



Naturfareprosjektet Dp 5 Flom og vann på avveie:
Ekstrem korttidsnedbør
på Østlandet fra pluviometer
og radar data

78
2012



R
A
P
P
O
R
T



Tittel Ekstrem korttidsnedbør på Østlandet fra pluviometer og radar data	Date 17.12.2012
	Report no. 14/2012
Forfattere: Karianne Ødemark, Eirik Førland, Jostein Mamen, Christoffer A. Elo, Anita V. Dyrddal og Steinar Myrabø	Classification ● Free ● Restricted
	ISBN 978-82-410-0866-5
	ISSN 1501-2832
Klient: NIFS-prosjektet (Naturfare: Infrastruktur – Flom – Skred) NVE, Statens Vegvesen, Jernbaneverket	Client's reference NIFS
Abstrakt Korttidsnedbør på Østlandet er studert ved bruk av pluviometer-målinger og radardata. Pluviometerdataene er brukt til studier av ekstreme nedbørmengder for ulike varigheter, for å studere trender og geografiske forskjeller og til å produsere Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) statistikk. Data fra værradar og pluviometre i Østlands-området er brukt til detaljerte studier av romlige mønstre i episoder med kraftig nedbør og til å vurdere sammenheng mellom 1-times nedbørintensitet fra radar og bakkemålinger.	
Nøkkelord Korttidsnedbør, pluviometer, radar, Østlandsområdet	

Disciplinary signature Eirik J. Førland <hr/>	Responsible signature Per Ove Kjensli <hr/>
---	---

Ekstrem korttidsnedbør på Østlandet fra pluviometer og radar data

1	Innledning	5
2	Oversikt over pluviometer-målinger i Sørøst-Norge.....	6
2.1	Pluviometer målere.....	6
2.2	Pluviometer stasjoner	6
2.3	Høyeste registrerte verdier for korttidsnedbør	11
3	Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) – verdier for Sør-øst Norge.....	16
3.1	Ekstremverdi-fordeling.....	16
3.2	IVF-verdier for utvalgte lokaliteter	16
3.3	Regionale Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) verdier for Sørøst Norge	20
3.4	Geografisk fordeling av returperiode verdier for ulike varigheter	24
4	Trender for ekstrem nedbør med ulike varigheter	28
4.1	Trender for høyeste observerte intensiteter for ulike sub-døgnlige varigheter	28
4.2	Trender for frekvenser av verdier over visse terskelverdier	32
4.3	Trender i ekstrem 1-døgns nedbør	36
5	Romlig nedbørvariasjon i episoder med kraftige regnskyll	38
5.1	Nedbør kategorier	38
5.2	Samtidige kraftig regnskyll på nabostasjoner	38
5.3	Korttidsnedbør-intensitet basert på data fra værradar	40
5.4	Geografisk fordeling av stor 1-t nedbør fra pluviometer- og radar- registreringer	42
5.5	Samsvar mellom 1-times nedbør for Oslo-Blindern fra pluviometer og radar	57
6	Oppsummering og konklusjoner	59
	Referanser	60

1. Innledning

Klima og klimaendringer har stor innvirkning på samfunnet. Bedre estimat av nåværende og fremtidige høye nedbørintensiteter er avgjørende for å beskytte liv, verdier og infrastruktur. Ulike samfunnssektorer og infrastruktur er mer eller mindre tilrettelagt for å håndtere dagens klima og ekstremer. Den pågående globale oppvarming nødvendiggjør en tilpasning til fremtidig klima. For å hindre høye kostnader, er det av avgjørende betydning at den mest pålitelige og nøyaktige klima informasjonen blir brukt til å underbygge tilpasningsstrategier.

I denne rapporten blir foreliggende pluviometerdata fra Østlandet brukt til å beskrive romlig variasjon og trender i ekstrem korttidsnedbør, og til å skissere regionale estimat av Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) verdier. Data fra værradar blir brukt til mer detaljerte studier av romlige mønstre for episoder med kraftige regnskyl.

Tilpasning til dagens og fremtidens klima i urbane områder er svært viktig på grunn av det store antallet mennesker involvert og sårbarheten i overvannshåndtering ved endringer i klimaforhold. Den forventede hyppigere forekomst og økede intensitet i ekstreme hendelser vil skape problemer for avrenningssystemene i tettbygde områder. Disse systemene er spesielt følsomme for lokale nedbørepisoder. Også utenfor tettbygde strøk kan ekstreme kortvarige nedbørepisoder føre til flom i mindre nedbørfelt og skader på infrastruktur som f.eks. vei- og jernbane-systemer.

I de senere årene har det vært en økende etterspørsel etter estimat av korttidsnedbør (IVF-verdier) for både nåværende og fremtidige klima, særlig for å gi bedre datagrunnlaget for utformingen av kulverter og dreneringssystemer. Korttids nedbørdata er også viktige for evaluering av værhendelser og for å sette riktige terskelverdier til bruk for trinnvis beredskap i flomepisoder. For å koordinere innsatsen og forbedre datagrunnlaget, har Norges Vassdrags- og Energi-direktorat (NVE), Statens Veivesen (SVV) og Jernbaneverket (JBV) etablert et tverretattlig samarbeid i et dedikert prosjekt "Naturfare, Infrastruktur, Flom og Skred (NIFS)".

I arbeidspakke DP5.1 i NIFS er det skissert følgende aktiviteter for å forbedre kunnskapen om korttidsnedbør:

1. Oppdatere IVF statistikk for alle norske pluviometer stasjoner
2. Analysere historiske trender i korttids nedbør med ulike varigheter for norske pluviometer serier
3. Analysere 1-times nedbør data fra Geonor vekt-pluviometre, og undersøke om Geonor dataene kan brukes til statistikk for varigheter mindre enn 1-time
4. Utvikle tentative landsdekkende kart over IVF-verdier
5. Utarbeide estimat for ekstrem korttidsnedbør i et fremtidig klima

Denne rapporten omhandler korttidsnedbør i Oslo-området og sørøstlige deler av Norge. For NIFS-prosjektet vil analysene senere bli utvidet til å dekke hele det norske fastlandet.

2. Oversikt over pluviometer-målinger i Sørøst-Norge

2.1 Pluviometer målere

På tradisjonelle nedbør- og vær-stasjoner har nedbøren blitt målt manuelt hhv. en og to ganger daglig. Men for mange formål er hyppigere målinger viktige, og Meteorologisk Institutt etablerte derfor på slutten av 1960-tallet en rekke pluviometerstasjoner basert på vippekåler («vippe pluviometer»). Disse norskproduserte PLUMATIC-målerne registrerte nedbør på magnetbånd, og tidsoppløsningen var 1 minutt. I vippe pluviometrene som benyttes i dagens stasjonsnett registreres tidspunktet for hver vipp, og signalene blir oftest fjernoverført. Vippepluviometrene består av en trakt, to små skåler og en magnet. Nedbøren renner ned i trakten og drypper ned i en av de to små skåler, balansert på en knivsegg. Den øverste skålen holdes på plass av en magnet til den er fylt til en kalibrert nedbørmengde (vanligvis 0,1 eller 0,2 mm vann). Når skålen er fylt til dette nivået, vil magneten slipper sitt grep, slik at skålen tømmes og den andre skålen kommer i posisjon for fylling. Når skålen vipper, utløses en bryter, og målingen blir registrert lokalt eller overført digitalt til operatøren av stasjonen (met.no eller andre). Ved å bruke de nøyaktige tidsangivelser for når skålene tømmes, kan nedbør-intensiteten innenfor et gitt tidsintervall (f.eks. 1 minutt) beregnes. De fleste vippepluviometrene opererer bare i den varme årstiden, dvs. fra april til oktober. Det siste tiåret er noen av vippepluviometrene blitt oppgradert med elektrisk oppvarming, for å kunne fungere hele året rundt.

På begynnelsen av 1990-tallet etablerte met.no og en del vannkraftprodusenter et nettverk av vekt pluviometer stasjoner med tidsoppløsning én time. Vektpluviometrene (i Norge vanligvis av Geonor type) består av en bøtte hvor akkumulert nedbør veies fortløpende (Bakkehøi & Førland, 1985). Bøttene må tømmes manuelt når den øvre kapasitet (ofte ca. 300 mm nedbør) er nådd. Fordampning hindres av en oljefilm og fast nedbør smeltes ved hjelp av kjemikalier i bøtten. Dermed kan vektpluviometrene operere uten oppvarming hele året, både for snø og regn.

De fleste vippepluviometrene har ikke vindskjerm, mens Geonor vektpluviometre er utstyrt med Alter vindskjerm. I perioder med høy vindhastighet og nedbør som snø er det en betydelig oppfangningssvikt i målerne, og spesielt i målere uten vindskjerm (Førland et al., 1996).

