundkjøringen. Ved Kalvahagen er bebyggelse rammet. På begge sider av gården Holen renner vann ned bakken og samler seg ved innløpet til kulverten som går ut i Frøylandsvatnet. I dette området er eksisterende bebyggelse på kartet ikke rammet, men det oversvømte arealet ligger i et byggefelt, der en ny skole, boliger og et parkområde bygges. Skolebygget, noen enkelte boliger og parkområdet, samt bekkeløp med fordrøyningsdam og flere kulverter, er ferdigstilt. Verken nytt utformet terreng, bekkeløp eller bygninger er med i den hydrauliske modellen.

Ved 200-årsflom er de samme stedene rammet, men oversvømmelsene er mer omfattende, slik at det blir et stort sammenhengende kritisk område (figur 28). Kart over oversvømt areal og vanndybde ved 200-årsflom er vist i tegning nr. H 144.



Figur 28: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) i Kvernaland. For detaljer se tegning nr. H 142 og H 144.

6.5.2 Lye

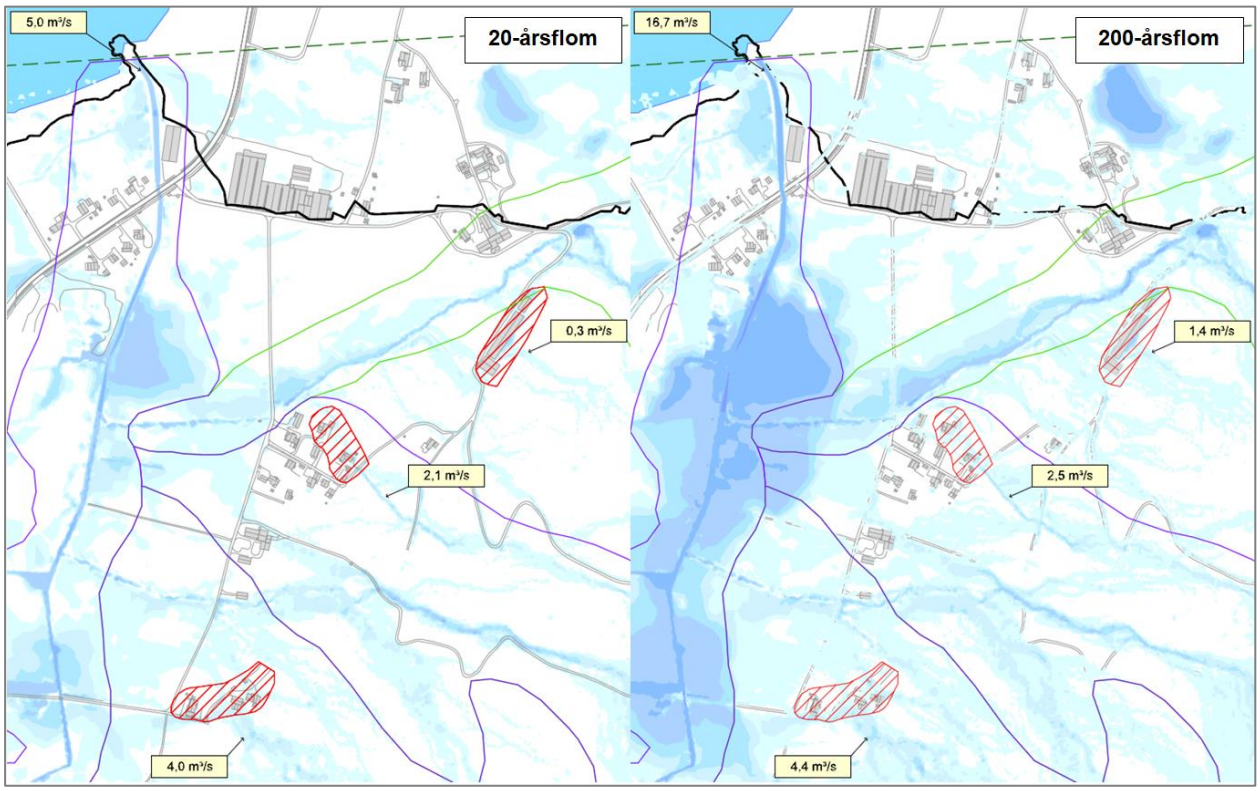
Kart over oversvømt areal og vanndybde **ved 20-årsflom** er vist i tegning nr. H 243 (nordlig del) og H 244 (sørlig del).

I den nordlige delen av delområdet er det tre gårder som er rammet av avrenning på overflaten (figur 29).

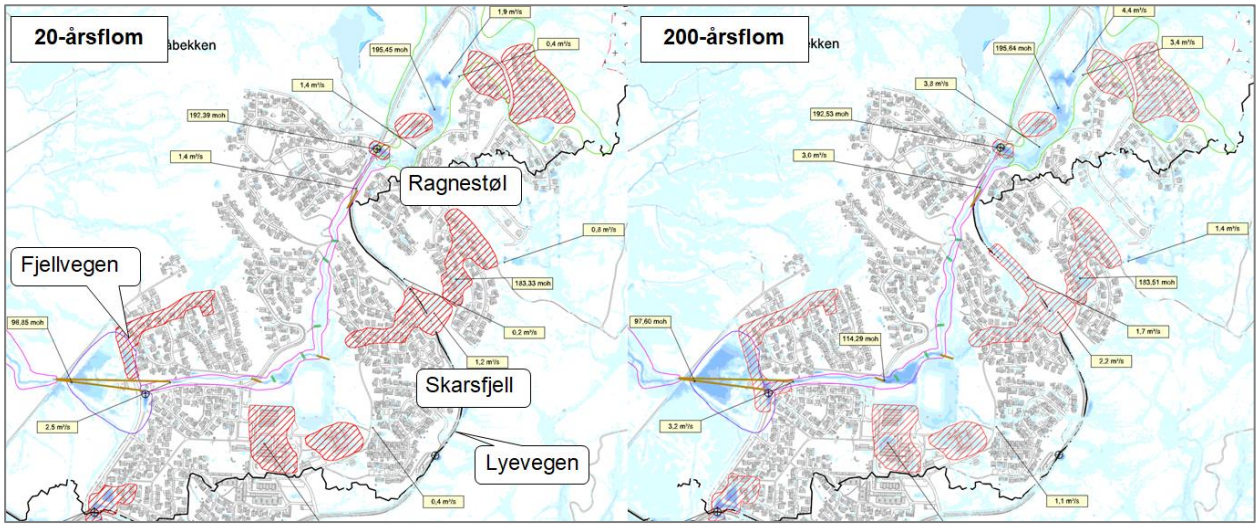
I den sørlige delen er boliger i Ragnestøl og nedenfor Skarsfjell rammet (figur 30). Området rundt barnehagen er oversvømt, og vann oppstuves ved undergangen under Lyevegen. Det er imidlertid to rørledninger og en kulvert i dette området som ikke er modellert. Det gjelder kulverten under Lyevegen lengst nord i tettstedet, og rørledningene henholdsvis forbi barnehagen under veien Ragnestøl og under Lyevegen ved Skarsfjell. Som følge av dette ville den største delen av vannet renne gjennom rørledningene, og det oversvømte arealet i dette området ville være mindre.

I den sørvestlige delen av tettstedet er skole- og idrettsbygg og Fjellvegen rammet, og overvann stuves opp ved undergangen under Lyevegen.

Ved 200-årsflom er det oversvømte arealet betydelig større, men de samme stedene er rammet. I tillegg er Lyevegen ved Skarsfjell oversvømt (figur 30). Kart over oversvømt areal og vanndybde ved 200-årsflom er vist i tegning nr. H 247 (nordlig del) og H 248 (sørlig del).



Figur 29: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) i Lye. For detaljer se tegning nr. H 243 og H 247.



Figur 30: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) i Lye. For detaljer se tegning nr. H 244 og H 248.

6.5.3 Undheim

Kart over oversvømt areal og vanndybde **ved 20-årsflom** er vist i tegning nr. H 342.

I tettstedet er rundkjøringen, området rundt veikrysset Fv. 505 / Storaundheim (figur 31) og noen bygninger ved Sælandsvegen rammet (figur 32).

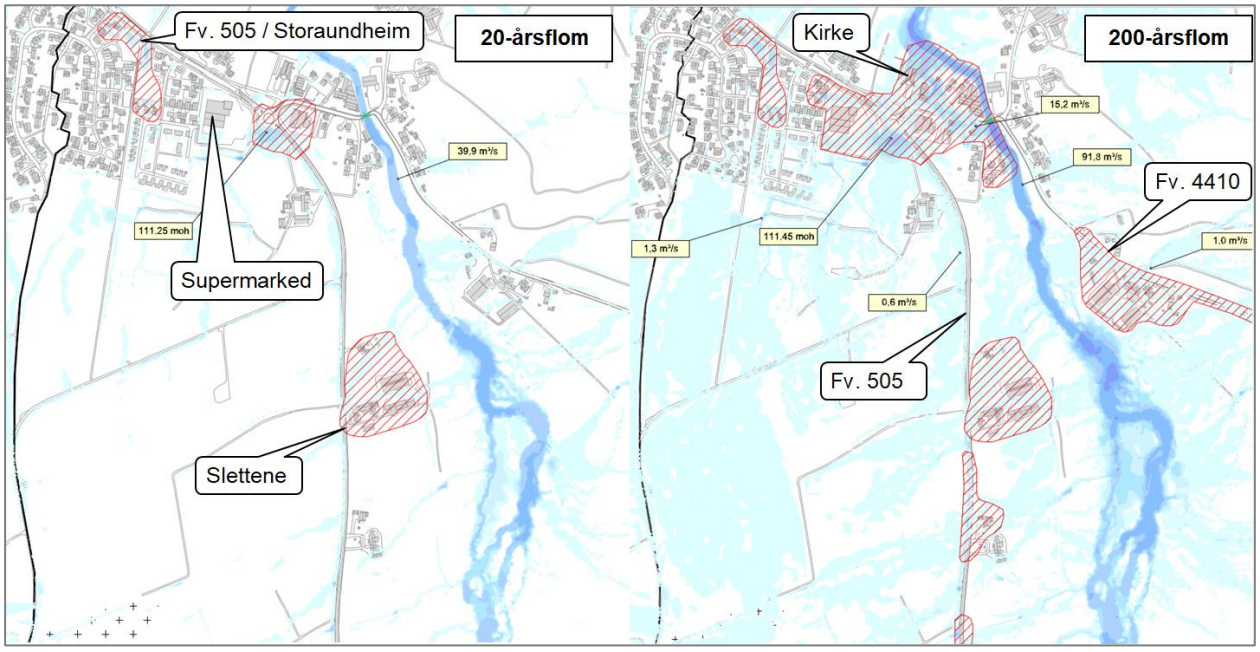
Fire gårder / næringsbygg utenfor tettstedet ligger i flomveier: Myra og Tunheim vest for Undheim (figur 33), Slettene sør for Undheim (figur 31), og to næringsbygg i Litla Undheim (figur 32).

Ved 200-årsflom er området mellom supermarkedet og elva rammet hardt (figur 31). Hååna går over sine bredder oppstrøms brua. Flomvann (ca. 15 m^3/s) renner i en sløyfe i vestlig retning mellom bygningene forbi kirken og tilbake til elveløpet nord for kirken. Flomveiene gjennom gårdene vest for Undheim har stor vannføring (figur 33).

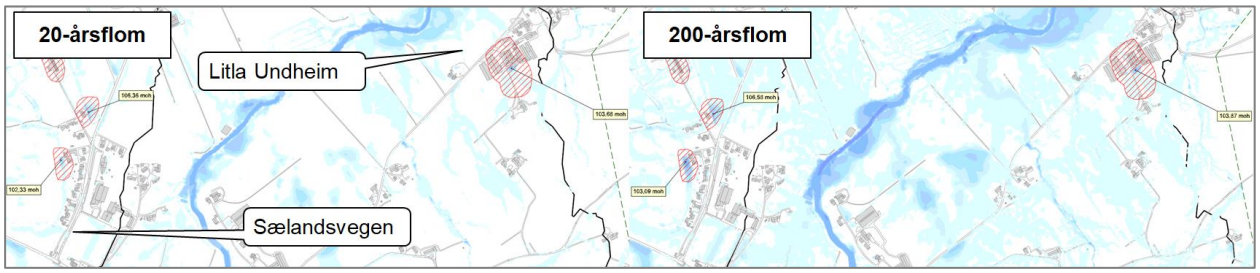
I tillegg oversvømmes Fv. 4410 og gården sør-øst for Undheim (figur 31). Vann oppstuves ved Fv. 505 sør for tettstedet og veien oversvømmes på flere steder. Dreneringssystemet av denne veien er imidlertid ikke med i modellen (grøfter langs veien med kulverter ved stikkveier og kulverter under veien på flere steder). Ved modellering av dreneringssystemet langs Fv. 505 ville mindre vann renne over veien, men ledes til østsiden av veien gjennom kulverter og renne over landbruksarealet ned til Hååna. Det er sannsynlig at mindre vann ville renne nord mot tettstedet langs veien.

Videre er Fv. 505 også rammet ved Tunheim på to steder, samt Fv. 4404 (figur 33). Det er mye oppstuving i dette området, men også her er ikke kulverter under veiene med i modellen.

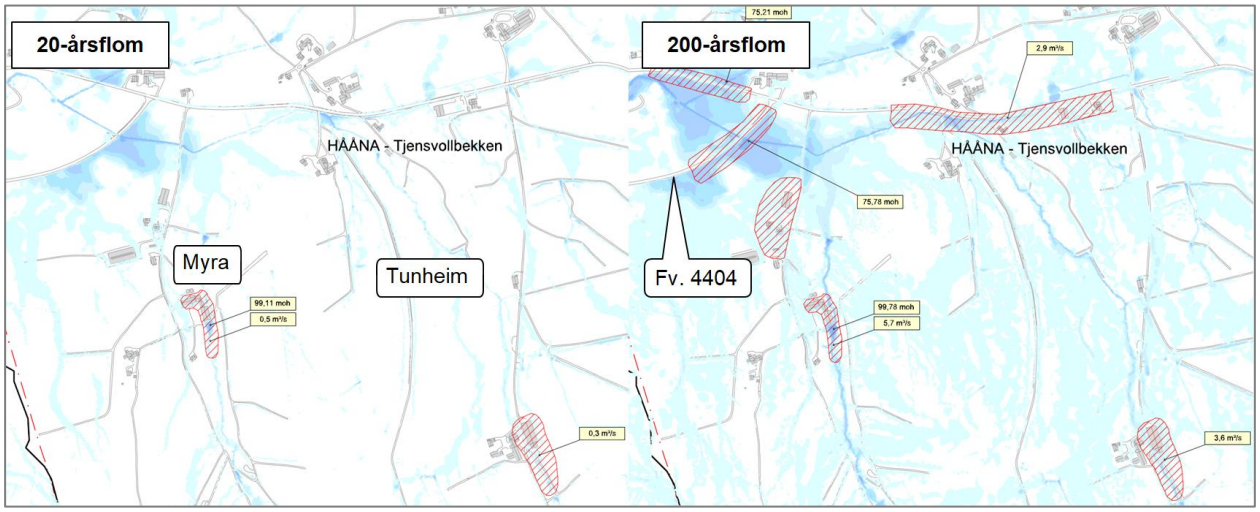
Kart over oversvømt areal og vanndybde ved 200-årsflom er vist i tegning nr. H 344.



Figur 31: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) i Undheim. For detaljer se tegning nr. H 342 og H 344.



Figur 32: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) nord for Undheim. For detaljer se tegning nr. H 342 og H 344.



Figur 33: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) vest for Undheim. For detaljer se tegning nr. H 342 og H 344.

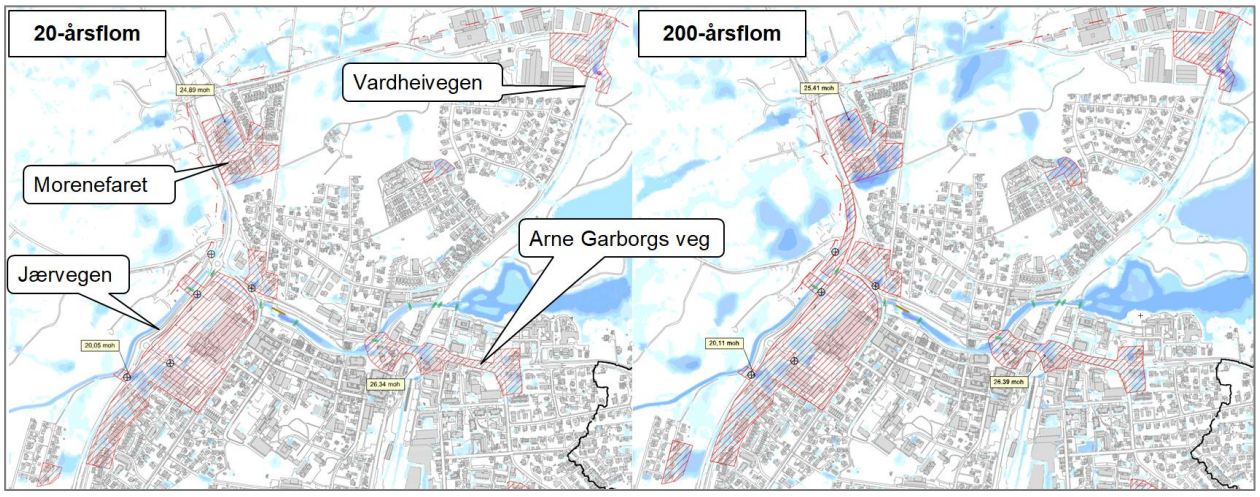
6.5.4 Bryne

Kart over oversvømt areal og vanndybde **ved 20-årsflom** er vist i tegning nr. H 443 (nordlig del) og H 444 (sørlig del).

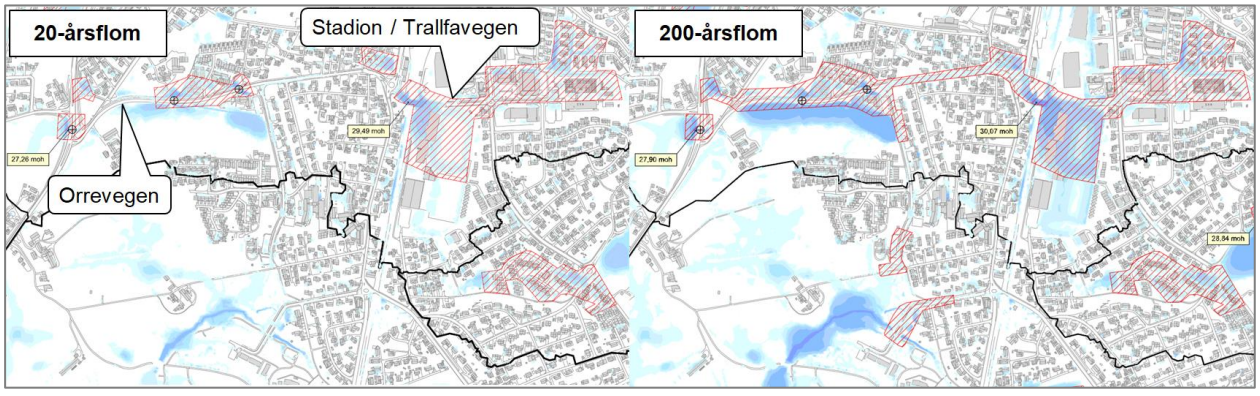
I den nord-vestlige delen av tettstedet er næringsbygg og noen boliger rammet (figur 34). Ved Nordlysvegen renner vann over Vardheivegen til undergangen under jernbanelinjen (undergangen er ikke modellert). Ved Morenefaret samles vann i større forsenkninger rundt bygninger. Langs Jærvegen er underganger (ikke modellert), kjøpesenteret og boliger rammet. I Arne Garborgs veg er det overvann på veien og inntil noen bygninger ved rundkjøringene.

Ved Orrevegen fylles store forsenkninger, vann oppstuves ved undergangen og noen bygninger nord for veien er rammet (figur 35). Det er mye overvann ved stadion og bygninger ved Trallfa- og Pastellvegen.

I næringsområdet Breimyra er Brøytvegen og flere bygninger oversvømt (figur 36).



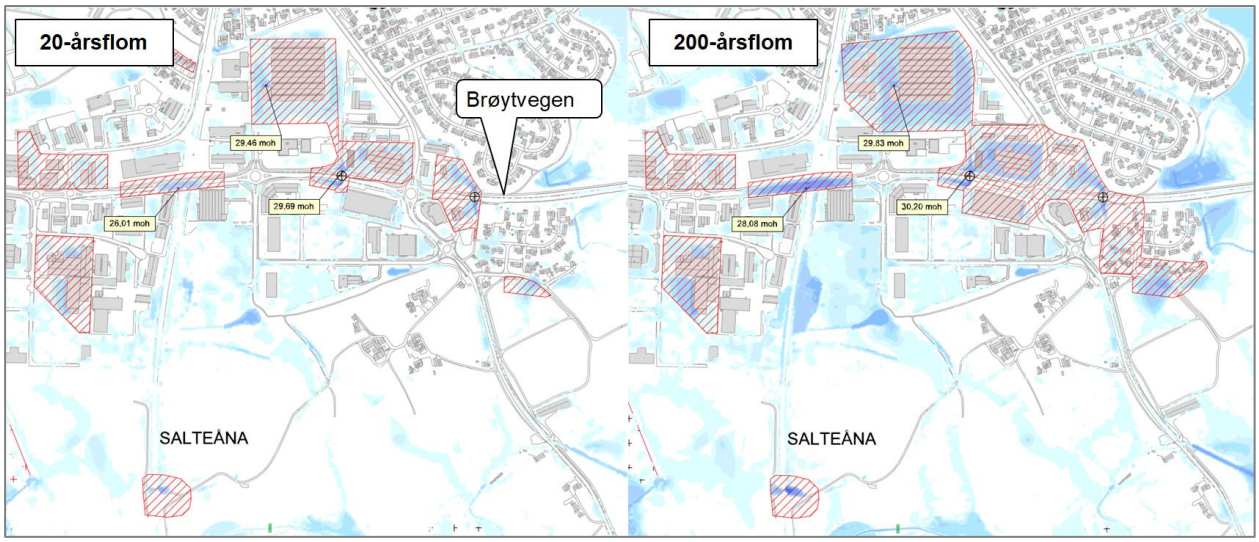
Figur 34: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) nord-vest i Bryne. For detaljer se tegning H 443 og H 447.



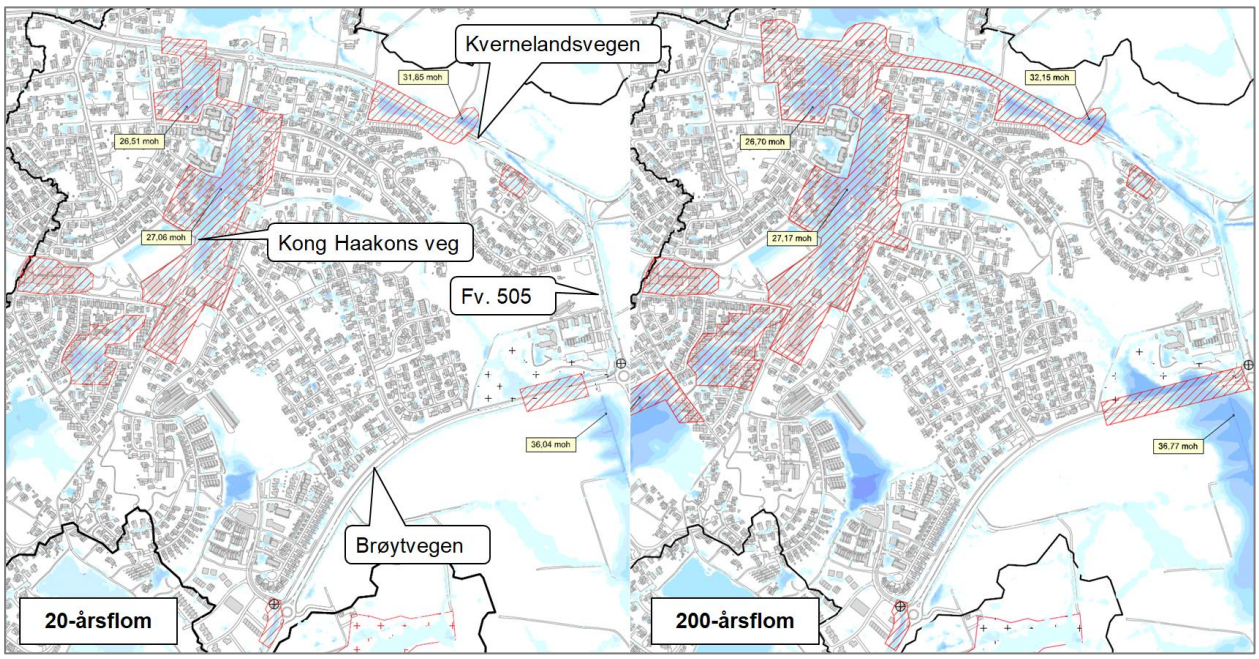
Figur 35: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) sentralt i Bryne. For detaljer se tegning nr. H 443 og H 447.

Videre er Kong Haakons veg og bygninger langs vegen rammet som følge av fylling av utstrakte forsenkninger (figur 37). Vann oppstuves ved eller renner over Kvernelandsvegen. Brøytvegen er oversvømt vest for rundkjøringen på Fv. 505.

Utenfor tettstedet er næringsbygninger på Ramshaug sør-vest for Bryne og enkelte steder sør-øst for Bryne rammet.



Figur 36: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) sør i Bryne. For detaljer se tegning nr. H 444 og H 448.



Figur 37: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (venstre) og 200-årsflom (høyre) øst i Bryne. For detaljer se tegning nr. H 443 og H 447.

Ved 200-årsflom er omfanget av oversvømmelser større, særlig ved Orrevegen, Kong Haakons veg, Kvernelandsvegen og i næringsområdet Breimyra (figur 36 og figur 37). Kart over oversvømt areal og vanndybde ved 200-årsflom er vist i tegning nr. H 447 (nordlig del) og H 448 (sørlig del).

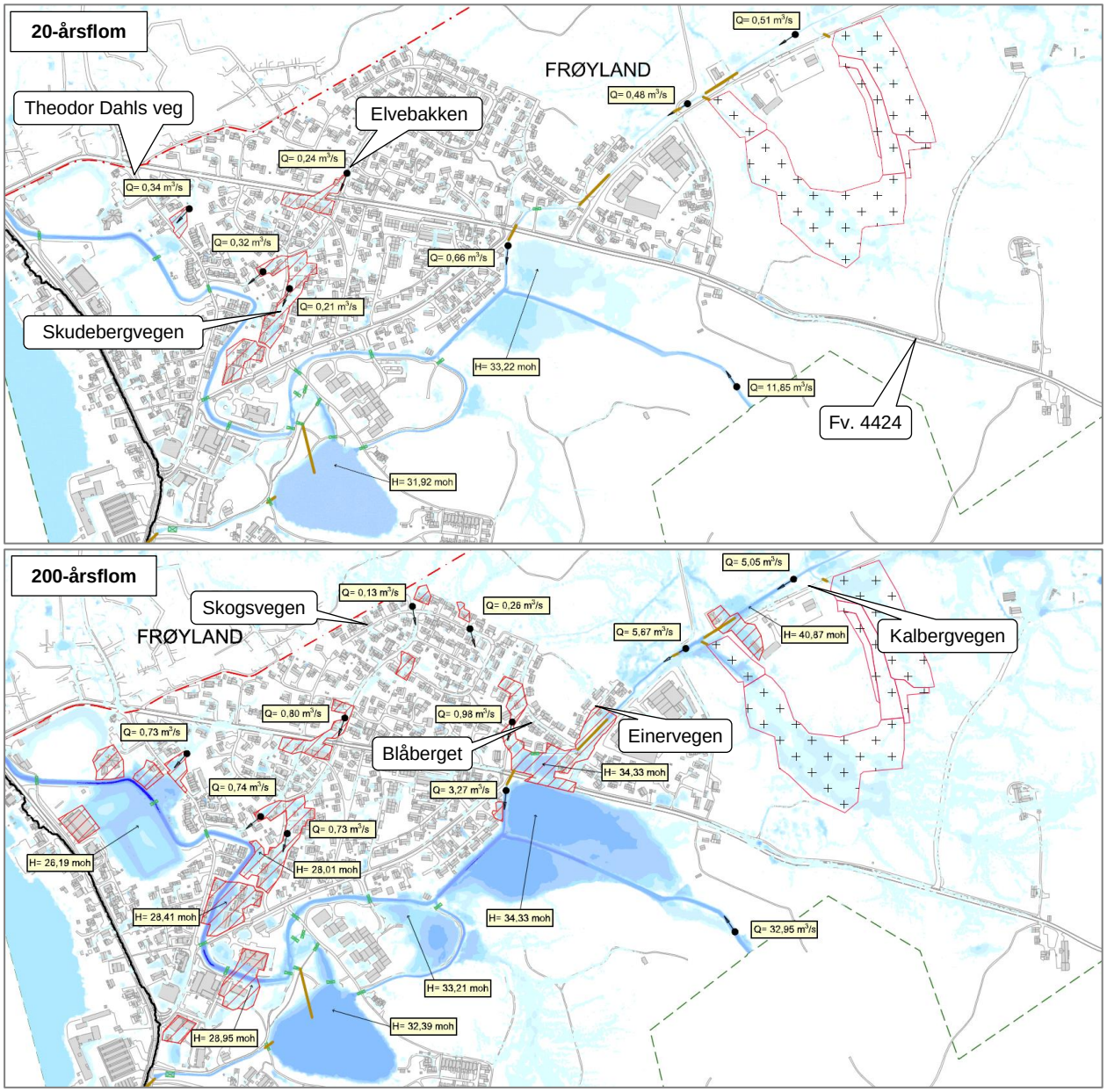
I tillegg er det laget kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20- og 200-årsflom på grunnlag av de ovenenvnte beregningene og hydrauliske beregninger kombinert med ledningsnettberegninger for Bryne sentrum fra et annet prosjekt. Resultatene er vist i tegning nr. H 543, H 547 (nordlig del), H 544 og H 548 (sørlig del).

6.5.5 Frøyland

Kart over oversvømt areal og vanndybde **ved 20-årsflom** er vist i tegning nr. H 641.

Det er kun få kritiske steder ved 20-årsflom (figur 38). En eiendom i Theodor Dahls veg og noen hus i Skudebergvegen og i Elvebakken / Fv. 4424 er berørt. Ved Elvebakken renner noe vann over Fv. 4424.

Ved 200-årsflom er i tillegg noen bygninger ved idrettsbanen berørt (figur 38). To eiendommer nedstrøms parkarealet er oversvømt. Vann fra bakken nord for tettstedet renner av på overflaten og inn i bebyggelsen ved Skogsvegen. Noen hus i Blåberget og Einervegen er berørt, og kapasiteten til kulverten under Fv. 4424 er brukt opp. I Kalbergvegen oversvømmes to næringsbygg. Kart over oversvømt areal og vanndybde ved 200-årsflom er vist i tegning nr. H 642.



Figur 38: Kritiske steder på kart over oversvømt areal og vanndybde ved 20-årsflom (øverst) og 200-årsflom (nederst) i Frøyland. For detaljer se tegning nr. H 641 og H 642.

7. Kapasitet til vassdrag som mottar overvann

For tre elver / bekker (Njåbekken, Roslandsåna, Salteåna) og tre innsjøer / vatn (Frøylandsvatnet, Eivindsholtjørna, Smukkevatnet) som mottar overvann fra tettbebyggelse (resipienter), ble henholdsvis den hydrauliske kapasiteten og flomdempingsevnen analysert ved bruk av de hydrauliske og hydrologiske modellene.

Med hydraulisk kapasitet til en elv eller bekk er det ment hvor mye vann som kan avledes uten at elva eller bekken går over sine bredder (breddfull vannføring).

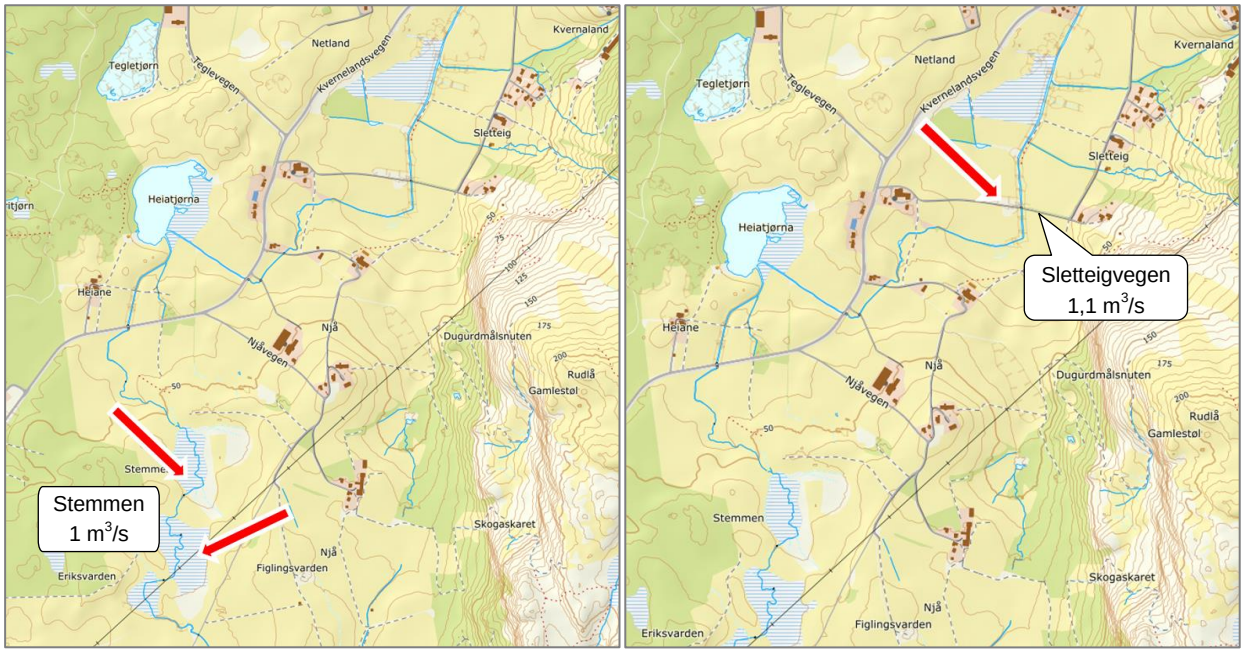
For en innsjø er den hydrauliske kapasiteten her vannvolumet mellom normalvannstanden og vannstanden som gir vesentlige skader som følge av oversvømmelse.

Flomdempingsevne beskriver effekten av et vassdrag på formen av en flombølge, dvs. forsinkelse og reduksjon av flomtoppen nedover langs vassdraget. En parameter for denne effekten er vannvolumet som «midlertidig lagres» utenfor hovedelveløpet under flom.

7.1 Elver

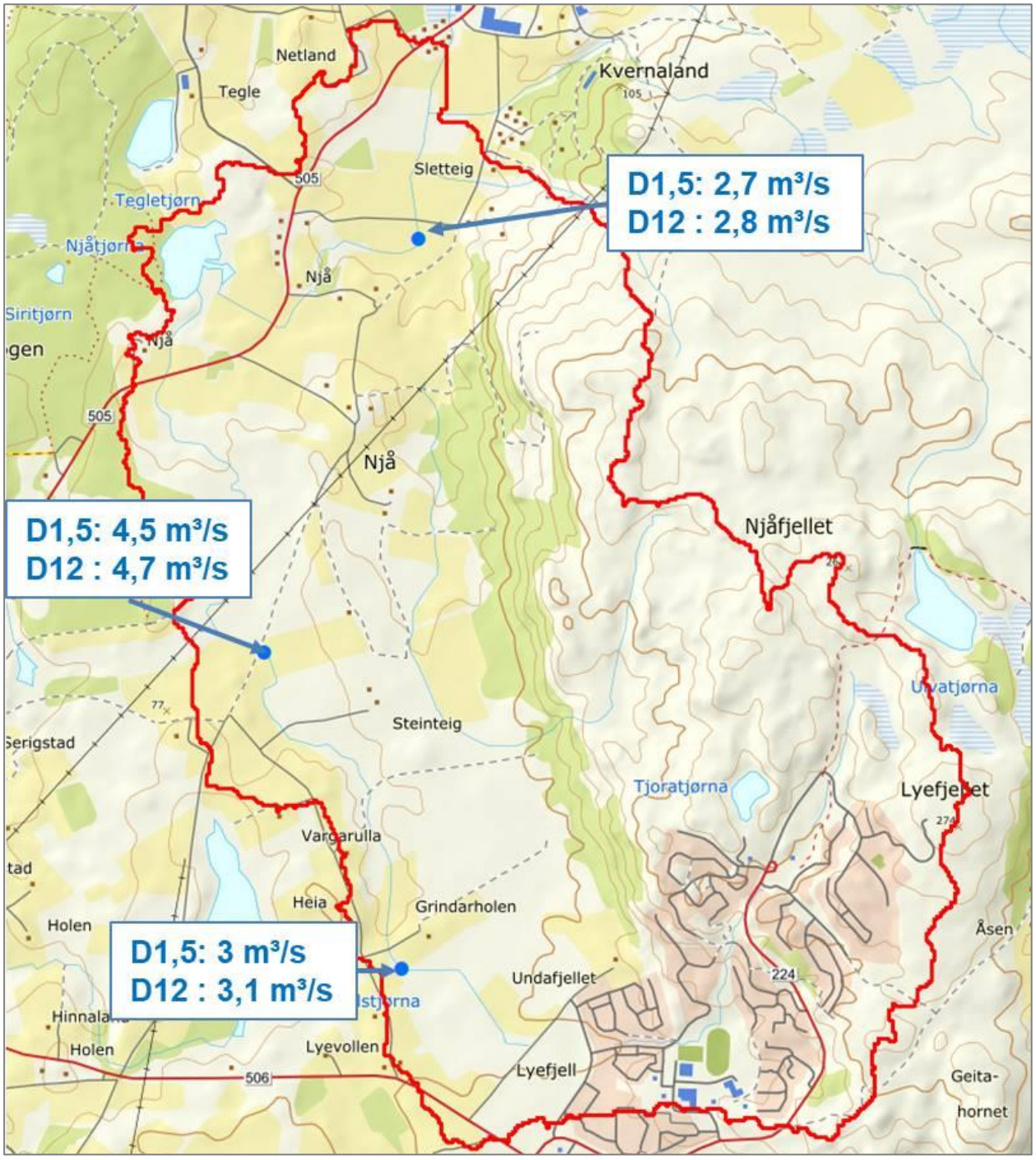
7.1.1 Njåbekken

De første oversvømmelser langs Njåbekken opptrer ved en vannføring på rundt 1 m^3/s i myrområdene ved Stemmen (figur 39). Ved 1,1 m^3/s oversvømmes Sletteigvegen, og ved 3,7 m^3/s begynner det å renne over Kvernelandsvegen øst for Njåtjørna. 1 m^3/s ble bestemt som breddfull vannføring.

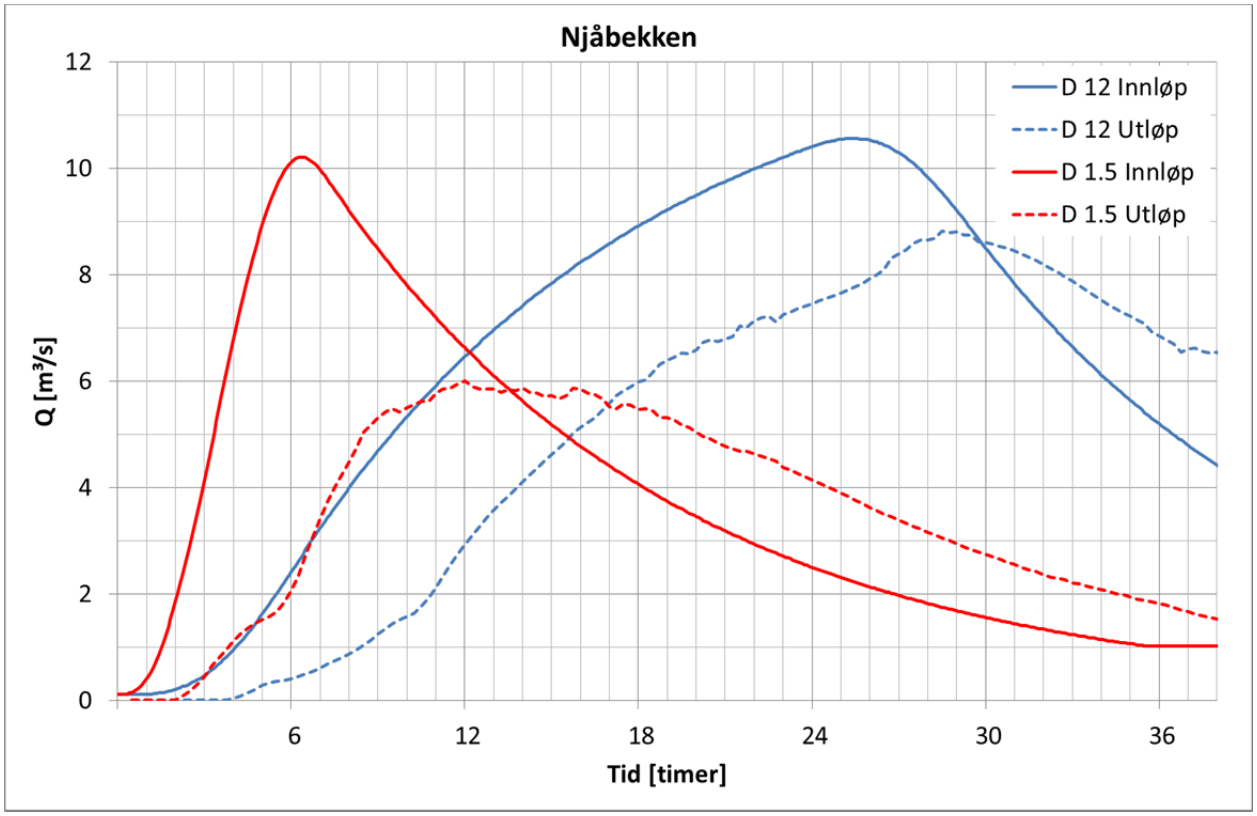


Figur 39: Steder (råde piler) der Njåbekken går over sine bredder ved 1 m^3/s (venstre) og 1,1 m^3/s (høyre). Bakgrunnskart: topografisk Norgeskart, kartverket.