2.2 Pluviometer stasjoner

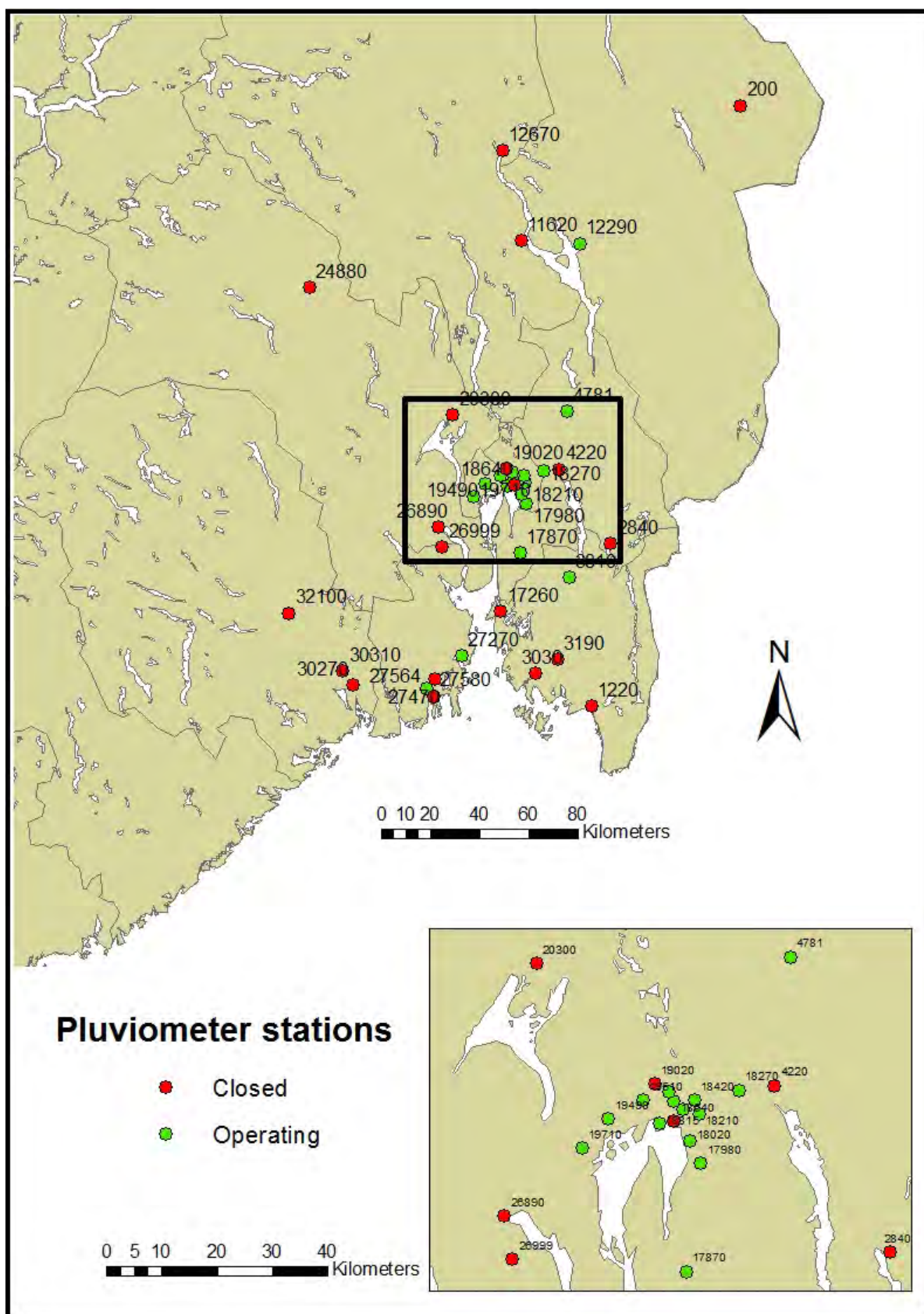
Tabell 1 gir en oversikt over pluviometer-data fra Sørøst-Norge i met.no's arkiver. De første vippepluviometrene (PLUMATIC) ble etablert i 1967 og 1968. Noen av stasjonene har vært i drift i mer enn 40 år, mens andre stasjoner bare har serier som omfatter noen få år. Figur 2.1 og 2.2 viser at et flertall av pluviometer stasjonene ligger i Oslo-området.

Tabell 1: Vippepluviometer stasjoner i Sørøst-Norge (se Figur 2.1)

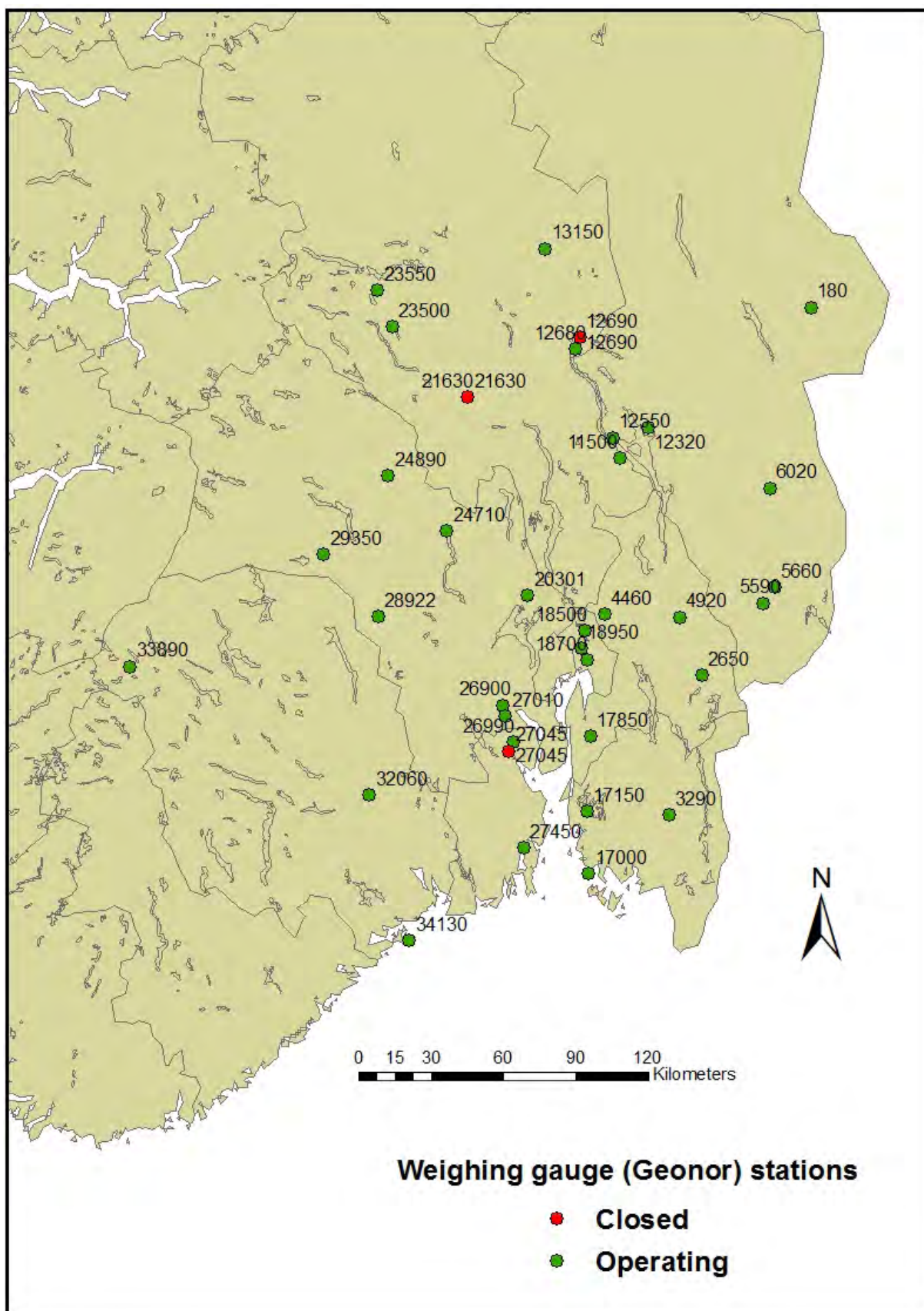
NR	STNR	NAVN	FYLKE	H.O.H. (m)	START	SLUTT (pr. 12.2011)	LENGDE (ÅR)
	200	TRYSIL	Hedmark	356	1967.05	1974.10	8
1	1220	HALDEN STADION	Østfold	10	1974.04	1995.12	18
2	2840	HØLAND - KOLLERUD	Akershus	139	1972.05	1987.11	16
4	3030	FREDRIKSTAD	Østfold	30	1970.05	2011.09	25
5	3190	SARPSBORG	Østfold	57	1984.07	1991.08	8
6	3810	ASKIM II	Østfold	141	1968.04	2011.12	39
9	4220	KJELLER TELENOR	Akershus	114	1975.06	1992.08	15
10	4781	GARDERMOEN SØR	Akershus	202	1967.05	2010.09	43
11	11620	GJØVIK - SOGSTAD	Oppland	240	1974.08	1996.10	21
12	12290	HAMAR II	Hedmark	132	1968.05	2011.12	38
	12670	LILLEHAMMER	Oppland	260	1969.07	1991.09	23
14	17260	MOSS TROLLDALEN	Østfold	40	1973.08	1994.10	20
15	17870	ÅS - RUSTADSKOGEN	Akershus	120	1974.04	2009.12	29
16	17980	OSLO - LJABRUEIEN	Oslo	92	2000.08	2011.12	11
17	18020	OSLO - LAMBERTSETER	Oslo	135	1985.05	2011.12	26
19	18210	OSLO - HOVIN	Oslo	100	1998.09	2011.12	11
22	18270	OSLO - VESTLI	Oslo	200	1974.04	2009.11	21
23	18320	OSLO - HAUSMANNSGT	Oslo	12	1984.06	2011.12	26
24	18420	OSLO - DISEN	Oslo	130	1998.06	2011.12	13
25	18640	OSLO - VESTRE VIKA	Oslo	10	1974.05	1988.10	15
26	18701	OSLO - BLINDERN PLU	Oslo	94	1968.04	2011.12	44
27	18815	OSLO - BYGDØY	Oslo	15	2002.01	2011.12	8
29	18920	OSLO - BESSERUD	Oslo	240	2001.05	2011.12	6
31	19020	OSLO - VOKSENLIA	Oslo	346	1985.05	1997.12	13
32	19490	GJETTUM	Akershus	67	1970.07	2011.08	28
33	19510	ØVREVOLL	Akershus	125	1967.05	2011.12	27
34	19710	ASKER	Akershus	163	1983.06	2010.12	27
36	20300	HØNEFOSS	Buskerud	140	1969.08	1994.11	26
39	24880	NESBYEN - SKOGLUND	Buskerud	167	1967.05	1986.11	20
40	26890	DRAMMEN - MARIENLYST	Buskerud	3	1968.05	1995.11	27
41	26999	SKOGER - JONSRUD	Vestfold	76	1999.03	2007.08	9
42	27270	TØNSBERG - KILEN	Vestfold	3	2000.01	2011.12	11
43	27470	TORP	Vestfold	88	1972.04	1987.12	16
44	27564	SANDEFJORD - MOSSERØD	Vestfold	72	1998.12	2007.02	5
45	27580	SANDEFJORD - VARDEN	Vestfold	70	1973.09	1996.11	21
46	30270	PORSGRUNN - SANNA	Telemark	10	1973.10	1992.10	20
47	30310	SKIEN - KLOSTERSKOGEN	Telemark	22	1968.06	2000.10	28
49	32100	GVARV	Telemark	26	1967.05	1987.10	20