Flomdempingseffekten ble analysert ved å modellere to flomhendelser, 200-års nedbør med varigheter på 90 minutter og 12 timer. Njåbekkens nedbørfelt ble delt opp i tre delfelt, og tilhørende vannføringsserier ble beregnet med nedbør-avløps-modellen for Frøylandsvatnet (jf. kapittel 5.4). Vannføringsseriene ble brukt som grensebetingelser i den hydrauliske modellen på de tre respektive stedene (figur 40). Demping av flombølgene er vist i figur 41.



Figur 40: Steder med vannføringsserier som grensebetingelser i hydraulisk modell for Njåbekken. Kulminasjonsvannføringer for 200-årsflom og varigheter av nedbørhendelsen er oppgitt på hvert sted (D 1,5 = 90 minutter, D 12 = 12 timer). Nedbørfeltgrense er vist med rød linje. Bakgrunnskart: topografisk Norgeskart, kartverket.

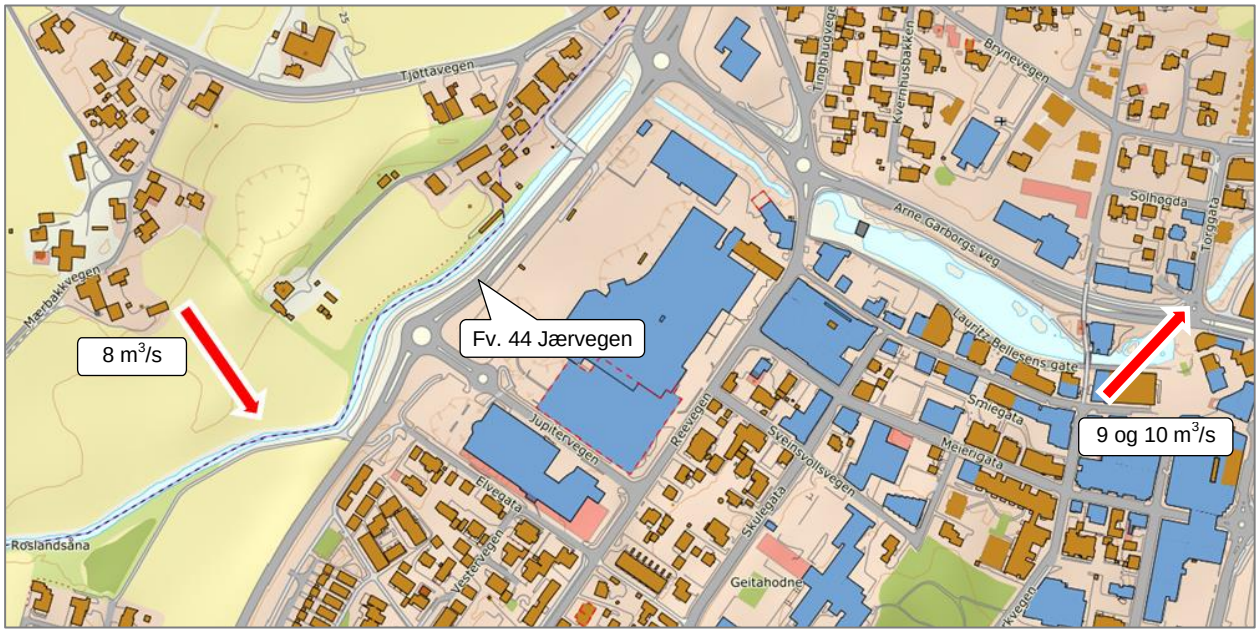


Figur 41: Forandring av 200-års flombølger i Njåbekken. Nedbør med 90 minutter (rødt) og 12 timer varighet (blått); heltrukket linje er vannføringen nedstrøms tettstedet Lyefjell, stiplet linje ved utløpet i Frøylandsvatnet.

Vannvolumet som er midlertidig lagret utenfor hovedelveløpet på strekningen fra nedstrøms tettstedet Lyefjell til Frøylandsvatnet ble beregnet til 127 000 m³ for hendelsen med varighet på 90 minutter, og til 178 000 m³ for 12 timer hendelsen.

7.1.2 Roslandsåna

Stedet der elva går over sine bredder først, ved en vannføring på mellom 7 m^3/s og 8 m^3/s, ligger nedstrøms tettbebyggelsen vest for Fv. 44 / Jærvegen (figur 42). Ved henholdsvis 9 m^3/s og 10 m^3/s begynner det å renne fra elva inn på Torggata og Arne Garborgs veg. 8 m^3/s ble bestemt som breddfull vannføring.

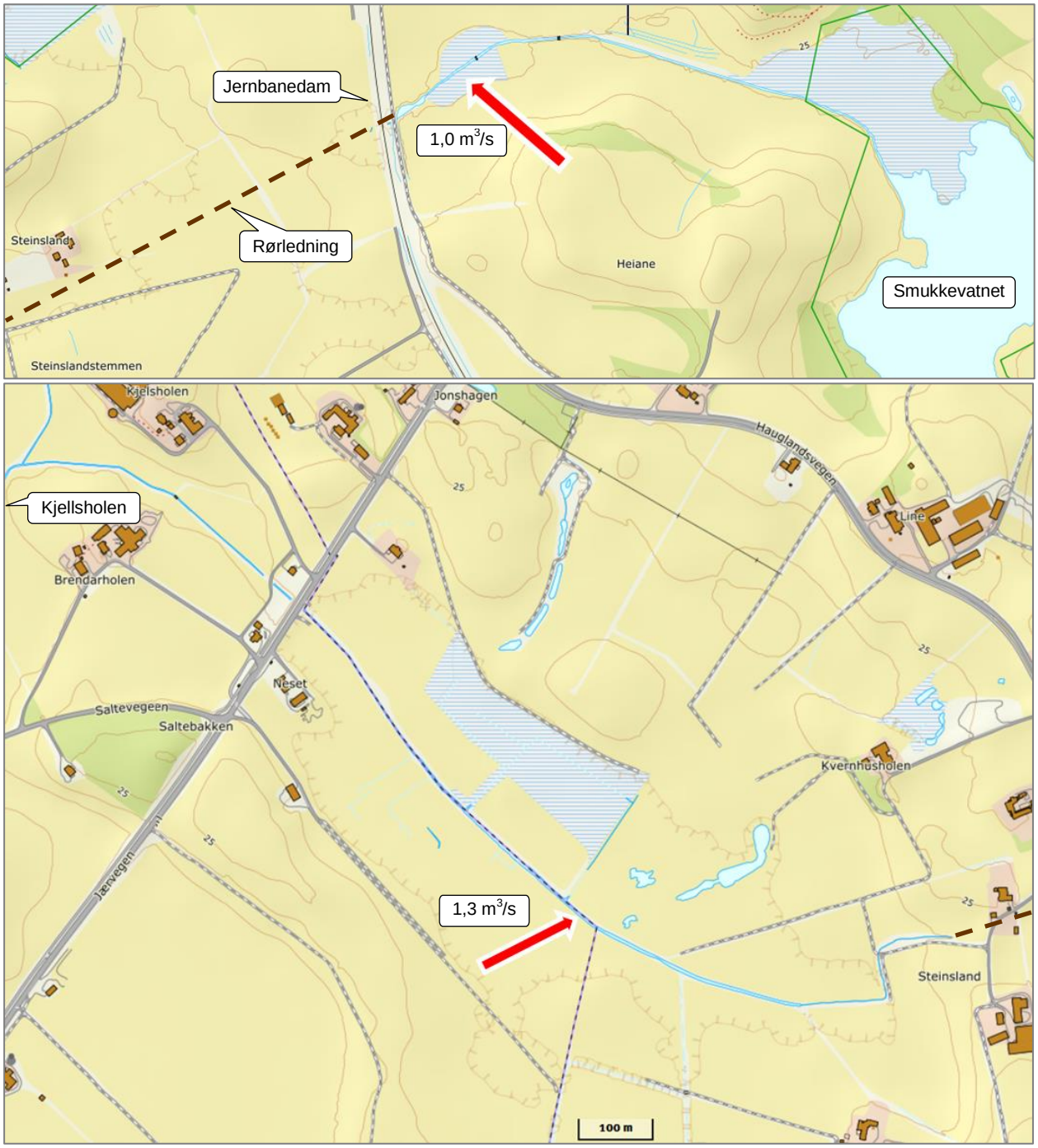


Figur 42: Steder (røde piler) der Roslandsåna går over sine bredder ved henholdsvis 8, 9 og 10 m^3/s.

Flomdempingseffekten i Roslandsåna ble ikke beregnet, siden elva er kanalisert på hele strekningen til Horpestadvatnet. Derfor kan det forventes liten flomdemping. At elva ikke går over sine bredder ved en vannføring på 20,8 m^3/s i kombinasjon med 200-års overvannsflom, bortsett fra enkelte steder, deriblant stedene vist i figur 42, er synlig i tegning nr. H 447.

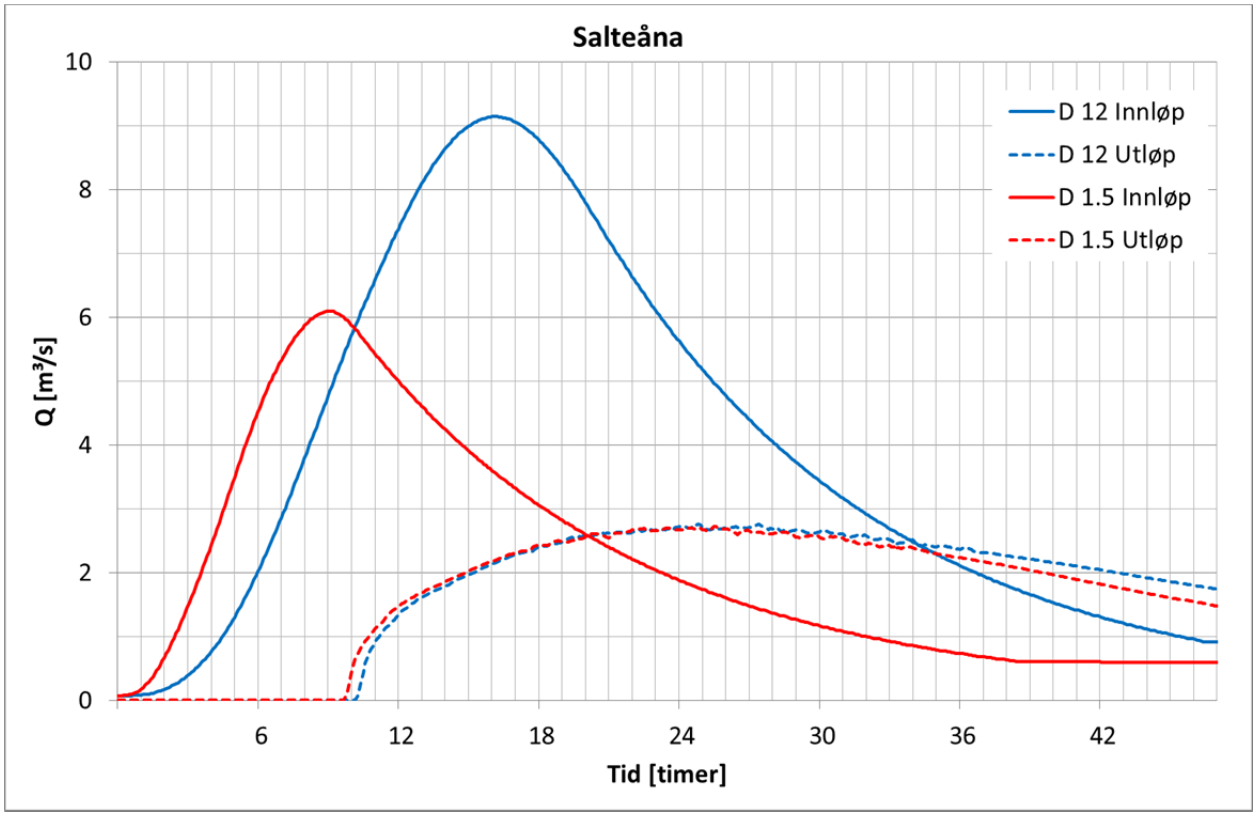
7.1.3 Salteåna

Ved en vannføring på rundt 1,0 m^3/s oversvømmes myrområdet oppstrøms jernbanen (figur 43). Med økende vannføring demmes vann opp ved jernbanedammen. Ved 1,3 m^3/s går Salteåna over sine bredder ved landbruksarealet nedstrøms Steinsland (figur 43). For vannføringer høyere enn 4,5 m^3/s renner vann over jernbanedammen. Dette er imidlertid en ekstremt sjelden flomvannføring. 1,3 m^3/s ble bestemt som breddfull vannføring.



Figur 43: Steder (røde piler) der Salteåna går over sine bredder ved henholdsvis 1,0 m^3/s (øverst) og 1,3 m^3/s (nederst).

Flomdempingseffekten ble analysert ved å modellere to flomhendelser, 200-års nedbør med varigheter på 90 minutter og 12 timer. Vannføringsserier for Salteånas nedbørfelt oppstrøms Kjellsholen (se figur 43 og tegning nr. 100 nord) ble beregnet med nedbør-avløps-modellen for Smukkevatnet, og ble satt som oppstrøms grensebetingelse i den hydrauliske modellen. Demping av flombølgene er vist i figur 44.



Figur 44: Forandring av 200-års flombølger i Salteåna. Nedbør med 90 minutter (rødt) og 12 timer varighet (blått); heltrukket linje er vannføringen oppstrøms Smukkevatnet, stiplet linje ved Kjellsholen.

Volumet utenfor hovedelveløpet på strekningen fra rørledningen under jernbanen til Kjellsholen ble beregnet til 66 000 m³ for hendelsen med varighet på 90 minutter, og til 67 000 m³ for 12 timer hendelsen. Volum og vannstand i Smukkevatnet samt maksimum vannføring gjennom rørledningen er gitt i tabell 14.

Forskjellen mellom verdiene for volumet utenfor Salteånas hovedelveløp er liten, til tross for større flomdemping for varighet på 12 timer enn for varighet på 90 minutter (se figur 44). Grunnen til den lille forskjellen er at volumene gjelder Salteåna på strekningen fra rørledningen under jernbanen til Kjellsholen, og på denne strekningen er elva kanalisert. Flomdempingen som man ser i figur 44, er dempingen av flombølgene i Smukkevatnet.

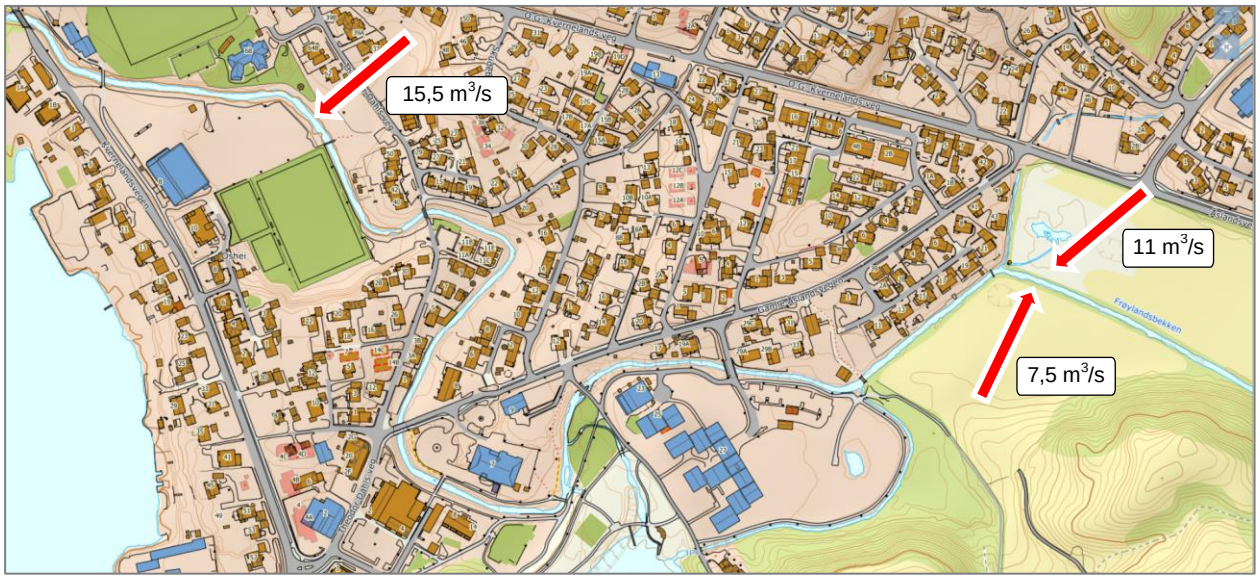
Tabell 14: Reguleringsvolum og maksimum vannstand i Smukkevatnet, maksimum vannføring gjennom rørledning, og midlertidig lagret volum utenfor Salteånas hovedelveløp for 200-års nedbør med varighet på 90 minutter og 12 timer.

	200-års, 90 min	200-års, 12 timer
Reguleringsvolum* Smukkevatnet	150 000 m³	317 000 m³
Maksimum vannstand Smukkevatnet	25,0 moh	25,6 moh
Maksimum vannføring gjennom rørledning under jernbanen	0,8 m³/s	1,0 m³/s
Volum Salteåna utenfor hovedelveløp nedstrøms rørledning under jernbanen	66 000 m³	67 000 m³

* Vannvolum over normalvannstand

7.1.4 Frøylandsbekken

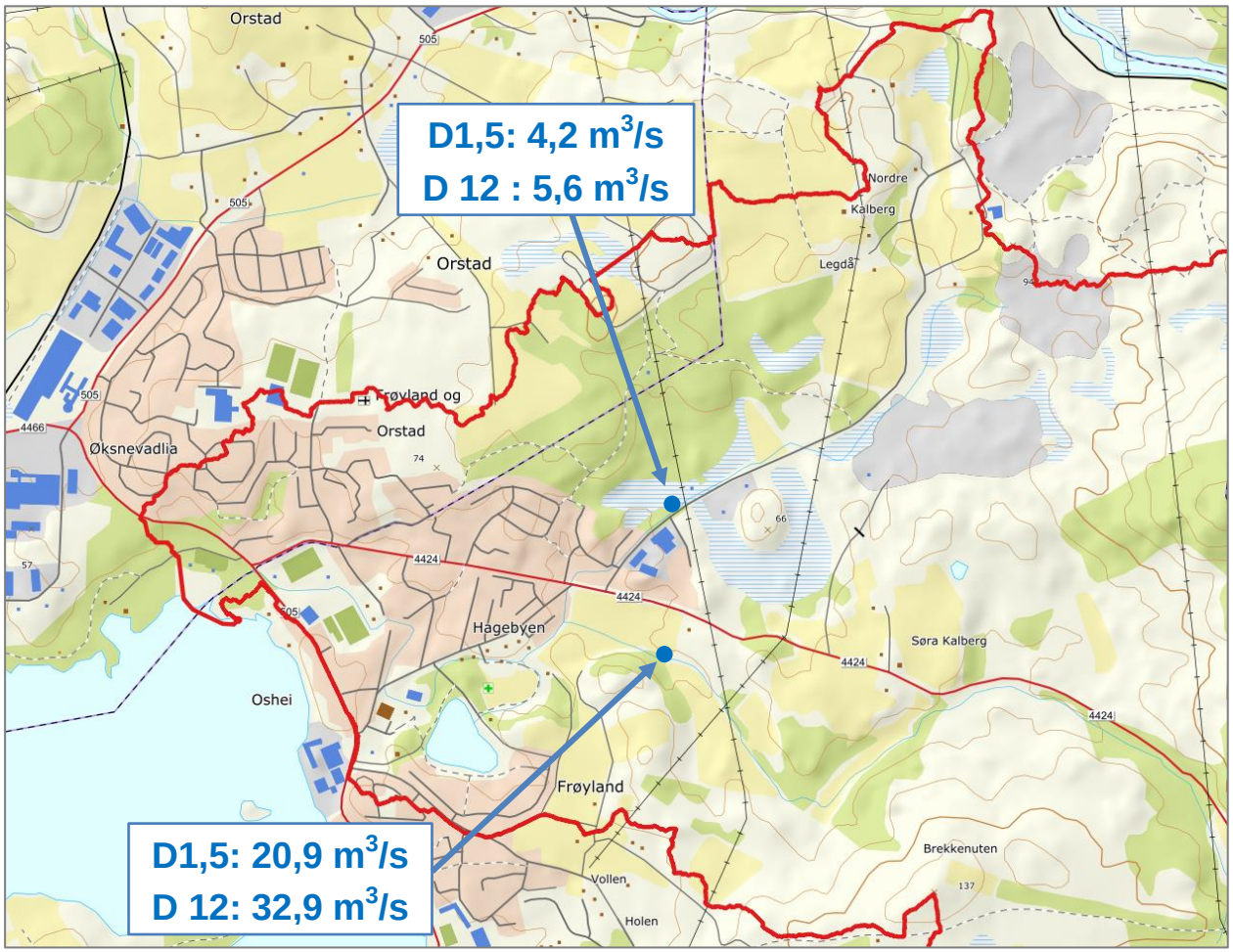
De første oversvømmelser langs Frøylandsbekken forekommer ved en vannføring på rundt 7,5 m^3/s på flomsletten sør for bekken oppstrøms bebyggelsen (figur 45). Ved 11 m^3/s oversvømmes flomsletten nord for bekken. Innenfor det bebygde området går Frøylandsbekken over sine bredder ved 15,5 m^3/s ved idrettsbanens parkeringsplass sør for bekken og friområdet på motsatt side av bekken. 7 m^3/s ble bestemt som breddfull vannføring.



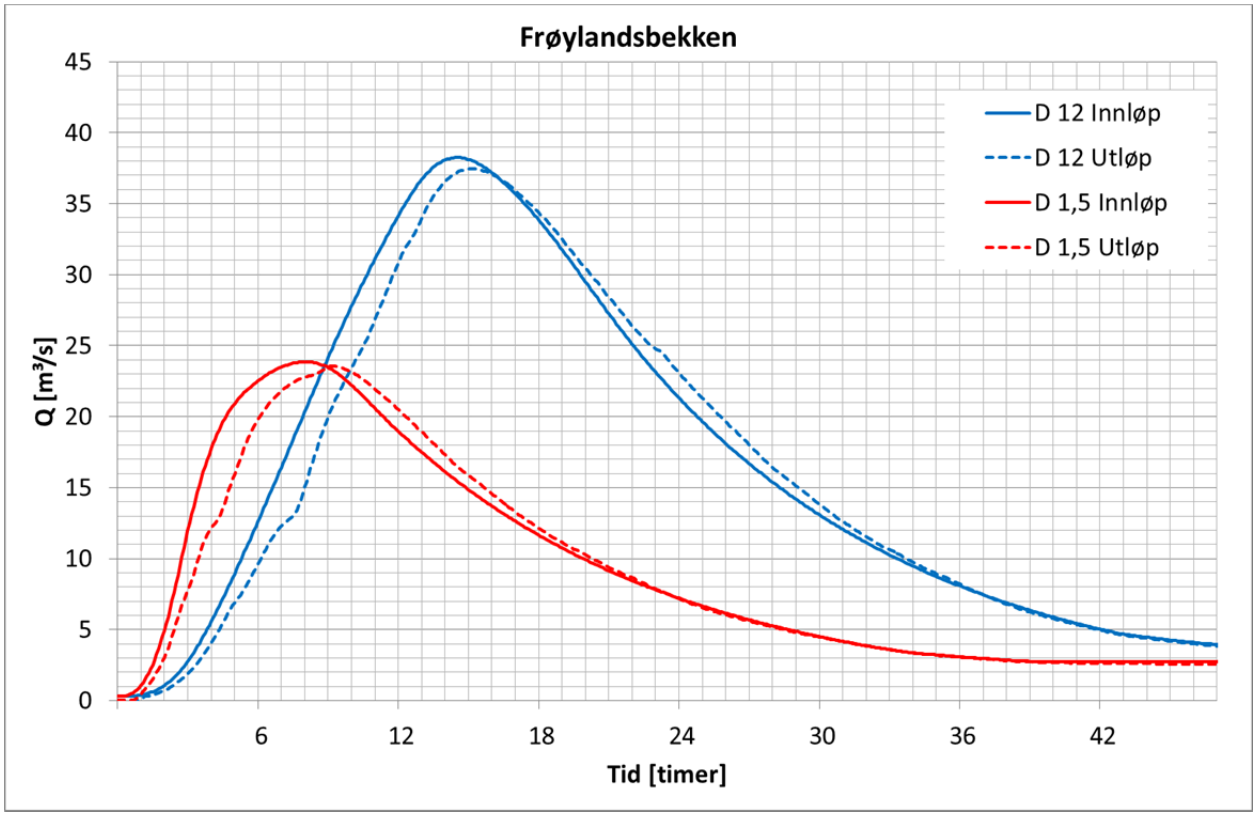
Figur 45: Steder (røde piler) der Frøylandsbekken går over sine bredder ved 7,5 m^3/s, 11 m^3/s og 15,5 m^3/s. Bakgrunnskart: topografisk Norgeskart, kartverket.

Flomdempingseffekten ble analysert ved å modellere to flomhendelser, 200-års nedbør med varigheter på 90 minutter og 12 timer. Vannføringsserier for Frøylandsbekkens nedbørfelt oppstrøms tettstedet Frøyland og for det nordlige delfeltet langs Kalbergvegen, ble beregnet

med nedbør-avløps-modellen for Frøylandsvatnet (jf. kapittel 5.4), og ble satt som oppstrøms grensebetingelser i den hydrauliske modellen (figur 46). Demping av flombølgene er vist i figur 47.



Figur 46: Steder med vannføringsserier som grensebetingelser i hydraulisk modell for Frøylandsbekken. Kulminasjonsvannføringer for 200-årsflom og varigheter av nedbørhendelsen er oppgitt på hvert sted (D 1,5 = 90 minutter, D 12 = 12 timer). Nedbørfeltgrense er vist med rød linje. Bakgrunnskart: topografisk Norgeskart, kartverket.



Figur 47: Forandring av 200-års flombølger i Frøylandsbekken. Nedbør med 90 minutter (rødt) og 12 timer varighet (blått); heltrukket linje er vannføringen oppstrøms tettstedet Frøyland, stiplet linje i parkområdet i tettstedet.

Volumet utenfor hovedelveløpet på strekningen fra oppstrøms tettstedet til parkområdet i Frøyland ble beregnet til 38 000 m³ for hendelsen med varighet på 90 minutter, og til 63 000 m³ for 12 timer hendelsen. Dette er volum lagret midlertidig på flomslettene, mens det ikke ble regnet med volum i områder med bebyggelse eller infrastuktur. Det betyr at det i hovedsak er den store forsenkningen like oppstrøms tettstedet som utgjør volumet.

7.2 Innsjøer

Maksimum reguleringsvolum ble beregnet på grunnlag av den digitale terrengmodellen. Siden terrengmodellen er basert på lasermålte høydedata, er batymetrien av innsjøer ikke med. Derfor ble det beregnet vannvolumet over høyden av vannspeilet under lasermålingen. Det antas at denne vannstanden tilsvarer normalvannstanden. Maksimum volum (reguleringsvolum) er her således volumet mellom normalvannstanden i en innsjø og en fastsatt flomvannstand («maksimum vannstand»). Stiger vannstanden over den fastsatte flomvannstanden, blir det betydelige oversvømmelser med skadepotensial for bebyggelse, infrastruktur eller landbruksareal.

For Frøylandsvatnet ble maksimum vannstand bestemt til 25,0 moh. Ved høyere vannstand oversvømmes tomter i Trollvika og Osen på nordsiden av innsjøen. Volumet mellom normalvannstand og maksimum vannstand er stort, ca. 3,8 millioner m^3 (tabell 15).

For Eivindsholtjørna ble maksimum vannstand bestemt til 34,0 moh. En vannstand på 34,5 moh fører til oversvømmelse av veien på nord- og vestsiden av tjernen (figur 48). Med normalvannstand på 33,9 moh blir maksimum volum lite (tabell 15).

For Smukkevatnet ble maksimum vannstand bestemt til 25,0 moh. Ved denne vannstanden oversvømmes noen strandsoner innenfor naturvernområdet og myra mellom utløpet og jernbanen (figur 48). Ved høyere vannstand er landbruksareal oversvømt og vann oppstuves ved jernbanen. Maksimum reguleringsvolum er 150 000 m^3 (tabell 15).

For Stemmen i delområdet Frøyland ble maksimum vannstand bestemt til 31,6 moh (figur 49). Ved høyere vannstand renner vannet over venstre bredd ved utløpet og finner nye veier gjennom parken. Maksimum reguleringsvolum er 9 500 m^3 (tabell 15).

Figur 48: Analyse av maksimum vannstand i innsjøer. Eivindsholtjørna ved 34,0 og 34,5 moh (venstre), og Smukkevatnet ved 25,0 moh (høyre).

Figur 49: Analyse av maksimum vannstand. Stemmen i delområdet Frøyland ved 31,6 moh.

Tabell 15: Maksimum reguleringsvolum og maksimum vannstand i innsjøer / tjern.

Innsjø	**Volum*** **[m³]**	**Maksimum vannstand** **[moh]**	**Normalvannstand**** **[moh]**
Frøylandsvatnet	3 800 000	25,0	24,3
Eivindsholtjørna	5 000	34,0	33,9
Smukkevatnet	150 000	25,0	24,3
Stemmen, Frøyland	9 500	31,6	31,2

* Vannvolum over normalvannstand
** Antatt lik høyden på vannspeil under lasermåling

8. Myrområder

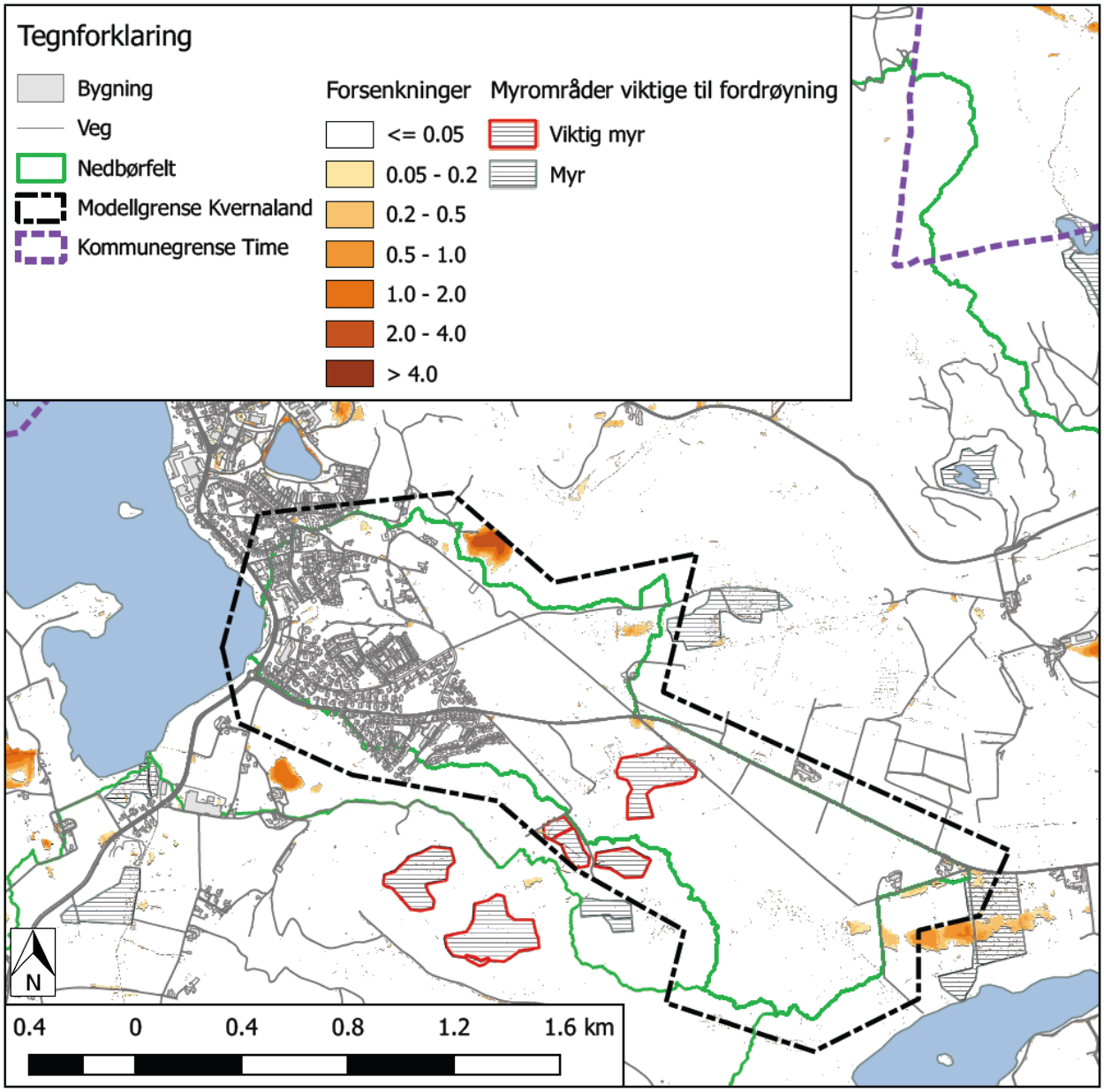
I utgangspunktet er det anbefalt å ikke drenere myr, fordi alle myrområder bidrar til fordrøyning ved at de tar opp vann og forsinker avrenningen, forutsatt at de ikke allerede ved nedbørhendelsens start er fylt med vann fra tidligere nedbørepisoder. I tillegg er myrområder ofte verdifulle med tanke på planter og dyreliv, og spiller således en viktig rolle i forhold til biodiversitet, stedegen vegetasjon og naturens stoffkretsløp.

Hvis det likevel vurderes å drenere myr, er det hensiktsmessig å ta hensyn til betydningen for fordrøyning – i tillegg til økologiske funksjoner – og kategorisere dem. For å identifisere myr som er viktige i forhold til fordrøyning, ble det analysert overlapp av myrområder fra AR50 kart med avrenningslinjer og oversvømt areal fra henholdsvis terrenganalyse og hydrauliske beregninger (se kapittel 4.2 og 6.5). Vurdering av økologisk betydning har ikke vært del av dette prosjektet.

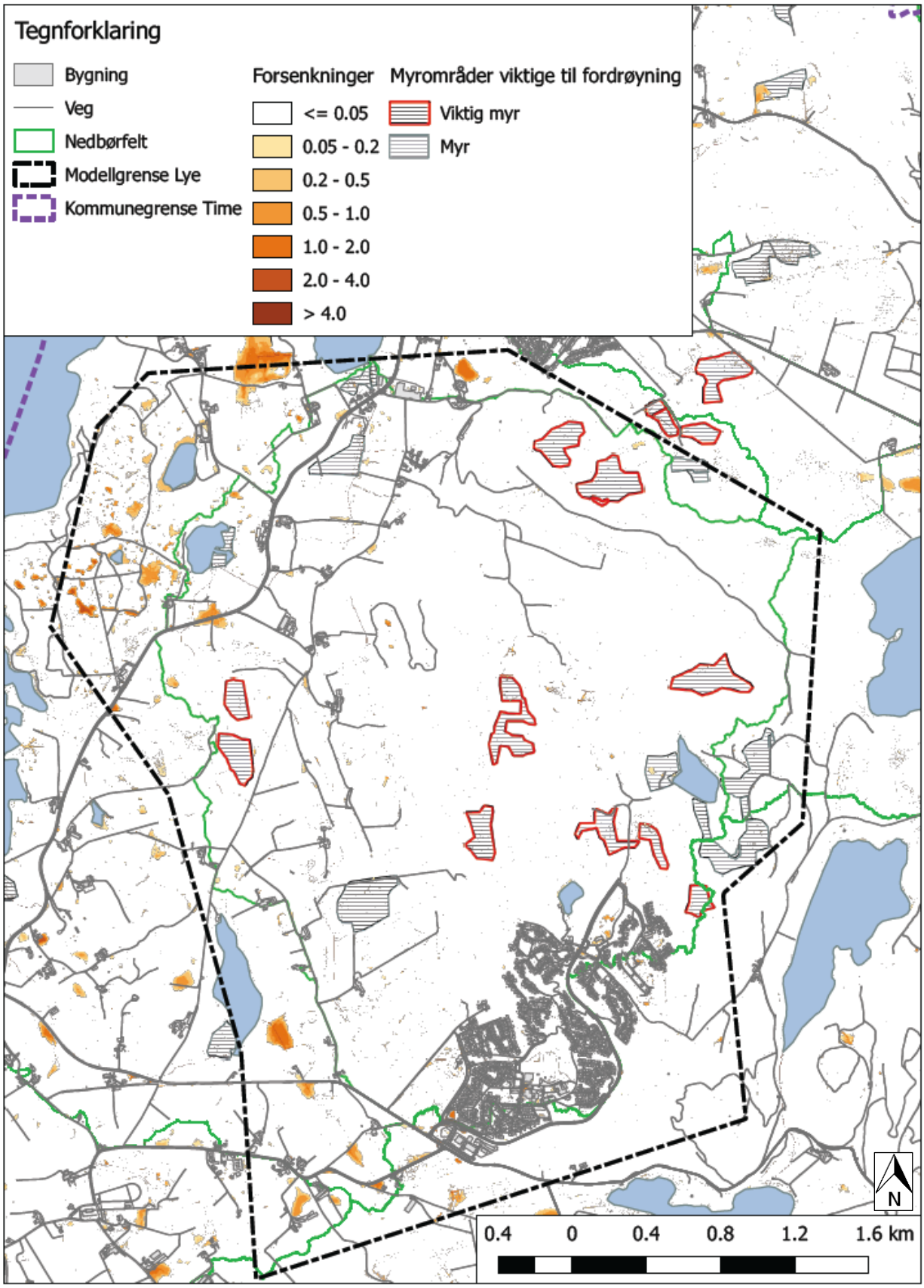
Om myrområder er viktige i forhold til fordrøyning ble valgt utfra følgende kriterier:

- Myrområdet er tilknyttet tydelig avrenningslinje og blir oversvømt under flom (fungerer som «naturlig fordrøyningsmagasin»),
- ligger i øvre del av vassdraget, men har relativt stort nedbørfelt (> 15 ha), eller
- ligger oppstrøms bebyggelse.

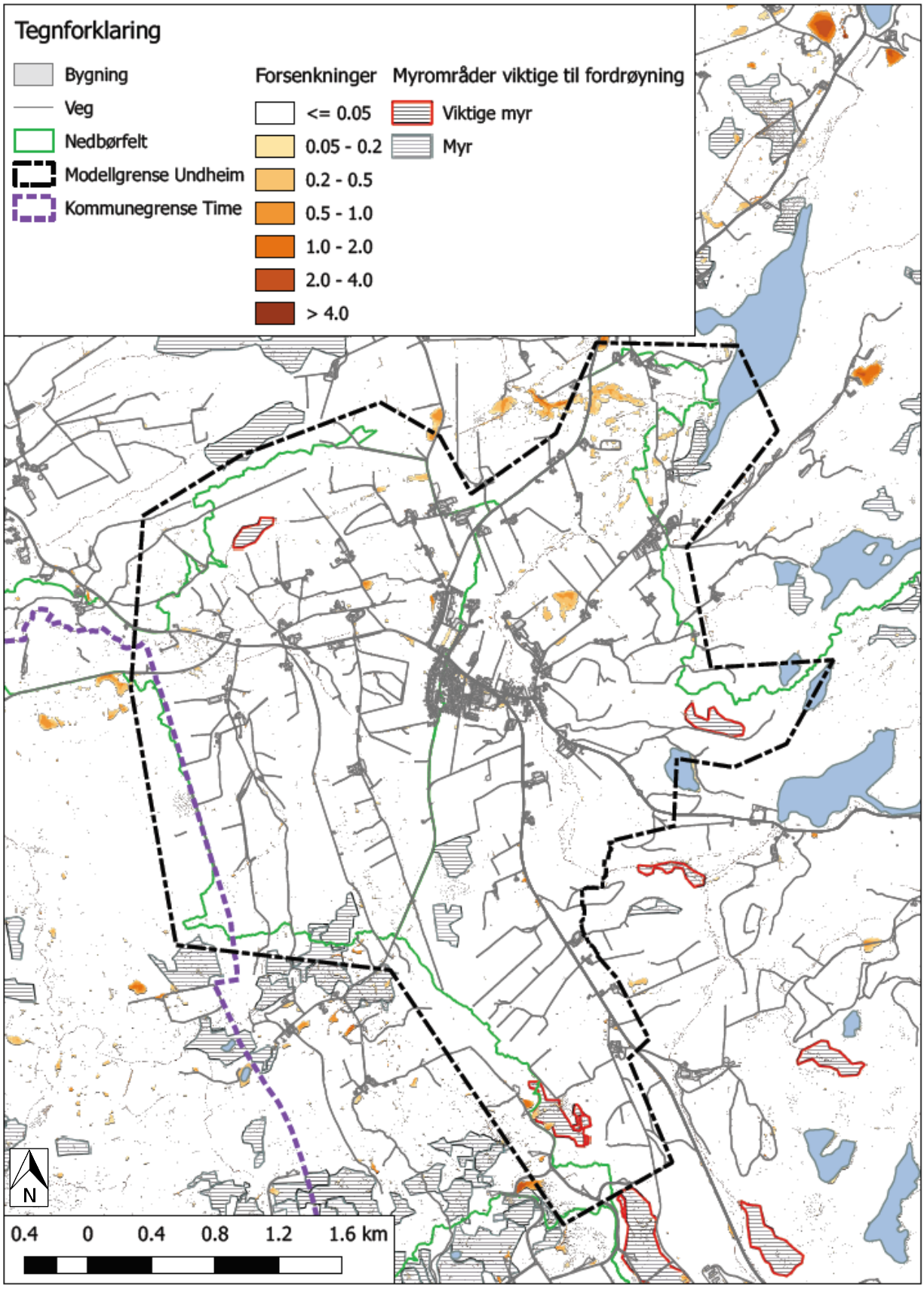
Resultatene er vist i figur 50 til figur 54. Viktige myrområder er tegnet inn i kartene over oversvømt areal og vanndybde (H-tegninger).