Tabell 2: Vektpluviometer (Geonor) stasjoner in Sørøst-Norge (Se Figur 2.2)

STNR	NAVN	FYLKE	H.O.H. (m)	START	SLUTT (pr.12.2011)	LENGDE (ÅR)
180	TRYSIL VEGSTASJON	Hedmark	360	1993.11	2011.12	18
2650	AURSKOG II	Akershus	128	2007.11	2011.12	4
3290	RAKKESTAD	Østfold	100	2009.07	2011.12	2
4460	HAKADAL JERNBANESTASJON	Akershus	170	2007.05	2011.12	4
4920	ÅRNES	Akershus	160	2010.05	2011.12	1
5590	KONGSVINGER	Hedmark	148	2006.07	2011.12	5
5660	ROVERUD	Hedmark	150	2010.05	2011.12	1
6020	FLISA II	Hedmark	185	2003.11	2011.12	8
11500	ØSTRE TOTEN - APELSVOLL	Oppland	264	2000.02	2011.12	11
12320	HAMAR - STAVSBERG	Hedmark	221	2005.10	2011.12	6
12550	KISE PA HEDMARK	Hedmark	128	2003.08	2011.12	8
12680	LILLEHAMMER - SÆTHERENGEN	Oppland	240	1994.11	2011.12	17
12690	BIRKEBEINEREN SKISTADION	Oppland	484	1993.10	1994.11	1
13150	FÅVANG	Oppland	200	2009.11	2011.12	2
13655	SKÅBU	Oppland	928	2011.06	2011.12	1
17000	STRØMTANGEN FYR	Østfold	10	1994.05	2011.12	17
17150	RYGGE	Østfold	40	2007.10	2011.12	4
17850	ÅS	Akershus	89	2010.03	2011.12	1
18500	BJØRNHOLT	Oslo	360	2007.10	2011.12	4
18700	OSLO – BLINDERN	Oslo	94	1993.11	2011.12	18
18950	TRYVANNSHØGDA	Oslo	514	1997.09	2011.12	14
20301	HØNEFOSS – HØYBY	Buskerud	140	2005.05	2011.12	6
21630	ETNEDAL – KLEIVGARDSØYI	Oppland	273	1978.10	1985.09	7
23500	LØKEN I VOLBU	Oppland	521	2000.02	2011.12	11
23550	BEITOSTØLEN II	Oppland	965	2010.08	2011.12	1
24710	GULSVIK II	Buskerud	142	2007.12	2011.12	4
24890	NESBYEN - TODOKK	Buskerud	166	2003.11	2011.12	8
26900	DRAMMEN - BERSKOG	Buskerud	8	2004.09	2011.12	7
26990	SANDE – GALLEBERG	Buskerud	60	2003.09	2011.12	8
27010	KONNERUD	Buskerud	193	2010.03	2011.12	1
27045	SANDE - VALLE	Vestfold	10	2001.08	2003.09	2
27450	MELSOM	Vestfold	26	1999.02	2011.12	12
28922	VEGLI II	Buskerud	275	2006.07	2011.12	5
29350	UVDAL KRAFTVERK	Buskerud	648	2010.06	2011.12	1
32060	GVARV - NES	Telemark	93	2004.12	2011.12	7
33890	VÅGSLI	Telemark	821	1994.11	2011.12	17
34130	JOMFRULAND	Telemark	5	1994.10	2011.10	17



Figur 2.1: Kart over vippepluviometer stasjoner (cf. Tabell 1).
 (Rødt: Nedlagte stasjoner; Grønt: Stasjoner i drift)



Figur 2.2: Kart over vekstpluviometer (Geonor) stasjoner (cf. Tabell 2).
(Rødt: Nedlagte stasjoner; Grønt: Stasjoner i drift)

2.3 Høyeste registrerte verdier for korttidsnedbør.

Tabell 3 viser de høyeste registrerte nedbør-intensiteter fra vippe- og vekt-pluviometre. Oversikten omfatter varigheter fra 1 minutt til 24 timer. På grunn av støy i registreringene fra vekt-pluviometrene er det bare tatt med verdier for varighet på 1 time eller mer for denne type pluviometre. Det må presiseres at for disse stasjonene er verdiene basert på hele klokketimer, mens det for vippepluviometrene er gitt verdier for glidende tidsintervall.

Høyeste registrerte nedbørverdier for ulike varigheter er: 1 minutt: 4,3 mm (Gardermoen), 5 min: 15,7 mm (Oslo-Blindern), 10 min: 19,5 mm (Asker), 15 minutter: 27,3 (Asker), 30 minutter: 42,0 mm (Asker), 1 time: 54,9 mm (Asker), 2 timer: 80,2 mm (Sande-Galleberg), 3 timer: 87,6 mm (Sande-Galleberg) og 6 timer: 93,6 mm (Sande-Galleberg).

Tabell 3. Høyeste registrerte nedbør mengde (mm) for ulike varigheter.

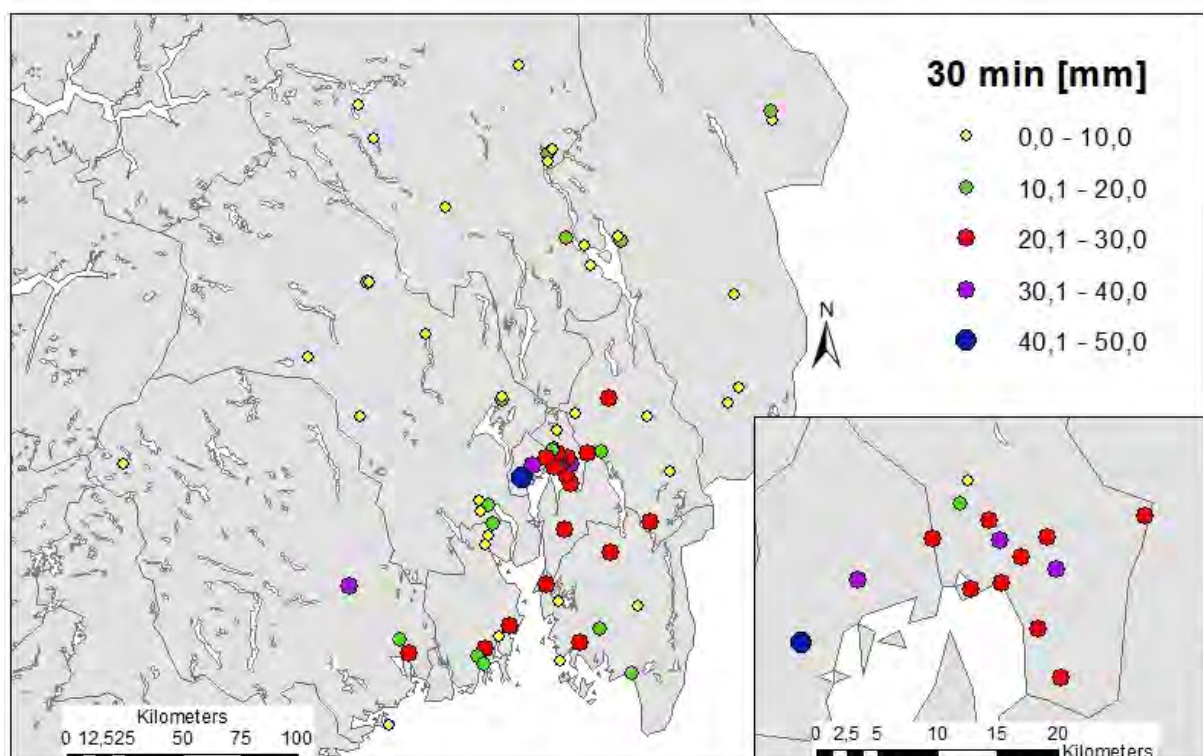
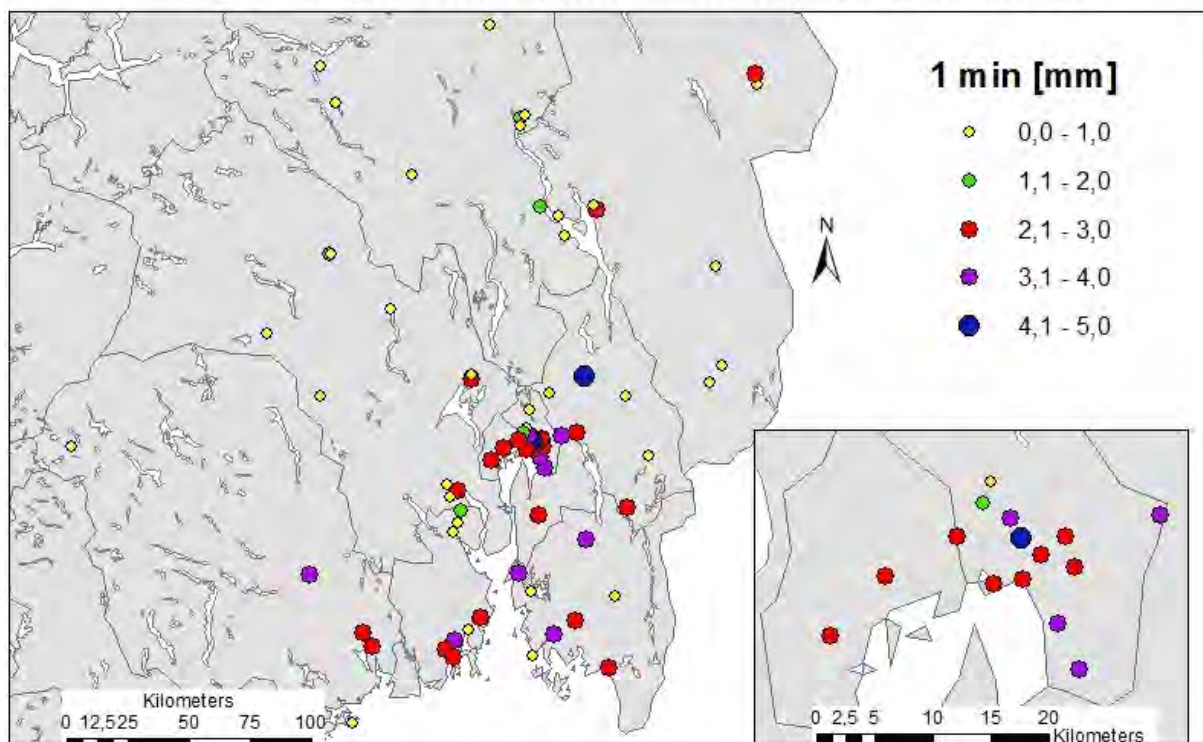
For vektpluviometre er det kun presentert verdier for varigheter ≥ 1 time. De høyeste verdiene for hver varighet er merket med **fet skrift**

STNR	YEAR S	1 min	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	120 min	180 in	360 min	720 min	1440 min
180	18						18,7	23,4	26,4	34,6		
200	8	2,6	8,9	15,0	15,4	16,4	20,0	21,8	24,6	30,8	47,0	54,1
1220	18	2,6	8,9	12,4	13,2	16,6	22,0	24,3	26,7	35,9	38,1	54,6
2650	4						19,8	22,5	22,6	40,3		
2840	16	2,8	10,5	15,7	16,4	22,0	36,2	44,8	46,8	50,0	50,0	53,3
3030	25	3,1	8,3	14,4	19,2	24,9	33,3	34,2	36,8	40,4	42,6	58,5
3190	8	2,4	9,6	16,0	18,0	19,4	20,4	23,2	24,6	27,8	39,2	50,4
3290	2						13,8	16,6	17,8	27,8	40,9	50,6
3810	39	3,2	10,2	13,7	16,9	23,9	34,3	40,7	45,0	51,4	53,3	68,5
4220	15	2,6	8,4	12,1	12,9	15,6	18,9	26,5	28,9	32,5	39,8	52,9
4460	4						32,5	44,0	50,8	53,4	59,4	59,5
4781	43	4,3	12,4	16,7	19,5	21,1	23,7	28,0	28,8	30,6	55,0	81,4
4920	1						17,8	30,5	31,7	32,8	38,1	48,0
5590	5						20,9	31,9	37,8	43,0		
5660	1						15,0	19,2	22,0	24,6	34,8	58,6
6020	8						16,3	28,3	31,9	34,6		
11500	11						19,8	25,9	31,8	35,0		
11620	21	1,9	6,5	10,1	14,6	19,4	22,7	28,1	31,7	36,2	48,5	80,2
12290	38	2,6	9,2	11,6	15,0	17,5	21,1	22,3	23,9	38,9	64,3	75,5
12320	6						12,7	18,6	24,3	29,1	35,7	44,3
12550	8						18,8	30,7	34,8	45,3		
12670	23	1,9	6,4	8,5	9,0	10,7	15,6	17,7	23,9	35,9	37,2	50,0
12680	17						18,6	27,6	28,9	40,5	55,2	66,0
12690	1						5,5	7,8	10,7	14,6	14,6	16,2
13150	2						12,8	15,5	16,0	20,8	22,1	33,2
13655	1						11,3	12,5	14,5	25,1	41,6	48,6
17000	17						28,7	45,7	52,5	65,6	69,6	
17150	4						15,1	20,2	22,8	34,4	47,2	56,2
17260	20	3,1	7,6	12,4	16,3	24,9	37,2	48,6	56,7	78,4	93,3	96,6
17850	1						16,3	21,4	23,2	31,3	38,9	40,2

17870	29	2,8	11,3	17,2	20,8	28,8	33,6	43,6	46,0	50,0	51,4	62,9
17980	11	3,6	10,7	14,2	16,2	20,1	27,0	36,6	38,3	42,2	43,4	48,8
18020	26	3,6	11,1	16,5	20,7	29,0	33,8	38,4	40,3	43,6	68,3	76,3
18210	11	2,5	9,8	17,9	22,8	38,6	49,3	50,2	57,9	59,0	59,3	69,6
18270	21	3,1	11,4	17,3	18,9	22,7	28,3	31,3	30,6	33,0	43,0	56,2
18320	26	2,6	9,5	16,1	19,2	25,2	29,2	31,6	34,2	42,9	48,9	63,3
18420	13	2,9	10,3	15,3	18,8	24,5	26,2	29,1	31,3	37,6	46,1	70,9
18500	4						18,3	28,2	31,1	35,1	57,4	61,7
18640	15	2,4	9,3	13,4	15,9	23,4	28,5	32,1	34,9	48,9	54,9	62,8
18700	18						30,4	33,1	39,3	40,2	51,5	55,4
18701	44	4,1	15,7	18,7	24,5	37,9	44,7	44,9	45,1	52,7	61,3	64,7
18815	8	2,8	11,5	16,6	18,3	21,4	26,9	37,1	37,9	56,3	57,8	63,4
18920	6	3,3	12,0	17,9	21,6	26,9	32,1	34,3	34,3	36,7	53,7	69,1
18950	14						27,2	31,8	32,2	40,0	61,4	69,9
19020	13	1,9	6,7	11,2	15,1	18,5	22,0	25,3	33,3	48,3	66,0	75,7
19490	28	2,6	10,3	15,3	19,3	32,8	46,3	59,3	60,1	61,7	67,1	81,4
19510	27	2,8	10,1	18,8	22,4	26,3	36,9	43,4	45,1	48,6	49,9	62,2
19710	27	2,6	10,6	19,5	27,3	42,0	54,9	57,5	58,3	58,5	69,6	79,6
20300	26	2,4	6,9	10,5	14,6	19,1	16,7	20,3	22,1	28,5	35,5	38,2
20301	6						22,5	23,6	25,3	33,2		
21630	7						15,1	19,6	25,4	37,0	48,0	51,9
23500	11						13,8	16,7	16,7	21,4		
23550	1						13,6	14,8	15,8	22,1	33,0	42,3
24710	4						16,4	19,4	20,8	31,4	48,0	53,7
24880	20	1,7	5,2	7,0	8,0	10,4	14,1	18,4	21,0	29,7	38,9	40,5
24890	8						17,6	18,3	21,6	30,3		
26890	27	2,4	9,3	15,6	17,7	19,1	20,5	22,0	30,3	41,5	58,0	73,2
26900	7						30,3	30,9	31,8	37,1	37,1	40,3
26990	8						42,4	80,2	87,6	93,6	93,8	94,0
26999	9	1,6	5,8	11,5	14,0	16,5	20,4	25,3	34,1	40,8	54,6	64,2
27010	1						15,0	18,2	22,7	44,2	59,7	60,1
27045	2						23,2	25,2	29,4	35,0	38,5	62,6
27270	11	2,4	7,3	11,3	17,9	27,1	33,1	33,1	33,1	37,3	56,3	91,3
27450	12						29,3	47,2	50,6	59,1	64,0	64,9
27470	16	3,3	9,1	15,2	17,4	21,0	24,3	36,7	44,5	55,9	60,5	73,0
27564	5	2,1	7,1	13,8	16,8	18,0	20,8	36,9	45,4	61,0	61,3	61,6
27580	21	2,8	9,3	14,9	16,9	18,3	25,8	38,1	41,1	70,1	95,2	131,6
28922	5						13,6	25,6	32,8	48,7		
29350	1						16,0	16,3	20,1	30,1	43,8	49,3
30270	20	2,4	8,6	14,2	17,3	24,2	33,4	50,7	58,3	67,7	70,3	72,6
30310	28	2,8	7,6	10,4	14,5	19,2	31,0	39,4	44,0	50,6	72,4	100,1
32060	7						23,6	26,8	30,4	37,4	41,3	41,6
32100	20	3,8	12,0	16,2	22,4	30,8	31,8	32,6	32,6	42,6	55,0	64,4
33890	17						10,6	20,2	28,5	41,3	46,3	51,2
34130	17						38,9	39,3	39,4	39,4		