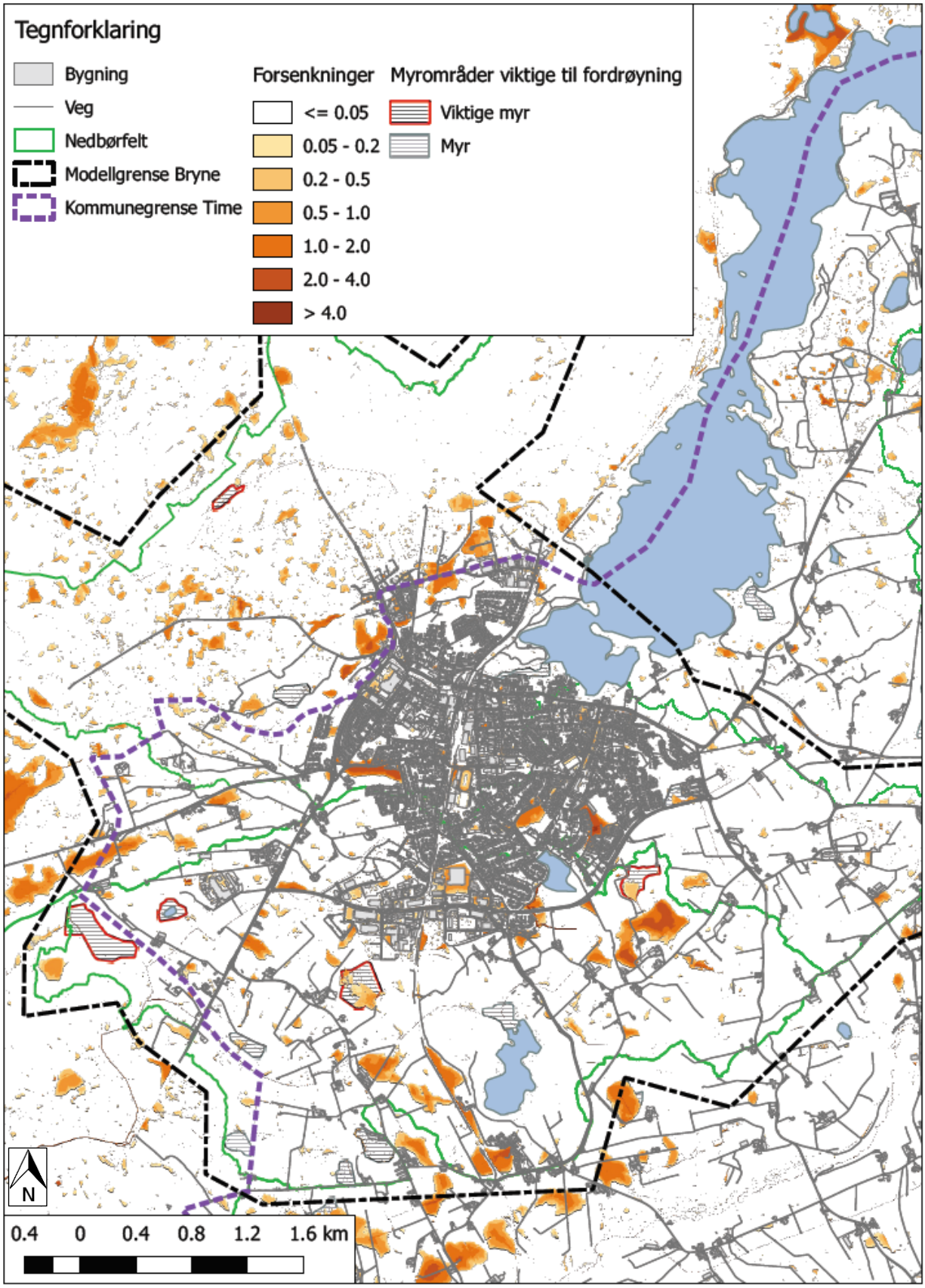
Figur 50: Myr som er vurdert viktige i forhold til fordrøyning, delområde Kvernaland.



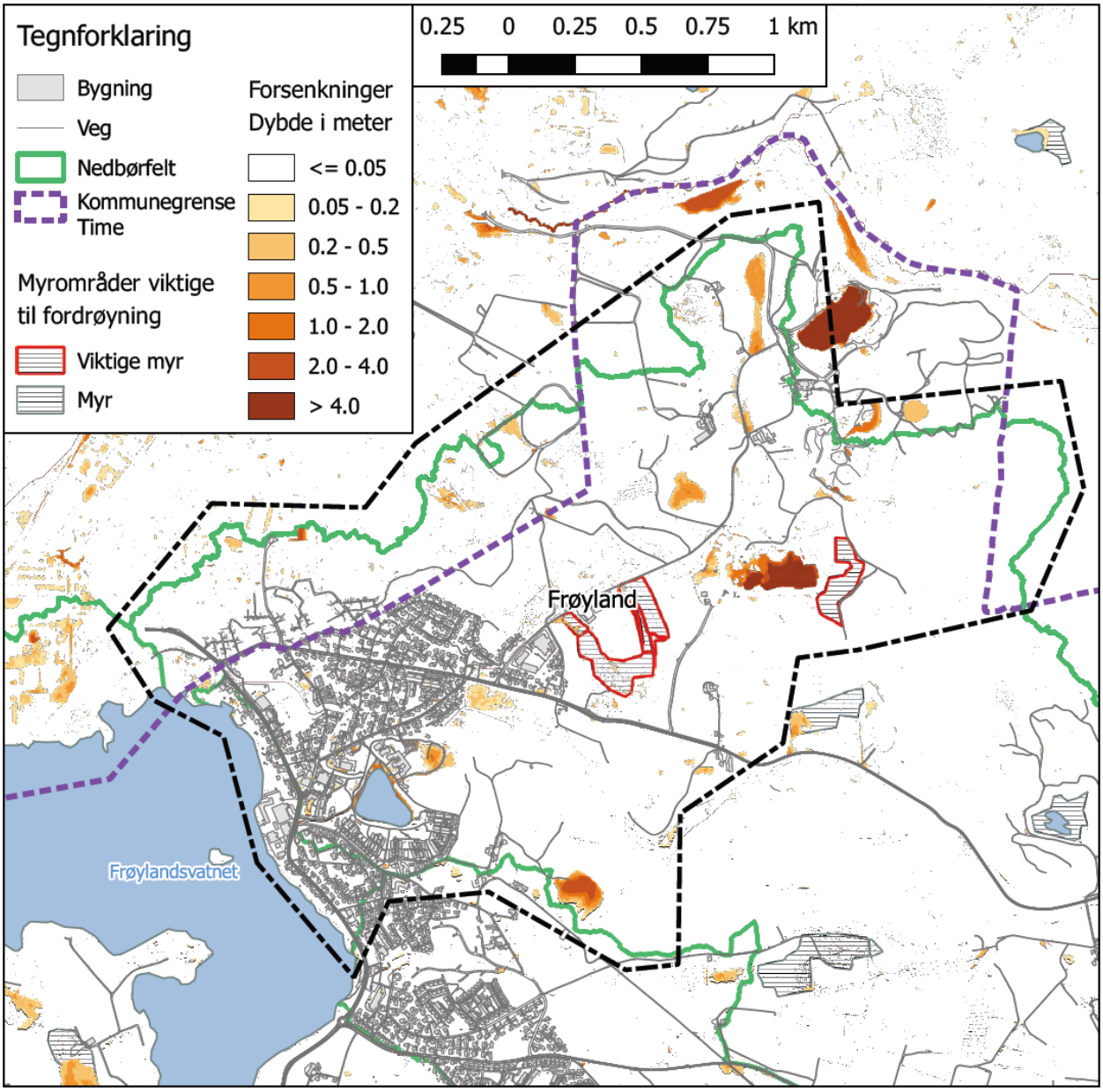
Figur 51: Myr som er vurdert viktige i forhold til fordrøyning, delområde Lye.



Figur 52: Myr som er vurdert viktige i forhold til fordrøyning, delområde Undheim.



Figur 53: Myr som er vurdert viktige i forhold til fordrøyning, delområde Bryne.



Figur 54: Myr som er vurdert viktige i forhold til fordrøyning, delområde Frøyland.

9. Infiltrasjonsevne

Infiltrasjonsevnen i delområdene er beskrevet kun på grunnlag av løsmassekartet. Informasjon fra løsmassekartet gir en grov indikasjon, og det er alt for grovt til å bestemme infiltrasjonsevnen på et bestemt sted eller i et avgrenset område. For eksempel ligger myr i henhold til løsmassekartet delvis i områder med middels infiltrasjonsevne, noe som ikke gir mening (f. eks. i delområdet Undheim). For å bestemme infiltrasjonsevnen mer detaljert må det gjennomføres infiltrasjonsforsøk i aktuelle områder.

I delområdet Bryne er det planlagt infiltrasjonsforsøk. Eventuelt er det også mulig å sette sammen resultatene fra infiltrasjonsforsøkene i Bryne og informasjonen om infiltrasjonsevnen i løsmassekartet; slik at kunnskapen for andre områder blir bedre. En sammenligning av resultatene fra infiltrasjonsforsøk med infiltrasjonsevnen i løsmassekartet vil vise i hvilken grad løsmassekartet kan brukes til vurdering av infiltrasjonsevnen for overvann.

9.1 Kvernaland

Delområdet er preget av middels infiltrasjonsevne på grunn av et tykt dekke av morene[11] (figur 55). En liten andel av delområdet er dekket av torv og myr, og er uegnet til infiltrasjon. Den nederste delen av delområdet ved Frøylandsvatnet er godt egnet på grunn av breelvavsetninger[12].

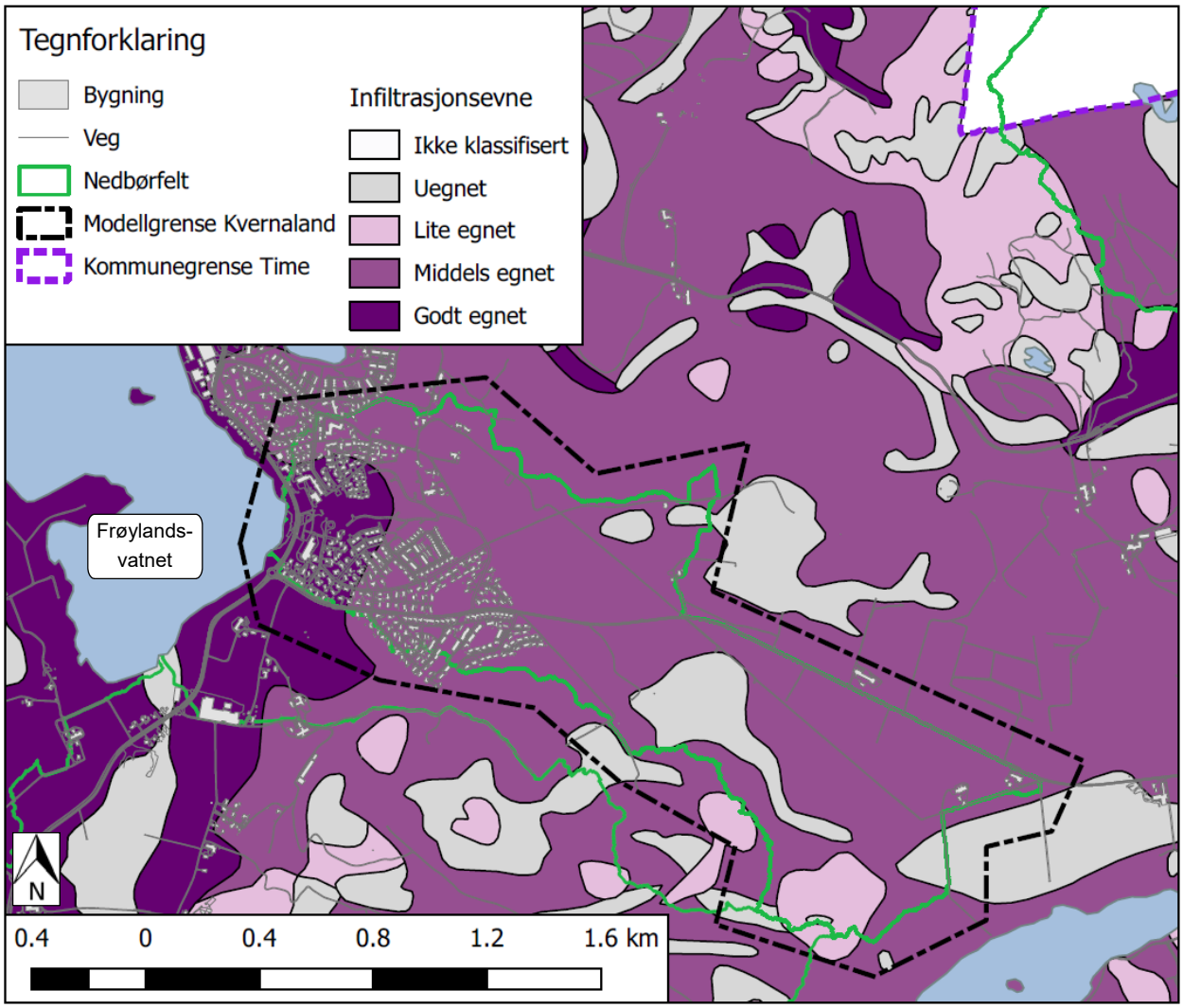
9.2 Lye

Langs Njåbekken fra tettstedet Lyefjell og langs bekken fra Kvitemyr er det stort sett middels infiltrasjonsevne der det ligger et tykt dekke av morene (figur 56). Langs nedre del av Njåbekken ned til Frøylandsvatnet er det et område som er godt egnet til infiltrasjon (breelvavsetninger). Ellers er det mye areal som er uegnet eller lite egnet til infiltrasjon rundt Lye- og Njåfjellet (bart fjell, torv og myr, eller tynt morenedekke).

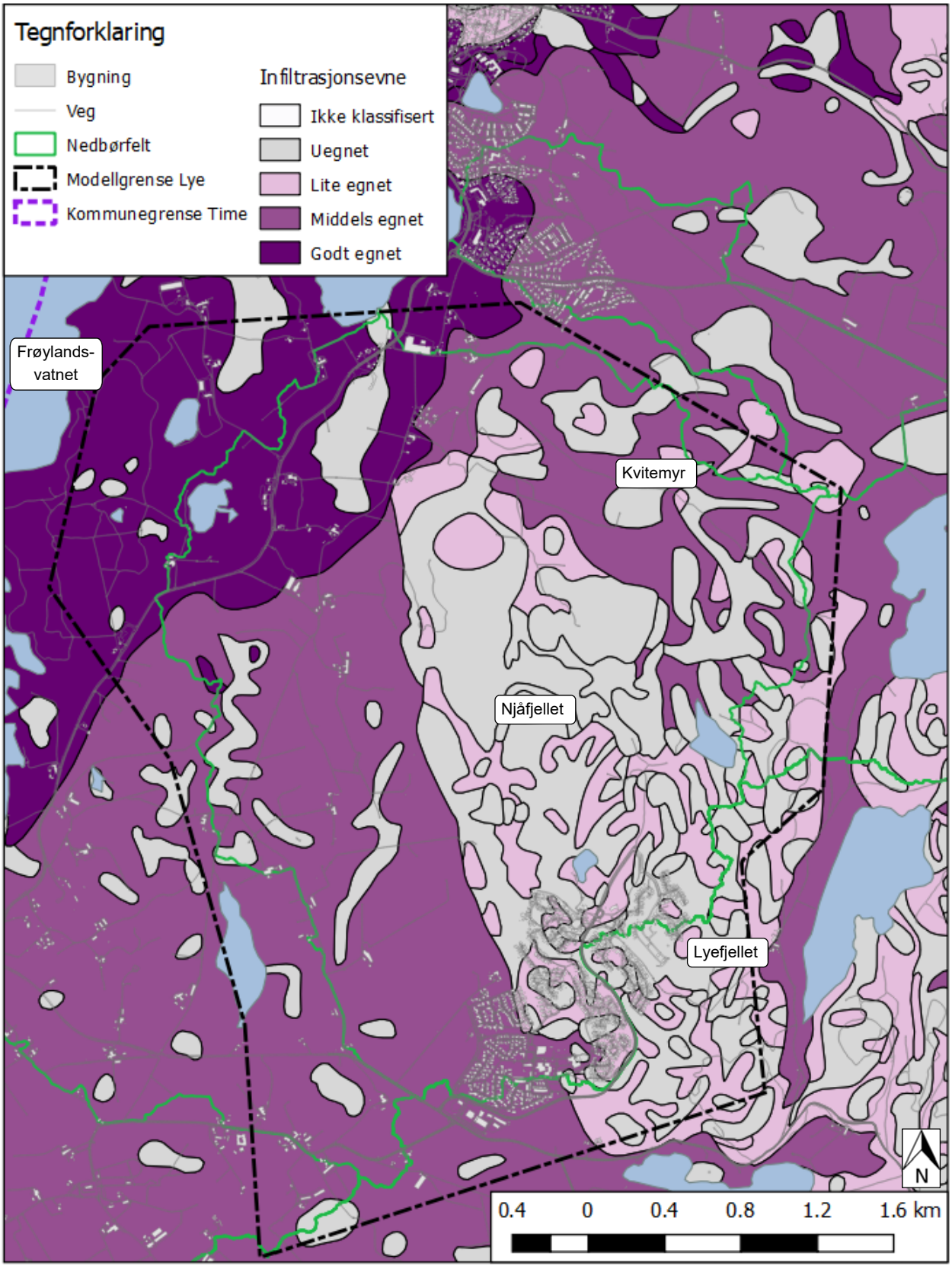
I tettstedet Lyefjell er den øvre delen, fra idrettsplassen og oppover, lite egnet eller uegnet til infiltrasjon, mens den nedre delen har middels infiltrasjonsevne.

[11] *Materiale plukket opp, transportert og avsatt av isbreer, vanligvis hardt sammenpakket, dårlig sortert og kan inneholde alt fra leir til stein og blokk (kilde: NGU)*

[12] *Materiale transportert og avsatt av breelver; sorterte, ofte skråstilte lag av forskjellig kornstørrelse fra fin sand til stein og blokk (kilde: NGU)*



Figur 55: Infilstrasjonsevne basert på løsmassetype i delområdet Kvernaland (kilde: NGU).



Figur 56: Infilstrasjonsevne basert på løsmassetype i delområdet Lye (kilde: NGU).

9.3 Undheim

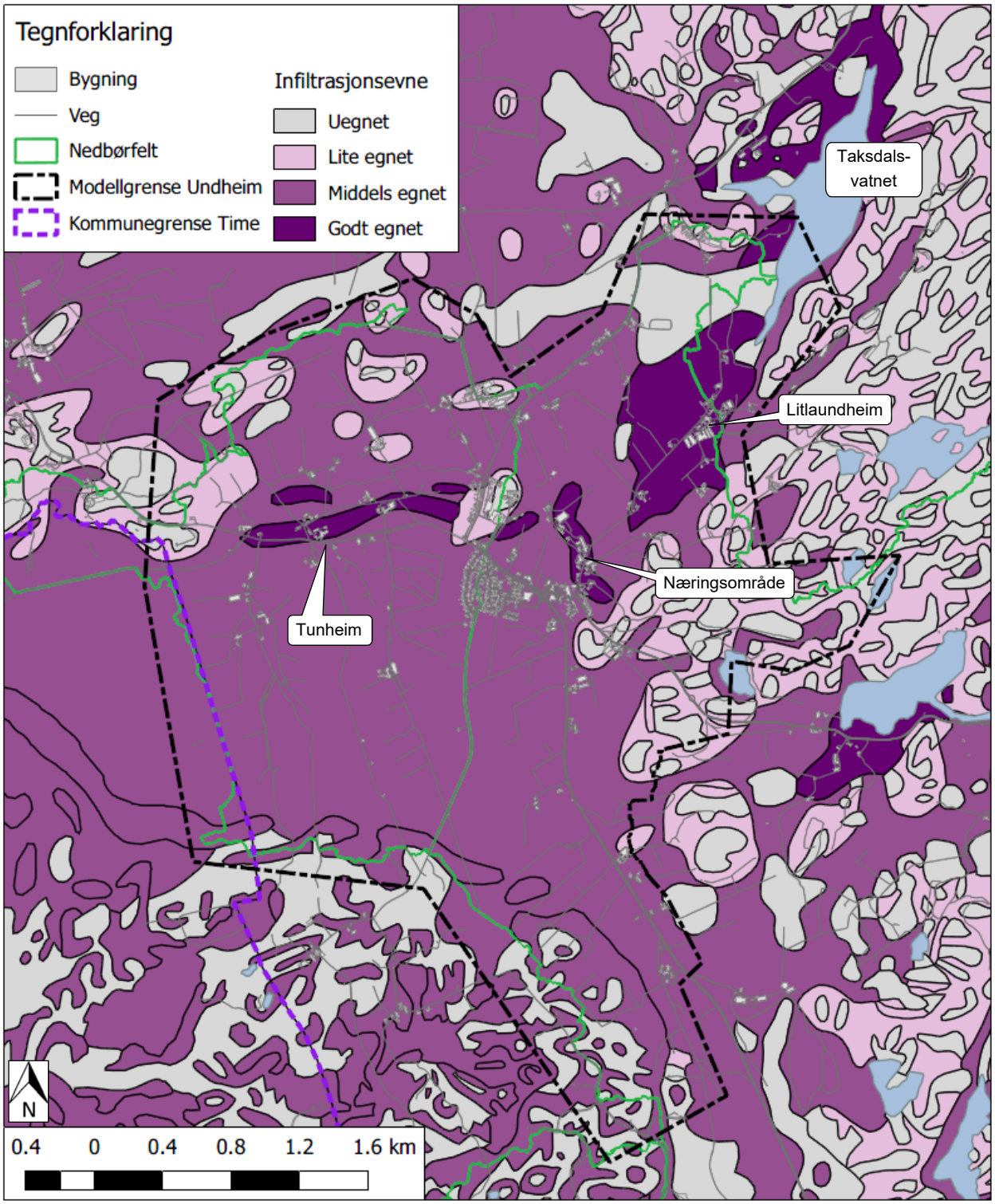
Den største andelen av delområdet er preget av middels infiltrasjonsevne på grunn av et tykt dekke av morene og randmorene (figur 57). Ved utløpet til Taksdalsvatnet, ved Tunheim og på østsiden av Hååna i Undheim er det områder med god infiltrasjonsevne på grunn av breelvavsetninger. I østlige, norlige og sørlige del av delområdet er det mye areal som er lite egnet eller uegnet til infiltrasjon (tynt dekke av morene / skredmateriale, bart fjell / torv og myr).

I selve tettstedet har den største delen av arealet middels infiltrasjonsevne. I næringsområdet på østsiden av Hååna er infiltrasjonsevnen klassifisert som god. Områder med liten og svært liten infiltrasjonsevne er den norlige delen av tettstedet og bebyggelsen sør-øst for Undheim. Området rundt Litlaundheim har god infiltrasjonsevne.

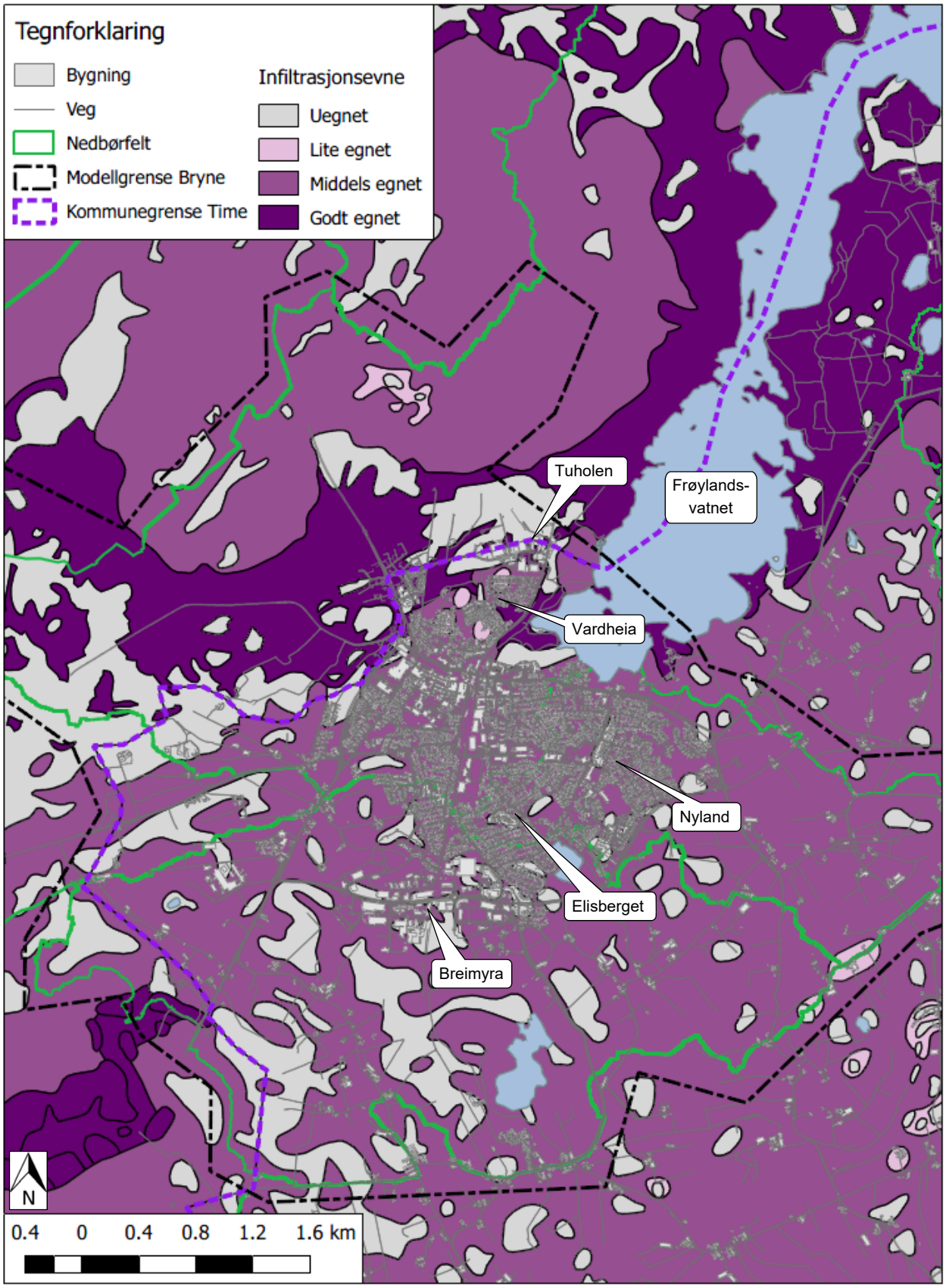
9.4 Bryne

Delområdet har stort sett middels god infiltrasjonsevne der det ligger et tykt dekke av morene (figur 58). Områder med torv og myr og bart fjell ligger spredt og er uegnet til infiltrasjon. Enkelte steder har liten infiltrasjonsevne (tynt dekke av morene). Lite areal er godt egnet til infiltrasjon, f. eks. ved utløpet av Frøylandsvatnet (breelvavsetninger).

I selve tettstedet er infiltrasjonsevnen stort sett middels. Enkelte områder er lite egnet eller uegnet til infiltrasjon. Dette gjelder næringsområdene Breimyra og Tuholen, og deler av Elisberget, Nyland og Vardheia.



Figur 57: Infilstrasjonsevne basert på løsmassetype i delområdet Undheim (kilde: NGU).

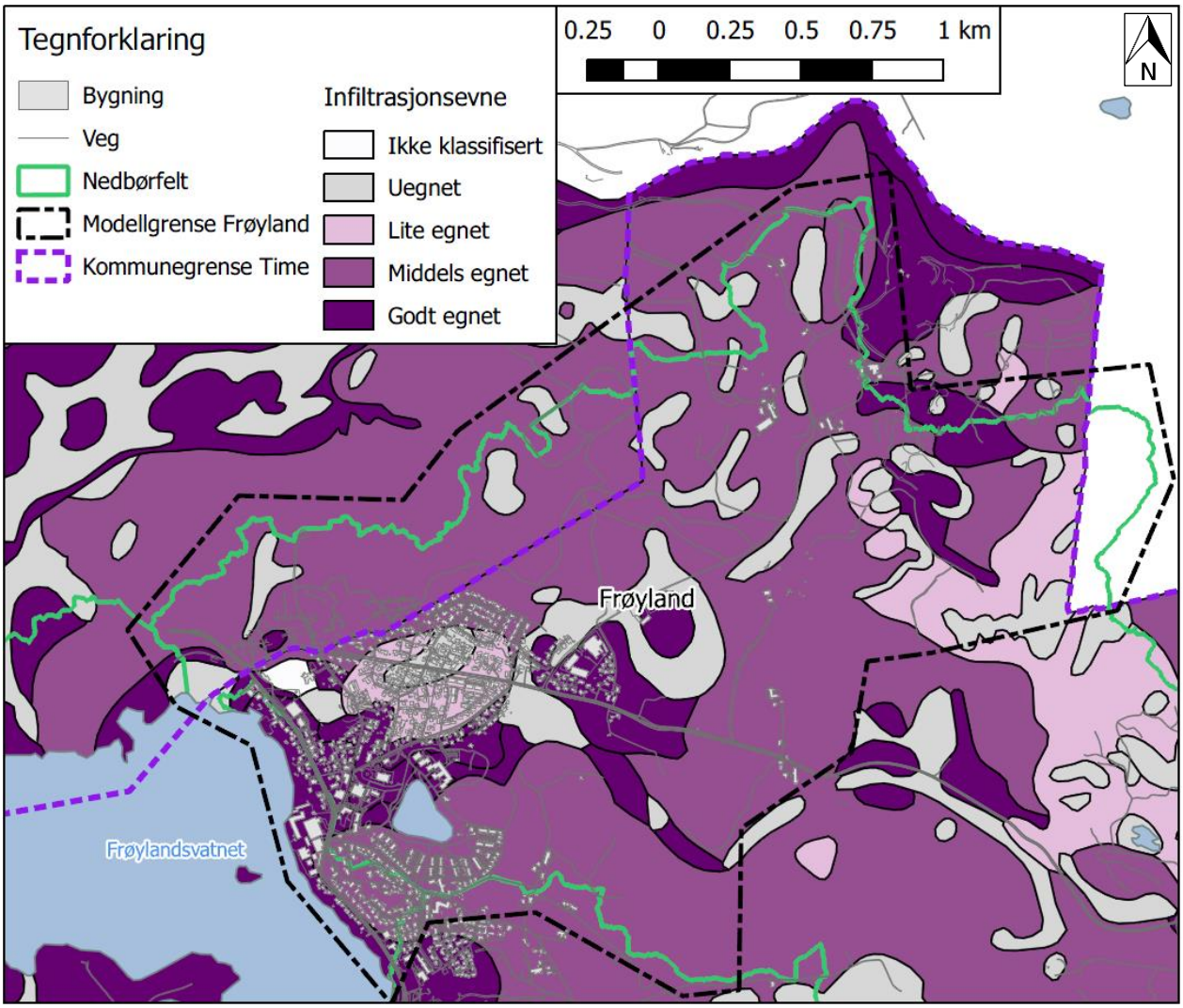


Figur 58: Infilstrasjonsevne basert på løsmassetype i delområdet Bryne (kilde: NGU).

9.5 Frøyland

Delområdet har stort sett middels god infiltrasjonsevne der det ligger et tykt dekke av morene (figur 59). Områder med torv og myr og noe bart fjell ligger spredt og er uegnet til infiltrasjon. En del areal øst i delområdet har liten infiltrasjonsevne (tynt dekke av morene). Noe areal er godt egnet til infiltrasjon, særlig i og rundt tettstedet (breelv- og elveavsetninger).

I selve tettstedet finnes det områder med god, liten og uten infiltrasjonsevne. Langs og sør for Frøylandsbekken er mye areal godt egnet til infiltrasjon. Området nord for Frøylandsbekken er lite egnet eller uegnet.



Figur 59: Infilstrasjonsevne basert på løsmassetype i delområdet Frøyland (kilde: NGU).

10. Områder egnet til direkte avledning og utslipp i vassdrag

10.1 Vurdering av overvannets kvalitet og av hvor egnet det er til direkte utslipp

Overvann fra tettbygde områder avledes generelt på følgende måter:

- Utslipp i vassdrag, fjord eller hav
- Infiltrasjon til grunnvannet (som drenerer sakte til vassdragene eller brukes av plantene)

Time kommune er en innlandskommune, og her avledes alt overvann til vassdrag eller til grunnvannsmagasin.

Overvannet kan slippes ut direkte i et vassdrag, eller det er nødvendig å håndtere overvannet:

- Fordrøyning: Redusere vannføringstoppen eller flomtoppen
- Rense overvannet slik at vassdraget eller grunnvannsmagasinet ikke skades vesentlig

Den delen av et vassdrag som mottar utslippet av overvann, kalles her for resipienten. I resipienten blandes og fortynnes overvannet, samtidig som det strømmer nedover vassdraget sammen med den øvrige tilrenningen.

Lengden eller størrelsen på resipienten kan variere fra overvannsutslipp til overvannsutslipp. Jo mindre overvannsutslippet er i forhold til vannføringen eller vannvolumet i vassdraget ved utslippspunktet, desto kortere eller mindre er resipienten. Vassdrag og resipienter deles i vassdragstyper.

Om det er hensiktsmessig å lede overvann direkte til et vassdrag, er avhengig av flere faktorer:

- Den første er kvaliteten på overvannet. Dårlig kvalitet på overvann kan skyldes forurensning fra luften og / eller fra bakken.
- Den andre faktoren er typen vassdrag som overvann skal ledes til, med tanke på hvordan vassdraget tåler utslipp av forurenset overvann. Videre spiller vannføringen for overvannet og resipientens / vassdragets kapasitet en rolle.

Vurderingen i denne rapporten av hvor godt egnet en resipient er til direkte avledning og utlipp av overvann, er basert på metodikken i en tysk veileder for håndtering av overvann (DWA-M 153[13]). I henhold til denne metodikken bestemmes overvannskvaliteten etter forurensning fra luften og bakken, avhengig av overvannets opprinnelse.

Flatene overvannet kommer fra kategoriseres avhengig av arealbruk i henholdsvis

- fire typer for forurensning fra luften (L1 til L4, se tabell 16), og
- syv typer for forurensning fra bakken (F1 til F7, se tabell 17).

Ved bruk av poengverdier tildeles hver flate én verdi for forurensning fra luften og én for forurensning fra bakken. Forurensningsverdien for hver enkelt flate beregnes på følgende måte:

[13] *Merkblatt DWA-M 153 – Handlungsempfehlung zum Umgang mit Regenwasser, DWA Regelwerk 08/2007, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, Deutschland.*

$$B_i = f_i * (L_i + F_i)$$

hvor $f_i = A_{u,i} / \sum_{i=1}^{n} A_{u,i}$

Med B_i forurensningsverdi for tett flate i

f_i andel av flate i av totalt areal tette flater

L_i forurensningsverdi fra luften for flate i

F_i forurensningsverdi fra bakken for flate i

$A_{u,i}$ Areal tett flate i

Den samlede forurensningsverdien B for et område er summen av alle forurensningsverdier for hver enkelt flate i området.

Hvor sterk forurensning av overvannet som godtas ved utslipp til vassdrag, er avhengig av resipientens vassdragstype G (G1 til G13, se tabell 18). Hver enkelt resipient får tildelt en poengverdi etter vassdragstypen. Hvis forurensningsverdien B for overvannet er mindre enn eller lik poengverdien for vassdragstype G, kan overvannet slippes ut direkte:

$B \leq G$ Overvann kan slippes ut i resipient / vassdrag uten rensetiltak

Hvis forurensningsverdien er større enn poengverdien for vassdragstype, skal overvannet ikke slippes ut uten rensetiltak, som senker forurensningsverdien til under eller lik poengverdien for vassdragstype. Ved utslipp til et vassdrag, som har samløp med et annet vassdrag før forurensningen er betydelig redusert, må dette vassdraget tas hensyn til. Hvis vassdraget nedstrøms har en mindre forurensningsverdi enn vassdraget det slippes ut i, er forurensningsverdien av vassdraget nedstrøms avgjørende (eksempel: område nr. 0 til 3 i delområdet Lye, se tabell 21 og tegning nr. 262).

Tabell 16: Inndeling av arealbruken i typer for vurdering av forurensning fra luften. I hendhold til DWA-M 153[13], modifisert. ÅDT = årsdøgntrafikk.

Forurensningsgrad	Arealbruk	Type	Poeng
Liten	Bebygd område med lite trafikk (ÅDT < 5 000)	L1	1
	Veier utenfor bebyggelse		
Middels	Bebygd område med middels trafikk (5 000 < ÅDT < 15 000)	L2	2
Stor	Bebygd område med mye trafikk (ÅDT > 15 000)	L3	4
	Bebygd område med regelmessig vedfyring		
	Nærings- og industriområde med utslipp av støv fra produksjon, prosessering, lagring eller transport	L4	8

Tabell 17: Inndeling av arealbruken i typer for vurdering av forurensning i forhold til opprinnelsen av overvannet. I hendhold til DWA-M 153[13], modifisert. ÅDT = årsdøgntrafikk.

Forurensningsgrad	Arealbruk	Type	Poeng
Liten	Grønne tak, hager, enger	F1	5
	Tak og terrasser i boligområder og sammenlignbare næringsområder	F2	8
	Gang- og sykkelveger	F3	12
	Innkjørseler / gårdsplasser og parkeringsplasser med lite bruk i boligområder og sammenlignbare næringsområder		
	Veier med lite trafikk (< 300 ÅDT) i boligområder og sammenlignbare næringsområder		
Middels	Veier med moderat trafikk (300 < ÅDT < 5 000)	F4	19
	Gårdsplasser og parkeringsplasser med lite bruk i nærings- og industriområder	F5	27
	Hovedveier (5 000 < ÅDT < 15 000)		
Høy	Parkeringsplasser med mye bruk (kjøpesenter)	F6	35
	Sterkt forurensete veier og plasser (landbruk, transportfirma, hestegård o.l.)		
	Sterkt trafikkerte veier (> 15 000 ÅDT)		
	Sterkt trafikkerte innkjøringsveier i nærings- og industriområder	F7	45
	Parkeringsplasser for lastebiler		

Tabell 18: Inndeling av vassdragstyper utfra evnen til å motta forurenset overvann. I hendhold til DWA-M 153[13], modifisert. Q_M = middelvannføring, b_{SP} = vannspeil bredde, v = vannhastighet.

Vassdragstype	Beskrivelse	Type	Poeng
Hav	Åpen kyst	G1	33
Rennende vann	Stor elv (Q_M > 50 m³/s)	G2	27
	Liten elv (b_{Sp} > 5 m)	G3	24
	Bekk (1 m ≤ b_{Sp} < 5 m; v ≥ 0,5 m/s)	G4	21
	Bekk (1 m ≤ b_{Sp} < 5 m; v < 0,5 m/s)	G5	18
	Bekk (b_{Sp} < 1 m; v ≥ 0,3 m/s)	G5	
	Bekk (b_{Sp} < 1 m; v < 0,3 m/s)	G6	15
Stående og sakte rennende vann	Isolert vik Stor innsjø Oppdemmet, stor elv (Q_M > 50 m³/s)	G7	18
	Oppdemmet, liten elv	G8	16
	Oppdemmet bekk (1 m ≤ b_{Sp} < 5 m; v ≥ 0,5 m/s)	G9	14
	Oppdemmet bekk (1 m ≤ b_{Sp} < 5 m; v < 0,5 m/s)	G10	12
	Liten innsjø, tjern (< 500 m² overflate)	G11	10
	Oppdemmet, liten bekk		

Når forurensningen av overflater i et nedbørfelt varierer mye fra sted til sted, dvs. sterkt forurensete flater er blandet med lite forurensete flater, kan det hende at den samlede vurderingen for nedbørfeltet tilsier at overvannet kan avledes uten behandling, selv om enkelte flater bidrar med sterkt forurenset overvann. Siden denne virkningen er uønsket, forutsettes det at områder innenfor et nedbørfelt med sterkt forurensete flater skilles fra de øvrige områdene og vurderes for seg.

Overvannstiltak med rensevirkning reduserer forurensningsverdien for det undersøkte området med definerte faktorer mellom 0,1 og 0,9.

For vannføringstopper («flomtopper av overvann») gir veilederen følgende anbefaling, avhengig av resipientens vassdragstype: Det er ikke behov for å begrense vannføringstopper fra et område når:

- Overvann ledes til elv (vassdragstype G2 og G3), eller til innsjø (G7 og G11) med overflateareal mindre enn 20 % av det tette arealet i det undersøkte området, eller
- Samlet tett areal av områder, som avleder overvann til en resipientstrekning på 1000 m lengde, er mindre enn 5000 m².

Ved utslipp i bekker skal vannføringstopper begrenses ved hjelp av fordrøyning. Største, tillatte vannføringstopp fra et enkelt område er avhengig av resipientens vassdragstype og beregnes som produktet av det tette arealet A_u og en spesifikk avrenningsverdi q_R lik:

- 240 l/s/ha (G4)
- 120 l/s/ha (G5, 1 m ≤ b_{Sp} < 5 m; v < 0,5 m/s)
- 30 l/s/ha (G5, b_{Sp} < 1 m; v ≥ 0,3 m/s)
- 15 l/s/ha (G6)

Målet med disse grenseverdiene for små vassdrag er at den «naturlige», spesifikke avrenningen fra et ikke bebygt område ikke skal overskrides etter utbygging.

10.2 Kvaliteten på overvannet i delområdene

For hvert enkelt delområde ble alle tette flater bestemt og kategorisert etter type L (forurensning fra luften) og F (forurensning fra bakken). Tette flater er hovedsakelig veier, parkeringsplasser og tak. Det øvrige arealet er stort sett permeabelt, først og fremst hager, enger, parkområder o.l, men det er også noen tette flater som innkjørsler og gårdsplasser. Arealet av disse tette flatene ble tallfestet skjønnsmessig som andel av det øvrige arealet, og det totale arealet av tette flater ble økt tilsvarende.

For områder med sterkt forurensete flater (F6 og F7) ble arealandelen av de enkelte flatene beregnet uten å ta hensyn til F2-flater, dvs. sterkt forurensete flater fikk økt vekt.

Ved bruk av poengverdiene etter tabell 16 og tabell 17 ble den samlede forurensningen fra luften og fra bakken beregnet for alle tette flater. Tall på trafikkmengder på hovedveier ble hentet fra Vegkart[14]. På grunn av mangel på informasjon om vedfyring ble dette ikke tatt hensyn til.

Det ble ikke tatt hensyn til eventuell reduksjon av forurensningsverdier som følge av eksisterende overvannstiltak med rensevirkning i delområdene.

Beregnet forurensningsverdi i hvert område vises i tabell 19. Tegning nr. 161, 261, 262, 361, 461, 462 og 561 viser hvor områdene ligger.

[14] *Vegkart fra Statens vegvesen https://www.vegvesen.no/vegkart/*

Tabell 19: Beregnede forurensningsverdier B for overvann i bebygde områder, avhengig av arealbruk; områdenummer refererer til numrene i tegningene.

Delområde	Områdenr.	Forurensningsverdi B	Delområde	Områdenr.	Forurensningsverdi B
Kvernaland	0	11,9	Bryne	1208	26,6
	1	29,2		1209	30,6
	2	25,3		1300	11,4
	3	12,1		1301	44,2
Lye	0	12,2		1302	33,5
	1	41,4		1303	38,3
	2	31,3		1304	34,9
	3	11,2		1305	32,8
	4	16,5		1306	13,4
	5	12,5		1307	46,0
	6	12,7		1308	14,1
	7	10,8		1400	12,0
	50	21,5		1401	29,1
	91	35,0		1402	25,5
	921	11,9		1403	12,0
	922	28,1		2011	29,6
	931	16,7		3011	21,2
	932	31,9		3021	27,1
	941	35,9		3022	12,3
	942	12,0		3031	31,0
Undheim	0	12,1		3032	14,5
	1	29,9		3033	21,7
	2	31,4		3041	22,0
	3	21,7		3042	24,0
	4	13,2		4011	30,3
	50	13,0		4021	33,3
	91	29,8		4031	12,7
	92	31,3		4032	28,5
	93	29,4		4033	16,1
	94	31,3		4034	24,2
Bryne	1200	12,8		4041	24,4
	1201	32,3		4051	15,0
	1202	35,2		4061	36,0
	1203	36,0		4071	43,0
	1204	34,3		4081	12,0
	1205	39,3		4082	34,8
	1206	36,0		4083	18,6
	1207	46,0		4084	33,6

Tabell 19 (fortsettelse): Beregnede forurensningsverdier B for overvann i bebygde områder, avhengig av arealbruk; områdenummer refererer til numrene i tegningene.

Delområde	Områdenr.	Forurensningsverdi B	Delområde	Områdenr.	Forurensningsverdi B
Frøyland	0	12,9	Frøyland	52	11,2
	1	11,6		53	36,3
	2	11,0		54	13,9
	3	33,1		911	12,4
	4	36,9		912	34,3
	5	35,3		92	35,7
	6	11,3		93	36,0
	50	11,3		94	43,0
	51	41,1			

10.3 Typer vassdrag som mottar overvann fra delområdene

Det ble utredet hvor mye resipientene kan belastes med forurenset overvann. Det ble gjort ved å tildele alle relevante vassdrag i kommunen poengverdier etter vassdragstype i henhold til tabell 18. Bredde på vannspeil og vannhastighet ble tatt fra kart eller flyfoto og fastsatt etter skjønn. Om nødvendig ble en elv eller bekk delt opp i delstrekninger (se tabell 20 og tegning nr. 161, 261, 262, 361, 461, 462 og 561).

Tabell 20: Poengverdier for resipienter i delområdene, avhengig av vassdragstype G.

Vassdrag i delområde	Vassdragstype G	Poeng
Kvernaland		
Bekk Kvernaland nord	G5	18
Frøylandsvatnet	G7	18
Lye		
Njåbekken, Frøylandsvatnet - Njåtjørna	G5	18
Njåbekken, bekk fra Kvitemyra	G5	18
Njåtjørna	G11	12*
Njåbekken, Njåtjørna - grusveg til Njågården	G5	18
Njåbekken, grusveg til Njågården - tettsted Lyefjell	G5	18
Njåbekken, tettsted Lyefjell - stadion Lyefjell	G4	21
Njåbekken, oppstrøms stadion Lyefjell	G5	18
Undheim		
Hååna	G3	24
Taksdalsvatnet	G7	24
Tjensvollbekken	G5	18
Bryne		
Roslandsåna	G3	24
Salteåna, nedstrøms Steinsland	G5	18
Salteåna, oppstrøms Steinsland	G6	15
Bekker Bryne øst	G6	15
Frøylandsvatnet	G7	18
Eivindsholtjørna	G11	12*
Smukkevatnet	G11	12*
Frøyland		
Frøylandsbekken nedstrøms overføring til Stemmen	G3	24
Frøylandsbekken oppstrøms overføring til Stemmen	G4	21
Frøylandsbekken, bekk ved Kalbergvegen	G5	18
Frøylandsbekken, bekk oppstrøms Kalbergvegen	G6	15
Stemmen	G11	12*

* Vassdragstype G11 tilsvarer egentlig 10 poeng; økt til 12 pga. overflateareal > 500 m^2.

10.4 Resipientenes kapasitet til å motta overvann

Alle vassdragsstrekninger i delområdene som fungerer som resipienter for overvann fra tettbebyggelse, fikk avhengig av vassdragstypen tildelt en maksimum, spesifikk avrenning.

For hvert enkelt område som det avledes overvann fra, er det kartlagt hvilken resipient som mottar utslippet av overvann. For hvert enkelt utslipp er det fastsatt vassdragstype og en øvre grense for utslippet (se kapittel 10.1). Resultatet fra kartleggingen er vist i tabell 21.

Eksempel: Overvannet fra område nr. 7 i delområdet Lye slippes ut i en bekk. Bekken er så liten at vannføringstoppene i overvannsutslippet er begrenset. Den delen av bekken som er avgjørende for største, tillatte utslipp, er et vassdrag av type G5 (bekk med bredde < 1 m og vannhastighet ≥ 0,3 m/s).

Øvre grense for vannføringstopper i utslippet av overvann fra område 7 er satt til 30 l/s/ha.

I henhold til veilederen er utslippsmengden («vannføringstopp») i Hååna, Roslandsåna og alle innsjøer unntatt Stemmen i Frøyland ikke begrenset, mens overvann skal ikke slippes ut i bekkene uten fordrøyning (se tabell 21 og tegning nr. 161, 261, 262, 361, 461, 462 og 561). Utslipp i Stemmen i delområdet Frøyland er begrenset, siden overflatearealet er større enn 20 % av det tette arealet i området som dreneres til Stemmen.

Tabell 21: Avgjørende vassdragstype G for utslipp av overvann fra hvert enkelt område og tilhørende maksimum spesifikk avrenning q_R.

Delområde	Områdenr.	G	q_R [l/s/ha]	Delområde	Områdenr.	G	q_R [l/s/ha]
Kvernaland	0	G7	-	Bryne	1208	G3	-
	1	G5	30		1209	G3	-
	2	G5	30		1300	G7	-
	3	G5	30		1301	G7	-
Lye	0	G5*	30		1302	G6	15
	1	G5	30		1303	G7	-
	2	G5*	30		1304	G7	-
	3	G5*	30		1305	G7	-
	4	G5	30		1306	G7	-
	5	G5	30		1307	G7	-
	6	G5	30		1308	G6	15
	7	G5	30		1400	G6	15
	50	G5*	30		1401	G6	15
	91	G5	120		1402	G6	15
	921	G5	120		1403	G11	-
	922	G5	120		2011	G3	-
	931	G5	120		3011	G6	15
	932	G5	120		3021	G6	15
	941	G5	30		3022	G6	15
	942	G5	30		3031	G6	15
Undheim	0	G3	-		3032	G6	15
	1	G3	-		3033	G6	15
	2	G3	-		3041	G6	15
	3	G3	-		3042	G6	15
	4	G3	-		4011	G6	15
	50	G5	30		4021	G6	15
	91	G5	120		4031	G11	-
	92	G5	30		4032	G3	-
	93	G3	-		4033	G3	-
	94	G3	-		4034	G3	-
Bryne	1200	G3	-		4041	G6	15
	1201	G3	-		4051	G6	15
	1202	G3	-		4061	G6	15
	1203	G3	-		4071	G6	15
	1204	G3	-		4081	G6	15
	1205	G3	-		4082	G6	15
	1206	G3	-		4083	G6	15
	1207	G3	-		4084	G6	15

* Ledes til vassdragsstrekning med G4, men nedstrøms strekning med G5 er avgjørende.

Tabell 21 (fortsettelse): Avgjørende vassdragstype G for utslipp av overvann fra hvert enkelt område og tilhørende maksimum spesifikk avrenning q_R.

Delområde	Områdenr.	G	q_R [l/s/ha]	Delområde	Områdenr.	G	q_R [l/s/ha]
Frøyland	0	G3	-	Frøyland	52	G7	-
	1	G4	240		53	G7	-
	2	G5	120		54	G7	-
	3	G5	120		911	G5	120
	4	G3	-		912	G5	120
	5	G3	-		92	G6	15
	6	G11	120		93	G6	15
	50	G7	-		94	G6	15
	51	G7	-				

10.5 Områder i Time kommune egnet til direkte avledning og utslipp til vassdrag

Vurderingen av hvilke områder som det godtas å lede overvann direkte til vassdrag, ble foretatt i to trinn. Først ble det sett på forurensningsverdier til de enkelte områdene (tabell 22), deretter på begrensninger av overvannsmengden i forhold til resipientene (tabell 23). Denne utredningen resulterte i tre kategorier områder:

1. Områder uegnet for direkte avledning / utslipp på grunn av dårlig overvannskvalitet (rensing er nyttig; størrelsen på vannføringstoppen har ingen betydning.)
2. Områder uegnet for direkte avledning / utslipp på grunn av krav på fordrøyning (god nok overvannskvalitet, men vannføringstoppene til resipient skal begrenses)
3. Områder egnet for direkte avledning (god nok overvannskvalitet, og resipienten setter ingen grense for vannføringstoppene i utslippet av overvann)

Kart som forteller hvor egnet områdene er for direkte avledning er vist i tegning nr. 161, 261, 262, 361, 461, 462 og 561.

Metoden i denne rapporten for å vurdere hvor egnet områder er for direkte avledning av overvann og utslipp til vassdrag tar ikke hensyn til spesielle krav i vassdrag, f. eks. eventuelle krav på vannkvalitet i forbindelse med forekomst av truede eller fredete arter. I Hååna og i Frøylandsbekken er det for eksempel påvist elvemusling[15,16].

[15] *Larsen, B.M. 2017. Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 1999 - 2015. NINA Rapport 1350*

[16] https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm

Tabell 22: Resultatet av vurderingen om overvann kan slippes ut til resipienter / vassdrag uten rensetiltak; sammenligning av forurensningsverdier B med vassdragspoeng G.

Delområde	Områdenr.	B	G	B ≤ G?	Delområde	Områdenr.	B	G	B ≤ G?
Kvernaland	0	11,9	18	OK	Bryne	1207	46,0	24	/
	1	29,2	18	/		1208	26,6	24	/
	2	25,3	18	/		1209	30,6	24	/
	3	12,1	18	/		1300	11,4	18	OK
Lye	0	12,2	18*	OK		1301	44,2	18	/
	1	41,4	18*	/		1302	33,5	15	/
	2	31,3	18*	/		1303	38,3	18	/
	3	11,2	18*	OK		1304	34,9	18	/
	4	16,5	18*	OK		1305	32,8	18	/
	5	12,5	18*	OK		1306	13,4	18	OK
	6	12,7	18*	OK		1307	46,0	18	/
	7	10,8	18*	OK		1308	14,1	15	OK
	50	21,5	18*	/		1400	12,0	15	OK
	91	35,0	18	/		1401	29,1	15	/
	921	11,9	18	OK		1402	25,5	15	/
	922	28,1	18	/		1403	12,0	12	OK
	931	16,7	18	OK		2011	29,6	18	/
	932	31,9	18	/		3011	21,2	15	/
	941	35,9	18	/		3021	27,1	15	/
	942	12,0	18	OK		3022	12,3	15	OK
Undheim	0	12,1	24	OK		3031	31,0	15	/
	1	29,9	24	/		3032	14,5	15	OK
	2	31,4	24	/		3033	21,7	15	/
	3	21,7	24	OK		3041	22,0	15	/
	4	13,2	24	OK		3042	24,0	15	/
	50	13,0	18	OK		4011	30,3	15	/
	91	29,8	18	/		4021	33,3	15	/
	92	31,3	18	/		4031	12,7	12	/
	93	29,4	24	/		4032	28,5	24	/
	94	31,3	24	/		4033	16,1	24	OK
Bryne	1200	12,8	24	OK		4034	24,2	24	/
	1201	32,3	24	/		4041	24,4	15	/
	1202	35,2	24	/		4051	15,0	15	OK
	1203	36,0	24	/		4061	36,0	15	/
	1204	34,3	24	/		4071	43,0	15	/
	1205	39,3	24	/		4081	12,0	15	OK
	1206	36,0	24	/		4082	34,8	15	/

* Njåtjørna med G = 12 ligger nedstrøms, men det er antatt at forurensningen reduseres betydelig på strekningen Lyefjell-Njåtjørna.

Tabell 22 (fortsettelse): Resultatet av vurderingen om overvann kan slippes ut til resipienter / vassdrag uten rensetiltak; sammenligning av forurensningsverdier B med vassdragspoeng G.

Delområde	Områdenr.	B	G	B ≤ G?	Delområde	Områdenr.	B	G	B ≤ G?
Bryne	4083	18,6	15	/	Frøyland	51	41,1	18	/
	4084	33,6	15	/		52	11,2	18	OK
Frøyland	0	12,9	24	OK		53	36,3	18	/
	1	11,6	21	OK		54	13,9	18	OK
	2	11,0	18	OK		911	12,4	18	OK
	3	33,1	18	/		912	34,3	18	/
	4	36,9	24	/		92	35,7	15	/
	5	35,3	24	/		93	36,0	15	/
	6	11,3	12	OK		94	43,0	15	/
	50	11,3	18	OK					

Tabell 23: Resultatet av vurderingen om overvann kan avledes/ slippes ut direkte. OK = område er egnet; 0 = ikke egnet pga. dårlig vannkvalitet; 0 F = ikke egnet pga. krav om fordrøyning.

Delområde	Område-nr.	B ≤ G?	q_R [l/s/ha]	Direkte avledning?	Delområde	Område-nr.	B ≤ G?	q_R [l/s/ha]	Direkte avledning?
Kvernaland	0	OK	/	OK	Bryne	1207	/	/	0
	1	/	30	0		1208	/	/	0
	2	/	30	0		1209	/	/	0
	3	/	30	0		1300	OK	/	OK
Lye	0	OK	30	0 F		1301	/	/	0
	1	/	30	0		1302	/	15	0
	2	/	30	0		1303	/	/	0
	3	OK	30	0 F		1304	/	/	0
	4	OK	30	0 F		1305	/	/	0
	5	OK	30	0 F		1306	OK	/	OK
	6	OK	30	0 F		1307	/	/	0
	7	OK	30	0 F		1308	OK	15	0 F
	50	/	30	0		1400	OK	15	0 F
	91	/	120	0		1401	/	15	0
	921	OK	120	0 F		1402	/	15	0
	922	/	120	0		1403	OK	/	OK
	931	OK	120	0 F		2011	/	/	0
	932	/	120	0		3011	/	15	0
	941	/	30	0		3021	/	15	0
	942	OK	30	0 F		3022	OK	15	0 F
Undheim	0	OK	/	OK		3031	/	15	0
	1	/	/	0		3032	OK	15	0 F
	2	/	/	0		3033	/	15	0
	3	OK	/	OK		3041	/	15	0
	4	OK	/	OK		3042	/	15	0
	50	OK	30	0 F		4011	/	15	0
	91	/	120	0		4021	/	15	0
	92	/	30	0		4031	/	/	0
	93	/	/	0		4032	/	/	0
	94	/	/	0		4033	OK	/	OK
Bryne	1200	OK	/	OK		4034	/	/	0
	1201	/	/	0		4041	/	15	0
	1202	/	/	0		4051	OK	15	0 F
	1203	/	/	0		4061	/	15	0
	1204	/	/	0		4071	/	15	0
	1205	/	/	0		4081	OK	15	0 F
	1206	/	/	0		4082	/	15	0

Tabell 23 (fortsettelse): Resultatet av vurderingen om overvann kan avledes/ slippes ut direkte. OK = område er egnet; 0 = ikke egnet pga. dårlig vannkvalitet; 0 F = ikke egnet pga. krav om fordrøyning.

Delområde	Område-nr.	B ≤ G?	q_R [l/s/ha]	Direkte avledning?	Delområde	Område-nr.	B ≤ G?	q_R [l/s/ha]	Direkte avledning?
Bryne	4083	/	15	0		51	/	/	0
	4084	/	15	0		52	OK	/	OK
Frøyland	0	OK	/	OK		53	/	/	0
	1	OK	240	0 F		54	OK	/	OK
	2	OK	120	0 F	Frøyland	911	OK	120	0 F
	3	/	120	0		912	/	120	0
	4	/	/	0		92	/	15	0
	5	/	/	0		93	/	15	0
	6	OK	120	0 F		94	/	15	0
	50	OK	/	OK					

11. Prinsippløsninger tretrinnsstrategi

11.1 Prinsipper for overvannshåndtering

En generelt anerkjent tilnærming for løsning av overvannsproblemer er tretrinnsstrategien (også kalt treleddsstrategien[17]). Overvann skal fortrinnsvis håndteres lokalt (LOD / LOH = lokal overvannsdisponering / -håndtering).

Om mulig fanges avrenningen opp og infiltreres i grunnen. Ved infiltrasjon i bebygde områder er det viktig at det er samsvar mellom overflatens permeabilitet og grunnens evne til å motta det vannet som siger ned fra overflaten.

Dersom avrenningen er større enn mengden som kan infiltreres, samles overvannet i eller ledes til anlegg som fordrøyer vannet ved forsinking og demping av avrenningen. Avledning av overvann skal skje uten skader. Vannmengder som overstiger kapasiteten til fordrøyningsanleggene, skal avledes trygt til resipienter.

Tabell 24 viser en oversikt over prinsipper for overvannshåndtering delt inn i **ni kategorier**:

- Infiltrasjon
- Dammer og terskler
- Grønnstrukturer
- Våtmark
- Lukkede magasiner
- Renner
- Gjenåpning eller restaurering av bekker
- Sikring av byggverk
- Bevaring av viktige områder og terrengformer

Tabellen er en modifisert sammenstilling basert på NOU (2015)[17] og Norsk Vann (2012[18], 2008[19]).

Prinsippløsningene for hver av disse kategoriene er vurdert med hensyn til deres funksjon i forhold til tretrinnsstrategien, og i tillegg om de virker positivt med tanke på rensing av overvann, rekreasjon og trivsel i nærmiljøet, lokal klimaregulering, støy og luftkvalitet, og biologisk mangfold.

Med **prinsippløsninger** menes det her overvannsanlegg eller måter å håndtere overvann på; med **prinsipper** forstås det overordnete begrep for eller kategorier av prinsippløsninger.

Ved omtale av (overvanns)tiltak refereres det i denne rapporten til bruk av prinsippløsninger for lokale forhold på et bestemt sted eller på flere steder i et område, eller i forbindelse med bestemte byggeprosjekter. Prinsippløsningene er nærmere beskrevet i kapitlene som følger.

---

[17] *Norges offentlige utredninger 2015:16 Overvann i byer og tettsteder – Som problem og ressurs, Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon Informasjonsforvaltning, Olso.*

[18] *Norsk Vann (2012) Vann- og avløpsteknikk, red. H. Ødegaard*

[19] *Norsk Vann (2008) Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Rapport 162*

Bortsett fra sikring av byggverk mot overvann er flomsikring (varige og midlertidige forbygninger) her ikke tatt med som prinsippløsning. Det samme gjelder for løsninger på ledningsnettet, samt tilhørende tekniske anlegg, f. eks. pumper.

Frakobling av takrenner er ikke tatt med som egen prinsippløsning. Målet med frakobling av tak er her at avrenningen fra tak ikke ledes til det offentlige ledningsnettet, men disponeres og vanligvis infiltreres lokalt. I noen tilfeller ledes takvann på bakken og videre til ledningsnettet, f.eks. via sluk på kommunal veg. Dette har en fordrøyningseffekt på avrenningen fra den første delen av et regnskyll. Men avrenningen ledes likevel til det offentlige ledningsnettet, mens formålet med frakobling av takrenner skal her være å redusere påslipp til ledningsnettet. Frakobling av takrenner inngår her derfor i prinsippet infiltrasjon.

Tabell 24: Prinsippløsninger for overvannshåndtering i samsvar med tretrinnsstrategien, samt vurdering av funksjon i forhold til rensing, rekreasjon og nærmiljø, mikroklima, støy og luftkvalitet, og biologisk mangfold. Svart bjelke = hovedfunksjon, grå bjelke = begrenset funksjon; ● = har funksjon i tillegg, (●) har begrenset funksjon i tillegg; ikke noe angitt = ikke noen funksjon. Tabellen er en modifisert sammenstilling basert på NOU (2015)[17] og Norsk Vann (2012[18], 2008[19]).

Prinsipper og prinsippløsninger	Tretrinnsstrategi: Infiltrasjon	Tretrinnsstrategi: Fordrøyning	Tretrinnsstrategi: Avledning	Rensing	Rekreasjon & nærmiljø	Mikroklima	Støy & luftkvalitet	Biologisk mangfold
Infiltrasjon								
- Fra terreng	■	■						
- Permeable dekker	■	■						
- Regnbed (desentral) = filterbasseng (sentral)	■	■		●	●	●	●	●
- Åpne grøfter	■	■	▒			(●)	(●)	
- Lukkede grøfter	■	■		●				
- Infiltrasjonsbasseng	■	■				(●)	(●)	
Dammer og terskler								
- Overvannsdammer (fordrøynings-, rensedammer)		■		●	●	●	●	●
- Fordrøyningsmagasiner	▒	■	▒	●		(●)	(●)	
- Terskler med strupet utløp		■	■		●	●	●	
Grønnstrukturer, vegetasjon								
- Grønne tak	▒	■			●	●	●	(●)
- Infiltrerbare flater	■	■			●	●	●	(●)
- Grønne vegger		■			●	●	●	(●)
Våtmark		■		●	●	●	●	●
Lukkede magasiner								
- Steinfyllings- og kassettmagasiner	▒	■						
- Rørmagasiner		■						
Renner		■	■		(●)	(●)	(●)	
Gjenåpning / restaurering av bekker	▒	■	■	●	●	●	●	●
Sikring av byggverk			■					
Bevaring av viktige områder og terrengformer								
Myr		■			●	●	●	●
Forsenkninger	▒	■						
Infiltrerbare flater	■	■			●	●	●	●
Høybrekk og rygger i terrenget			■					

11.1.1 Infiltrasjon

Fra terreng

Avrenning fra tette flater, typisk fra boligtomter, ledes ut mest mulig spredt på åpent, jevnt terreng (grasplen eller andre områder med planter) og infiltreres derfra.

Tabell 25: Parameterverdier for dimensjonering av infiltrasjon fra terreng[19].

Tilrenningsareal (nedbørfelt)	< 2 – 5 ha
Størrelse, bredde x lengde	> 10 m x 3 m
Helning	2 – 5 %, maks. 15 %

Figur 60: Infiltrasjon fra grasplen (kilde: Dreiseitl & Grau 2009[20]).

[20] *Dreiseitl, H. & Grau, D. (eds.) 2009 Recent Waterscapes – Planning, Building and Designing with Water. Birkhäuser Verlag AG, Basel, Switzerland.*

Permeable dekker

Flater som tradisjonelt har blitt bygd med tett dekke, bygges i stedet for med porøs overflatebelegning. Dette er typisk flater som parkeringsplasser, innkjørsler, gårdsrom, fortauer o.l. Overvannet fra disse flatene infiltreres i grunnen gjennom overflaten. Et pukklag under overflaten eller belegget sørger for magasinering. Porøse overflatebelegg kan være:

- Grus
- Hulstein av betong / betongkassetter
- Porøs asfalt
- Porøs betongstein
- Betongelementer / gatestein med åpne fuger

Figur 61: Dekke av permeable belegningssteiner og gressarmeringssteiner (kilder: StormAqua[21]/ Multiblokk[22]).

Regnbed og filterbasseng

Regnbed er forsenkninger i terrenget, som har et øvre lag med jord og vegetasjon, og et nedre filterlag. Overvann renner av fra tette flater og samles i groper for infiltrasjon i grunnen. Ved dårlig infiltrasjonsevne legges det drensrør i grove masser i bunnen (dreneringslag). Gjennom helning og terskel med overløp på en side av regnbedet demmes overvannet opp. På den måten bidrar regnbed til fordrøyning.

I nedstrøms ende er regnbedet koblet til infiltrasjonsgrøft, renne, drensledning eller annet egnet overvannsanlegg som sørger for avledning av vannet som ikke infiltreres direkte i grunnen. Regnbed anlegges nær flatene der overvannet skapes, dvs. **regnbed** er **desentrale** anlegg for avrenning fra flater som tak, gårdsplasser og parkeringsplasser. Dersom lignende anlegg etableres **sentralt**, kalles de **filterbasseng**. Regnbed og filterbasseng har rensevirkning på overvannet.

---

[21] *Storm Aqua AS, Vagleskogveien 10, 4322 Sandnes*
http://www.stormaqua.no/stormaqua/project.aspx?id=2&nodeid=6840

[22] *Multiblokk AS, Vagleskogveien 10, 4322 Sandnes*
http://www.multiblokk.no/multiblokk/Belegningsstein/Gressarmering/44706495?pid=329

Regnbed kan integreres i grønnstrukturer og blågrønne flater, og regnbed har positiv virkning utover selve overvannshåndteringen i forhold til biologisk mangfold, trivsel i nærmiljøet, lokal klimaregulering, støy og luftkvalitet.

Grunnprinsippene for utforming av regnbed er oppsummert i et faktaark fra Oslo kommne[23].

Tabell 26: Parameterverdier for dimensjonering av regnbed[18,24].

Filtermedium, dybde	0,5 – 0,8 m
Størrelse, andel av tilrenningsarealet	5 – 10 %
Drenslag for tett, stedegen masse	> 0,3 m
Drensrør diameter	≥ 100 mm
Maks vanndybde	0,15 – 0,30 m

Figur 62: Regnbed (kilder: NVE 2013[24], A. Ekle, K. H. Paus, B.C. Braskerud / R.A. Grande).

[23] https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398684/Innhold/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Regnbed%20for%20lokal%20flomdemping.pdf

[24] *NVE (2013) Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed. Rapport nr 3-2013, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.*

Åpne infiltrasjonsgrøfter

Åpne infiltrasjonsgrøfter er konstruerte kanaler, som samler opp, fordrøyer og infiltrerer avrenningen fra flater som parkeringsplasser, industri- og boligområder, og langs veier. Gressklædde grøfter har også betegnelsen «vadi» eller «swale». Infiltrasjonsgrøfter har slake sidehelninger og liten helning i strømningsretning, som gir lav vannhastighet (< 0,5 m/s). Overvann som ikke blir infiltrert avledes videre til nedstrøms overvannsanlegg. Infiltrasjonsgrøfter kan også brukes som flomveier.

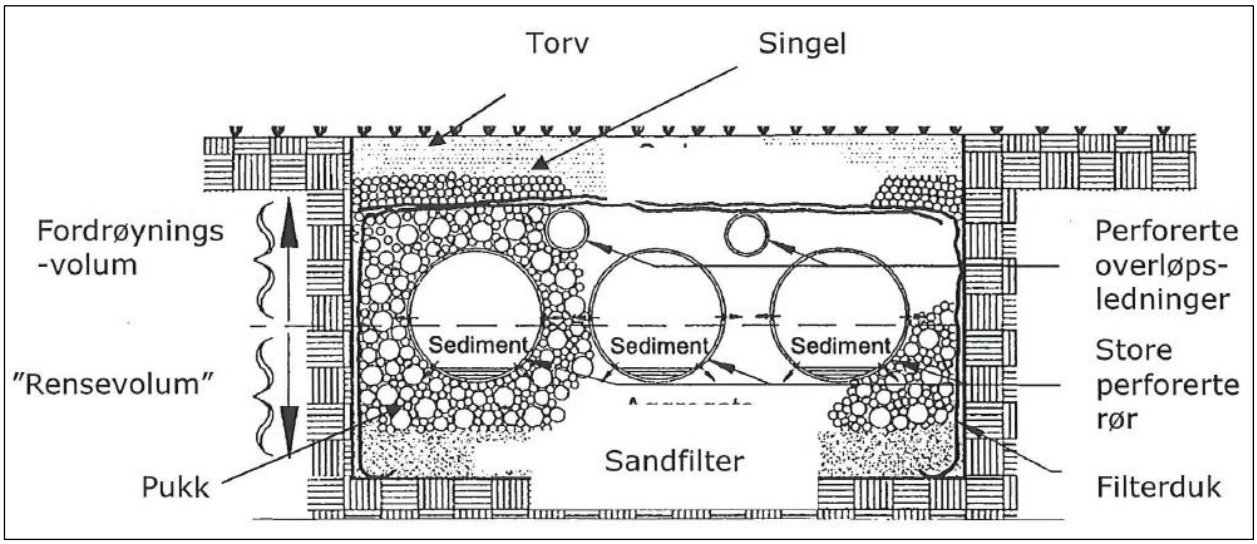
Tabell 27: Parameterverdier for dimensjonering av åpne infiltrasjonsgrøfter[18,19].

Tilrenningsareal (nedbørfelt)	< 2 ha
Størrelse, andel av tilrenningsarealet	10 – 20 %
Bredde	0,6 – 2,4 m
Helning sideskråninger	1:3 – 1:5
Helning i strømningsretning	Maks. 6 %

Figur 63: Gressklædde grøfter (kilde: Dreiseitl & Grau 2009[20]).

Lukkede infiltrasjonsgrøfter

Overvann avledes i drensledninger til lukkede grøfter. Infiltrasjon i grunnen skjer gjennom perforerte rør lagt i pukk med sandfilter i bunnen. Filterlaget sørger for rensing av overvannet. Tilført vannmengde utover grøftens kapasitet avledes gjennom høytliggende, perforerte overløpsrør (se eksempel i figur 64).



Figur 64: Prinsippskisse av lukket infiltrasjonsgrøft (kilde: Norsk Vann 2008[19]/ Northern Virginia BMP Handbook[25]).

Infiltrasjonsbasseng

Overvann infiltreres i grunnen i åpent, gresskledt basseng, samtidig som det fordrøyes gjennom magasinering. I tillegg til direkte avrenning fra terreng fylles bassenget vanligvis gjennom tilløpsrør. Ved innløpet bremses vannstrømmen ved hjelp av energidreper, og det skapes en slamsone. Bunnen av bassenget er dekket med porøst filtermedium (grus, singel). Bassenget har et kontrollert utløp / overløp for å håndtere vannmengder når tilrenningen er større enn infiltrasjons- og fordrøyningskapasiteten.

[25] *Northern Virginia Planning District Commission & Engineers and Surveyors Institute (1992) Northern Virginia BMP Handbook – A Guide to Planning and Designing Best Management Practices in Northern Virginia.NVPDC & ESI, Annandale, Virginia.*

11.1.2 Dammer og terskler

Overvannsdammer

Overvannsdammer er basseng med tett bunn og varig vannspeil (våte dammer), enten med eller uten fordrøyningsvolum. Overvannsdammer med fordrøyningsvolum betegnes også som fordrøyningsdammer, eller rensedammer dersom de har betydelig permanent vannvolum til rensing av overvann. Overvannsdammer uten fordrøyningsvolum bidrar lite til fordrøyning, men har rensevirkning.

Ved innløpet bremses vannstrømmen ved hjelp av energidreper, og det skapes en slamsone. For å redusere isproblemer om vinteren skal innløp og utløp være dykket, og dammer skal være utstyrt med tømmeledning og nødoverløp.

Overvannsdammer kan integreres i blågrønne flater, og har positiv virkning utover selve overvannshåndteringen i forhold til biologisk mangfold, trivsel i nærmiljøet, mikroklima, støy og luftkvalitet.

Tabell 28: Parameterverdier for dimensjonering av overvannsdammer[19].

Tilrenningsareal (nedbørfelt)	> 5 ha
Størrelse , overflateareal	> 200 m2
Størrelse, lengde x bredde	L ~ 3 x B
Helning skråninger	~ 1:4
Vanndybde	1,0 – 3,5 m
Størrelse slamsone, andel overflateareal	10 – 30 %

Figur 65: Overvannsdam i Fornebu (venstre) og rensedam ved E 39 i Sandnes (høyre) (kilder: Dreiseitl & Grau 2009[20]; eget bilde).

Fordrøyningsmagasiner

Fordrøyningsmagasiner eller -basseng er tørre dammer som er dimensjonert for mer sjeldne nedbørhendelser. Ved kraftig reng fylles magasinene eller bassengene. Hovedformålet er fordrøyning, men noe vann kan også infiltreres. Ved innløpet bremses vannstrømmen ved hjelp av energidreper, og det skapes en slamsone. Gresskledd bunn og bredd hindrer erosjon. Anlegget skal være utstyrt med kontrollert utløp og nødoverløp.

Avhengig av dimensjonerende oppholdstid har fordrøyningsmagasiner en mindre eller større rensevirkning. Fordrøyningsmagasiner for rensing dimensjoneres for oppholdstid mellom 24 og 48 timer.

Tabell 29: Parameterverdier for dimensjonering av fordrøyningsmagasiner[19].

Tilrenningsareal (nedbørfelt)	< 30 ha tette flater
Helning skråninger	~ 1:4

Figur 66: Fordrøyningsmagasin ved E 136 i Romsdalen (kilde: NVE 2016[26]; Johs. J. Syltern).

[26] *NVE 2016) Eksempel på dreneringstiltak i små nedbørsfelt – Naturfareprosjektet Delprosjekt 5 Flom og vann på avveie. Rapport nr 26-2016, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.*

Terskler

Terskler med strupet utløp brukes til å demme opp vannet, f. eks. i flomveier, og dermed til å øke fordrøyningen. I grøfter, kanaler, vannrenner o.l. med stor helning i strømningsretning kan terskler sørge for redusert vannhastighet og minske faren for erosjon.

Terskler kan integreres i blågrønne flater, og de har positiv virkning utover selve overvannshåndteringen i forhold til trivsel i nærmiljøet, mikroklima, støy og luftkvalitet.

Figur 67: Terskel i grøft med stor helning (kilde: Dreiseitl & Grau 2009[20]).

11.1.3 Grønnstrukturer

Grønne tak

Takareal dekkes med vegetasjon for å fordrøye avrenningen av takvann. Vannmengden som ikke tas opp av vegetasjonsdekket, avledes gjennom et dreneringslag under vegetasjonslaget. Vegetasjonen kan bestå av lave planter på et tynt dekke (gress, urter, moser; 2 – 10 cm) eller høye planter på et tykt dekke (stauder, busker, trær; > 10 cm).

Grønne tak har positiv virkning utover selve overvannshåndteringen i forhold til lokal klimaregulering, støy, luftkvalitet og, avhengig av vegetasjonstype, også biologisk mangfold.

NVE har beskrevet erfaring med grønne tak i Oslo i rapporten «Grønne tak og og styrtregn»[27].

Figur 68: Grønt tak i Oslo (kilde: Oslo kommune[28]).

[27] *Braskerud, B.C. (2014) Grønne tak og og styrtregn – Effekten av ekstensive tak med sedumvegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo. Rapport nr. 65/2014, NVE, Oslo.* http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_65.pdf

[28] *Informasjonsark, januar 2016. Grønne tak for flomdemping – testede tiltak. Oslo kommune.* https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398678/Innhold/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Gr%C3%B8nne%20tak%20for%20flomdemping.pdf

Infiltrerbare flater

Grøntareal bidrar til reduksjon av direkte avrenning gjennom infiltrasjon og fordrøyning. Grasplen, busker, trær og annen vegetasjon holder tilbake vann ved intersepsjon, evaporasjon og transpirasjon.

Med infiltrerbare flater er det her ment at kun nedbøren som faller direkte på flatene, infiltreres. Det ledes ikke avrenning fra andre arealer til de infiltrerbare flatene. Ved oppbygging av infiltrerbare flater må eventuelle tette overflatemasser erstattes med infiltrerbare masser.

Infiltrerbare flater kan integreres i blågrønne flater og har positiv virkning utover selve overvannshåndteringen i forhold til trivsel i nærmiljøet, mikroklima, støy, luftkvalitet og, avhengig av vegetasjonstype, også biologisk mangfold.

Figur 69: Infiltrasjonsflater i parkområde (kilde: Ramboll Studio Dreiseitl brosjyre).

Grønne vegger

Beplantning av vegger ved hjelp av klatreplanter gir bymiljøet grønne kvaliteter i vertikal retning, i likhet med trær. Lik infiltrerbare flater med vegetasjon holder grønne vegger tilbake vann ved intersepsjon, evaporasjon og transpirasjon, og bidrar til økt trivsel i nærmiljøet, bedre lokal klimaregulering, redusert støy, bedre luftkvalitet og, avhengig av vegetasjonstype, også økt biologisk mangfold.

11.1.4 Våtmark

Våtmark finnes som grunn våtmark, i kombinasjon med en våt dam (dammer med våtmark rundt eller i nedstrøms ende), og med stort fordrøyningsvolum. Hovedformål er fordrøyning og rensing av overvann. Men våtmarksområder kan også få stor betydning for biologisk mangfold, rekreasjon og lokal klimaregulering. De bidrar også til bedre luftkvalitet.

Våtmark anlegges på relativt tett, leirholdig grunn. Vanligvis består anleggene av tre soner: Slamsone, våtmark og utløpsbasseng med kontrollert utløp. Grunn våtmark har som regel tilløp på terrenget; dammer med våtmark i nedstrøms ende og våtmark med stort fordrøyningsvolum har gjerne innløp med energidreper. Våtmark med stort fordrøyningsvolum bør ha nødoverløp.

Figur 70: Våtmark (kilde: Dreiseitl & Grau 2009[20]).

11.1.5 Lukkede magasiner

Steinfyllings- og kassettmagasiner

I lukkede fordrøyningsmagasiner benyttes steinfyllinger (steinkiste, perkolasjonsmagasin) eller plastkassetter (kassettmagasiner) som tar opp og fordrøyer avrenningen fra enkelttomter og mindre tomteområder. Ordene «pukkmagasin» og «sprengsteinmagasin» er også vanlig i bruk.

Steinkiste- og perkolasjonsmagasin forutsetter i utgangspunktet infiltrasjon i grunnen. Men steinfyllings- og kassettmagasin brukes også i områder med tett grunn, dvs. uten infiltrasjon.

Lukkede magasiner trenger sandfang for fjerning / reduksjon av partikulært materiale. Sandfangene må tømmes flere ganger om året for å hindre tilslamming og reduksjon av magasinenes fuksjon og levetid. Slam i steinfyllinger kan ikke fjernes etter tilslamming, mens plastkassetter kan spyles eller byttes ut. Finstoff fra omgivende masser holdes ute ved bruk av fiberduk. Lukkede magasiner skal ha kontrollert, fritt utløp og nødoverløp.

Rørmagasiner

Rørmagasiner er store ledninger med kontrollert utløp, som benyttes til fordrøyning av avrenningen fra enkelttomter og mindre tomteområder. De bør ha minst mulig fall. Anlegget skal ha nødoverløp og tilløp via sandfang. Eventuelt avsatt slam i magasinet må fjernes.

Figur 71: Rørmagasin under bygging i Kjørbekkdalen, Skien. Fire betongrør med diameter 1000 mm, sett fra utløpsenden, skal fordrøye takvann og overvann fra parkeringsplass (kilde: G. Mosevoll).

11.1.6 Renner

Vannrenner er konstruerte, åpne grøfter eller kanaler med eller uten vegetasjon. Overvann ledes dit til fordrøying og trygg avledning. De betegnes også som tørre renner eller åpne avløpsveger / traséer, dersom de ikke har varig vannføring.

Figur 72: Kanal i Fornebu (venstre) og tørr renne brukt som fotsti og flomvei (høyre) (kilde: Dreiseitl & Grau 2009[20]).

11.1.7 Gjenåpning / restaurering av bekker

Mange bekkeløp har over årene blitt enten lukket / lagt i rør eller blitt sterkt modifisert / kanalisert, og har tapt sine naturlige kjennetegn og egenskaper. Ved gjenåpning av lukkede bekker, fjerning av kulverter eller andre menneskeskapte hinder, og restaurering av kanaliserte bekkeløp kan egenskapene og mulighetene til åpne, mer naturlige bekkeløp utnyttes. Åpne tverrsnitt har redusert fare for tilstopping og vanligvis større hydraulisk kapasitet, og det bidrar til fordrøyning og trygg avledning.

Utover positiv virkning på selve overvannshåndteringen kan bekkeåpning bedre rekreasjon og trivsel i nærmiljøet, bidra til lokal klimaregulering, redusere støy, heve luftkvaliteten, og øke biologisk mangfold. Hvor mye man klarer å utnytte overvann som ressurs gjennom en bekkeåpning, er sterkt avhengig av lokale forhold rundt bekkeløpet, som eiendomsgrenser, type terreng, type bebyggelse, offentlig / privat eiendom, etc. I byer er mulighetene til å skape et naturlig bekkeløp vanligvis begrenset, og man må derfor gå for mer tekniske løsninger med åpne kanaler.

Tiltak ved restaurering, som anlegg av flomsletter og soner som oversvømmes, tilrettelegging for kantvegetasjon, fjerning av unaturlige hinder, gjenopprettelse av naturlig bunnsubstrat etc. er svært nyttige for biologisk mangfold. Dette kommer i tillegg til virkningen på selve overvannshåndteringen. Som følge av restaureringen skapes naturlige habitater, vassdragskontinuitet og mer naturlig variasjon i vannføring. Dette gir betydelig bedre levevilkår blant annet for fisk og bunndyr, og kan f. eks. føre til at tidligere fiskearter kommer tilbake til vassdraget.

Åpne bekkeløp kan godt kombineres med ytterligere overvanns- og byplanleggingstiltak, som del av blågrønne strukturer eller parkområder, eller knyttes til våtmarksområder eller overvannsdammer.