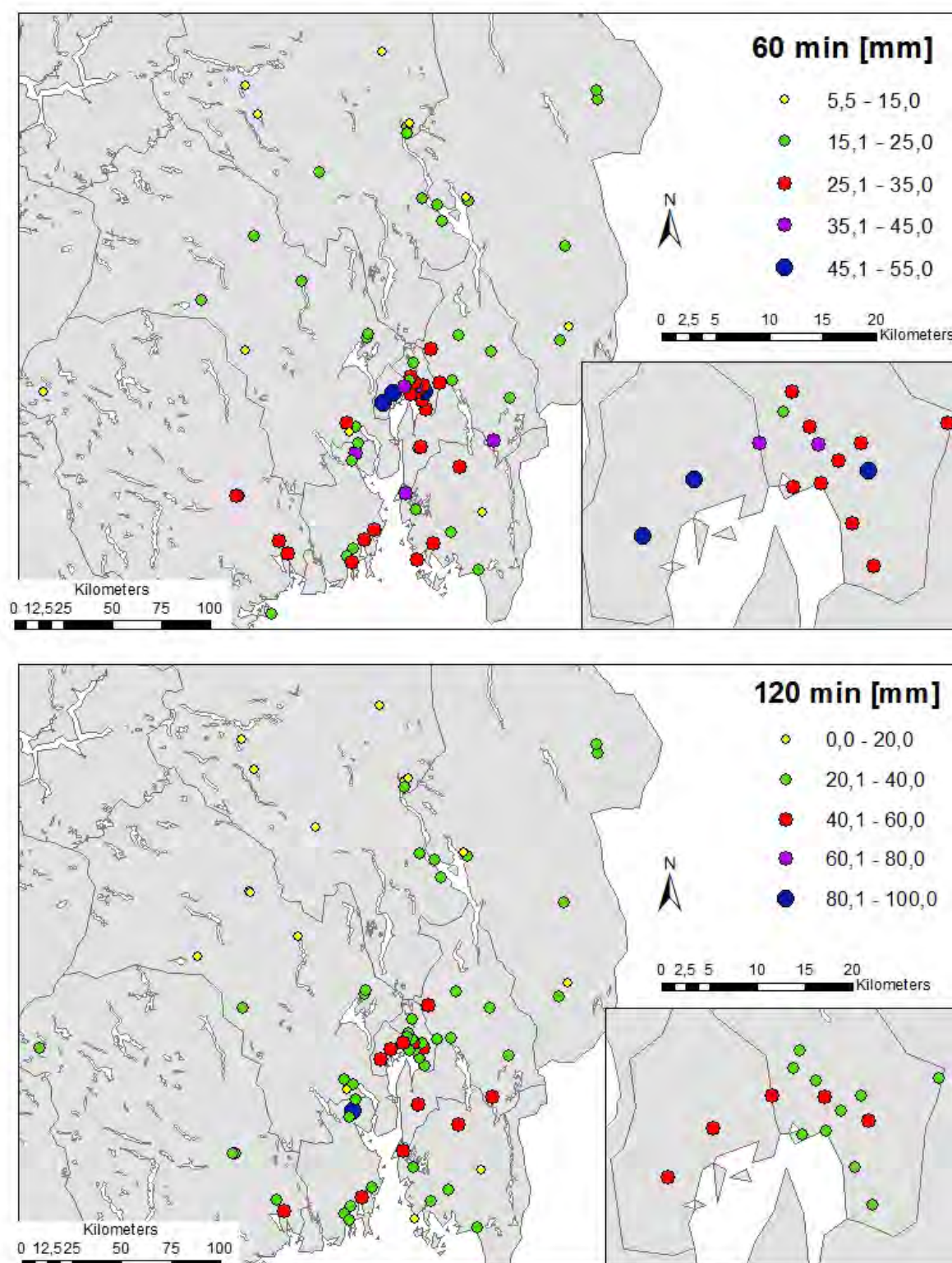
Figur 2.3-2.5 viser geografisk fordeling av høyeste registrerte nedbørverdier for ulike varigheter. Det må tas forbehold om at de fleste stasjons-seriene ikke dekker hele perioden 1967-2011 (se tabell 1 og 2), men kartet tyder på at de høyeste intensiteter har forekommet i områdene nær Oslofjorden. Ved økende varighet er det en tendens til at området med høye verdier utvides mot sørvest; - mot Vestfold og Telemark. Dette er i overensstemmelse med analysene utført av Mamen & Iden (2010). For varigheter under 6 timer har stasjonene nord på Østlandet gjennomgående lavere intensiteter enn stasjonene rundt Oslofjorden.

Highest recorded short term rainfall intensities



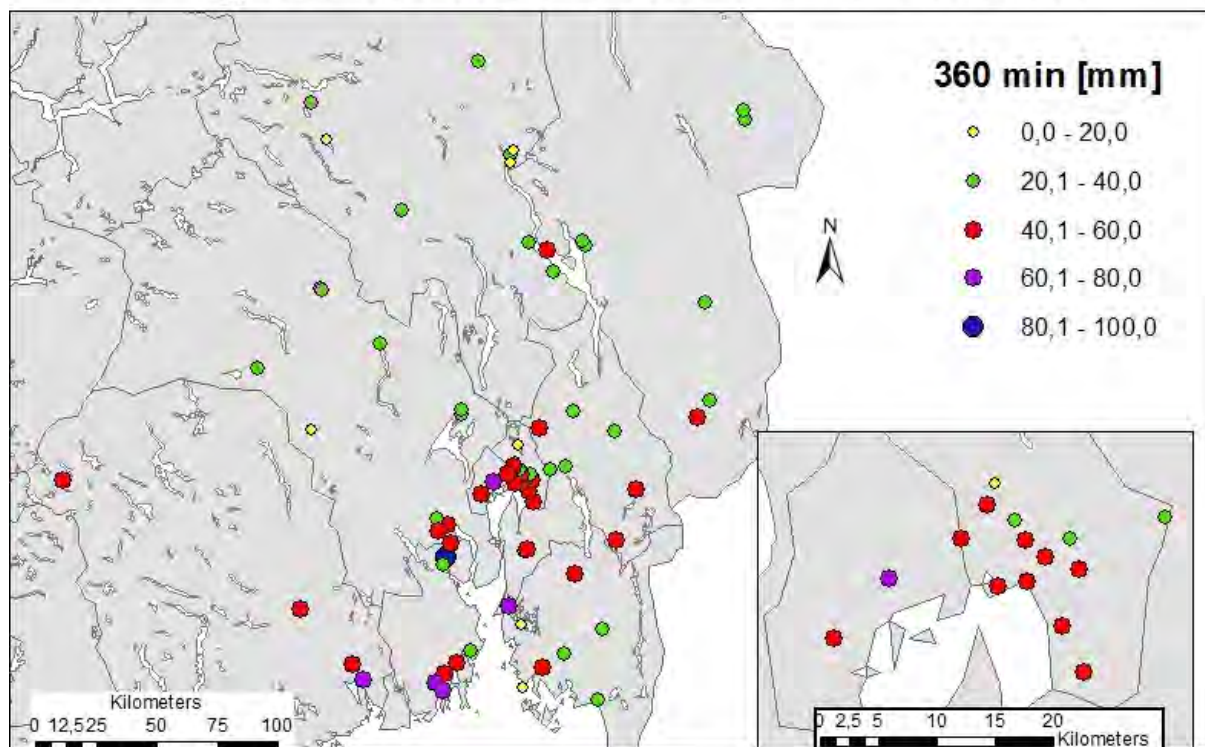
Figur 2.3: Høyeste registrerte nedbørmengde i løpet av 1 minutt (øverst) og 30 minutter (nederst)

Highest recorded short term rainfall intensities



Figur 2.4: Høyeste registrerte nedbørmengde i løpet av 1 time (øverst) og 2 timer (nederst)

Highest recorded short term rainfall intensities



Figur 2.5: Høyeste registrerte nedbørmengde i løpet av 6 timer

3. Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) – verdier for Sør-øst Norge

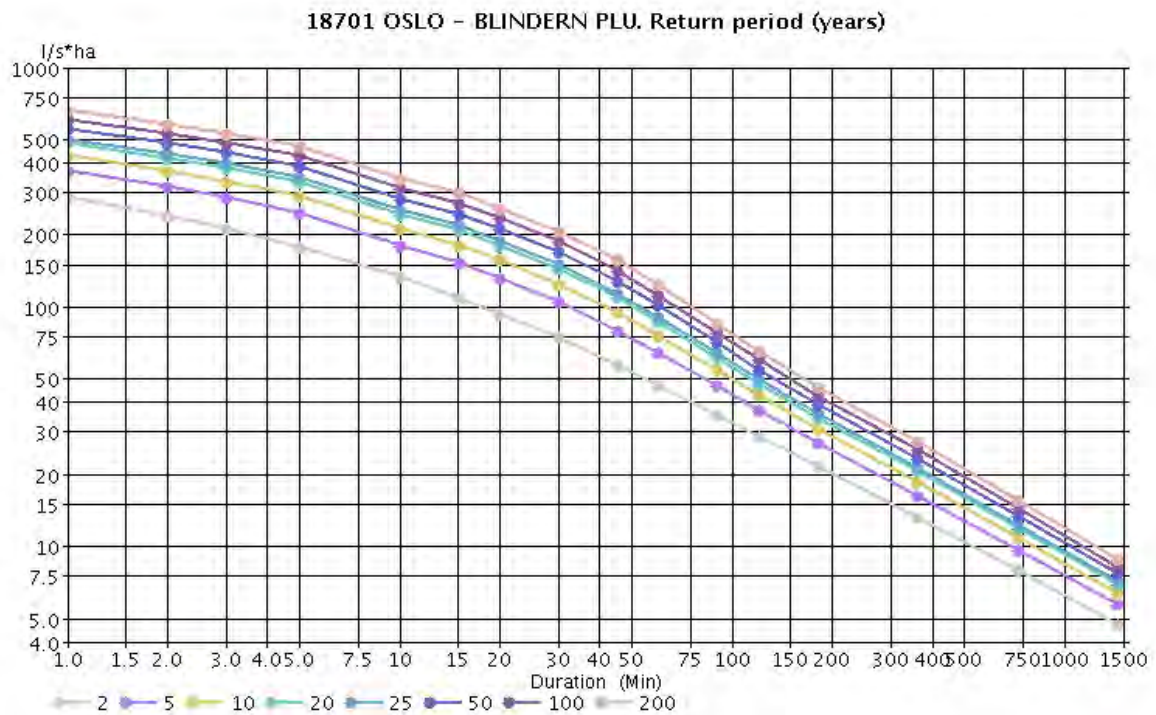
3.1 Ekstremverdi-fordeling

Det finnes en rekke metoder for beregning av ekstremverdier ved modellering av øvre eller nedre del av halen til frekvensfordelinger. I samsvar med begrepet «ekstrem» finnes det få tilfeller av slike hendelser, og estimatene må baseres på ekstrapolering. Ekstrapolering er en utfordrende oppgave, ettersom fordelingen av de mest ekstreme hendelser kan variere fra den for mindre ekstreme hendelser. Flere metoder for ekstrapolering eksisterer, og ved Meteorologisk Institutt pågår det utvikling av en ny metodikk for å estimere ekstremnedbør i Norge basert på griddede (1x1 km) verdier for døgnnedbør. Estimat for ekstremverdier blir ofte presentert som verdier med en viss retur periode. En ventet hendelse med 5-års returperiode, har for eksempel en sannsynlighet for forekomst av 20% i hvert eneste år. IVF (Intensitet-Varighet-Frekvens) kurver illustrerer returperioder (frekvens) for nedbørintensiteter med ulike varigheter, og er mye brukt i planlegging og utforming av viktig infrastruktur. IVF-kurver for norske pluviometer-stasjoner er tilgjengelige på www.e klima.met.no.