11.1.8 Sikring av byggverk

Byggverk blir sikret mot oversvømmelse ved byggteknisk vern. Bygninger blir bygt uten kjeller, med høyere kjellernivå eller med forsterkete murer som tåler oppstuvning av overvann. Installasjon av tilbakeslagsventiler hindrer at vann trenger inn i bygninger via avløpsledninger. Sikring av byggverk omfatter også etablering av hinder på overflaten, dvs. terskler, murer eller kanter som hindrer overvann å renne inn mot bygninger. De sistnevnte tiltakene kan være enkle, men effektive, f. eks. en terskel på tvers av innkjørselen til en parkeringskjeller, som sørger for at oppstuvet overvann på gata ikke renner ned i parkeringskjelleren, eller en lyskasse med vegger som rager over terreng.

Figur 73: Sikring av bygg med opphøyd lyskasse (kilde: Thüringer Landesverwaltungsamt[29]).

[29] *Kommunales Risikomanagement bei Starkregen, April 2017, Thüringer Landesverwaltungsamt, Freistaat Thüringen, Weimar.*

11.1.9 Bevaring av viktige områder og terrengformer

Myrområder

Myr er viktige områder fordi de bidrar til fordrøyning ved at de tar opp vann og forsinker avrenningen, forutsatt at de ikke allerede ved nedbørhendelsens start er fylt med vann fra tidligere perioder med regn. I tillegg er myrområder ofte verdifulle for planter og dyreliv, og de spiller således en viktig rolle i forhold til biodiversitet, stedegen vegetasjon og naturens stoffkretsløp.

Forsenkninger og store groper

Forsenkninger og store groper i terrenget bidrar til fordrøyning av overvannsavrenning. Har grunnen god permeabilitet, kan også infiltrasjonen bli vesentlig. Ved å beholde forsenkninger og groper i terrenget opprettholdes naturlig fordrøyningsvolum. I noen tilfeller er det mulig å integrere forsenkninger i overvannsystemet.

Infiltrerbare flater

Ved å beholde flater med vegetasjon opprettholdes den direkte avrenningen fra disse flater gjennom infiltrasjon og fordrøyning (se også kapittel 11.1.3).

Høybrekk og rygger i terrenget

Høybrekk og rygger i terrenget hindrer overvann å strømme fritt på terrenget, og de er årsaken til avrenningslinjer og flomveier. Før terreng endres, bør det undersøkes om det finnes høybrekk, og om dets fjerning fører til vesentlige, uønskete endringer av avrenningslinjer, og om naturlige flomveier kan bevares.

11.2 Utbyggingstilstand og type bebyggelse: Hvor egnet er de ulike prinsippløsningene

I forrige kapittel ble prinsippløsningene for overvannshåndtering beskrevet først og fremst med vekt på funksjonen i forhold til tretrinnsstrategien. Det finnes imidlertid flere aspekter som er viktige ved bruk av tretrinnsstrategien og valg av prinsippløsninger.

For planlegging i kommunen spiller utbyggingstilstand eller typen byggeprosjekt en rolle. Man kan skille mellom tre trinn for utbygging / typer byggeprosjekt:

1. Eksisterende bebyggelse
2. Ombygging av eksisterende bebyggelse
3. Nybyggprosjekter (enkeltbygning eller reguleringsplan / byggefelt med flere bygninger)

Avhengig av utbyggingstilstand / utbyggingstrinn er prinsippløsninger mer eller mindre egnet for private eiere. I tabell 30 er det vurdert prinsipielt hvor godt egnet de beskrevne prinsippløsninger er i forhold til utbyggingstilstanden. Med **prinsipielt egnet** menes det her at det ikke er tatt hensyn til hvor vidt det er lovfestet om kommunen kan pålegge private eiere å bygge slike anlegg. Dette spørsmålet behandles i kapittel 11.5.

I tillegg finnes det sentrale og desentrale anlegg. Mange av **infiltrasjonsprinsippene** gjelder naturligvis **desentrale anlegg**, siden overvann fortrinnsvis infiltreres på stedene der det skapes.

Alle infiltrasjonsanlegg bidrar samtidig til **fordrøyning** (se tabell 24). Mange prinsippløsninger med fordrøyning som hovedformål er **sentrale anlegg**. Avrenning fra ulike flater i et område samles og ledes til anlegg med større fordrøyningsvolum (f. eks. dammer, våtmark, lukkede magasiner).

Avledning skjer naturligvis i hovedsak i sentrale anlegg (f. eks. renner, grøfter, kanaler). På den andre siden er inndelingen sentrale mot desentrale anlegg ikke entydig, siden dette er avhengig av anleggets størrelse, overvannssystemets størrelse og hvor i systemet anlegget er plassert.

I betraktningene her er det bare tatt hensyn til hvor egnet et anlegg er i et pålegg, eller som insentiv overfor private eiere av bygninger eller overfor et utbyggingsfirma. Dette betyr ikke at et anlegg, som her er vurdert som uegnet, f. eks. som pålegg til private huseiere i eksisterende bebyggelse, er uegnet i eksisterende bebyggelse generelt. For anlegg i regi av det offentlige er i utgangspunktet alle prinsippløsninger egnet i alle utbyggingstrinn eller -tilstander, forutsatt at kommunale veier, offentlige plasser, friareal o.l. er sett på som del av bebyggelsen.

Et eksempel er bygging av en overvannsdam. Dette anlegget er uegnet som pålegg til private eiere i eksisterende bebyggelse eller ved ombygging av eksisterende bebyggelse (se tabell 30). Likevel kan en overvannsdam være egnet til å fange opp og fordrøye overvann sentralt i et eksisterende boligområde. I dette tilfellet er det imidlertid vanskelig å pålegge private eiere bygging av et slikt anlegg. Slike tilfeller gjelder for sentrale anlegg i eksisterende bebyggelse eller ved ombygging av eksisterende bebyggelse.

Spørsmålet om hvor hensiktsmessig det er å bygge overvannsanlegg på private tomter henger altså umiddelbart sammen med om anlegg er sentrale eller desentrale. Bare desentrale anlegg er aktuelle som pålegg til private eiere på deres tomter. I forbindelse med store nybyggprosjekter er det imidlertid mulig at kommunen krever bygging av overvannsanlegg som

kompensasjon for tetting av flater fra private utbyggere eller grunneiere. I slike tilfeller er sentrale anlegg egnet.

For eksisterende bebyggelse er antallet av egnede prinsippløsninger svært begrenset, siden det er vanskelig å få utført tiltak uten at andre endringer eller ombygginger er planlagt. Regnbed vurderes som mulig på grunn av at de kan integreres i hager for boliger eller uterom i borettslag og næringsbygg. Det samme gjelder i mindre grad infiltrasjon av avrenning fra terreng gjennom permeable dekker, samt anlegg av infiltrerbare flater og grønne vegger. Også enkel byggteknisk sikring av eksisterende bygninger er aktuelt, f. eks. ved bygging av terskler som styrer overvannsavrenningen.

Ved ombygging av eksisterende bebyggelse er antallet av egnede prinsippløsninger også begrenset. Infiltrasjon av avrenning fra terreng gjennom permeable dekker, anlegg av infiltrerbare flater og grønne vegger, samt regnbed vurderes som egnet. I tillegg egner bygging av grønne tak seg ved ombygginger som berører takflater. Byggteknisk sikring ved ombygging er begrenset mulig. Bortsett fra de nevnte løsningene skal det ved ombygging av eksisterende bebyggelse så vidt mulig bevares høybrekk i terrenget og infiltrerbare flater.

For nybyggprosjekter kan alle prinsippløsninger være egnet. Sentrale anlegg er godt egnet til større byggeprosjekter som boligblokker, rekkehus, nærings- / industribygg eller byggefelt, mens sentrale anlegg er gjerne dårlig egnet for enkelte nybygg.

Tabell 30: Prinsipper og prinsippløsninger for overvannshåndtering: Hvor godt egnet er de for ulik utbyggingstilstand* og type bebyggelse**; ● = egnet, (●) begrenset egnet; ikke noe angitt = ikke egnet.

Prinsipper og prinsippløsninger	Eksisterende bebyggelse	Ombygging av eksisterende bebyggelse	Nybyggprosjekter	Lett bebyggelse	Bymessig bebyggelse	Industri- og næringsområder
Infiltrasjon						
- Fra terreng	(●)	●	●	●	(●)	●
- Permeable dekker	(●)	●	●	●	●	●
- Regnbed (desentral) = filterbasseng (sentral)	● 1	● 1	●	●	(●) 1	●
- Åpne grøfter			● 2	●	(●)	●
- Lukkede grøfter			● 2	●	(●)	●
- Infiltrasjonsbasseng			● 2	●		●
Dammer og terskler						
- Overvannsdammer (fordrøynings-, rensedammer)			● 2	●	●	●
- Fordrøyningsmagasiner			● 2	●		●
- Terskler med strupet utløp			● 2	●	●	●
Grønnstrukturer, vegetasjon						
- Grønne tak		●	●	●	●	●
- Infiltrerbare flater	(●)	●	●	●	●	●
- Grønne vegger	(●)	●	●	●	●	●
Våtmark			● 2	●		●
Lukkede magasiner						
- Steinfyllings- og kassettmagasiner			● 2	●	●	●
- Rørmagasiner			● 2	●	●	●
Renner			● 2	●	●	●
Gjenåpning / restaurering av bekker			● 2	●	(●)	
Sikring av byggverk	(●)	(●)	●	●	●	●
Bevaring av viktige områder og terrengformer						
Myr			●	●		●
Forsenkninger			●	●		●
Infiltrerbare flater		●	●	●	●	●
Høybrekk og rygger i terrenget		●	●	●	●	●

* Egnethet i forhold til gjennomføring av private eiere; nærmere forklaring se tekst.
** Kommunale veier er sett på som en del av bebyggelsen; nærmere forklaring se tekst.
1 gjelder regnbed, ikke filterbasseng
2 gjelder større byggeprosjekter (byggefelt, nærings- / industribygg)

Videre er ikke alle anlegg like godt egnet for ulike typer bebyggelse. Man kan skille mellom tre typer bebyggelse:

1. Områder med lett bebyggelse: eneboliger, boligstrøk, blokker, rekkehus o.l. med noe friareal, grøntareal eller hager.
2. Områder med bymessig bebyggelse: tette kvartaler, boligblokker, forretnings- og kontorbygg; typisk bykjerne; lite friareal bortsett fra gårdsrom, parker o.l.
3. Industri- og næringsområder.

I tabell 30 er det vurdert hvor godt egnet alle tidligere beskrevne prinsippløsninger er for ulike typer bebyggelse. Vurderingen av hvor godt egnet de ulike prinsippløsningene er for overvannshåndtering inkluderer ikke håndtering av overvann fra store veier. Disse skal ha egne overvannsanlegg med rensevirkning, og kan tas med som egen kategori for type bebyggelse. Kommunale veier er sett på som del av bebyggelsen, mens store veier er ikke tatt med i vurderingene her. Vegdirektoratet har egne retningslinjer for rensing av overvann fra bilveger med stor trafikk.

I områder med lett bebyggelse er alle prinsippløsninger egnet; sentrale anlegg til større enheter (f. eks. boligområde), desentrale anlegg til enkelttomter.

Bymessig bebyggelse er mer krevende, først og fremst på grunn av mangel på friareal til overvannsanlegg. Sammenlignet med lett bebyggelse er infiltrasjon fra terreng og regnbed vanskeligere å realisere, men mulig, f. eks. ved tilpasset utforming av offentlige plasser eller uterom av større bygninger. Infiltrasjon fra åpne eller lukkede grøfter kan være en egnet løsning, f. eks. i midtrabatter av veier eller langs veier. Infiltrasjonsbasseng, fordrøyningsmagasiner og våtmark er uegnet i bymessig bebyggelse. Hvis det er plass til et fordrøyningsmagasin, er en dam med varig vannspeil å foretrekke; våtmark er for plasskrevende. Gjenåpning eller restaurering av bekker er ofte vanskelig å realisere i tett bebyggelse, men kan være aktuelt særlig i forbindelse med parkområder eller grøntareal.

I industri- og næringsområder er i utgangspunktet alle prinsippløsninger egnet, med unntak av gjenåpning av bekker. I industriområder har tilleggskvaliteter av gjenåpnede bekker som økt rekreasjon, estetikk og luftkvalitet liten nytte, og det er fare for avrenning av forurenset overvann til vassdrag. Når det er fare for forurenset overvann, er det hensiktsmessig å velge anlegg med rensevirkning (lukket grøft, overvannsdam, fordrøyningsmagasin, regndbed, filterbasseng, våtmark; se tabell 24).

11.3 Konsekvenser på andre steder

Noen overvannsløsninger minsker overvannsproblemer der de anlegges, mens de har negative virkninger for andre parter. Berørte parter ligger typisk lengre nedstrøms i nedbørfeltet, men de kan også ligge på andre steder. Som følge av negative konsekvenser kan de positive virkningene oppheves eller reduseres, eller situasjonen forverres i verste fall, dersom det samlete skadepotensialet på andre steder er større enn skadereduksjonen på tiltaksstedet. Det er derfor viktig at det undersøkes eventuelle, negative konsekvenser for andre parter før tiltak utføres.

Prinsippløsninger med mulig negative konsekvenser er infiltrasjonsanlegg og noen løsninger for avledning av overvann. Infiltrasjon utover de mengdene som grunnen i et område har evne til å ta opp, kan føre til oppstuving, stigende grunnvannspeil eller sideveis grunnvannsstrømning. Som følge av dette kan det bli fuktskader på bygninger, kjellere kan oversvømmes eller vann kan komme opp til overflaten på andre steder og forårsake oversvømmelse.

Bygging av vannrenner kan føre til en økning av overvannsproblemer lengre nedstrøms, særlig hvis fordrøyningskapasiteten i anleggene er liten. Høyere kulminasjonsvannføring og vannstand kan forårsake økt oversvømt areal eller oppstuving i ledningsnettet. Høyere vannstand og økt oversvømt areal kan også opptre som følge av bygging av terskler.

Vurderingene her er foretatt under forutsetningen at tiltakene blir utført på riktig måte, dvs. at de har f. eks. nødoverløp med ordnet avledning.

11.4 Kost-nytte-vurdering

Kostnader er vanskelige å anslå generelt, fordi at de avhenger i stor grad av anleggsstørrelsen og lokale forhold. For å gjøre kostnadene sammenlignbare må det forutsettes at de samme mål for overvannshåndtering nås ved de forskjellige løsningene, dvs. at skadepotensialet reduseres i samme størrelsesorden for lik flomdemping. Derfor er kostnadene for behandling av overvann fra et bestemt område, f. eks. et boligområde, anslått for ulike løsninger. Ved de forskjellige løsningene må det nås infiltrasjon, fordrøyning og avledning i samme størrelsesorden. Resultater av kostnadsvurderingen og en kort beskrivelse av forutsetningene er vist for hver prinsippløsning i tabell 31.

Prinsippet «Bevaring av viktige områder og terrengformer» er ikke tatt med i kost-nytte-vurderingen, siden det forstås av seg selv at det er billigst og best å beholde elementer og terrengstrukturer med positive virkninger for overvannshåndtering.

Tabell 31: Kostnader anslått for ulike prinsippløsninger for overvannshåndtering. 1 = svært lave, 2 = lave, 3 = moderate, 4 = høye, 5 = svært høye kostnader.

Overvannsløsning	Forutsetninger for kostnadsestimat	Kostnader
Infiltrasjon		
- Fra terreng	Avledning av overvann til fritt terreng / grøntområder; tiltak i mindre omfang for å forbedre infiltrasjonsevnen (f. eks. utskifting av topplaget med infiltrerbare masser)	1
- Permeable dekker	Infiltrasjon på flaten der overvannet skapes, uten avledning, ved hjelp av hulsteiner av betong, gatestein med åpne fuger, grusplen, o.l.	2
- Regnbed, filterbasseng	Rensing, infiltrasjon, drenansje / nødoverløp, definert nytt sammensatt jordlag	4
- Åpne grøfter	Avledning av overvann til åpne grøfter i tilrettelagt terreng, terrengarbeider i mindre omfang, innbygging av forbygningssteiner for å dempe avrenningen (kaskade)	2
- Lukkede grøfter	Avledning av overvannet, oppbygging av masser bestående av flere lag, legging av drenasjerør og geotekstil	3
- Infiltrasjonsbasseng	Avledning av overvann til infiltrasjonsbasseng, bygging av infiltrasjonsbasseng av jord, nødoverløp	2
Dammer og terskler		
- Overvannsdammer	Avledning av overvann til overvannsdam, utgraving og tetning av området opp til permanent vannspeil, bygging av infiltrerbart lag ovenfor det varige vannspeilet (utskifting av masse), drenasje / nødoverløp	4
- Fordrøyningsmagasiner	Avledning av overvann til fordrøyningsmagasin, utgraving av basseng, forbedring av inflitrasjonsevnen (utskifing av masser), tømmeledning, nødoverløp	3
- Terskler med strupet utløp	Avledning av overvann til grøft / kanal i tilpasset terreng, terrengarbeider i mindre omfang, bygging av terskler for å dempe avrenningen (kaskade)	3
Grønnstrukturer, vegetasjon		
- Grønne tak	Jordlag, dreneringslag, vegetasjon	5
- Infiltrerbare flater	Avledning av overvann til hager, grøntareal og parklignende områder, synergieeffekter ved hensiktsmessig planlegging av grøntarealer og egnet terreng til formålet	2
- Grønne vegger	Vegetasjon, jordbed, fassadeforankring	5
Våtmark	Avledning av overvann til eksisterende eller forbedrede våtmarksområde. Terrenget må være egnet til formålet og ha god nok kvalitet. Etablering med mindre inngrep og små byggetiltak; antatt dårlig tilgjengelighet og jordlag med dårlig bæreevne.	2
Lukkede magasiner		
- Steinfyllings- og kassettmagasiner	Lukket magasin med stor fordrøyning, avledning av overvann til anlegg med store hulrom (sprengstein, plastkassetter)	4
- Rørmagasiner	Avledning av overvann til rørmagasin, spjeld, fordrøyning, avledning gjennom små rør til resipient	4
Renner	Avledning i åpne renner / kanaler, bygging av egnede systemer for å avlede overvann fram til resipient, lite terrengarbeid, flat etablering av rennene	2
Gjenåpning / restaurering av bekker	Så vidt mulig naturnær restaurering av tidligere elveløp lagt i rør, rivning av rørledning, eventuelt sikring av bygninger og trafikkområder nødvendig	4
Sikring av byggverk	Enkelte sikringstiltak på bygninger for å hindre skader forårsaket av oversvømmelse (terskel ved innkjørsel til parkeringskjeller, vanntette kjellervinduer, opphøyd lyssjakt, o.l.)	1

Nyttevurderingen ble begrenset til tre kategorier: Rensevirkning, biologisk mangfold og andre tilleggsfunksjoner (se tabell 32). Dette betyr at rensevirkning og biologisk mangfold ble vurdert som viktigere enn de øvrige funksjonene (rekreasjon, nærmiljø, redusert støy, bedre luftkvalitet og mikroklima). Nytteverdier ble fastsatt ved bruk av poeng mellom 1 og 3. Den samlete nytteverdien ble beregnet som gjennomsnittsverdien av de tre nyttekategoriene, dvs. de fikk like vekt. I tillegg ble det tatt hensyn til om overvannsløsninger kan ha negative konsekvenser på andre steder. Der det er tilfelle, ble den samlete nytteverdien redusert med et tredjedels poeng.

Nytte av infiltrasjon, fordrøyning og avledning er ivaretatt gjennom forutsetningen av lik flomdemping allerede. Men det ble i tillegg tatt hensyn til om overvannsløsninger bidrar til infiltrasjon, som har høyest prioritet i henhold til tretrinnsstrategien, eller har flerbruk. Der det er tilfelle, ble den samlete nytteverdien økt med to tredjedels poeng (se tabell 32).

Kostnader ble avveiet mot nytte ved bruk av en skala fra 1 til 5. Dette tilsvarer henholdsvis fra svært lave til svært høye kostnader, og fra svært stor til svært liten nytte (se tabell 33). Gjennom poengreduksjon ved mulige negative konsekvenser og poengøkning ved infiltrasjon eller flerbruk ble skalaen for den samlete nytten utvidet til intervallet fra 0 til 6. Kost-nytte-vurderingen ble foretatt ved beregning av gjennomsnittsverdiene av verdiene for kostnader og samlet nytte. Beregnede kost-nytte-verdier mellom 1 og 5 tilsvarer svært godt, godt, middels, dårlig og svært dårlig forhold mellom kostnader og nytte.

De beregnede kost-nytte-verdier (se tabell 33) viser at, ved en så generell vurdering som utført her, kommer de fleste løsningene ut med et kost-nytte-forhold som trekker mot midten. Våtmark, infiltrerbare flater, gjenåpning / restaurering av bekker, og infiltrasjon fra terreng kommer best ut, steinfyllings- / kassettmagasin kommer dårligst ut. Det finnes ikke den ene, beste løsningen sett på generelt nivå. Alle løsninger har sine bruksområder, fordeler og ulemper. Følgelig er det mer hensiktsmessig å se på kostnader i en senere fase, der man allerede har sortert bort løsninger som ikke er aktuelle på grunn av lokale forhold eller andre rammebetingelser (se plasseringen av kost-nytte-vurdering i forslaget for bruk av tretrinnsstrategien i kapittel 12.1, figur 76).

Tabell 32: Nyttevurdering for ulike prinsippløsninger for overvannshåndtering.

	Nytter			Ulempe	Fordel	Samlet nytte
	Rense-virkning	**Biologisk mangfold**	**Andre tilleggs-funksjoner***	**Konsekvenser på andre steder**	**Infiltrasjon/ flerfunksjon**	
Løsning	1 til 3 = ingen til god	1 til 3 = ingen til god	1 til 3 = ingen til god	- eller 0 = mulig / ingen	+ eller 0 = ja / nei	Svært liten til svært stor
Infiltrasjon						
- Fra terreng	2	1	1	-	+	Middels
- Permeable dekker	2	1	1	0	+	Middels
- Regnbed, filterbasseng	3	3	3	-	+	Svært stor
- Åpne grøfter	2	1	2	-	+	Middels
- Lukkede grøfter	3	1	1	-	+	Middels
- Infiltrasjonsbasseng	2	1	2	-	+	Middels
Dammer og terskler						
- Overvannsdammer	3	3	3	0	0	Svært stor
- Fordrøyningsmagasiner	2	1	2	-	+	Middels
- Terskler med strupet utløp	1	1	2	-	0	Svært liten
Grønnstrukturer, vegetasjon						
- Grønne tak	2	2	3	0	0	Middels
- Infiltrerbare flater	2	2	3	0	+	Svært stor
- Grønne vegger	1	2	3	0	0	Middels
Våtmark	3	3	3	0	0	Svært stor
Lukkede magasiner						
- Steinfyllings- og kassettmagasiner	1	1	1	-	0	Svært liten
- Rørmagasiner	1	1	1	0	0	Svært liten
Renner	1	1	2	-	0	Svært liten
Gjenåpning/restaurering av bekker	3	3	3	0	+	Svært stor
Sikring av byggverk	1	1	1	0	0	Svært liten

* Andre tilleggsfunksjoner inkluderer økt rekreasjon, trivsel i nærmiljø, redusert støy, og bedre luftkvalitet og mikroklima.

Tabell 33: Resultat for kost-nytte-vurdering av prinsippløsninger for overvannshåndtering.

	Kostnader	**Samlet nytte**	**Kost-nytte-vurdering**
Løsning	1 til 5 = Svært lave til svært høye	0 til 6 = Svært stor til svært liten	1 til 5 = Svært god til svært dårlig
Infiltrasjon			
- Fra terreng	1	3	God (2,0)
- Permeable dekker	2	3	Middels (2,5)
- Regnbed, filterbasseng	4	1	Middels (2,5)
- Åpne grøfter	2	3	Middels (2,5)
- Lukkede grøfter	3	3	Middels (3,0)
- Infiltrasjonsbasseng	2	3	Middels (2,5)
Dammer og terskler			
- Overvannsdammer	4	1	Middels (2,5)
- Fordrøyningsmagasiner	3	3	Middels (3,0)
- Terskler med strupet utløp	3	5	Dårlig (4,0)
Grønnstrukturer, vegetasjon			
- Grønne tak	5	3	Dårlig (4,0)
- Infiltrerbare flater	2	1	God (1,5)
- Grønne vegger	5	3	Dårlig (4,0)
Våtmark	2	1	God (1,5)
Lukkede magasiner			
- Steinfyllings- og kassettmagasiner	4	6	Svært dårlig (5,0)
- Rørmagasiner	4	5	Dårlig (4,5)
Renner	2	5	Middels (3,5)
Gjenåpning / restaurering av bekker	4	0	God (2,0)
Sikring av byggverk	1	5	Middels (3,0)

11.5 Ansvarsforhold[30]

Kommunen kan skaffe seg lovhjemmel til å stille krav for framtidig bebyggelse. Kravene må hjemles i plan- og bygningsloven. Dette skjer gjennom å fastsette kommuneplanbestemmelser eller kommuneplanføresegner. Disse bestemmelsene eller føresegnene får da hjemmel i plan- og bygningsloven, og er utgangspunktet for videre konkretisering i reguleringsplaner, samt grunnlaget for enkeltvedtak i byggesaker. Kommunen kan også utarbeide en egen kommunedelplan for overvann.

Vi skiller mellom bygging **i fareområder** og **utenfor fareområder**. Området nært et **vassdrag** (stillestående eller rennende **overflatevann med årssikker vannføring**) kan være et fareområde (flomutsatt område). Et tettbygd område utsatt for overvannsflom fra tettbebyggelsen regnes ikke som et fareområde.

I små vassdrag kan imidlertid flomtopper av overvann fra tettbebyggelse medføre økt flomvannstand i vassdraget. Vi kan ha samvirke mellom overvannsflom i tettbebyggelse og flom i et vassdrag med årssikker vannføring (figur 74). Tilrenningen av overvann fra tettbebyggelse kan medføre at flommen i vassdraget øker så mye at faren for flomskader øker vesentlig. I slike tilfeller kan det stilles krav om flomdempende tiltak for overvannsavrenningen fra **ny bebyggelse**, f. eks. bygging av fordrøyningsanlegg eller å begrense andelen tette flater.

Figur 74: Har overvannet fra tettbebyggelsen i åsen langs vassdraget bidratt vesentlig til denne flommen? Kantvegetasjonen viser hvor denne elva renner vanligvis. Del av elva Leirkup i Skien (kilde: G. Mosevoll)

[30] *Kapittel 11.5 er skrevet av Gunnar Mosevoll. Han har også vesentlig bidratt med kvalitetskontrollen av hele rapporten.*

For plassering av nye bygninger langs vassdrag gjelder plan- og bygningsloven § 28-1 og teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (byggteknisk forskrift) § 7-1 og § 7-2. Teknisk forskrift § 7-2 fastsetter dimensjonerende gjentaksintervall 20 år, 200 år eller 1000 år, alt avhengig av følgene av en hendelse. For vanlige boliger og næringsbygg gjelder gjentaksintervall 200 år.

11.5.1 Bygging i fareområder

For bygging i fareområder gjelder plan- og bygningsloven § 28-1:

§ 28-1.*Byggegrunn, miljøforhold mv.*

Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.

For grunn som ikke er tilstrekkelig sikker, skal kommunen om nødvendig nedlegge forbud mot opprettelse eller endring av eiendom eller oppføring av byggverk, eller stille særlige krav til byggegrunn, bebyggelse og uteareal.

Departementet kan gi nærmere forskrifter om sikkerhetsnivå og krav til undersøkelser, sikringstiltak for person eller eiendom, dokumentasjon av tiltaket og særskilte sikringstiltak.

Mer detaljerte bestemmelser er gitt i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (kapittel 7). § 7-1 og § 7-2 gjelder for flom i vassdrag:

§ 7-1.*Generelle krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger*

(1) Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger.

(2) Tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket.

§ 7-2.*Sikkerhet mot flom og stormflo*

(1) Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.

(2) For byggverk i flomutsatt område skal sikkerhetsklasse for flom fastsettes. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. § 7-3.

Tabell: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område

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

(3) Første og annet ledd gjelder tilsvarende for stormflo.

(4) Byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.

(5) Sikkerhetsklasse F1 omfatter også følgende tiltak der tiltaket ikke fører til redusert personsikkerhet og ikke omfatter etablering av ny bruksenhet:

a) ett tilbygg eller ett påbygg inntil 50 m^2 BRA i byggverkets levetid

b) bruksendring og ombygging inntil 50 m^2 BRA.

Sikkerhetskravene i byggteknisk forskrift gjelder også ved utvidelser og nybygg tilknyttet eksisterende byggverk.

Direktoratet for byggkvalitet har utgitt en omfattende temavegledning om «Utbygging i fareområder»[31].

Regelverket for bygging i fareområder er først og fremst et regelverk for å hindre nybygging i fareområder. Der det er mulig å redusere faren ved nybygging i slike områder, kan det settes i verk **risikoreduserende tiltak**. Det er strenge regler for utredning av og eventuell prosjektering av slike tiltak. Utbygger må vanligvis dekke det meste av kostnadene for utredning, prosjektering og bygging av slike tiltak.

For sikring av eksisterende bebyggelse i fareområder er det vanlig at både stat og kommune dekker kostnadene for utredning, prosjektering og bygging av risikoreduserende tiltak. Dette gjelder blant annet rassikring i kvikkleireområder og flomsikring i vassdrag. NVEs retningslinjer for «Flaum- og skredfare i arealplanar»[32] gir ytterligere opplysninger.

Det er viktig å skille mellom flommer i vassdrag og «flommer» i avløpsledninger. For flommer i vassdrag gjelder bestemmelsene i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (§ 7-1 og § 7-2). Her er dimensjonerende gjentaksintervall knyttet til **vannstanden i vassdraget**.

For «overvannsflommer» i avløpsledninger gjelder ansvarsbestemmelsene i forurensningsloven § 24a. Dimensjonerende gjentaksintervall er knyttet til **regnintensitet og varighet.** Det dimensjonerende gjentaksintervallet er bestemt gjennom rettsavgjørelser. For tiden er den såkalte «Fredrikstad-dommen» (Borgarting lagmannsrett 2007) gjeldende. Her ble dimensjonerende gjentaksintervall for **regnintensitet – regnvarighet** fastsatt til **50 år** (dette gjentaksintervallet ble i 1992 hevet fra 20 år til 30 år). I NOU (2015)[17] ble det foreslått å forlenge gjentaksintervallet til 200 år for **ny**, vanlig bebyggelse (sikkerhetsklasse F2). Det er usikkert hvordan det går med dette forslaget.

På grunn av utbyggingen av fordrøyningsanlegg og åpne flomveier i tettbebygde områder er det sannsynlig at gjentaksintervallet for overbelastning av mange kommunale overvannsledninger er noe lengre enn gjentaksintervallet for korttidsnedbøren.

---

[31] https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/utbygging-i-fareomrader-bokmal/

[32] *Flaum- og skredfare i arealplanar, revidert 22. mai 2014, rapport nr. 2/2011, NVE, Oslo, http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_02.pdf*

11.5.2 Bygging i tettbebyggelse utsatt for overvannsflom

Tiltak som reduserer faren for skader på grunn av overvannsflom i tettbebyggelse kan deles i:

- Tiltak pålagt eksisterende bebyggelse (private anlegg)
- Tiltak pålagt den nye bebyggelsen (private og offentlige anlegg)
- Tiltak som utføres av kommunen (offentlige anlegg)

Tiltak som kan pålegges for ny bebyggelse

Plan- og bygningsloven §27-2, 5. ledd lyder:

«Før oppføring av bygning blir godkjent, skal avledning av grunn- og overvann være sikret. Tilsvarende gjelder ved vedlikehold av drenering for eksisterende byggverk.»

Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven stiller i § 15-8 en rekke funksjonskrav til overvannshåndteringen. Disse bestemmelsene er imidlertid ikke tilstrekkelige. Den beste løsningen er derfor trolig at kommunen stiller krav om at det skal utarbeides og godkjennes en **rammeplan for vannforsyning og avløp** før det blir gitt igangsettingstillatelse. For store utbygginger er denne VA-rammeplanen del av reguleringsplanen til førstegangsbehandlingen. Rammeplanen skal være så detaljert at allmenne og særskilte krav til overvannshåndteringen blir tilfredsstilt.

Kommunens krav tilpasses de lokale forholdene. Der forholdene er vanskelige, blir kravene svært strenge. Kommunens krav til overvannshåndtering må være formalisert gjennom **kommuneplanbestemmelsene**. En kommunedelplan for overvannshåndtering kan gi et godt grunnlag for slike bestemmelser, men bare de færreste kommuner har i dag en slik plan.

Eksempel: Bergen kommunes kommuneplanbestemmelser om overvannshåndtering

> **18 Vann, avløp og overvannshåndtering**
>
> *VA-rammeplan skal inngå i alle reguleringsplaner. Rammeplanen skal angi prinsippløsninger for området, sammenheng med overordnet hovedsystem og dimensjonere og vise overvannshåndtering og flomveier.*
>
> *Nedbør skal fortrinnsvis gis avløp gjennom infiltrasjon i grunnen og i åpne vannveier. Reguleringsplaner skal identifisere og sikre arealer for overvannshåndtering, og beskrive hvordan løsningene kan gi nye bruksmessige og visuelle kvaliteter til det offentlige rom.*
>
> Hjemmel: § 11-9, nr. 3
>
> *Følgende dokumenter skal legges til grunn for arealplanlegging og søknad om tiltak:*
>
> - *Kommunens VA-norm med tilhørende vedlegg*
> - *Retningslinjer for overvannshåndtering*
> - *Reglement for sanitæranlegg*
>
> *For tiltak innenfor nedbørsfelt for drikkevann henvises det også til pkt. 8 og 27.*

Bergen kommune og flere andre kommuner har valgt å legge de detaljerte bestemmelsene i retningslinjer for overvannshåndtering.

Det blir nå mer og mer vanlig at det settes en øvre grense for påslipp av overvann til kommunale overvannsledninger og til mindre vassdrag (f. eks. xx liter/sekund). Denne øvre grensen kan ta utgangspunkt i kapasiteten til en kommunal overvannsledning eller til en åpen bekk. Den **øvre grensen for påslipp er vanligvis så streng at private tiltak for fordrøyning er nødvendig**. Kravene må fastsettes slik at det er lett å bruke kravene i dimensjoneringen av overvannsanlegg.

I noen tilfeller er det stilt krav om at **alt overvann skal håndteres på egen grunn**. Et slikt krav kan være umulig å oppfylle for kraftig regn, og det er vanligvis bedre å stille klare krav til kapasiteten til fordrøyningsanlegg. Alle fordrøyningsanlegg bør ha en åpen flomvei eller rørledning som avleder tilrenningen når fordrøyningsanlegget er fullt utnyttet.

Anlegg for infiltrasjon og fordrøyning kan være så plasskrevende at dimensjoneringen av anleggene må være godkjent av kommunen i god tid før det blir gitt rammetillatelse. Et krav om en bestemt **blågrønn faktor** trenger ikke være nok for at overvannshåndteringen skal bli tilfredsstillende.

Vannressursloven gir hjemmel til å pålegge infiltrasjon av overvann:

> **§ 7.** ***(vannets løp i vassdrag og infiltrasjon i grunnen)***
>
> *Ingen må hindre vannets løp i vassdrag uten hjemmel i denne lov.*
>
> *Utbygging og annen grunnutnytting bør fortrinnsvis skje slik at nedbøren fortsatt kan få avløp gjennom infiltrasjon i grunnen. Vassdragsmyndigheten kan gi pålegg om tiltak som vil gi bedre infiltrasjon i grunnen, dersom dette kan gjennomføres uten urimelige kostnader.*

Infiltrasjon av overvann er viktig for best mulig å opprettholde vannbalansen i naturen og for å unngå skadelige setninger av bygninger og andre konstruksjoner. Dårlig planlagte infiltrasjonsanlegg kan gi vannulemper både for den aktuelle bygningen og for nabobygninger.

Det er hjemmel for å kreve at utbygger skal dekke alle anleggskostnader for private anlegg og for anlegg som skal overtas av kommunen. En eventuell fordeling av kostnadene avtales i en utbyggingsavtale.

Tiltak som kan pålegges for eksisterende bebyggelse

NOU (2015)[17] gir i kapittel 14 en detaljert oversikt over kommunens mulighet for å pålegge private tiltak som forbedrer overvannshåndteringen for eksisterende bebyggelse. Her kommer en oversikt i stikkord:

- Vannressursloven § 7 gir hjemmel til noe infiltrasjon av overvann.
- Forurensningsloven § 22 gir hjemmel til utbedring av eksisterende overvannsanlegg, samt til separering av stikkledninger lagt etter separatsystemet.
- Forurensningsforskriften § 15A-4 gir mulighet for å regulere påslipp av overvann fra virksomheter. Tilsvarende bestemmelser finnes ikke for boliger. En rekke kommuner har lykkes med frivillige avtaler med boligeiere om å føre takvann ut på bakken.

Dette viser at **kommunens hjemmel for å pålegge forbedring av overvannshåndteringen for eksisterende bygninger er svært begrenset**. NOU (2015)[17] anbefaler en rekke forbedringer av dagens lover, men det er uklart hva staten vil ta med i sitt forslag til nye lovbestemmelser.

Miljødirektoratet utreder nå innføring av overvannsgebyr. Et viktig spørsmål er om gebyret kan settes så høyt at det stimulerer bygningseiere til å gjennomføre kostbare overvannstiltak.

Kommunale overvannstiltak

Kommunen kan bygge nye overvannsanlegg som forbedrer overvannshåndteringen i et område; både i ubebygde områder og i bebygde områder. Aktuelle tiltak er lukkede rørledninger, åpne kanaler, fordrøyningsanlegg og infiltrasjonsanlegg. Åpning av bekker kan være effektive tiltak. I tillegg kan kommunen bygge åpne flomveier for avledning av flomtopper, f. eks. ombygging av kommunale gater og veger, samt utforming av ubebygde områder til åpne flomveier.

Anleggskostnadene for de kommunale tiltakene kan dekkes ved hjelp av inntekter fra avløpsgebyr. Selvkostregelverket krever at kun kostnadene for «nødvendige» tiltak kan dekkes av gebyrinntekter (figur 75). Kommunen kan derfor ikke bruke gebyrinntekter til f. eks. bygging av åpne flomveier med høy, «parkmessig» kvalitet. Miljødirektoratet har utarbeidet egne retningslinjer om finansiering av overvannstiltak[33].

Retningslinjene for bruk av inntekter fra gebyrinntekter må sees i sammenheng med den øvrige delen av overvannsretningslinjene fra Miljødirektoratet[34].

Reglene for dimensjonering av offentlige overvannsanlegg er «romslige». Ved å oppdimensjonere offentlige overvannsanlegg kan kravene til private overvannsanlegg senkes. Skal overvannsanleggene i et område imidlertid dimensjoneres for klimafaktor høyere enn 1,2 og gjentaksintervall 200 år, er det imidlertid vanskelig å komme unna strenge krav til private overvannsanlegg. Som nevnt til slutt i kapittel 11.5.1 er det imidlertid usikkert om forslaget om 200 års gjentaksintervall (sikkerhetsklasse F2) for nye bygninger blir vedtatt.

[33] *www.miljokommune.no/Temaoversikt/Vannforvaltning/Overvann/Finansiering-av-overvannstiltak1/*
[34] *www.miljokommune.no/Temaoversikt/Vannforvaltning/Overvann/*

Figur 75: Finansiering av åpne flomveier med gebyrinntekter. Venstre foto er fra arbeidet med å skifte ut vann- og avløpsledninger; høyre foto er tatt etter at anleggsarbeidet er ferdig. Området langs de nye VA-ledningene er utformet som en åpen flomvei. Anlegg av en slik flomvei er innenfor grensene for bruk av inntekter fra avløpsgebyr. Ved Skidarbanen i Skien (kilde: G. Mosevoll).

12. Overvannsstrategi

12.1 Bruk av tretrinnsstrategien

I kapittel 11.1 er det gjennomgått prinsipper og prinsippløsninger for overvannshåndtering. Prinsippene og prinsippløsningene er sett i sammenheng med tretrinnsstrategien og andre funksjoner som rensing av overvannet. Videre ble det vurdert hvor godt egnet de er for ulike typer utbyggingstilstand / byggeprosjekt og typer bebyggelse. I tillegg er det utført en forenklet kost-nytte-vurdering. I dette kapittelet presenteres det et forslag for en generell fremgangsmåte for å anvende tretrinnsstrategien, der det tas hensyn til lokale forhold.

12.1.1 Hensyn til lokale forhold

Med lokale forhold menes det her kritiske steder i forhold til overvannsmengder, grunnforhold i forhold til infiltrasjonsevnen, terrengforhold, arealbruk, fordrøyningskapasitet til resipienter / vassdrag, vannkvalitet og ledningsnettkapasitet.

Kartlegging av **kritiske steder**, dvs. steder med stor fare for betydelige skader som følge av overvann, er viktig siden disse faresteder peker på hvor det er behov for bedre overvannshåndtering. Dessuten utgjør kartlegging av kritiske steder en vesentlig del av risikoanalyser for overvann (NOU, 2015)[17]. En risikoanalyse kan utføres i tillegg til fremgangsmåten beskrevet nedenfor, basert på resultater fra analysene i kunnskapsgrunnlaget (se øverst i figur 76).

I områder med dårlig **infiltrasjonsevne** brukes infiltrasjonsanlegg lite, i hvert fall sentrale anlegg. Og selv i områder med god infiltrasjonsevne kan undergrunnen bare ta opp en viss mengde vann. Ved stigende grunnvannspeil kan infiltrert overvann komme opp til overflaten på andre steder og forårsake skader. Når mettet grunn hindrer infiltrasjon kan overvann avrenne på overflaten. Det er derfor viktig å undersøke infiltrasjonsevnen lokalt og vurdere eventuelle konsekvenser på andre steder før infiltrasjonstiltak gjennomføres.

Terrengforhold spiller en rolle, siden stor terrenghelning fører til raskere avrenning og reduserer mulighetene for infiltrasjon. Dessuten har særlig sentrale anlegg behov for større, flate arealer. Som følge av dette bygges få filter- / infiltrasjonsbasseng, overvannsdammer, fordrøyningsmagasiner og våtmark i bratt terreng. Forsenkninger i terrenget kan imidlertid utnyttes som fordrøyningsvolum og integreres i planleggingen av overvannsystem.

Arealbruk gir premisser for overvannsanlegg med tanke på eiendomsforhold, tilgjengelig plass for nye overvannsanlegg og aktiviteten på flater avrenningen kommer fra.