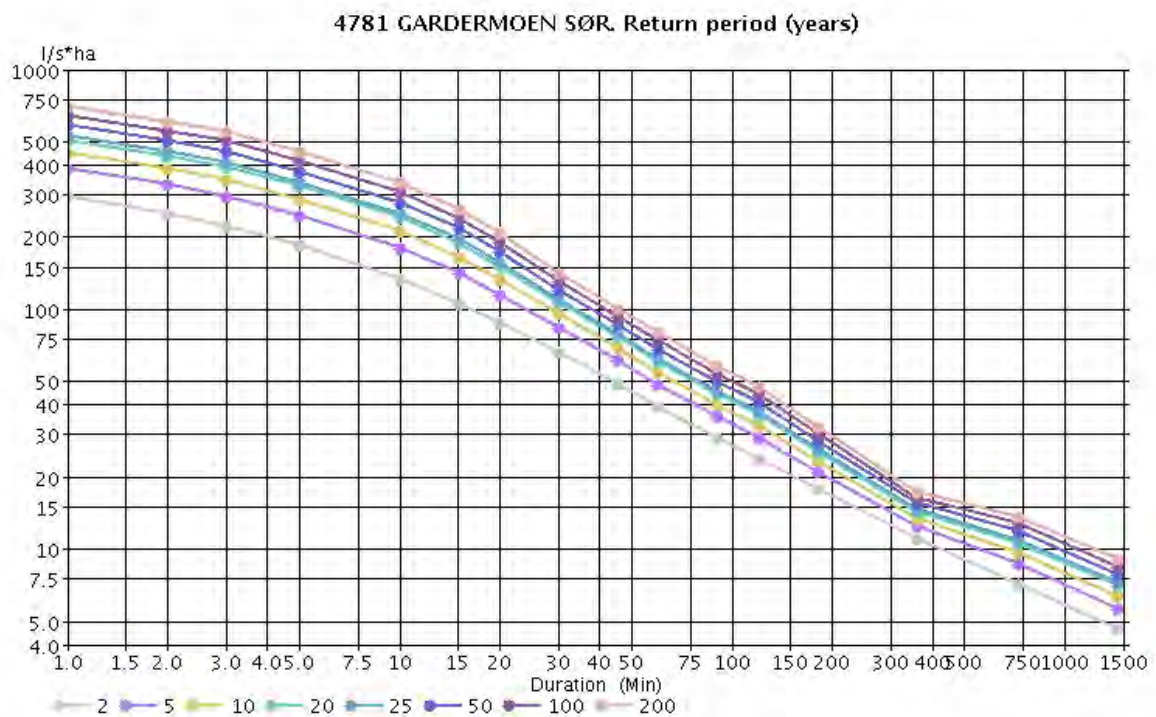
3.2 IVF-verdier for utvalgte lokaliteter

Figur 3.1 til 3.6 viser Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) estimat for seks pluviometer stasjoner i Sørøst-Norge. Plasseringen av stasjonene er vist i figur 2.1. De seks stasjonene representerer forskjellige deler av regionen, og er blant de lengste seriene i datasettet. Varighetene dekker et intervall fra 1 minutt til 24 timer (1440 minutter), og estimater er gitt for

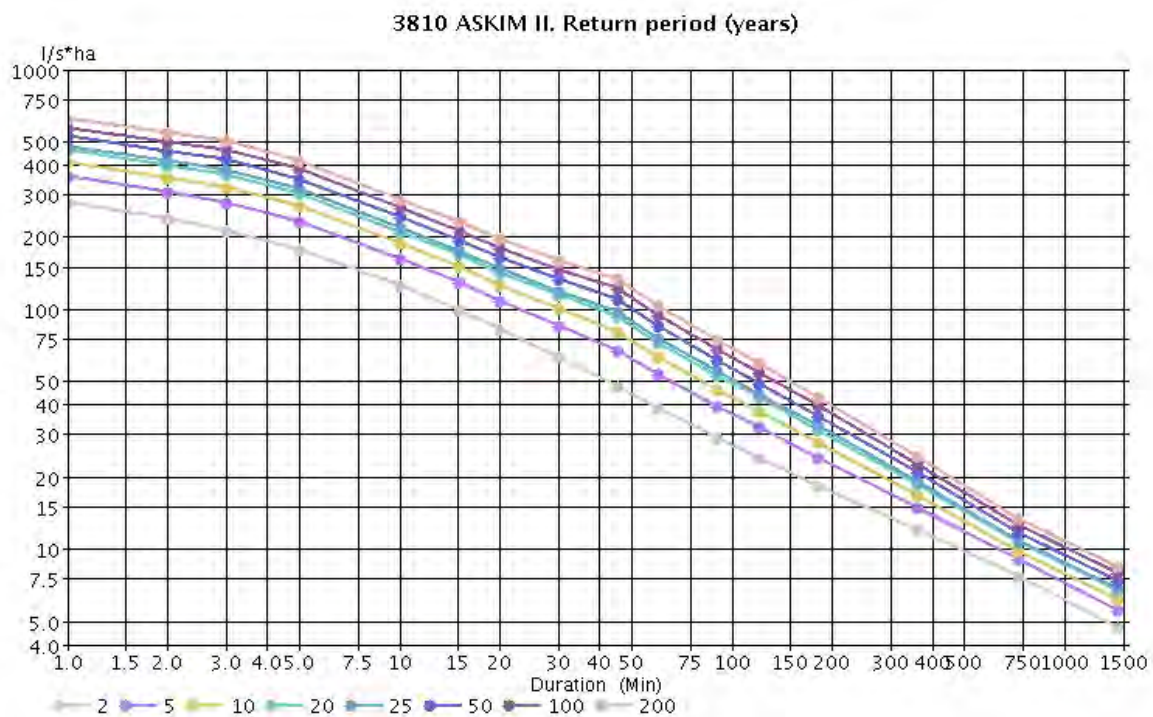
returperioder 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 og 200 år. De regionale variasjoner i IVF-verdier er skissert i kapittel 3.3.



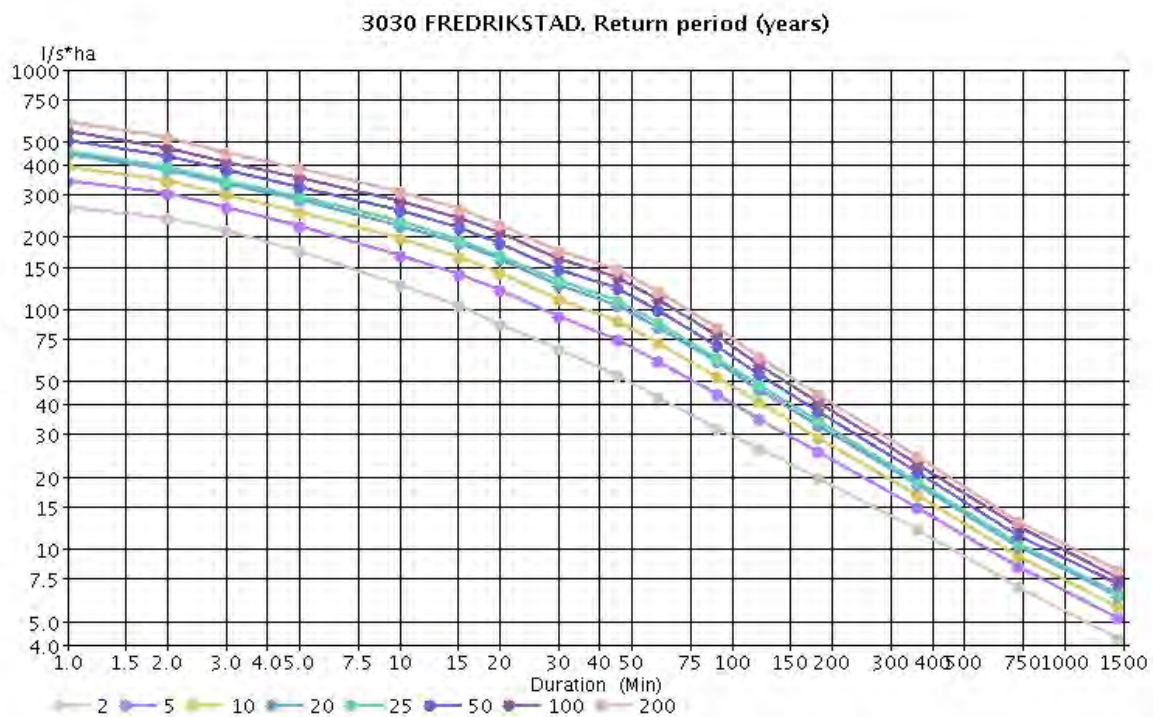
Figur 3.1: IVF kurver for stasjon 18701 Oslo-Blindern (1968-2011)



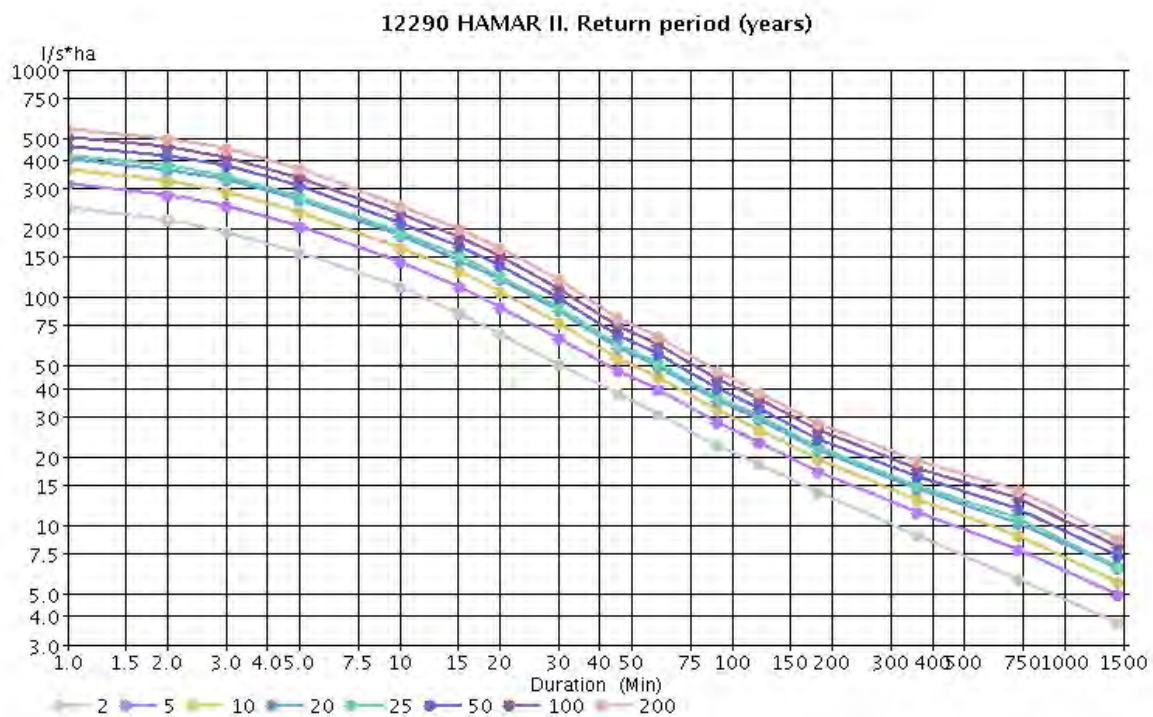
Figur 3.2: IVF-kurver for stasjon 4781 Gardermoen (1967-2010)



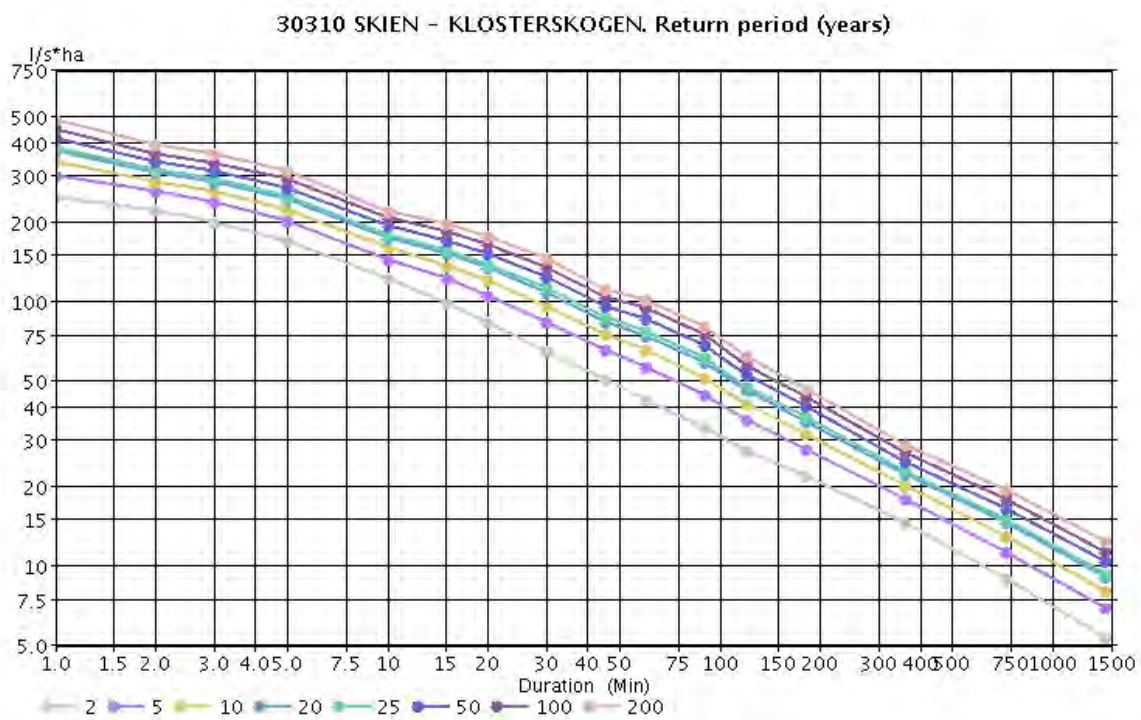
Figur 3.3: IVF-kurver for stasjon 3810 Askim II (1968-2011)



Figur 3.4: IVF-kurver for stasjon 3030 Fredrikstad (1970-2011)



Figur 3.5: IVF-kurver for stasjon 12290 Hamar II (1968-2011)

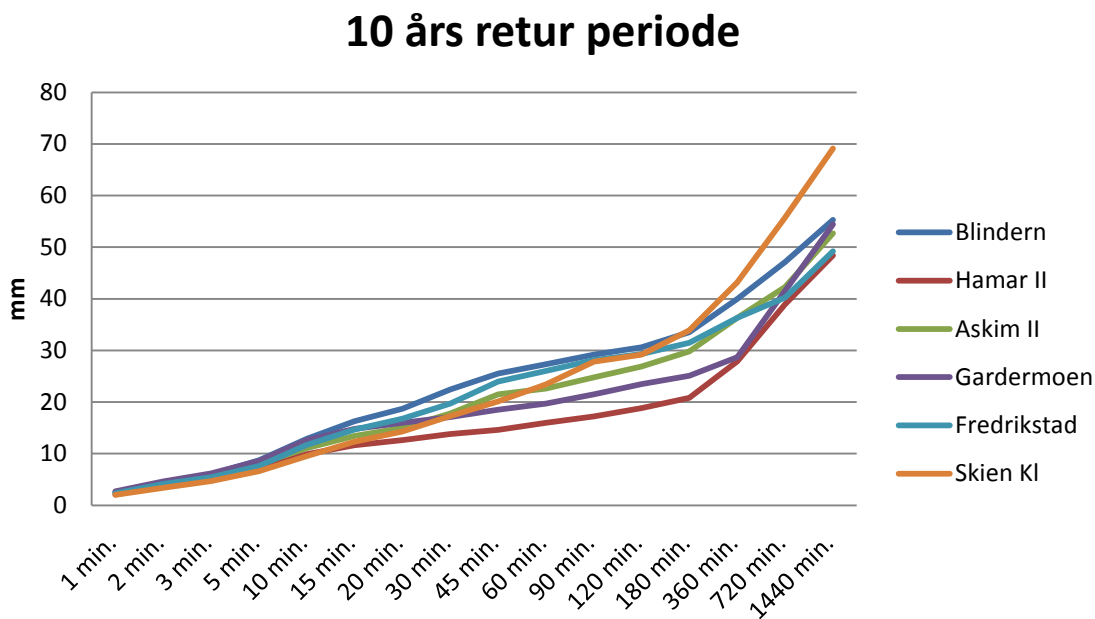


Figur 3.6: IVF kurver for stasjon 30310 Skien Klosterskogen (1968-2000)

3.3 Regionale Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) verdier for Sørøst Norge

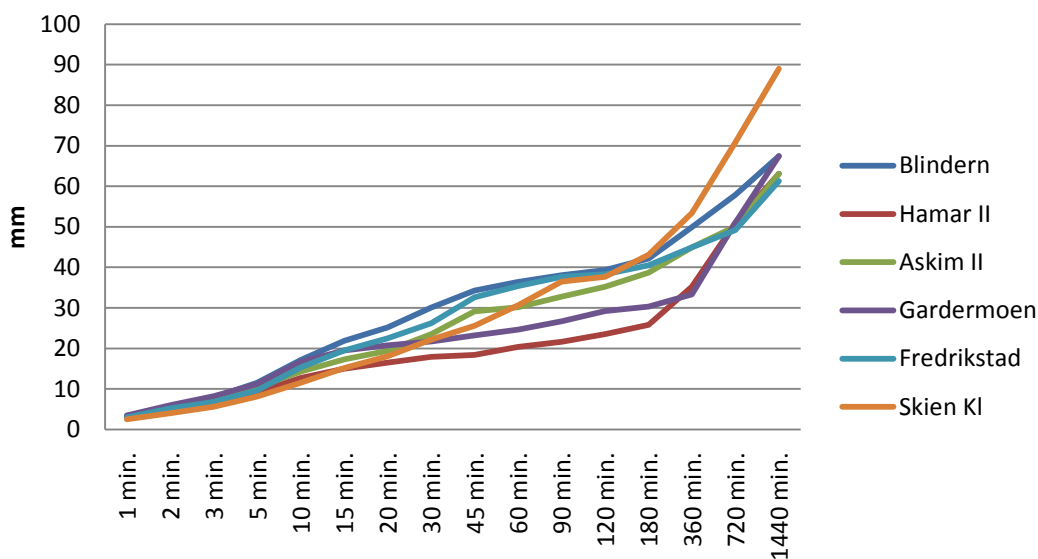
Figur 3.7 til 3.10 viser returperiode verdier (10, 50, 100 og 200 år) for ulike varigheter for de seks stasjonene belyst i kapittel 3.2. Grafene viser ganske like IDF-verdier for korte varigheter. For eksempel er 10 års returperiode verdiene for 15 minutters varighet i hovedsak i intervallet 15 mm \pm 10 % (Figur 3.7). For lenger varigheter er det større forskjeller; - for eksempel spenner verdiene for tre timers varighet og 10 års returperiode fra 20 mm for Hamar til 35 mm for Skien.