Fordrøyningskapasiteten til resipienter / vassdrag og **ledningskapasiteten** til overvannsnettet kan være en begrensning for henholdsvis overvann som kan ledes til resipient og tilknytning av nye overvannsanlegg til ledningsnett.

Vannkvalitet må det tas hensyn til: Enten på grunn av forurensning av overvannet, avhengig av hvilke flater avrenningen kommer fra, eller på grunn av vannkvaliteten til resipienten, som bare tåler tilrenning av overvann med en viss, minste kvalitet.

Prinsippene **grønnstrukturer** og **sikring av byggverk** er uavhengige av lokale forhold nevnt ovenfor. Bruken av disse prinsippene kommer an på andre kriterier som byggkonstruksjon, utforming av uterom o.l. Dette tas ikke med i de overordnede vurderingene her, men må vurderes på tiltaksnivå. Utfra kriteriene nevnt ovenfor er grønnstrukturer og sikring av byggverk i utgangspunktet egnet overalt.

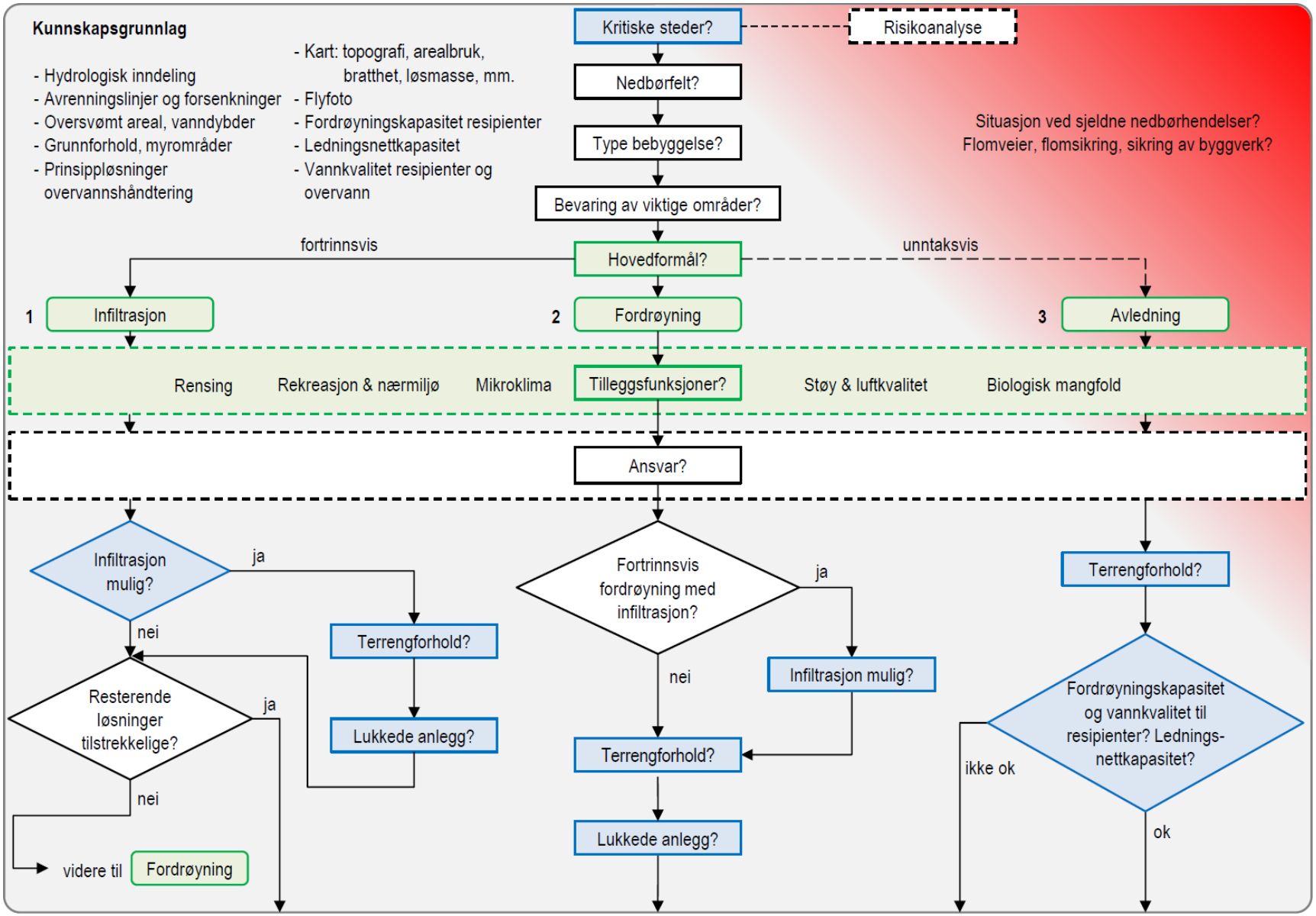
På samme måte er det med prinsippet «**bevaring av viktige områder og terrengformer**». Uavhengig av lokale forhold nevnt ovenfor er det best å bevare egnede områder og terrengformer.

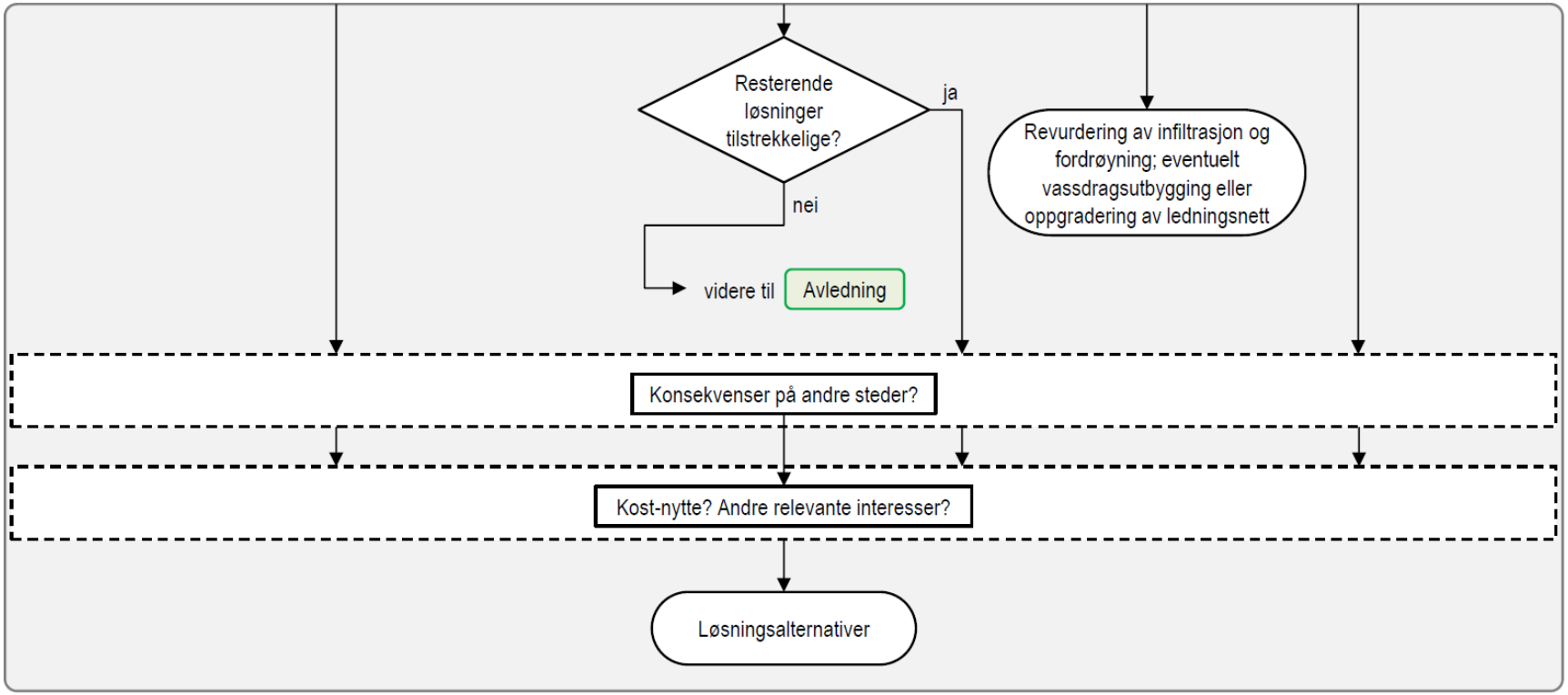
12.1.2 Beslutningsprosess

Fremgangsmåten foreslått i denne rapporten er knyttet til prosessen for oppbygging av strategier for overvannshåndtering beskrevet i NOU (2015)[17]. Den kan være del av prosesstrinnet «Beslutning og gjennomføring», som er bare kort og svært generelt beskrevet i NOU (2015), kapittel 7.4. Fremgangsmåten er en slags beslutningsprosess (se figur 76) som systematiserer de viktigste aspekter ved planlegging av overvannssystemer.

Beslutningsprosessen bygger på et kunnskapsgrunnlag som omfatter resultater fra analyser i området som er undersøkt og kartlagt (nedbør, klimaendringer, terrenganalyse, infiltrasjonsevne, hydrologiske og hydrauliske beregninger, med mer). I første omgang gjennomføres prosessen på grunnlag av dimensjonerende nedbør, som vanligvis er en nedbørhendelse med 20-års gjentaksintervall og varighet varierende etter nedbørfeltstørrelse og -karakteristikk. En tidlig utført risikoanalyse kan også være del av grunnlaget.

Forløpet av beslutningsprosessen trenger ikke være akkurat som beskrevet i figuren på neste side. Dette er et forslag for hvordan viktige egenskaper ved overvannshåndtering kan systematiseres. Etter behov kan rekkefølgen tilpasses eller noen steg utlates, avhengig av formål og lokale forhold i området som er undersøkt.


Kunnskapsgrunnlag
- Hydrologisk inndeling
- Avrenningslinjer og forsenkninger
- Oversvømt areal, vanndybder
- Grunnforhold, myrområder
- Prinsippløsninger overvannshåndtering
- Kart: topografi, arealbruk, bratthet, løsmasse, mm.
- Flyfoto
- Fordrøyningskapasitet resipienter
- Ledningsnettkapasitet
- Vannkvalitet resipienter og overvann
Kritiske steder?
Risikoanalyse
Nedbørfelt?
Type bebyggelse?
Situasjon ved sjeldne nedbørhendelser?
Flomveier, flomsikring, sikring av byggverk?
Bevaring av viktige områder?
fortrinnsvis
Hovedformål?
unntaksvis
1
Infiltrasjon
2
Fordrøyning
3
Avledning
Rensing
Rekreasjon & nærmiljø
Mikroklima
Tilleggsfunksjoner?
Støy & luftkvalitet
Biologisk mangfold
Ansvar?
Infiltrasjon mulig?
ja
nei
Terrengforhold?
Lukkede anlegg?
Resterende løsninger tilstrekkelige?
ja
nei
videre til
Fordrøyning
Fortrinnsvis fordrøyning med infiltrasjon?
ja
nei
Infiltrasjon mulig?
Terrengforhold?
Lukkede anlegg?
Terrengforhold?
Fordrøyningskapasitet og vannkvalitet til resipienter? Lednings-nettkapasitet
ikke ok
ok



Figur 76: Fremgangsmåte ved bruk av tretrinnsstrategien som del av forslaget for overvannsstrategi for Time kommune. Grønt refererer til funksjoner av prinsippløsninger, blått til lokale forhold i området som er undersøkt.

Selve prosessen begynner med identifisering og kartlegging av **kritiske steder** (figur 76):

- Hvor ligger kritiske steder?
- Hvor er faren for skader som følge av overvann stor?
- Hvor er ledningsnettkapasiteten nådd eller forventes bli nådd?
- Hvor har det vært skader tidligere?
- Hvilke overvannsmengder opptrer ved kritiske steder?
- Hvor må avrenningen (vannvolum eller maksimal vannføring) reduseres eller reguleres?

Når kritiske steder er stedfestet og kartlagt, fastsettes **grensene for tilhørende nedbørfelt** utfra hydrologisk inndeling av området. Deretter bestemmes avrenningen til problemområdet romlig (hvilke flater bidrar). Kunnskapen om hvilke arealer som drener mot de kritiske stedene forteller i hvilke områder nye overvannstiltak kan være nødvendig.

Dernest ses det på **typer bebyggelse** i nedbørfeltet. Avhengig av typer bebyggelse sorteres det ut egnede overvannsløsninger i ulike deler av området (se kapittel 11.2).

I neste steg undersøkes det om det finnes **viktige områder og terrengformer** i det aktuelle området, som er verdt å bevare. Dette kan være myrområder, større forsenkninger eller infiltrerbare flater. Ved nybygging er det mulig å unngå fylling av forsenkninger og masseutskifting i myrområder. Dette er ikke aktuelt for bymessig bebyggelse, siden forsenkninger og myrområder blir fjernet i slike områder uansett. Men i lett bebyggelse og i industri- og næringsområder kan man sørge for at forsenkninger og myr bevares ved nybygging, særlig ved utvikling av nye byggefelt.

Deretter stilles det spørsmålet om **hovedformålet med prinsippløsninger** med tanke på tretrinnsstrategien: Skal overvannsproblemene i det aktuelle området i hovedsak løses ved infiltrasjon, fordrøyning eller avledning?

Generelt skal fortrinnsvis **infiltrasjon** være hovedformålet, og i de fleste tilfeller vil det være en kombinasjon av de tre trinnene (infiltrasjon, fordrøyning, avledning). Da kan stien «infiltrasjon» følges først, og deretter stiene «fordrøyning» og «avledning» for resterende overvannsmengder som skal disponeres.

Men for enkelte tilfeller kan også **fordrøyning** eller **avledning** være hovedformålet. F. eks. hvis et enkelt kritisk sted gjelder plassering av bygninger i en forsenkning og det finnes en resipient med tilstrekkelig kapasitet i nærheten, kan målet være å avlede overvannet trygt til resipienten / vassdraget via en åpen flomvei.

Uavhengig av hvilken sti man befinner seg på, skal man stille spørsmål om hvilke **tilleggsfunksjoner** av prinsippløsning(er) som kan være nyttig i det aktuelle området (grønn stiplet boks i figur 76, se også kapittel 11.1, tabell 24):

- Rensevirkning,
- bedre rekreasjon og nærmiljø,
- lokal klimaregulering,
- redusert støy,
- bedre luftkvalitet og
- større biologisk mangfold.

På den måten får en sortert ut løsninger som ikke har de ønskete funksjonene.

På hver av de tre stiene skal man videre stille spørsmål om **ansvaret for gjennomføring av overvannstiltak** (svart stiplet boks i figur 76):

- Kan, eller er det ønsket at ansvaret legges på private eiere?
- Hvilke typer utbyggingstilstand finnes det i området (se også kapittel 11.2)?
- Hvilken fremtidig utvikling forventes i området?

Her deler stiene seg i

- en stigren for at ansvaret skal ligge hos private eiere, og
- en stigren for at ansvaret ikke bare skal ligge hos private.

For oversiktens skyld er denne forgreningen ikke vist i figur 76.

Samtidig med spørsmålet om ansvaret ser man på utbyggingstilstand / type byggeprosjekt. På den måten skilles det mellom **nåværende tilstand** (kun eksisterende bygninger) og **fremtidig utvikling** i det undersøkte området, og det kan tas hensyn til scenarioer for fremtidig utbygging.

På stien **«infiltrasjon»** er neste steg **infiltrasjonsevnen**. Er infiltrasjon mulig utfra grunnforholdene?

Hvis infiltrasjonsevnen er for dårlig for infiltrasjonsanlegg, er det bare prinsippløsningene i kategori **grønnstrukturer** som er aktuelle. I de fleste tilfeller vil disse løsninger ikke være tilstrekkelige, og man går vanligvis videre til stien **«fordrøyning»**.

Hvis infiltrasjon er mulig i det aktuelle området, ses det på **terrengforholdene** i området. Utfra helning og kart over forsenkninger avklares det hvilke prinsippløsninger som er egnet, og om forsenkninger kan utnyttes som fordrøyningsvolum og integreres i overvannsystemet.

Vurdering av terrengforholdene vil vanligvis samtidig besvare spørsmålet om **lukkede anlegg**. Dessutom kan lukkede anlegg være nødvendige som følge av fordrøyningen som det er behov for. Ofte er fordrøyningen i blågrønne strukturer ikke tilstrekkelig sammenlignet med lukkede anlegg (forutsatt likt arealbehov). I tillegg er kriteriene arealbehov, tilleggsfunksjoner og kostnader relevante når det skal avgjøres om lukkede anlegg er hensiktsmessige. Dette må vurderes for hvert enkelt overvannstiltak. Avhengig av hvilke valg som ble tatt tidligere i beslutningsprosessen, kan lukkede anlegg allerede være sortert ut. Hvis en forutsetning var f. eks. økt rekreasjon og trivsel i nærmiljøet, er lukkede anlegg ikke aktuelle.

I enden av stien «infiltrasjon» vurderes det om de infiltrasjonsløsningene man har kommet fram til er tilstrekkelige. I tilfellet svaret er nei, fortsetter man på stien «fordrøyning».

På stien **«fordrøyning»** er det videre forløpet etter spørsmålene om tilleggsfunksjoner og ansvar følgende:

- Fortrinnsvis brukes fordrøyningsanlegg som også bidrar til infiltrasjon (se tabell 24 i kapittel 11.1).
- Er infiltrasjon mulig, fortsettes det med tilsvarende spørsmål på stien «infiltrasjon».
- Er infiltrasjon ikke mulig, går man videre med kartlegging av terrengforholdene.

- I enden av stien «fordrøyning» vurderes det om de utredete fordrøyningsløsningene er tilstrekkelige. I tilfellet svaret er nei, fortsetter man på stien «avledning».

På stien **«avledning»** undersøkes følgende, men først etter at spørsmålene om tilleggsfunksjoner og ansvar er besvart:

- Terrengforhold?
- Deretter ser man på om **resipientene / vassdragene**, som overvannet skal ledes til, har tilstrekkelig **avledningskapasitet** og god nok **vannkvalitet**. Dersom utslipp av overvann i resipienten fører til at vannkvaliteten blir dårligere enn minstekravet, må mulighetene for overvannsløsninger med **rensevirkning** revurderes.
- Hvis overvannet ledes til **ledningsnettet**, kartlegges ledningsnettkapasiteten. I tilfellet at kapasiteten ikke er tilstrekkelig, må mulighetene for infiltrasjon og fordrøyning revurderes, eller mulighetene for henholdsvis vassdragsutbygging eller oppgradering av ledningsnettet må undersøkes.

Mot slutten av beslutningsprosessen blir det igjen et antall alternative løsninger. Disse skal i et videre steg undersøkes på uheldige **konsekvenser for andre parter** (se kapittel 11.3). Berørte parter ligger vanligvis i nedstrøms ende av nedbørfeltet, men kan også ligge på andre steder i området. Et eksempel er infiltrasjon av en overvannsmengdene som er større enn den vannmengden som grunnen i et område har evne til å ta opp.

Til slutt velges det beste av de gjenværende alternativene ved hjelp av **kost-nytte-analyse** eller utfra andre relevante utvalgskriterier. NOU (2015)[17] anbefaler analyse av løsningsalternativer med hensyn til kostnader etter samfunnsøkonomiske prinsipper, dvs. samfunnsøkonomisk lønnsomhet eller kostnadseffektivitet. I dette prosjektet er analysen begrenset til en kvalitativ vurdering av kostnader og nytte, dvs. det ble gjennomført en generell kost-nytte-vurdering for alle prinsippløsninger (se kapittel 11.4). I tillegg til kostnader kan også andre, «myke» kriterier spille en rolle ved endelig valg blant alternativene. Dette kan være politiske føringer eller **andre (lokale) interesser**.

I samsvar med tretrinnsstrategien er beslutningsprosessen beskrevet ovenfor en prosess med rekkefølge. Infiltrasjon har høyeste prioritet, deretter fordrøyning og til slutt avledning. Riktignok er denne prioriteringen ikke nødvendigvis hensiktsmessig i alle tilfeller. Det er også mulig at den beste eller mest hensiktsmessige løsningen velges på forhånd, f. eks. fra kategori avledning.

Sikring av byggverk i et nytt byggefelt er et eksempel. Det nye byggefeltet ligger i et område med flere kritiske steder, der det går avrenningslinjer gjennom og terrenget har forsenkninger. Ved å gå gjennom prosessen etter rekkefølgen ville en løsning være infiltrering og fordrøyning oppstrøms byggefeltet, slik at overvannsmengden i byggefeltet reduseres tilstrekkelig. Det er ikke alltid at denne løsningen virker rimelig. En alternativ løsning kan være at det kreves oppføring av bygninger som er byggteknisk sikret, eksempelvis uten kjeller, med høyere kjellernivå eller med forsterkete murer som tåler overvann, installasjon av tilbakeslagsventiler, med mer. Eksempelet viser at en parallell analyse av de tre trinnene infiltrasjon, fordrøyning og avledning kan være fornuftig i noen tilfeller. De tre trinnene står ikke nødvendigvis etter hverandre. Derfor står de ved siden av hverandre i figur 76, men har likevel en tilordnet prioritet.

12.1.3 Hensyn til sjelden nedbør

Fremgangsmåten for bruk av tretrinnsstrategien beskrevet ovenfor har så lenge referert til dimensjonerende nedbør **utenfor flomutsatt område**.

For bygninger utsatt for **flom i vassdrag** gjelder bestemmelsene i § 7-1 og § 7-2 i byggteknisk forskrift. For boliger og vanlige næringsbygg gjelder her et gjentaksintervall på 200 år for vannstanden i vassdraget.

For skader på grunn av **for liten kapasitet til avløpsledninger** gjelder forurensningsloven § 24a. Dimensjonerende gjentaksintervall er knyttet til regnets intensitet og varighet. Dimensjonerende gjentaksintervall for regnintensitet / regnvarighet er fastsatt ved rettsavgjørelser, og i dag er 50 år gjeldende.

Videre i beslutningsprosessen kan forutsetningen om dimensjonerende nedbør utenfor flomutsatt område endres, og prosessen kan gjentas med en nedbørhendelse med et nytt gjentaksintervall (vist som rødt skygge øverst til høyre i figur 76). Dette vil typisk være 200-års nedbøren, som er dimensjonerende for bolig- og næringsbygg i fareområder (flomutsatt område i henhold til byggteknisk forskrift, se kapittel 11.5.1). Forslaget i NOU (2015) om å utvide ansvaret i byggteknisk forskrift § 7-1 og § 7-2 trenger ytterligere utredning. Som nevnt til slutt i kapittel 11.5.1, er det imidlertid usikkert om forslaget om 200 års gjentaksintervall (sikkerhetsklasse F2) i forhold til overvannsflom for nye bygninger blir vedtatt.

I denne omgangen kan det bestemmes til hvor stor grad en mer sjelden nedbørhendelse enn den dimensjonerende nedbørhendelsen utenfor flomutsatte områder skal håndteres gjennom **infiltrasjon** og **fordrøyning**. I mange tilfeller vurderes det som for kostbart å dimensjonere infiltrasjons- og fordrøyningsanlegg for sjeldne nedbørhendelser. Minstekravet for overvannsanlegg er imidlertid at de er utstyrt med nødoverløp eller åpen flomvei for håndtering av slike nedbørhendelser.

Mest relevant i forhold til sjeldne nedbørhendelser er det å se på trinnet **avledning**. Avhengig av skadepotensialet kan det være hensiktsmessig å planlegge overvannssystem med avledningsevne også for mer sjeldne nedbørhendelser. Her spiller sikring av byggverk en større rolle enn vanlig. Kunnskap om avrenningslinjer og behov for anlegg av flomveier er særdeles viktig. Flomveier skal planlegges for håndtering av 200-års nedbør. Imidlertid kan det være vanskelig å få til dette i eksisterende tettbebyggelse. Her kan det bli godtatt at flomveier får en lavere kapasitet. Som nevnt foran, er det usikkert hvordan lovverket vil endre seg i årene framover.

Det er overlapp med flomsonekartlegging og flomsikring i henhold til sikkerhetsklasser av bygninger i forbindelse med flom i vassdrag med årssikker vannføring, der flomsikringstiltak og vassdragsutbygging kommer inn i bildet. Dette kan være midlertidige eller varige forbygninger (henholdsvis f. eks. mobile sperrer og flomvoller), utvidelse av bekke- / elveløp, med mer.

12.2 Krav og dokumentasjon i forbindelse med overvannshåndtering

Som beskrevet i kapittel 11.5 har kommunen muligheter til å pålegge tiltak om overvannshåndtering i forbindelse med **nybygg** gjennom planbestemmelser til kommuneplanens arealdel eller egen kommunedelplan for overvann:

- Sette en øvre grense for påslipp av overvann til kommunale overvannsledninger og mindre vassdrag, slik at private tiltak for infiltrasjon og fordrøyning er nødvendige.
- Sette en minimum kapasitet til infiltrasjons- og fordrøyningsanlegg.
- Pålegge infiltrasjon i henhold til vannressursloven.

Det er vanlig å stille krav på at maksimal avrenning etter utbygging ikke må være større enn før utbygging. Men dette er ikke tilstrekkelig når ledningsnettkapasiteten er brukt opp før utbygging i nåværende tilstand.

Kommunen kan vedta hensynssoner i arealplaner for å avmerke områder med vesentlig fare eller risiko. For å forebygge flomskader kan det f. eks. opprettes hensynssoner for flom, overvannsflom eller flomvei.

Planbestemmelser gjelder, i tillegg til nybygg, også tiltak på eksisterende bygg som er søknadspliktige (hoved-, om-, til-, på- og underbygging, bruksendring, vesentlig utvidelse, terrengendringer). Men siden de fleste overvannstiltak på eksisterende bygg gjelder for bebyggelsen generelt, mens krav stilles utelukkende til endringene i forbindelse med tiltak, kan det normalt ikke stilles nye krav til overvannshåndtering ved tiltak på eksisterende bygg[17].

Pålegg om forbedring av overvannshåndteringen for **eksisterende bygninger** og ombygginger er således begrenset, men i noen tilfeller er følgende mulig:

- Noe økt infiltrasjon i henhold til vannressursloven.
- Utbedring av eksisterende anlegg og separering av stikkledninger i henhold til forurensningsloven.
- Regulere påslipp av overvann fra virksomheter (handel, industri, transport, med mer) i henhold til forurensningsforskriften.
- Frakobling av tak av eksisterende bebyggelse i henhold til tolking av forurensningslovens bestemmelser om separering og utbedring av private stikkledninger.

Pålegg av tiltak for å bedre infiltrasjon av overvann for eksisterende bygg kan gis under forutsetningen at tiltakene ikke medfører urimelige kostnader[17]. Til frakobling av taknedløp på eksisterende bebyggelse har kommunen en viss hjemmel til pålegg, dersom det aktuelle området har høy andel tette flater, overbelastet ledningsnett og grunn som er egnet til infiltrasjon[17].

I forbindelse med tiltakene nevnt ovenfor kan kommunen bruke flere virkemidler til å oppnå reduksjon av overvannsmengder:

- Krav på blågrønn faktor egner seg for nybygg. Faktoren brukes på byggesaksnivå, men en minimumsverdi kan settes i kommuneplan- og reguleringsplan. I veilederen[35] anbefales det følgende verdier, avhengig av typen bebyggelse:
    - Bymessig 0,7
    - Lett 0,8
    - Offentlige gater og plasser 0,3

  Riktignok er et krav på blågrønn faktor allene ikke tilstrekkelig. I mange tilfeller oppnår blågrønne strukturer ikke den nødvendige fordrøyningskapasiteten i tettbebygde områder. I slike tilfeller kan et lukket fordrøyningsanlegg være hensiktsmessig, f. eks. et kassettmagasin eller et rørmagasin.
- For å nå mål om overvannshåndtering for eksisterende bebyggelse kan innføring av differensiert avløpsgebyr være et effektivt virkemiddel. Et særskilt gebyr for overvann og lavere gebyr etter gjennomføring av tiltak som reduserer overvannsmengden til det offentlige ledningsnettet, gir private eiere insentiver til overvannstiltak. Etter norsk lovgivning kan kommunen beregne gebyr for overvann fra næringsbygg, så lenge overvann føres til kommunalt ledningnett. For boligeiendom er det i dag imidlertid ikke anledning til å differensiere avløpsgebyret[17]. Miljødirektoratet er i ferd med å utrede innføring av overvannsgebyr.

For nybygg skal utbyggeren dokumentere, f. eks. gjennom en VA-rammeplan, at bestemmelser om overvannshåndtering er overholdt. Dokumentasjonen skal omfatte følgende:

- Avrenningen fra aktuelt utbyggingsareal før og etter utbygging. Dette inkluderer kartlegging av alle berørte nedbørfelt og hvordan økt avrenning reduseres gjennom overvannstiltak for situasjonen etter utbygging.

  Arealbehov for overvannsanlegg skal dokumenteres.

  Hvis påslipp til offentlig ledningsnett er tillatt, dokumenteres mengden av overvann som er planlagt ledet til nettet, og at eventuelle påslippsgrenser blir overholdt.

  Eventuelle hensynssoner for overvannsavrenning og overvannsanlegg illustreres.
- Ved utbygging nær vassdrag:

  Flomvannstand, oversvømt areal og illustrasjon av hensynssone for flom.
- Konsekvenser av utbyggingen for avrenningen:

  Har plassering av bygg, utforming av uterom eller forandringer på terrenget virkning på avrenningslinjer og forsenkninger?

  Hvordan endres avrenningsmønstret?
- Ved planlagt infiltrasjon:

  Grunnundersøkelser for fastlegging av infiltrasjonsevnen til grunnen.

[35] Blågrønn faktor – Veileder byggesak, Hoveddelen 28.01.2014, Oslo og Bærum kommune

- Overvannskonsekvenser av utbyggingen på andre steder:

  Det skal dokumenteres om det er fare for stigende grunnvannspeil som følge av infiltrasjon, eller om utbyggingen, samt overvannstiltak har negativ virkning nedstrøms utbyggingsområdet.

  Eksisterende og planlagte flomveier skal dokumenteres.

- Ved bruk av blågrønn faktor:

  Dokumentasjon av beregning av blågrønn faktor i henhold til veilederen.

12.3 Metoder for utredninger

12.3.1 Avrenning, overvannsflom

Avrenningsfaktor

For å beskrive endringer i avrenningen gjennom utbygging i et nedbørfelt er det vanlig å bruke avrenningsfaktorer. Hver enkelt type overflate tilordnes en koeffisient som tilsvarer andelen av nedbøren som renner av fra et areal på overflaten. Andelen som ikke renner av på overflaten, inkluderer tap som følge av fukting, fordamping, intersepsjon, transpirasjon, vann samlet i forsenkninger og infiltrasjon. Avrenningsfaktoren for et nedbørfelt beregnes fra gjennomsnittet til avrenningsfaktorene for hver enkelt flate vektet med delarealene.

Rasjonelle metode

En enkel metode for beregning av avrenning er den rasjonelle metode. Den gir kulminasjonsverdier for nedstrøms ende av et nedbørfelt, avhengig av nedbørfeltkarakteristikk (areal, lengde, høydeforskjell) og avrenningsfaktorer. Metoden egner seg for små nedbørfelt (< 5 km^2). Den enkle tilnærmingen i denne metoden er tilstrekkelig i urbane nedbørfelt som er enkelt beskrevet, og den tillater endringer i avrenning som følge av utbygging (økt andel tette flater). Bruk av den rasjonelle metode og metodens begrensninger er nærmere beskrevet f. eks. i NVEs veileder for flomberegninger i små uregulerte felt[36]. Denne veilederen omfatter også alternative flomberegningsmetoder, inkludert flomfrekvensanalyse, nasjonalt formelverk og rutingmodellen PQRUT.

Hydrauliske og hydrologiske modeller

For større nedbørfelt og detaljerte analyser er det hensiktsmessig å bruke todimensjonale, hydrauliske modeller inklusive nedbør. Nedbøren omregnes til avrenning ved bruk av avrenningsfaktorer, og strømning av vann på overflaten beregnes. Denne metoden gir både romlig fordeling og tidsforløp av vannstander, vanndybder vannhastigheter og oversvømt areal. Endringer som følge av utbygging kan analyseres ikke bare ved bruk av nye avrenningsfaktorer, men også gjennom endringer i terrengmodellen, som ligger til grunn for beregningsnettet. Terrengmodellen justeres i samsvar med endringer av terrenget.

For store nedbørfelt, samt dersom ikke hele nedbørfeltet kan modelleres hydraulisk, er det behov for nedbør-avløps-modell. Denne metoden gjør det mulig å generere vannføringsserier for ulike steder i et nedbørfelt, f. eks. hvor mye avrenning som kommer fra områder utenfor utbyggingsområdet eller fra delfelt til det aktuelle utbyggingsområdet. Disse vannføringsseriene kan brukes som gensebetingelser i hydrauliske modeller.

[36] *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt, veileder nr 7-2015, Norges vassdrags- og energidirektorat, desember 2015.*

12.3.2 Flomvannstand, oversvømt areal

Ved utbygging i nærheten av vassdrag må vannstand og oversvømt areal beregnes for dimensjonerende flom i henhold til sikkerhetsklasser gitt i byggteknisk forskrift. Til dette brukes én- eller todimensjonale hydrauliske modeller. For enkle tilfeller, dvs. godt definerte tverrsnitt med gradvis endring, er beregning av vannstander tilstrekkelig, og det kan brukes éndimensjonal modell. Oversvømt areal beregnes i slike tilfeller ved å kutte terrengmodellen med skråplanen som er gitt gjennom lineær interpolasjon mellom beregnede vannstander i tverrsnittene langs vassdraget.

12.3.3 Avrenningslinjer og forsenkninger

Avrenningslinjer og forsenkninger kartlegges gjennom terrenganalyse ved hjelp av GIS-verktøy for situasjonen før utbygging. I tilfellet at en todimensjonal, hydraulisk modell settes opp for hydrauliske beregninger, kan terrenganalysen sløyfes, siden avrenningslinjer og forsenkninger fremstilles av todimensjonale hydrauliske modeller. Avrenningslinjene og forsenkningene tilsvarer henholdsvis vannstrømmen og flatene der vann samles. Analyse- eller modellresultater for situasjonen før utbygging sammenlignes deretter med resultater for planlagt tilstand med endret terreng.

12.3.4 Infiltrasjonsevne

Infiltrasjonsevnen til grunnen undersøkes ved infiltrasjonsforsøk. Ved forsøk i åpent borehull bestemmes vannets gjennomtrengningsevne (k_f-verdi) i et bestemt lag. Beregningen av denne verdien er avhengig av forsøksfilterets overflateareal, høyde og diameter på vannsøylen som virker på filteret, og vannstandssenkningen per tidsenhet. Oppsett og gjennomføring av slike forsøk er nærmere beskrevet i vedlegg 4.

12.3.5 Konsekvenser av utbyggingen på andre steder

Fare for stigende grunnvannspeil eller for avrenning på overflaten som følge av infiltrasjon undersøkes ved hydrogeologiske analyser eller ved bruk av en grunnvannsmodell.

Om utbyggingen, samt tilhørende overvannstiltak, har negativ virkning i områder lengre nedstrøms, undersøkes ved hjelp av en todimensjonal, hydraulisk modell. Vannstander og oversvømt areal i nedbørfeltet, der utbyggingsområdet ligger, sammenlignes for situasjonen før og etter utbygging. På den måten undersøkes det om kapasiteten av nedstrøms anlegg for avledning, som kulverter og kanaler, overskrides. Det undersøkes også om avrenningslinjer blir forandret som følge av inngrep i overvannsystemet, endringer av overflater, terrenginngrep, etablering av byggverk o.l.

12.3.6 Blågrønn faktor

Verktøyet «Blågrønn faktor» tillater kvantifisering av flater og elementer i uterom i nybyggprosjekter som bidrar positivt til overvannshåndteringen. Økologisk effektive flater (blå / grå / grønne flater) og tilleggskvaliteter (naturlige vannelementer, vegetasjon, grøntareal) regnes inn i en faktor. Den Blågrønne faktoren beregnes ved å dele den økologisk effektive overflaten med det totale tomtarealet. Metoden er nærmere beskrevet i «Veilederen byggesak Blågrønn faktor»[35].

12.3.7 Kvaliteten på overvannet

En metode for vurdering om overvann kan ledes til resipient / vassdrag uten rensetiltak er fremgangsmåten i henhold til den tyske veilederen for overvannshåndtering DWA-M 153[13] (se kapittel 10.1). Overvannskvaliteten bestemmes ved å ta hensyn til forurensning fra luften og bakken, avhengig av hvor overvannet kommer fra. Flatene som overvannet kommer fra, inndeles i typer for forurensning fra luften og fra bakken. Forurensningen er avhengig av arealbruken. Ved bruk av poengverdier tildeles hver flate en forurensningsverdi. Den samlede forurensningen er summen av alle forurensningsverdier for hver enkelt flate, vektet med arealandelen. Hvor sterk forurensning av overvannet som aksepteres ved utslipp, er avhengig av resipientens vassdragstype.

12.3.8 Ledningsnettberegning

Vanligvis finnes det overvannsledninger eller ledninger med felles avløp i områder der følgene av nye utbygginger analyseres. I mange tilfeller er det tilstrekkelig å ikke ta hensyn til overvann som renner i ledninger, siden det er en svært forsiktig forutsetning. For en nøyaktig beregning er det riktignok nødvendig å ta hensyn til ledningsnettet. Til dette formålet er det best å bruke en koblet, hydraulisk modell, det vil si at ledningsnettmodellen er koblet til den hydrauliske modellen, som beregner strømningen på overflaten. På den måten tas det hensyn til at vann kan renne både fra overflaten til ledningsnettet, og omvendt fra ledningsnettet til overflaten via kummer.

12.4 Grunnlagsdata for utredninger

For utredningene, analysene og dokumentasjonen nevnt ovenfor er det behov for en hel del data. Tabell 34 viser en generell oversikt over databehovet. I de følgende kapitlene er det nærmere beskrevet valg av nedbørdata, klimapåslag, avrenningsfaktorer og grunnlag for oppsett av terrengmodeller.

Tabell 34: Oversikt over databehovet for utredninger, analyser og dokumentasjon i forbindelse med overvann.

Type	Data	Bruk
Terreng	DTM eller lasermålte høydedata	Terrengmodell, hydraulisk modell, terrenganalyse, hydrologisk inndeling
	Oppmålinger kulverter, bruer, tverrprofiler, vannstander / -linjer, høybrekk	Terrengmodell, hydraulisk modell, terrenganalyse, ledningsnettmodell
	Kart som viser terrenghelning	Vurdering av helning
Grunnforhold	Løsmassekart	Infiltrasjonsevne
	Infiltrasjonsforsøk	Infiltrasjonsevne
Foto	Foto fra befaring (f. eks. kulverter, bruer, vassdrag)	Terrengmodell
	Foto fra flomhendelser	Verifisering av analyse- og modellresultater
	Flyfoto	Terrengmodell, type bybyggelse
Arealbruk	AR50, AR5, FKB, topografisk kart	Type bebyggelse, ruhetstall, avrenningsfaktor/ andel tette flater, myområder
Nedbør	Meteorologiske målestasjoner, IVF-kurver	Hydrologisk modell, hydraulisk modell, ledningsnettmodell
	Observerte hendelser	Hydrologisk modell, hydraulisk modell, ledningsnettmodell
	Regional klimaprofil	Klimapåslag
Vassdrag	Nedbørfeltkarakteristikk (NEVINA)	Avrenningsfaktor, urbaniseringsgrad, flomverdier
	Vannmerker, vannførings- / vannstandsserier	Kalibrering av hydrologisk og hydraulisk modell
	Elvenett, innsjøer (NVE-Atlas)	Overordnet bilde av vassdrag
	Vannkvalitet	Overvannskvalitet, avledning til resipienter
	Flomsonekart, flomrapporter	Kartlagte fareområder for flom, flomberegninger
Infrastruktur overvann	Ledningsnett	Ledningsnettmodell
	Byggverk: kulverter, fordrøyningsmagasiner, dammer, etc.	Hydraulisk modell, ledningsnettmodell
Kommuneplan, Reguleringsplaner	Overordnete mål, planbestemmelser, arealplaner, tegninger	Fremtidig / planlagt utvikling i det undersøkte området

12.4.1 Nedbør

Utfra en sammenligning av ulike dataserier anbefales det å bruke nedbørdata fra stasjon 44190 TIME – LYE i Time kommune for gjentaksintervall opptil 20 år. Denne stasjonen ligger midt i kommunen og har et høyt antall målesesonger (se kapittel 3.4.2 og vedlegg 1). For sjeldne nedbørhendelser og lengre varigheter er datagrunnlaget fra denne stasjonen imidlertid usikker. For mer sjeldne nedbørhendelser anbefales det derfor å justere opp verdiene fra TIME – LYE, f. eks. ved bruk av den observerte nedbørhendelsen på Vigrestad fra 7. august 2014.

Dimensjonerende varighet er i utgangspunktet varigheten som fører til den største belastningen for overvannssystemet.

12.4.2 Klimapåslag

Nedbørfeltene i Time kommune har feltarealer mindre enn 100 km^2. For nedbørfelt med denne størrelsen skal flomvannføringer økes med minst 20 %. Nedbørverdier skal økes med minst 20 %, og opptil 40 % for nedbørhendelser med varighet kortere enn 3 timer (se kapittel 3.4.4).

Ved bruk av beregningsmetoder eller -modeller med lineær sammenheng mellom nedbør og flomvannføring kan 20 % klimapåslag brukes også for varighet kortere enn 3 timer (se kapittel 3.4.4).

12.4.3 Avrenningsfaktorer

Når man sammenligner anbefalte avrenningsfaktorer fra ulike kilder, får man intervaller av avrenningsfaktorer for forskjellige overflatetyper (tabell 35). Stort sett er det god overensstemmelse mellom angitte verdier. Men for enkelte overflatetyper er det betydelig avvik mellom kildene (se vedlegg 5). De angitte intervallene kan tolkes slik at de lave verdiene bør brukes for flate, permeable områder, mens de øvre verdiene velges for bratte, lite permeable områder. Verdiene gjelder for nedbør med gjentaksintervall mindre enn 25 år. For gjentaksintervall 25, 50, 100 og 200 år er det vanlig å øke avrenningsfaktorene med henholdsvis 10 %, 20 %, 25 % og 30 %[10,37] til en maksimal verdi på 0,95.

For analyser av større områder er det vanlig å bruke gjennomsnittsverdier og verdier for sammensatte flater. Avrenningsfaktorer skal bestemmes innenfor intervallene for hver undersøkelse, avhengig av hva som analyseres. De skal være tilpasset til lokale forhold. Hvis det i et eneboligområde for eksempel er bygd hus tett på tett med lite hageareal, skal det velges en avrenningsfaktor ved øvre grensen av intervallet.

Verdier merket med stjerne i tabell 35 er avrenningsfaktorer som virker henholdsvis lave eller høye. For betong / asfalt / bart fjell gir Svensk Vatten 0,3 som lav verdi; mens det i denne rapporten foreslås å sette den nedre grensen til 0,6, i henhold til de øvrige kildene. Det samme gjelder for den nedre grensen for asfalterte veger og gater. Norsk Vann angir 0,7; og i denne rapporten foreslås det å sette denne verdien til 0,8, i henhold til de øvrige kildene. Lignende er

[37] *Håndbok N200 Vegbygging (2014) Statens vegvesen*

det for de nedre grensene for plen, dyrket mark og skog. Svensk Vatten angir 0, som anbefales økt til henholdsvis 0,05, 0,1 og 0,05. For tak er det vurdert hensiktsmessig å bruke en avrenningsfaktor på opptil 1,0, siden tak oftest er glatte, helt tette flater.

Tabell 35: Avrenningsfaktorer; angitte intervaller er en sammenstilling basert på Norsk Vann (2012)[18], Vassdragshåndboka (2010)[10], Svensk Vatten (2004)[38] og SVV (2014)[37].

	Avrenningsfaktor [-]	
Overflate	**Minimum**	**Maksimum**
Tak	0,8	0,9*
Betong, asfalt, bart fjell	0,3*	0,9
Veger og gater (asfaltert)	0,7*	0,9
Grusveger	0,3	0,7
Plen	0,0*	0,1
Lekeplasser	0,2	0,4
Dyrket mark	0,0*	0,4
Skogsområder	0,0*	0,5
Brakkmark	0,2	0,3
Sammensatte flater		
Midtbyområder	0,7	0,9
Bolig, blokk	0,4	0,7
Bolig, rekkehus	0,3	0,7
Bolig, enebolig	0,2	0,5
Industriområder, tett	0,5	0,8
Industriområder, åpent	0,5	0,7
Parker	0,1	0,3

* Verdier som virker lave / høye; de nedre / øvre grensene av disse intervallene foreslås endret, se tekst.

[38] *Svensk Vatten (2004) Dimensjonering av allmänna avloppsledningar. Svensk Vatten Publikation P90.*

12.4.4 Terreng

For analyser av avrenningslinjer og forsenkninger er det hensiktsmessig å bruke en høyt oppløst terrengmodell med gridavstand på 1 m eller mindre. Ved analyser av mindre områder (< ca. 1 km^2) tillater den mindre datamengden også bruk av gridavstand ned til 0,25 m, som er den høyeste tilgjengelige oppløsningen på lasermålte høydedata i dag.

For hydrologiske modeller er ofte en oppløsning på 10 m tilstrekkelig. Hydraulisk modellering krever oppmåling av strukturer, som ikke er avbildet nøyaktig nok i terrengmodeller basert på lasermålte høydedata. Det gjelder vassdrag, byggverk og i noen tilfeller også høybrekk.

Anbefalt grunnlag for terrengmodeller avhengig av formål er oppsummert i tabell 36.

Tabell 36: Anbefalt grunnlag for terrengmodeller.

	Grunnlag for terrengmodell		
Formål	**DTM 10**	**DTM 1**	**Oppmåling**
Avrenningslinjer		X	
Forsenkninger		X	
Hydrologisk modell	X		
Hydraulisk modell – terreng		X	
Hydraulisk modell – vassdrag, byggverk, høybrekk			X

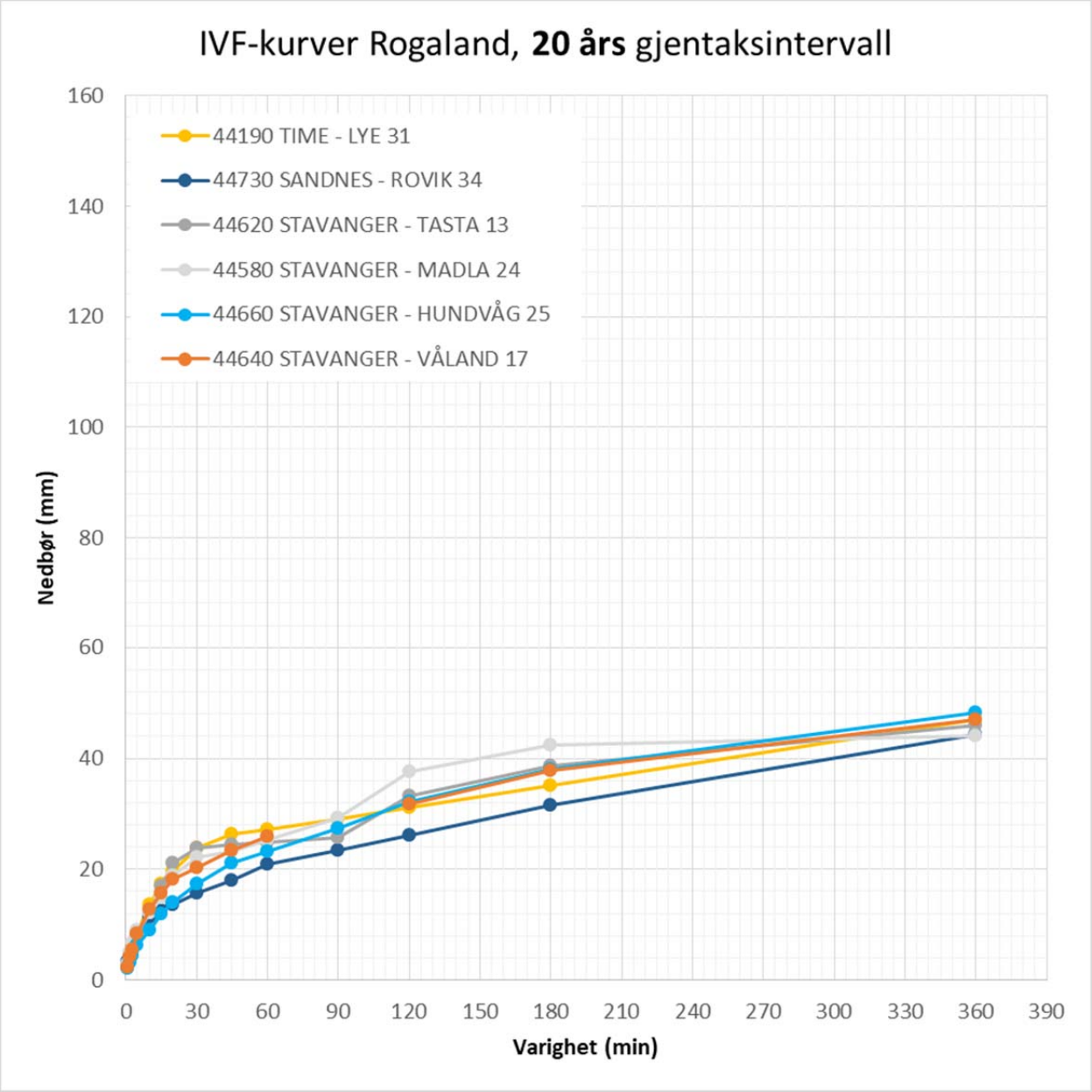
Eching am Ammersee, den 09.04.2020

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

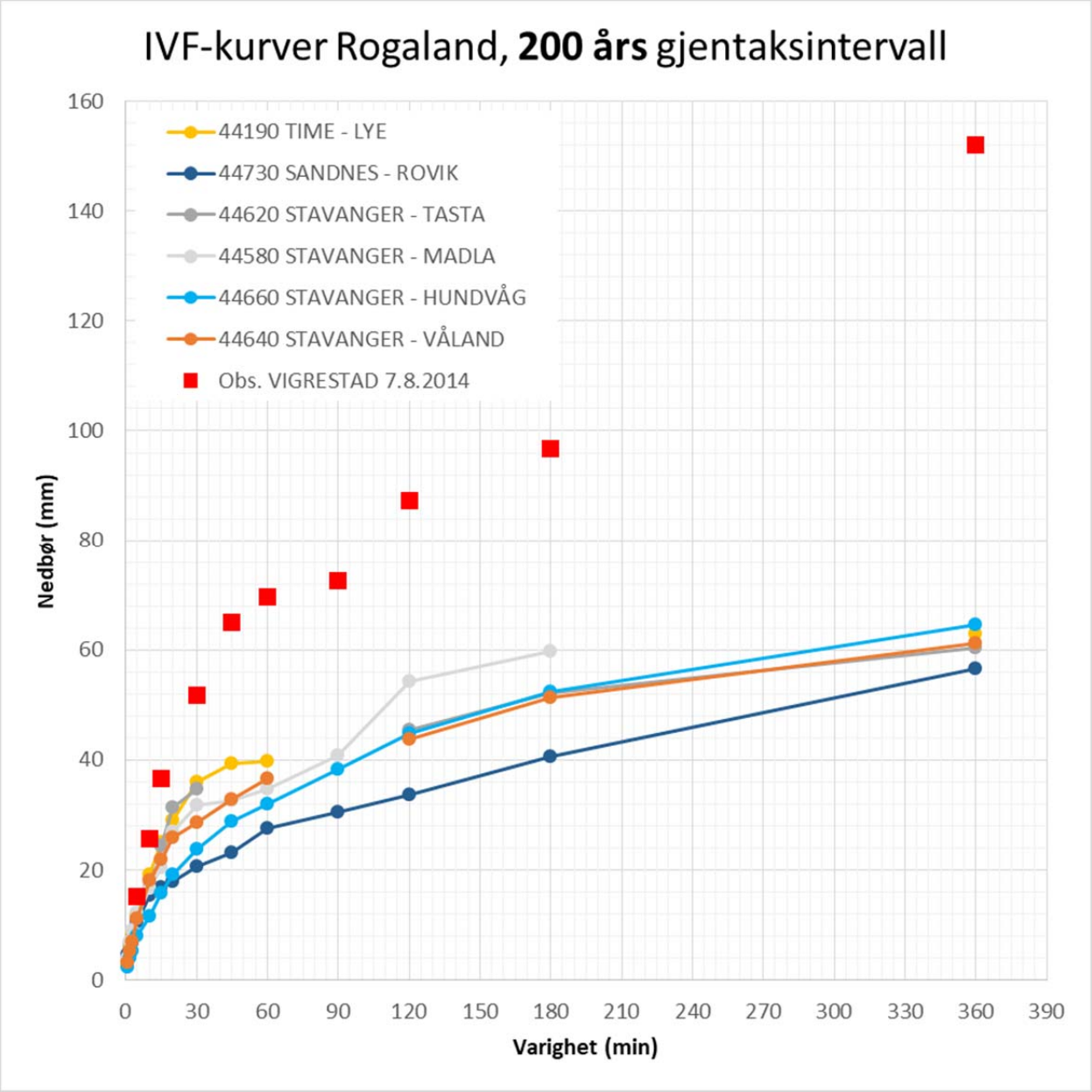
Julian Sauterleute
Dipl.-Ing.

Vedlegg 1

Nedbørdata



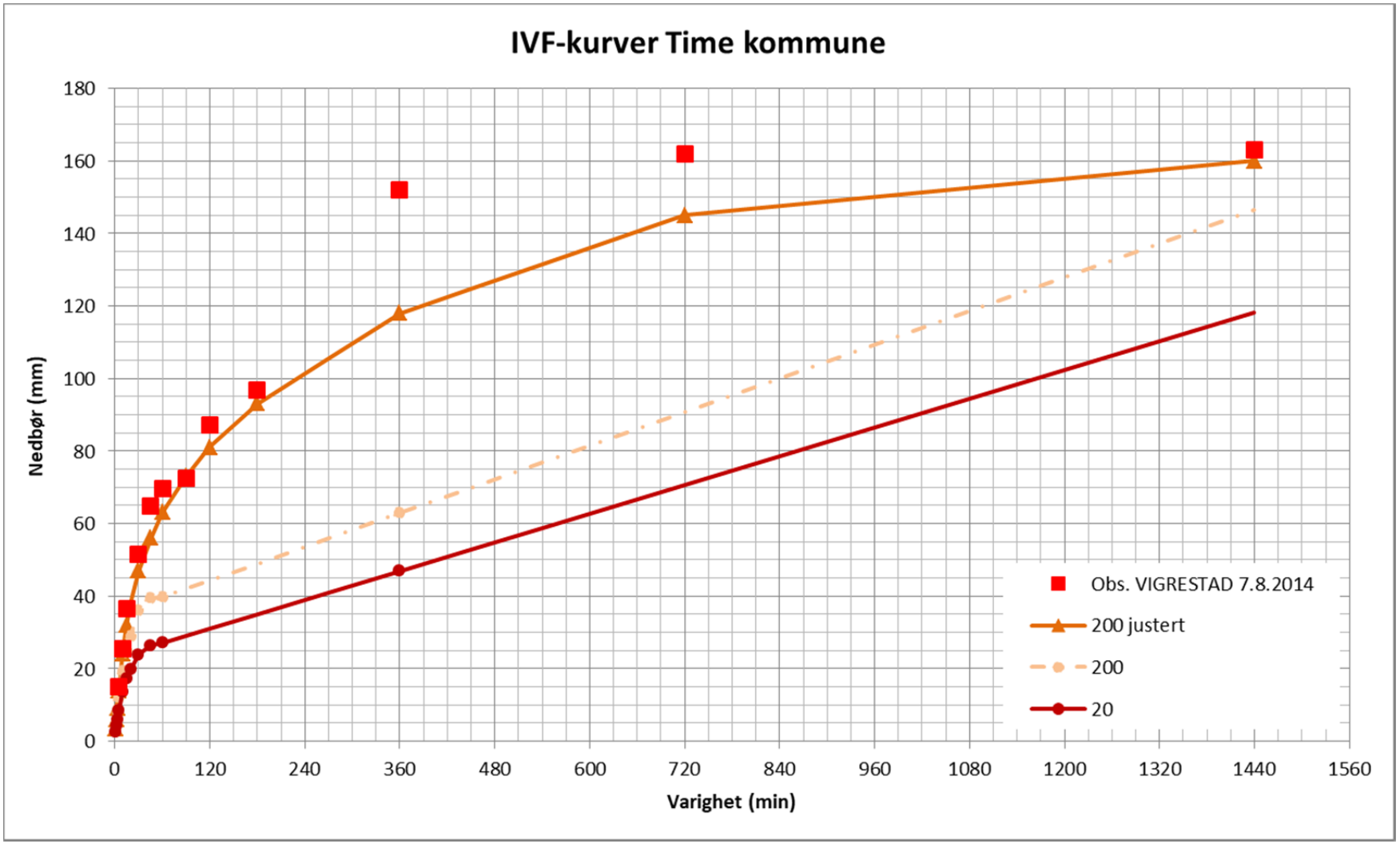
Figur 1: IVF-kurver fra nedbørstasjoner i og i nærheten av Time kommune for 20-års gjentaksintervall; antall sesonger er angitt etter serienes navn. Kilde: eKlima.no, data til og med år 2017.



Figur 2: IVF-kurver fra nedbørstasjoner i og i nærheten av Time kommune for 200-års gjentaksintervall; kilde: eKlima.no, data til og med år 2017. De røde prikkene viser observerte verdier fra en nedbørhendelse i Vigrestad.

Tabell 1: Nedbørverdier (mm) for IVF-kurver fra nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, og justerte nedbørverdier for 200-års gjentaksintervall (serie «200 justert») basert på en nedbørhendelse observert i Vigrestad. Kilde 44190 TIME – LYE: eKlima.no, data til og med år 2017, antall sesonger 31. Inter- og ekstrapolerte verdier i grå skrift.

	Varighet (min)															
År	**1**	**2**	**3**	**5**	**10**	**15**	**20**	**30**	**45**	**60**	**90**	**180**	**360**	**540**	**720**	**1440**
2	1,5	2,7	3,6	4,9	7,2	8,6	9,3	10,2	11,9	13,0			28,7			
5	1,9	3,4	4,7	6,5	9,9	12,4	13,9	16,2	18,2	19,1			36,7			
10	2,2	3,9	5,4	7,6	11,8	14,9	16,8	20,1	22,4	23,2			41,9			
20	2,5	4,4	6,1	8,6	13,5	17,3	19,7	23,9	26,4	27,1	29,1	35,0	46,9	58,8	70,7	118,2
25	2,5	4,6	6,4	8,9	14,1	18,0	20,6	25,1	27,7	28,3			48,4			
50	2,8	5,1	7,0	9,9	15,8	20,3	23,4	28,7	31,6	32,1			53,1			
100	3,0	5,6	7,7	10,9	17,5	22,7	26,2	32,4	35,5	36,0			58,1			
200	3,3	6,0	8,4	11,9	19,2	25,0	29,0	36,0	39,4	39,7	42,0	49,0	62,9	76,8	90,7	146,4
200 justert	3,3	6,0	9,0	14,0	24,0	32,0	38,0	47,0	56,0	63,0	73,0	93,0	118,0	131,5	145,0	160,0
Observert Vigrestad 7.8.2014				15,2	25,6	36,5		51,7	64,9	69,7	72,5	96,7	152,0		161,8	162,9



Figur 3: 20- og 200-års IVF-kurver fra nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, inter-/ekstrapolert mellom 60 og 360 minutter/utover 360 minutter varighet, og 200-års kurve justert opp mot verdier observert i Vigrestad.

Tabell 2: Nedbørverdier med 20 % klimapåslag (mm) for IVF-kurver fra nedbørstasjon 44190 TIME – LYE, og justerte nedbørverdier for 200-års gjentaksintervall (serie «200 justert») basert på nedbørhendelse observert i Vigrestad. Kilde 44190 TIME – LYE: eKlima.no, data til og med år 2017, antall sesonger 31. Inter- og ekstrapolerte verdier i grå skrift; i prosjektet benyttete serier er merket av med grå bakgrunn.

Klimafaktor 1,2	**Varighet (min)**															
År	**1**	**2**	**3**	**5**	**10**	**15**	**20**	**30**	**45**	**60**	**90**	**180**	**360**	**540**	**720**	**1440**
2	1,8	3,2	4,3	5,9	8,6	10,3	11,2	12,2	14,3	15,6			34,4			
5	2,3	4,1	5,6	7,8	11,9	14,9	16,7	19,4	21,8	22,9			44,0			
10	2,6	4,7	6,5	9,1	14,2	17,9	20,2	24,1	26,9	27,8			50,3			
20	3,0	5,3	7,3	10,3	16,2	20,8	23,6	28,7	31,7	32,5	34,9	42,0	56,3	70,5	84,8	141,8
25	3,0	5,5	7,7	10,7	16,9	21,6	24,7	30,1	33,2	34,0			58,1			
50	3,4	6,1	8,4	11,9	19,0	24,4	28,1	34,4	37,9	38,5			63,7			
100	3,6	6,7	9,2	13,1	21,0	27,2	31,4	38,9	42,6	43,2			69,7			
200	4,0	7,2	10,1	14,3	23,0	30,0	34,8	43,2	47,3	47,6	50,4	58,8	75,5	92,2	108,9	175,7
200 justert	4,0	7,2	10,8	16,8	28,8	38,4	45,6	56,4	67,2	75,6	87,6	111,6	141,6	157,8	174,0	192,0
Observert Vigrestad 7.8.2014				18,2	30,7	43,8		62,0	77,9	83,6	87,0	116,0	182,4		194,1	195,5

Vedlegg 2

Oppmålingsdata

På følgende sider vises kart over alle oppmålte punkter og byggverk med kjente dimensjoner for hvert delområde.

Følgende punkter reduserte nøyaktigheten av terrengmodellen og beregningene med de hydrauliske modellene:

- Mange tverrprofiler var ikke oppmålt loddrett til hovedstrømningsretningen
- Ved noen tverrprofiler manglet det høyder på venstre eller høyre elvebredd. Høyden måtte estimeres fra laserdata.
- Ved noen tverrprofiler virket bunnhøyden unøyaktig; sannsynligvis målt opp f. eks. på steiner / steinblokker.
- På noen byggverk manglet innmåling av overkant eller underkant.
- For kulverten forbi dammen i Bryne sentrum ble dimensjoner og høyder estimert.
- Hydrauliske forhold rundt Stemmen i Frøyland er uklare. Dimensjoner på utløp (ledning til fossen i parken, slange / stengsel ved utløpet i kanalen til den gamle møllen) ble antatt.
- Veiunderganger ble ikke modellert; ved disse oppstuves vann, mens det egentlig ville renne i eller gjennom undergangen, avhengig av terrengforholdene.

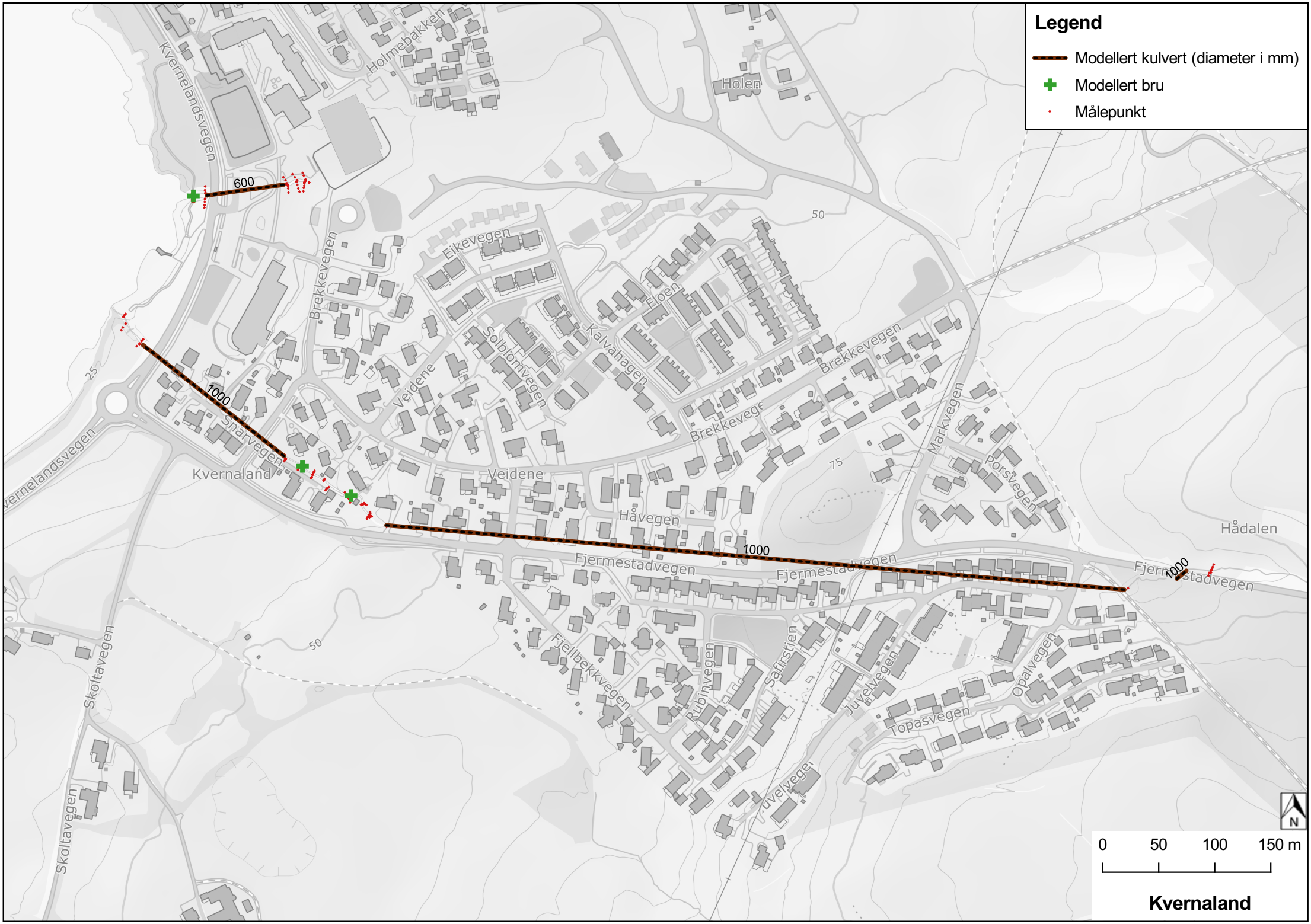
I delområdet Kvernaland ble oppmålingene utført i begynnelsen av februar 2018.

I delområdet Lye ble Njåbekken oppmålt på delstrekninger rundt kulverter og bruer. På strekningen gjennom selve tettstedet ble tverrpofiler oppmålt med kortere avstand, for å få et gjennomgående bekkeløp i terrengmodellen. Oppmålingene ble utført henholdsvis i slutten av januar og i begynnelsen av februar 2018.

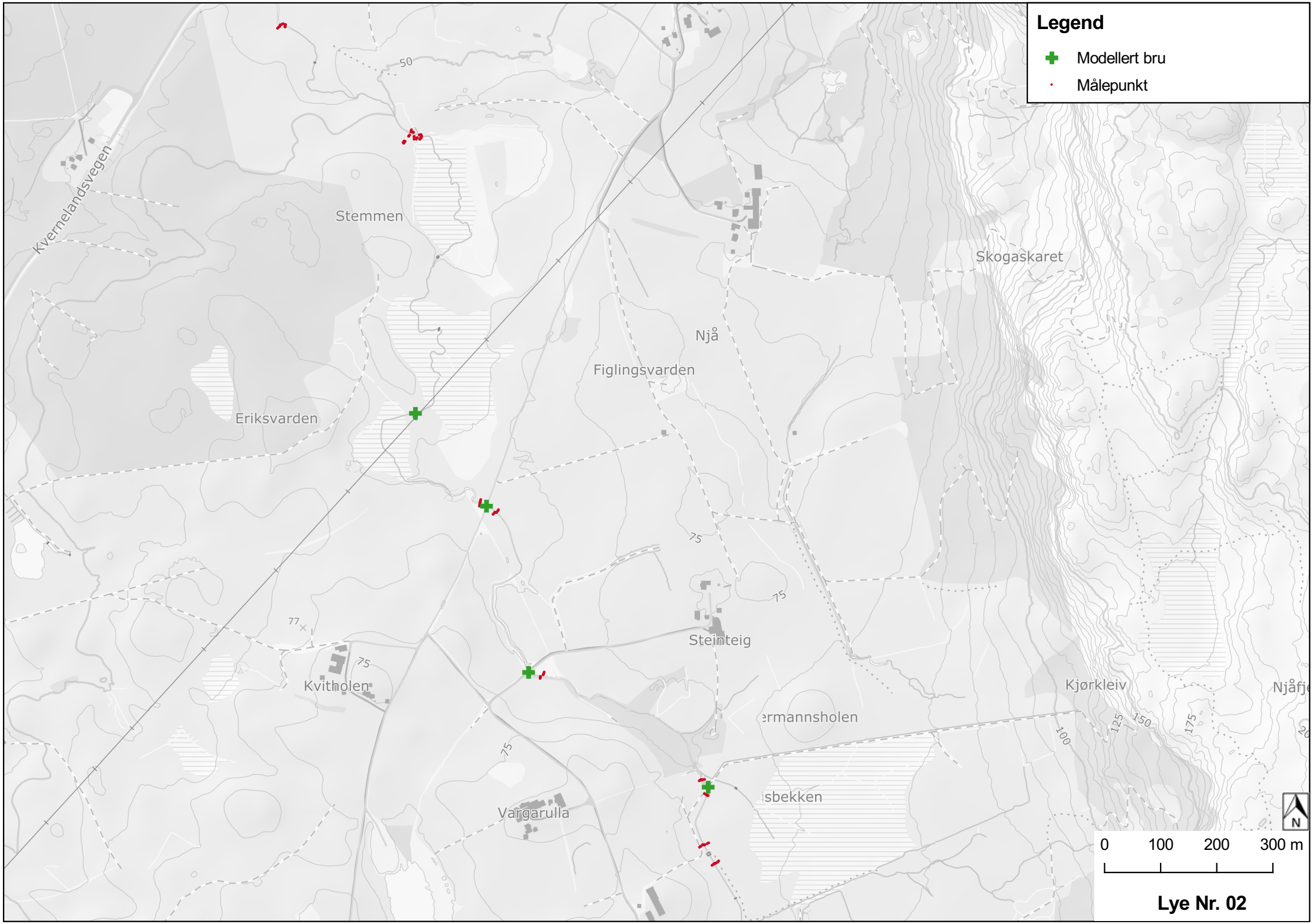
I delområdet Undheim ble det oppmålt tverrprofiler i Hååna på en ca. 800 m lang strekning, fra ca. 100 m oppstrøms tettstedet Undheim. Oppmålingene ble utført i slutten av mars 2018.

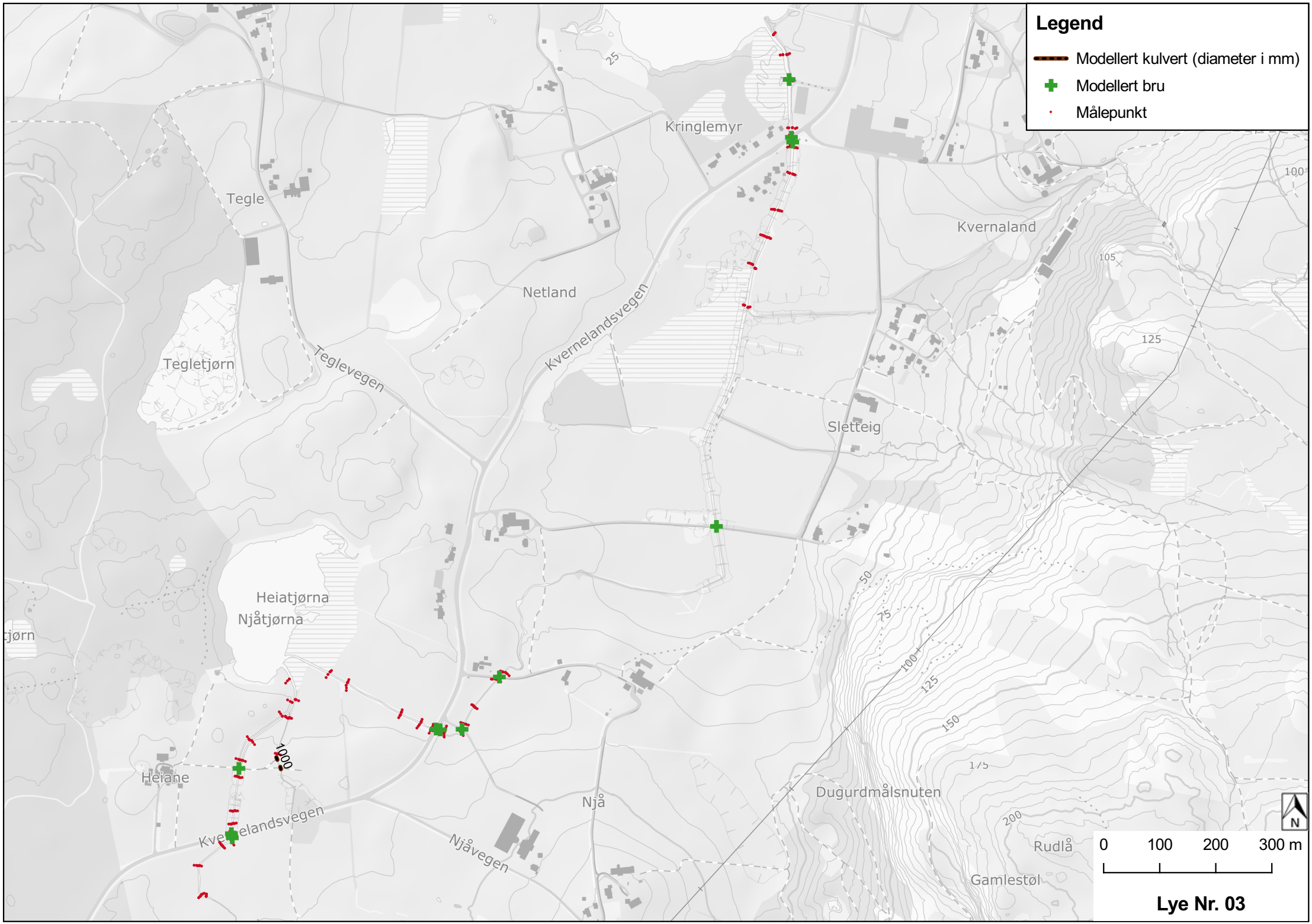
I delområdet Bryne ble oppmålingene utført i begynnelsen av februar og i mars 2018. Ytterligere tverrprofiler i Roslandsåna, mellom utløpet av Frøylandsvatnet og jernbanebrua, og høyder på dammen ble oppmålt i slutten av juni 2018. Det er viktig å påpeke at det var på gang ombygging av Roslandsånas løp i Bryne sentrum i denne perioden. Det er derfor usikkert om tverrprofilene i Roslandsåna ble oppmålt etter at bekkeløpet hadde fått sin endelig form. Grove tverrprofiler i utløpsområdet av Frøylandsvatnet ble oppmålt i begynnelsen av juli 2018.

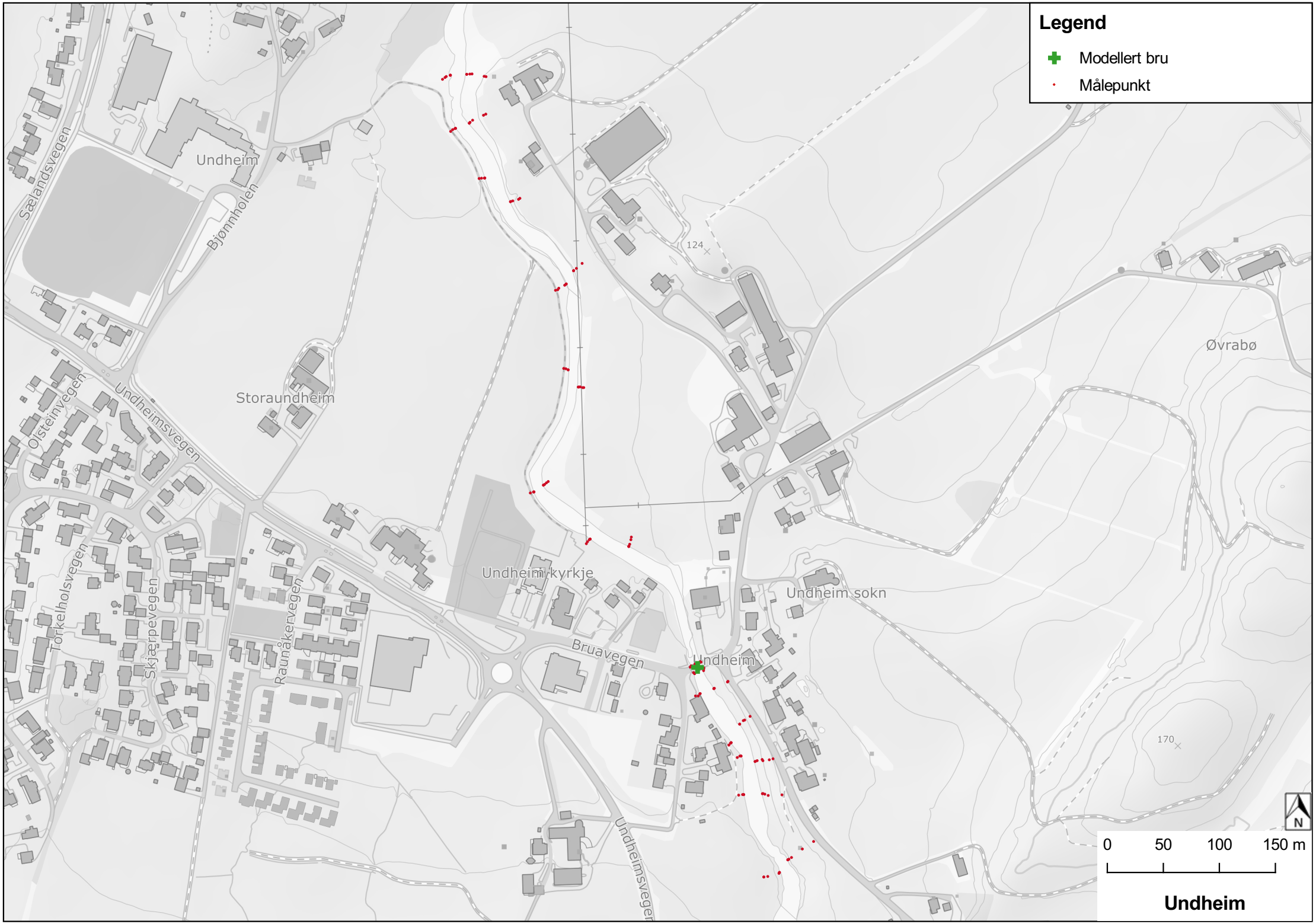
I delområdet Frøyland ble oppmålingene utført mellom april og juni 2019.

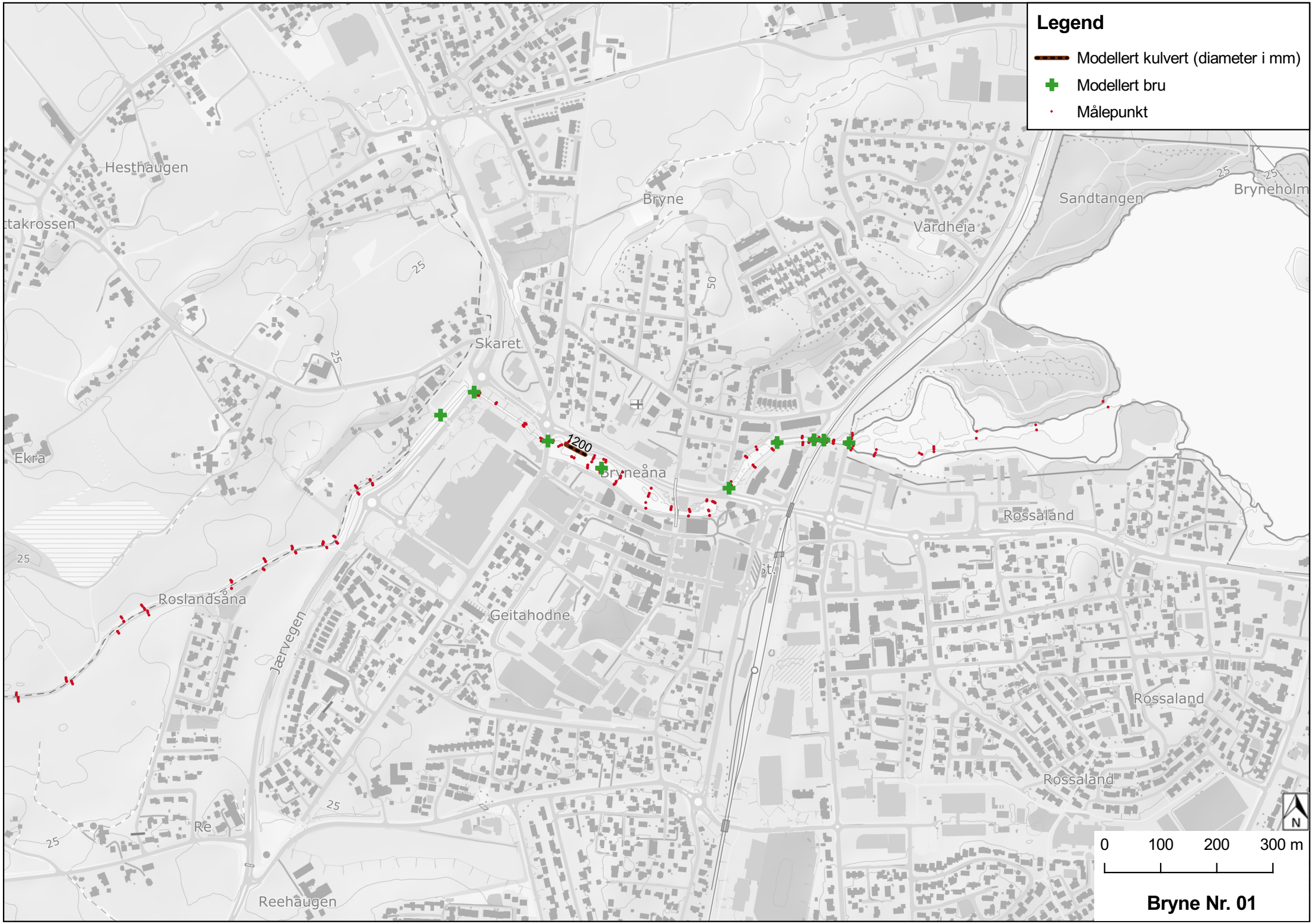

Legend
Modellert kulvert (diameter i mm)
Modellert bru
Målepunkt
600
1000
1000
1000
Kvernelandsvegen
Holmebakken
Holen
Eikevegen
Brekkevegen
Elgen
Solblomvegen
Kalvahagen
Veidene
Snarvegen
Kvernaland
Håvegen
Fjermestadvegen
Markvegen
Porsvegen
Hådalen
Fjellbekkvegen
Rubinvegen
Safirstien
Juvelvegen
Topasvegen
Opalvegen
Skoltavegen
25
50
75
0
50
100
150 m
N
Kvernaland

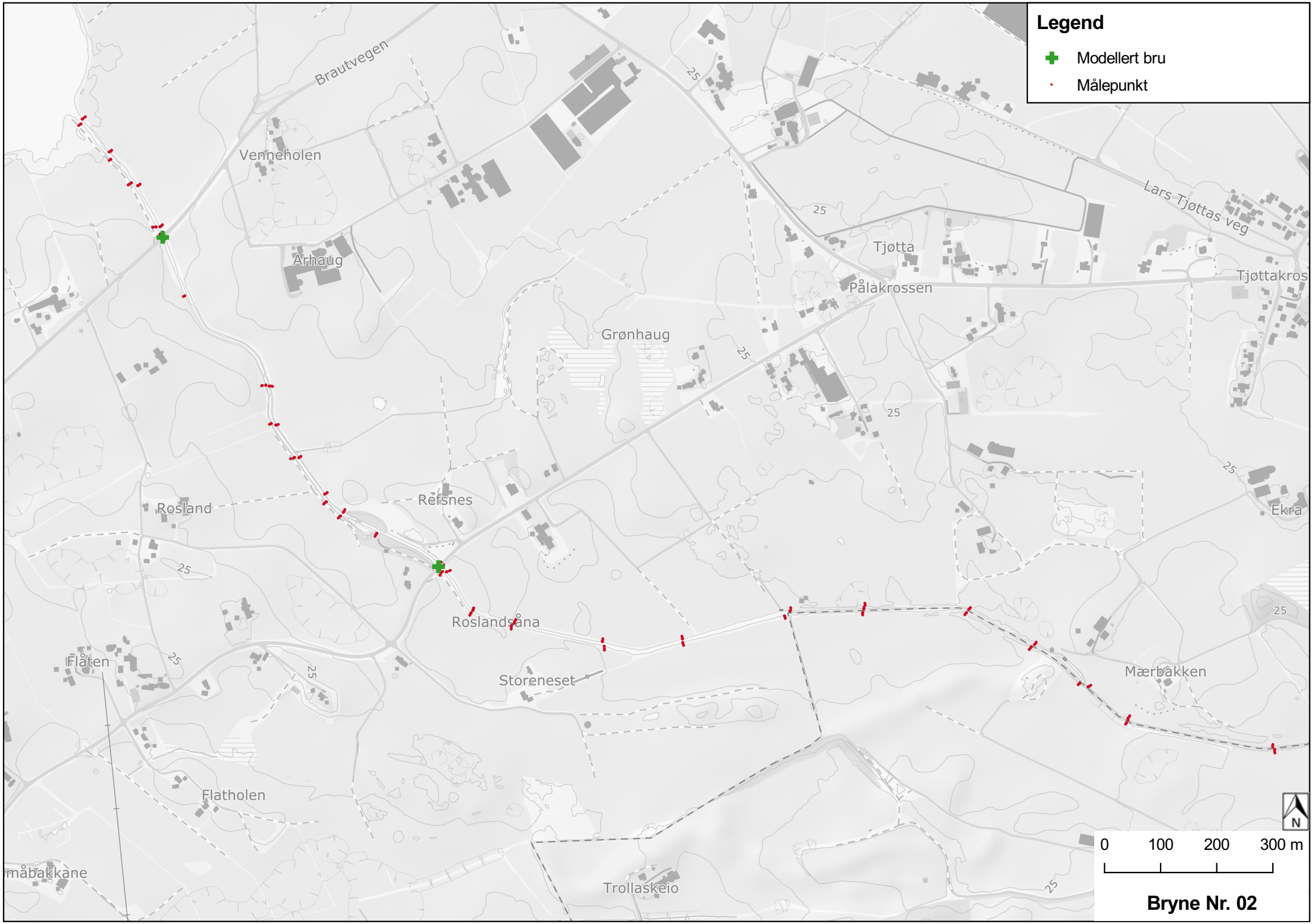
Legend
Modellert kulvert (diameter i mm)
Modellert bru
Målepunkt
Risbekken
Vargarulla
Lyevollvegen
Heia
Grindarholen
Tjoratjørna
Monsanut
Langeto
Helleberg
Undafjellet
Lyevegen
Ragnestøl
Kliberg
Lyevollen
Skarsfjell
Lye
Ålgårdsvegen
Larheia
1000
500
800
1500
1200
600
125
225
200
175
100
75
N
0
100
200
300 m
Lye Nr. 01

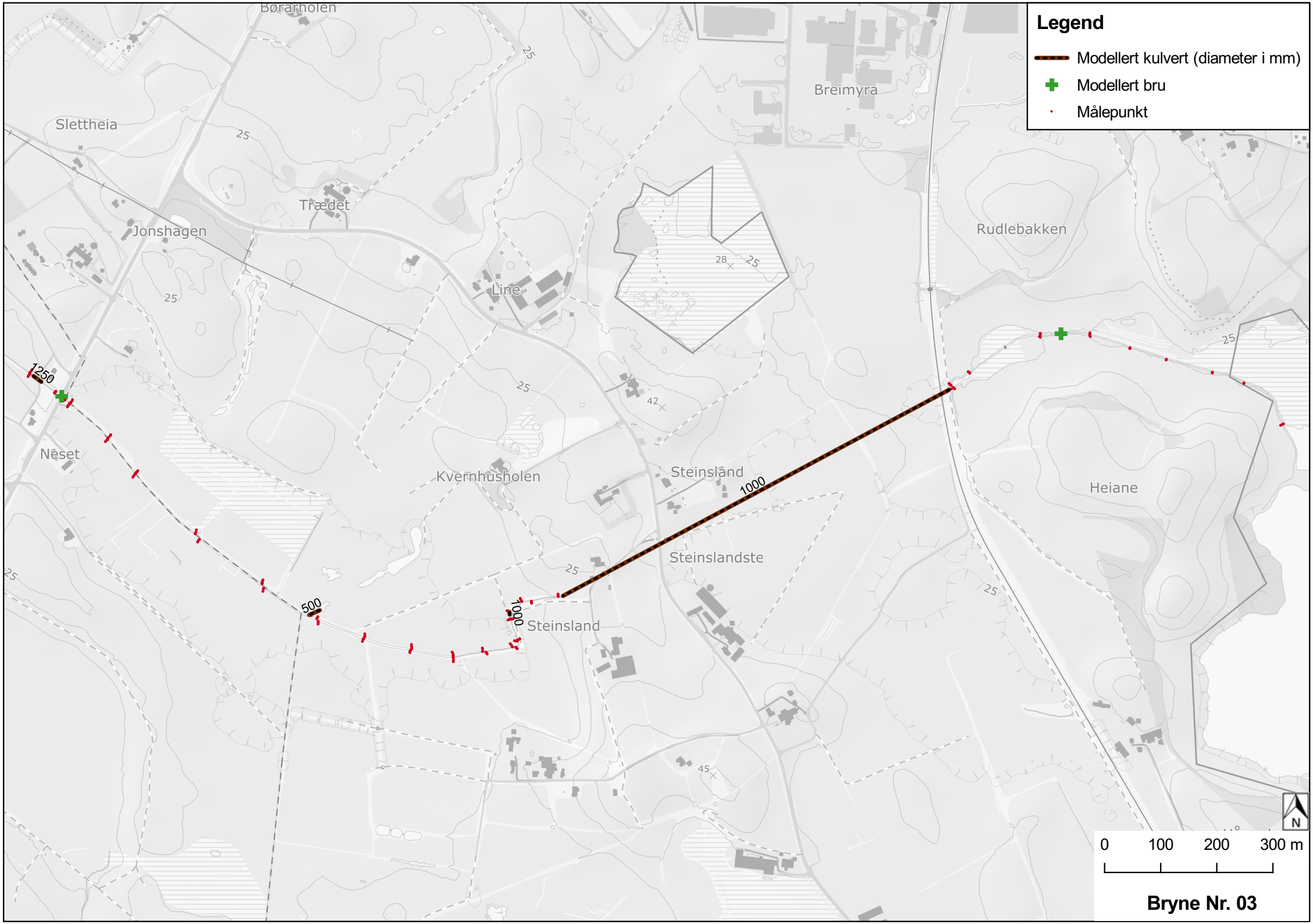

Legend
Modellert bru
Målepunkt
Kvernelandsvegen
Stemmen
Skogaskaret
Njå
Figlingsvarden
Eriksvarden
Steinteig
Kvitholen
Kjørkleiv
Vargarulla
0
100
200
300 m
N
Lye Nr. 02

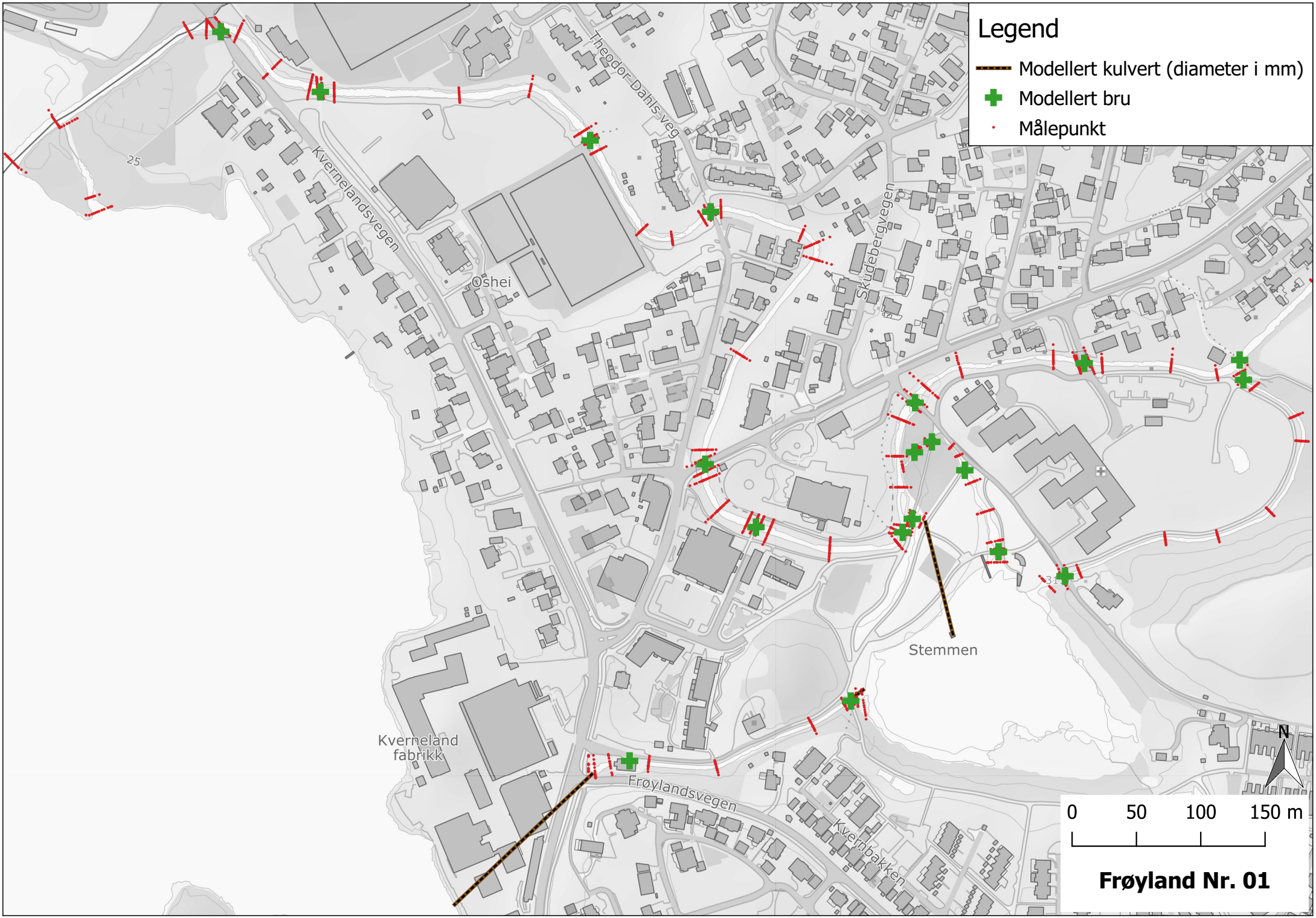

Legend
Modellert kulvert (diameter i mm)
Modellert bru
Målepunkt
Kringlemyr
Tegle
Kvernaland
Netland
Kvernelandsvegen
Tegletjørn
Teglevegen
Sletteig
Heiatjørna
Njåtjørna
Heiane
Njå
Njåvegen
Dugurdmålsnuten
Rudlå
Gamlestøl
25
50
75
100
125
150
175
200
105
0
100
200
300 m
N
Lye Nr. 03


Legend
Modellert bru
Målepunkt
Undheim
Sælandsvegen
Bjønnholen
Storaundheim
Undheimsvegen
Osteinvegen
Tørkelholsvegen
Skjærpevegen
Raunåkervegen
Undheim kyrkje
Bruavegen
Undheim sokn
Undheim
Øvrabø
124
170
Undheimsvegen
N
0
50
100
150 m
Undheim


Legend
Modellert kulvert (diameter i mm)
Modellert bru
Målepunkt
Hesthaugen
Bryne
Sandtangen
Bryneholm
Vårdheia
Skaret
Ekra
Bryneåna
Rossaland
Roslandsåna
Jærvegen
Geitahodne
Re
Reehaugen
1200
25
50
0
100
200
300 m
N
Bryne Nr. 01


Legend
Modellert bru
Målepunkt
Brautvegen
Venneholen
Arhaug
Grønhaug
Tjøtta
Pålakrossen
Lars Tjøttas veg
Tjøttakros
Ekra
Refsnes
Rosland
Roslandsåna
Storeneset
Mærbakken
Flåten
Flatholen
Trollaskeio
måbakkane
25
N
0
100
200
300 m
Bryne Nr. 02


Legend
Modellert kulvert (diameter i mm)
Modellert bru
Målepunkt
Børarholen
Breimyra
Slettheia
Trædet
Jonshagen
Rudlebakken
Line
Neset
Kvernhusholen
Steinsland
Heiane
Steinslandste
1250
1000
500
1000
Steinsland
N
0
100
200
300 m
Bryne Nr. 03

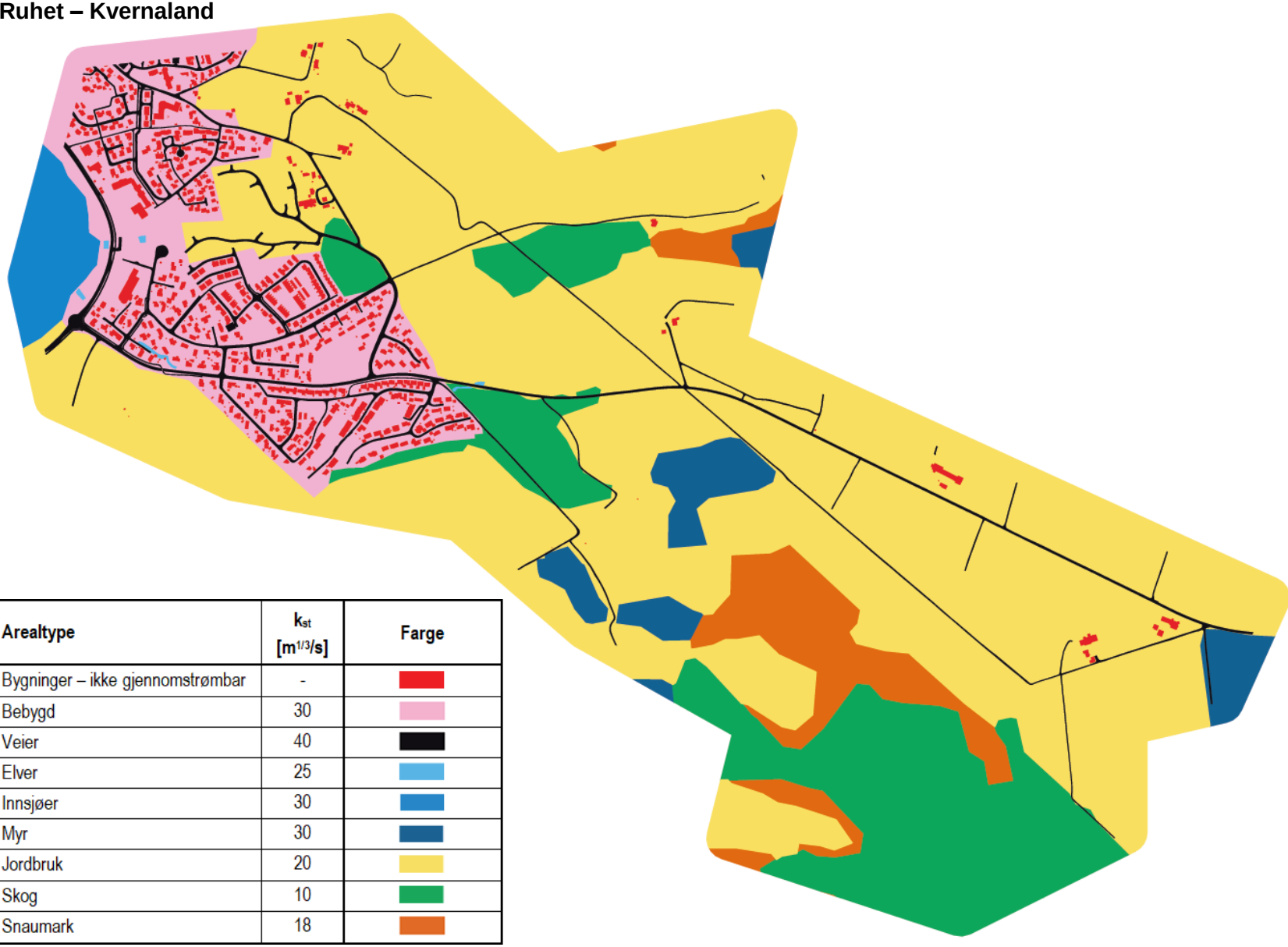

Legend
Modellert kulvert (diameter i mm)
Modellert bru
Målepunkt
Theodor Dahls veg
Kvernelandsvegen
Oshei
Skudebergvegen
Stemmen
Kverneland fabrikk
Frøylandsvegen
Kvernbakken
N
0 50 100 150 m
Frøyland Nr. 01

Legend
Modellert kulvert (diameter i mm)
Modellert bru
Målepunkt
Skogsvegen
Furuvegen
O.G. Kvernelands veg
Kalbergvegen
Kalbergvegen
Åslandsvegen
Åslandsvegen
Frøylandsbekken
Smørpigen
Revholen
900
900
500
900
1100
1100
2000x1400
75
50
50
50
50
50
N
0
50
100
150 m
Frøyland Nr. 02

Vedlegg 3

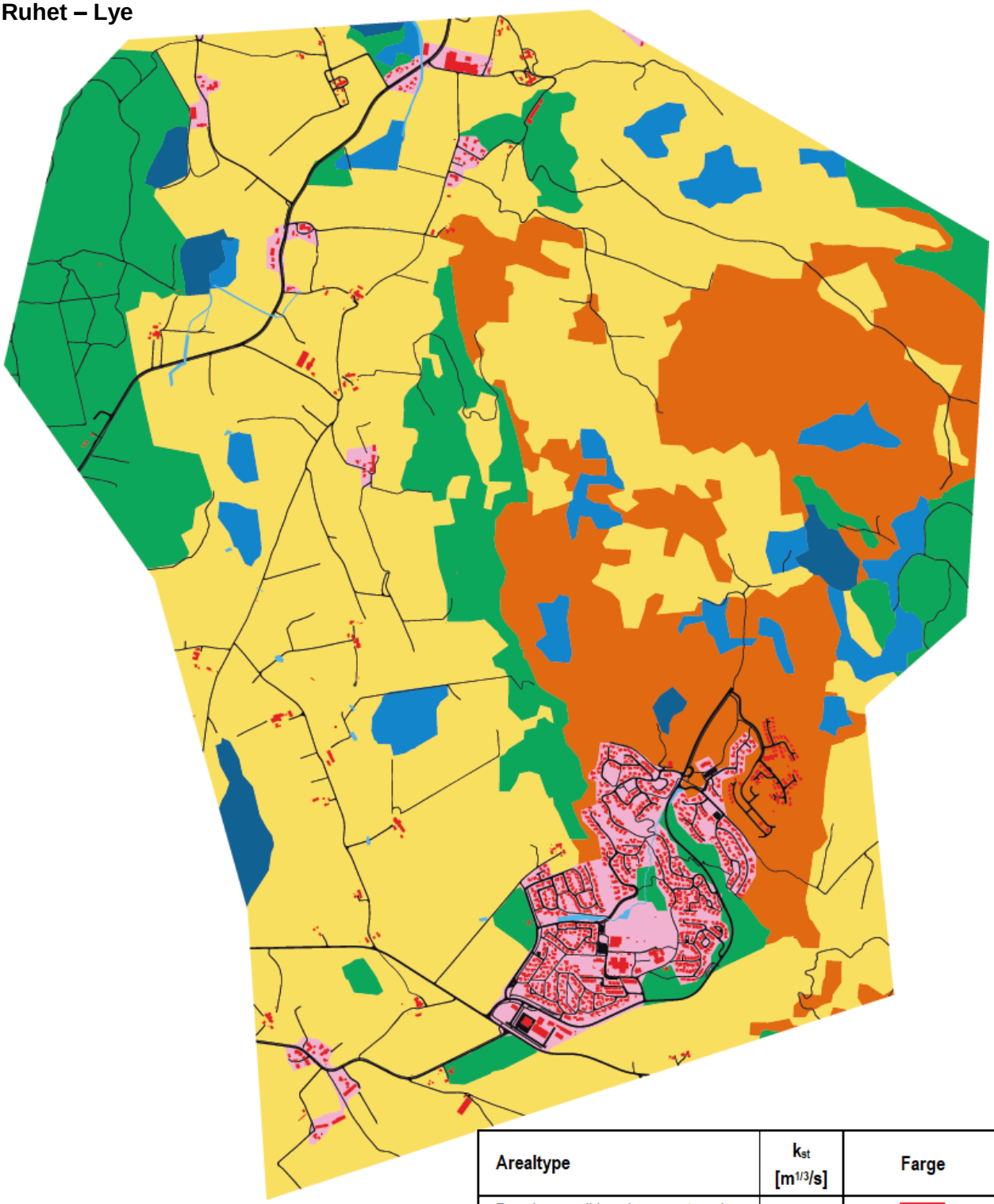
Kart over ruheter i hydrauliske modeller

Ruhet – Kvernaland



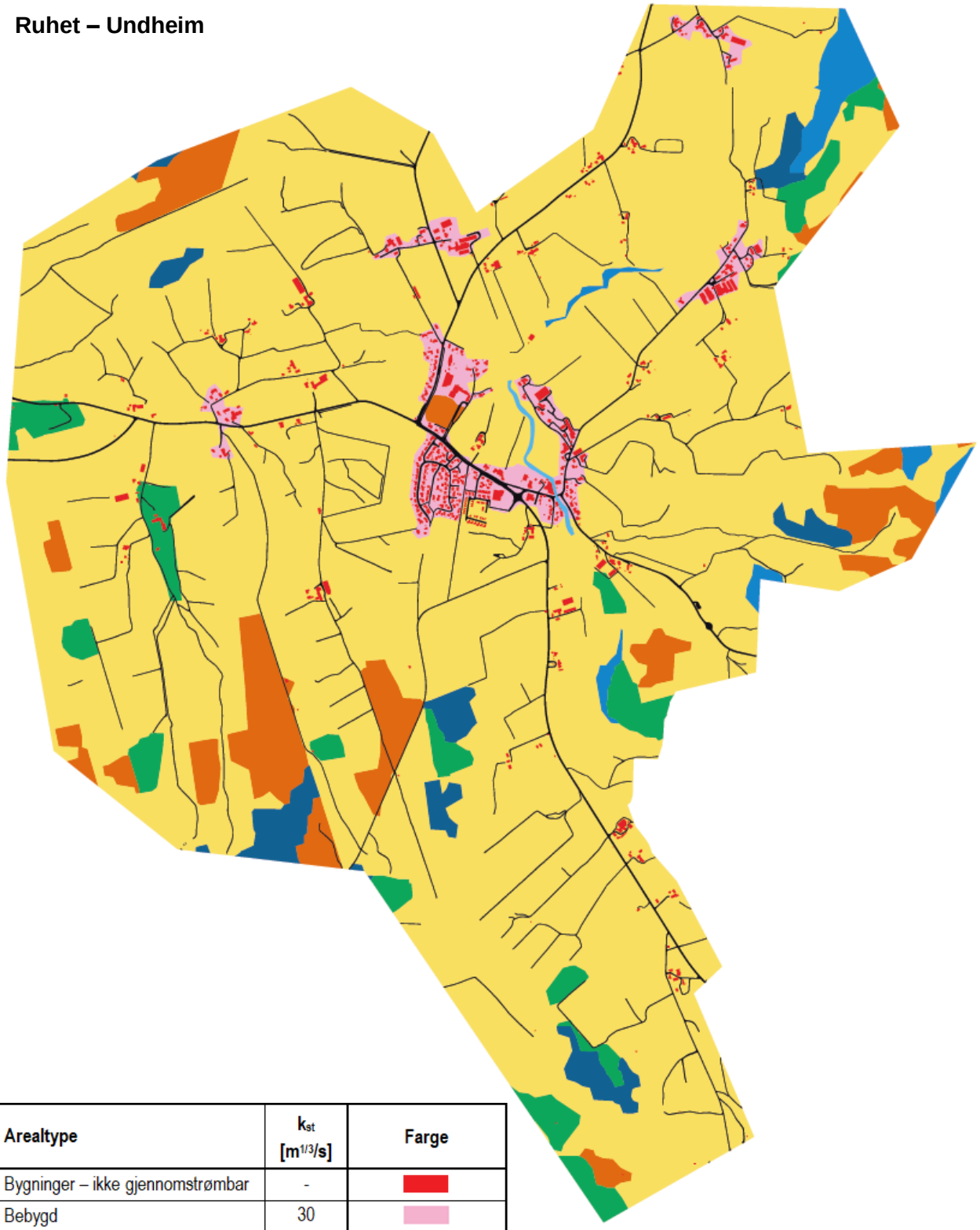
Arealtype	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	Farge
Bygninger – ikke gjennomstrømbar	-	
Bebygd	30	
Veier	40	
Elver	25	
Innsjøer	30	
Myr	30	
Jordbruk	20	
Skog	10	
Snaumark	18	

Ruhet – Lye



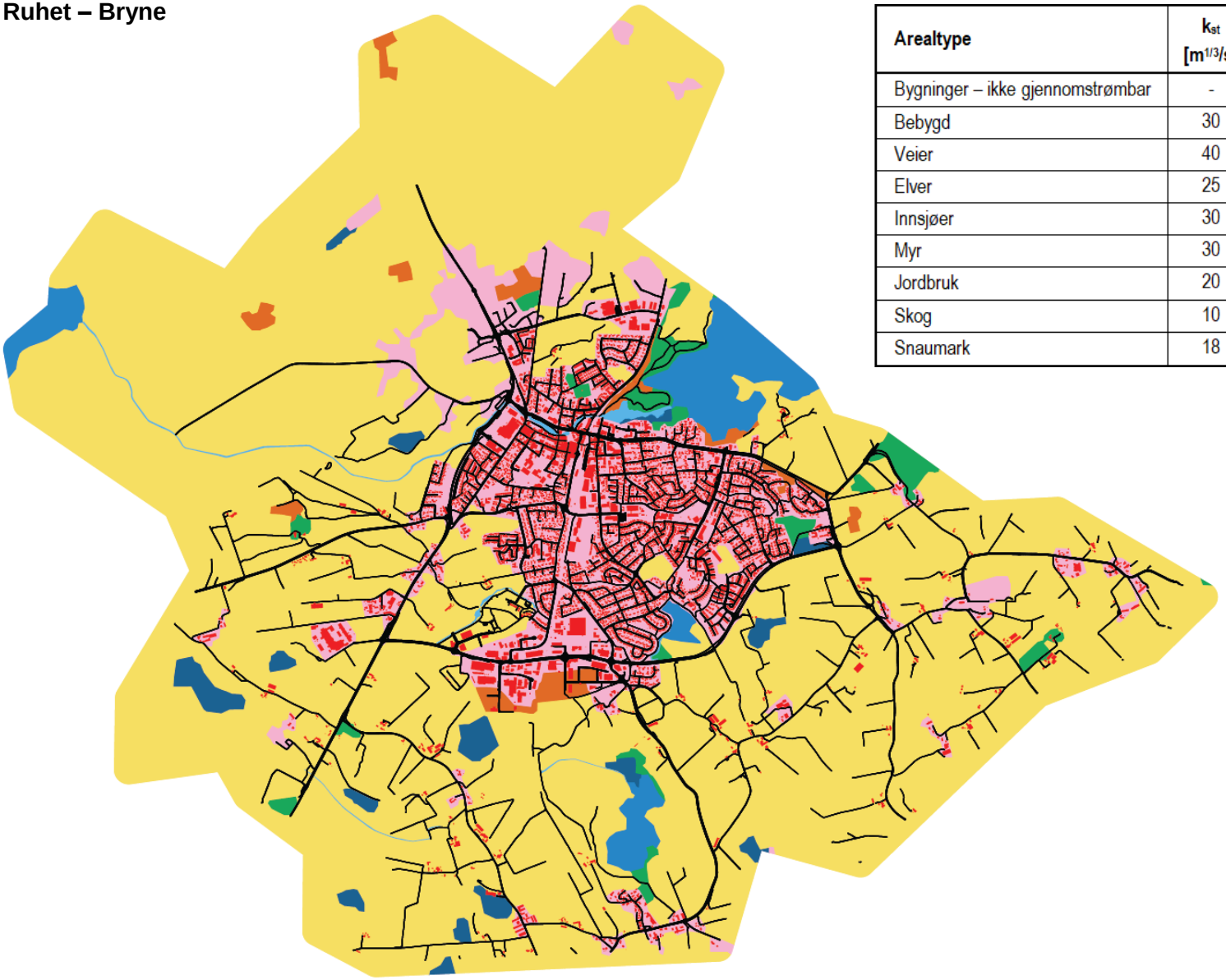
Arealtype	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	Farge
Bygninger – ikke gjennomstrømbar	-	
Bebygd	30	
Veier	40	
Elver	25	
Innsjøer	30	
Myr	30	
Jordbruk	20	
Skog	10	
Snaumark	18	

Ruhet – Undheim



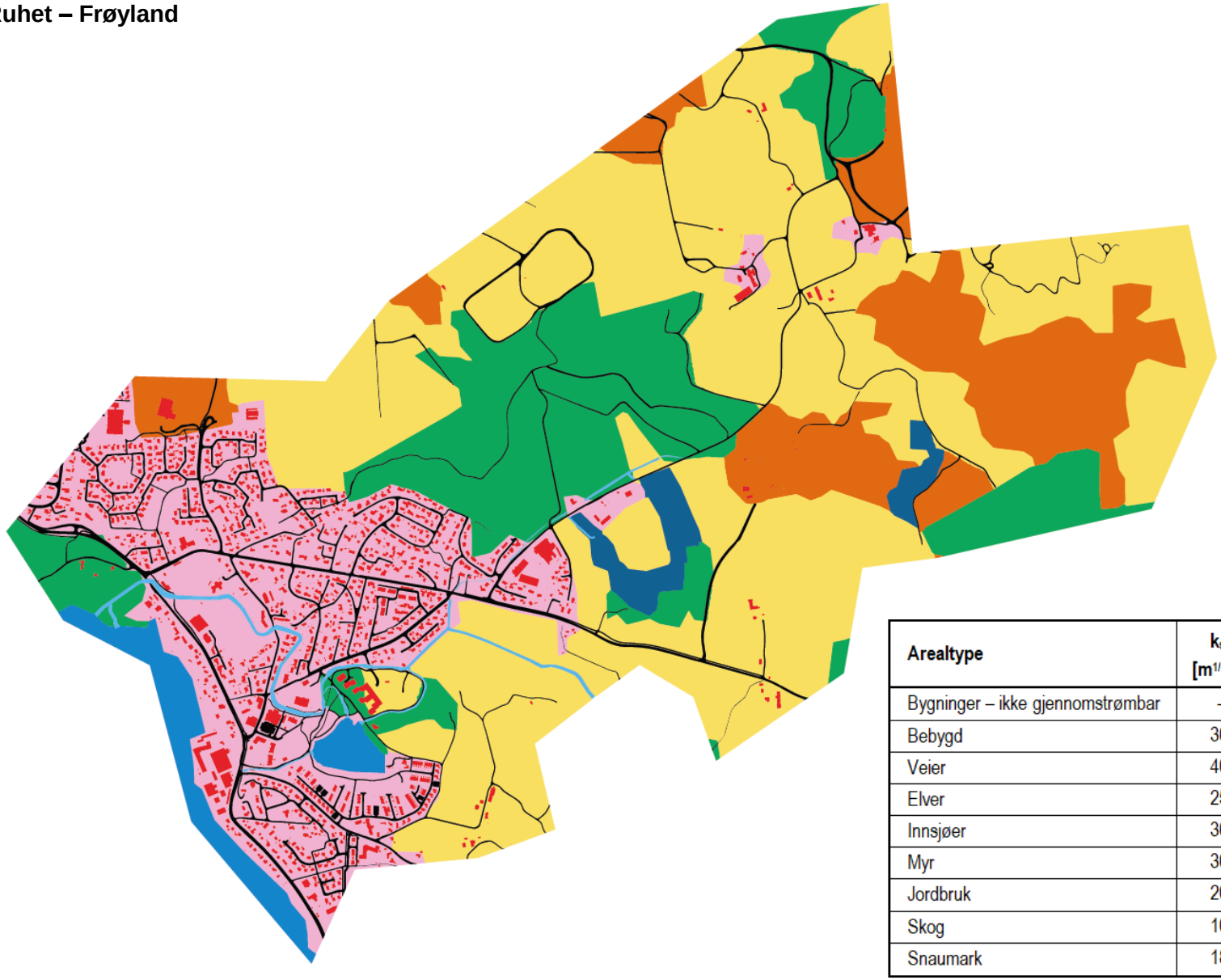
Arealtype	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	Farge
Bygninger – ikke gjennomstrømbar	-	
Bebygd	30	
Veier	40	
Elver	25	
Innsjøer	30	
Myr	30	
Jordbruk	20	
Skog	10	
Snaumark	18	

Ruhet – Bryne



Arealtype	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	Farge
Bygninger – ikke gjennomstrømbar	-	
Bebygd	30	
Veier	40	
Elver	25	
Innsjøer	30	
Myr	30	
Jordbruk	20	
Skog	10	
Snaumark	18	

Ruhet – Frøyland



Arealtype	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	Farge
Bygninger – ikke gjennomstrømbar	-	
Bebygd	30	
Veier	40	
Elver	25	
Innsjøer	30	
Myr	30	
Jordbruk	20	
Skog	10	
Snaumark	18	

Vedlegg 4

Arbeidsanvisning for infiltrasjonsforsøk

Arbeidsanvisning

for å gjennomføre et infiltrasjonsforsøk

(PIV – **p**ermeabilitets-**i**nfiltrasjonstest med **v**ariabel trykkhøyde)

1. Bakgrunn

Infiltrasjonsforsøk i åpent borehull gjennomføres for å bestemme vannets gjennomtrengningsevne (kf-verdi) i et bestemt sjikt. Faktorer som inngår i beregningen av denne verdien, er først og fremst

- filterets overflateareal
- høyde og diameter på vannsøylen som virker på filteret, samt
- senkning per tidsenhet.

Det er helt avgjørende å gjennomføre forsøket på en nøyaktig måte dersom kf-verdien skal beregnes etterpå.

2. Oppbygning av forsøket

For å bestemme **vannspeilet i borehull i grunnvannsførende sjikt** benyttes **stigningsforsøk**. Disse forsøkene utføres i maksimalt 30 minutter. Vannspeilet [mub. – meter under bakken] registreres hvert femte minutt (se skjema).

For at infiltrasjonsforsøk skal kunne gjennomføres, må avstanden til grunnvannet være minst 1 m.

Senkningen i et bestemt borehull må måles mest mulig nøyaktig. Først fastsettes **infiltrasjonslengden** ved hjelp av borekjernene som sist ble boret. For å gjøre forsøkene sammenliknbare, må den **alltid** være **50 cm**. For å fastsette infiltrasjonslengden er det dermed en forutsetning at det hele tiden bores minst 50 cm, bedre 1 m i et sjikt som ofte påtreffes, **uten** at det opptrer **sjiktvekslinger**, oppsprekninger o.l. Etter at infiltrasjonslengden er fastsatt, må **hjelperøret** føres fram **til bunnen av borehullet** og borehullet **renses** for **boreavfall** så godt det lar seg gjøre. For å stabilisere borehullveggen langs infiltrasjonslengden under forsøket settes det nå inn **50 cm filtergrus**, og **røret trekkes videre med denne lengden**. Denne framgangsmåten må alltid følges, for et mindre eller større infiltrasjonsareal under forsøket fører til urealistiske verdier. Når røret trekkes, må en passe på at borveggene ikke tilsmusses.

Etter at hjelperøret er trukket, **fylles røret med vann opp til overkanten.**

Ved sterkt gjennomtrengelige sjikt (G eller S) er det nok å fylle opp til **5 m over bunnen i borehullet** (±5 cm). Denne vannhøyden kontrolleres ved at lysloddet henges ved borehullsbunnen minus 5 m før vannet fylles i. Etter at lysloddet lyser opp, måles den oppnådde trykkhøyden nøyaktig, og senkningsmålingen kan begynne.

Forsøket varer

- ved **løs grunn i 3 x 30 minutter** (ett forsøk og to gjentakelser)
- ved **fast grunn i 1 x 90 minutter**.

Måletidspunktene etter 1, 5, 10, 20, 30 minutter (løs og fast), samt 60 og 90 minutter (fast) er angitt i skjemaet.

4. Innføring av resultater

Måleverdiene skal føres inn i det vedlagte skjemaet. Følgende innførsler er særlig viktige:

Senkningen [muk. – meter under rørkanten] ved tiden 0 utgjør trykkhøyden ved begynnelsen av målingen. Uten at dette er angitt, er det ikke mulig å foreta en beregning.

Spørsmålet om **vannspeilet i borehullet** er bare aktuelt for **grunnvannsførende sjikt**. Som vannspeil i borehullet angis vannspeilet som kan måles i sjiktet som skal undersøkes, før forsøket begynner.

Inhole-PIV-Test (over grunnvannspeilet)	
Prosjekt-nr.:	**Sted:**
Bore-nr.:	**Firma:**

Test-nr.:	**Test-dato:**

Infiltrasjonsstrekning [m under terreng]		**Tid**	**Senking [m under overkant rør]**		
fra	til	**[min]**	1.Variante	2. Variante	3. Variante
		0			
Diameter hjelperør [mm]		1			
innvendig	utvendig	10			
		20			
Avstand overkant hjelperør [m over terreng]		30			
		60			
Initialvannspeil [m under terreng]		90			

	Middelverdier		
Geologi	1.Variante	2. Variante	3. Variante
Jordart [DIN 4022]	**Permeabilitetskoeffisient**		
	kf =		**m/s**

Vedlegg 5

Sammenligning av avrenningsfaktorer

Avrenningsfaktorer angitt i ulike kilder:

	Vann- og avløps-teknikk, Norsk Vann (2012)		Vassdragshånd-boka (2010)		Svensk Vatten (2004)		SVV (2014)	
	Min	**Maks**	**Min**	**Maks**	**Min**	**Maks**	**Min**	**Maks**
Overflate								
Tak	0,8	0,9	0,85	0,9		0,9		
Betong, asfalt, bart fjell			0,6	0,9	0,3	0,8	0,6	0,9
Veger og gater (asfaltert)	0,7	0,8	0,85	0,9				
Grusveger	0,4	0,6				0,4	0,3	0,7
Plen	0,05	0,1			0,0	0,1		
Lekeplasser			0,2	0,4				
Dyrket mark			0,05	0,25	0,0	0,1	0,2	0,4
Skogsområder			0,2	0,5	0,0	0,1	0,2	0,5
Brakkmark			0,2	0,3				
Sammensatte flater								
Midtbyområder	0,7	0,9	0,7	0,85	0,7	0,9		
Bolig, blokk	0,4	0,6	0,5	0,7	0,4	0,6		
Bolig, rekkehus	0,3	0,4	0,5	0,7	0,4	0,6		
Bolig, enebolig	0,2	0,3	0,3	0,5	0,25	0,35		
Industriområder, tett			0,7	0,9	0,5	0,7		
Industriområder, åpent			0,5	0,7				
Parker			0,1	0,3		0,1	0,2	0,4

Kilder:

Norsk Vann (2012) Vann- og avløpsteknikk. Basert på følgende kilder:

Mays, L. (2001) Stormwater Collection Systems Design Handbook. McGraw Hill ISBN 0-07-13571-9.

Norsk Vann (2008) Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Rapport 162.

Vassdragshåndboka – Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø (2010) Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.

Svensk Vatten (2004) Dimensjonering av allmänna avloppsledningar. Svensk Vatten Publikation P90.

SVV (2014) Håndbok N200 Vegbygging, Statens vegvesen.

Vedlegg 6

Liste over tegninger

Liste over tegninger

Tegning nr.	Tittel	Målestokk
100	Oversiktskart, hydrologisk inndeling, Time kommune nord + sør	1 : 20.000
NA 100	Oversiktskart nedbørfelt hydrologisk modell Hååna	1 : 20.000
NA 101	Oversiktskart nedbørfelt hydrologisk modell Frøylandsvatnet	1 : 25.000
101	Kart over avrenningslinjer og forsenkninger, delområde Kvernaland	1 : 2.000
102	Kart over avrenningslinjer og forsenkninger, delområde Lye	1 : 5.000
103	Kart over avrenningslinjer og forsenkninger, delområde Undheim	1 : 5.000
104	Kart over avrenningslinjer og forsenkninger, delområde Bryne	1 : 5.000
105	Kart over avrenningslinjer og forsenkninger, delområde Frøyland	1 : 5.000
H 142	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Kvernaland, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 144	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Kvernaland, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 243	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Lye nord, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 244	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Lye sør, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 247	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Lye nord, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 248	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Lye sør, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 342	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Undheim, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 344	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Undheim, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 443	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne nord, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 444	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne sør, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 447	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne nord, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 448	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne sør, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 543	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne nord med ledningsnett, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 544	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne sør med ledningsnett, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 547	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne nord med ledningsnett, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 548	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Bryne sør med ledningsnett, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000

Liste over tegninger (fortsettelse)

Tegning nr.	Tittel	Målestokk
H 641	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Frøyland, 20-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
H 642	Kart over oversvømt areal og vanndybde, delområde Frøyland, 200-års nedbør, med kulverter og bruer	1 : 5.000
161	Kart over områder egnet til direkte avledning, delområde Kvernaland	1 : 2.000
261	Kart over områder egnet til direkte avledning, delområde Lye nord	1 : 5.000
262	Kart over områder egnet til direkte avledning, delområde Lye sør	1 : 5.000
361	Kart over områder egnet til direkte avledning, delområde Undheim	1 : 5.000
461	Kart over områder egnet til direkte avledning, delområde Bryne nord	1 : 5.000
462	Kart over områder egnet til direkte avledning, delområde Bryne sør	1 : 5.000
561	Kart over områder egnet til direkte avledning, delområde Frøyland	1 : 5.000