I likhet med verdiene for høyeste registrerte intensiteter (kap. 2.3), er det en tendens til lavere IVF-verdier på de nordligste stasjonene Gardermoen og Hamar. Dette gjelder spesielt for varigheter fra 30-360 minutter. Dersom man ser bort fra verdiene fra disse to stasjonene, avviker verdiene for 1-times nedbør de øvrige fire stasjoner med mindre enn \pm 10 % fra følgende «regionalverdi» for sørlige del av området: 10 års returperiode: 25.4 mm, 50 år: 33.5 mm, 100 år: 37.0 mm og 200 år: 40.2 mm. Dette er meget tentative anslag, og det vil bli arbeidet videre med regionale analyser av IVF-verdier basert på flest mulig av tilgjengelige pluviometer serier.



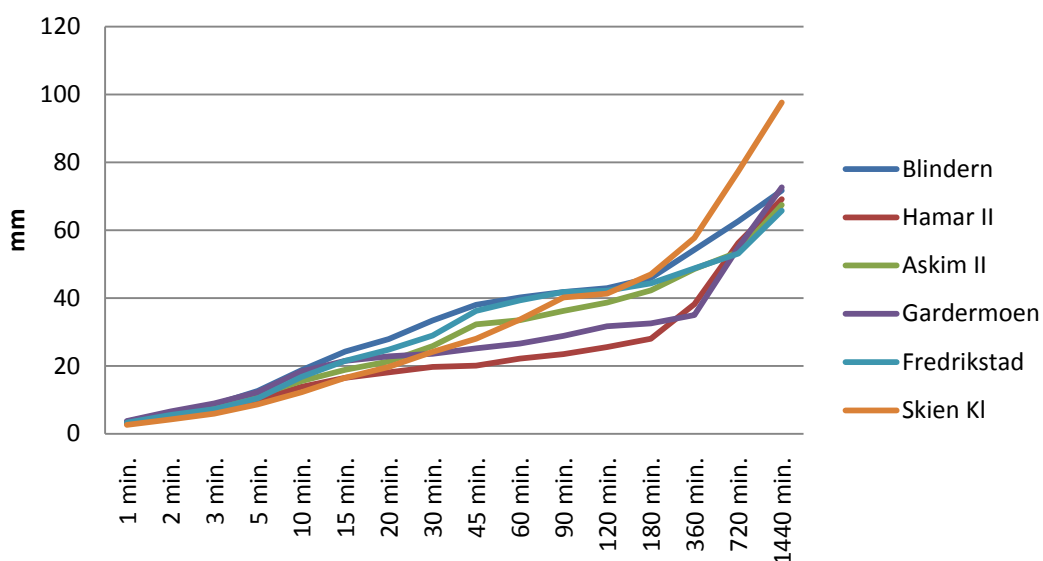
Figur 3.7. Estimert av 10 års retur periode nedbør for stasjonene 18701 Blindern, 3030 Fredrikstad, 3810 Askim II, 4781 Gardermoen, 12290 Hamar II og 30310 Skien Klosterskogen

50 års retur periode



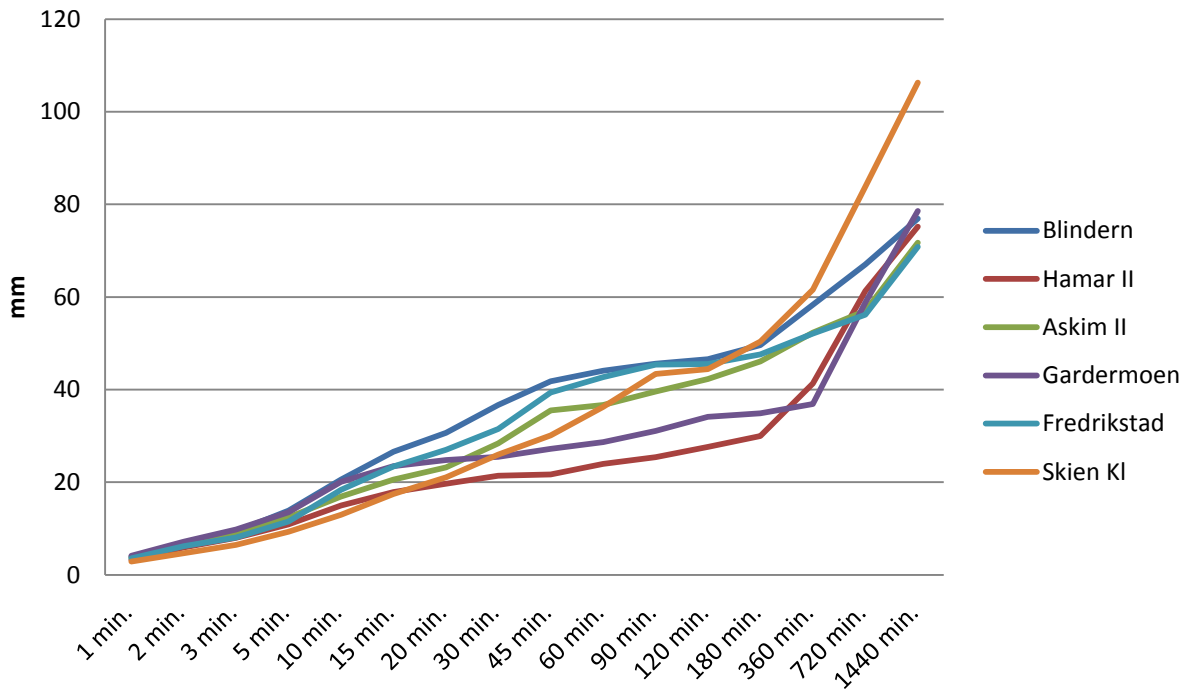
Figur 3.8. Estimert av 50 års retur periode nedbør for stasjonene 18701 Blindern, 3030 Fredrikstad, 3810 Askim II, 4781 Gardermoen, 12290 Hamar II og 30310 Skien Klosterskogen

100 års retur periode

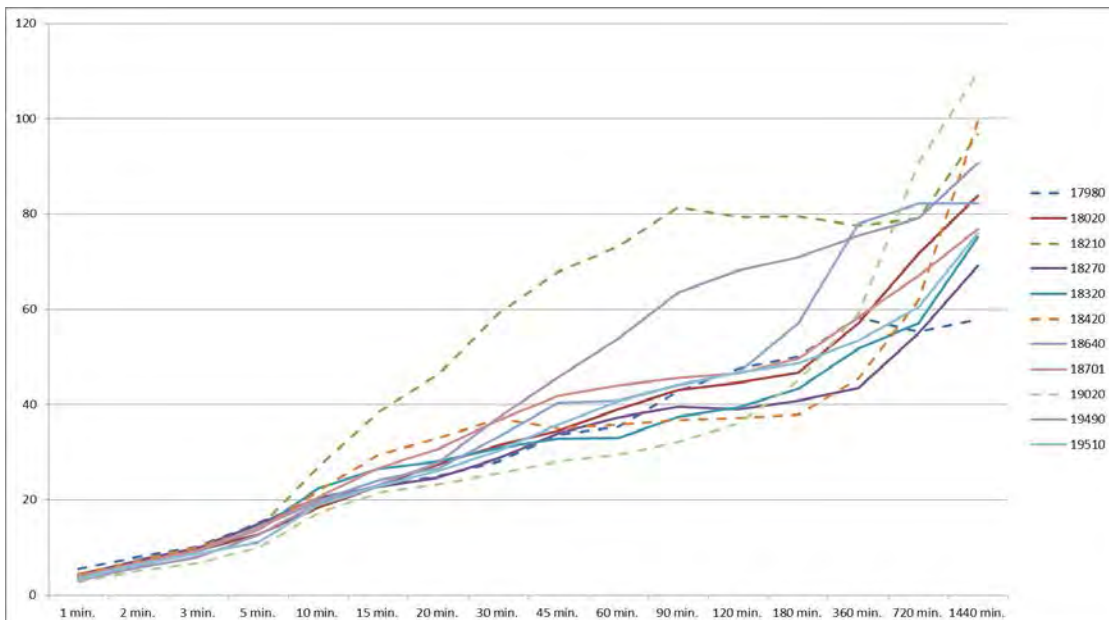


Figur 3.9 Estimert av 100 års retur periode nedbør for stasjonene 18701 Blindern, 3030 Fredrikstad, 3810 Askim II, 4781 Gardermoen, 12290 Hamar II and 30310 Skien Klosterskogen

200 års retur periode



Figur 3.10. Estimat av 200 års retur periode nedbør for stasjonene 18701 Blindern, 3030 Fredrikstad, 3810 Askim II, 4781 Gardermoen, 12290 Hamar II og 30310 Skien Klosterskogen



Figur 3.11. Estimat av 200 års retur periode nedbør (mm) for stasjoner i Oslo-området. Tabell 1 gir metadata for stasjonene som her er angitt med stasjonsnummer. Stiplede verdier er for stasjoner med måleserier på mellom 10-15 år.

I NIFS-prosjektet vil det bli arbeidet videre med å etablere regionale IVF-verdier for ulike områder i Norge. Figur 3.11 og tabell 4 viser et pilot-eksempel på regionalisering av estimat av nedbørverdier med 200-års returperiode for Oslo-området. Analysen omfatter serier med stasjons-nummer 17980-19510 i tabell 1. Stasjoner med kortere måleserier enn 10 år er ikke med i denne analysen, og verdier for stasjoner med måleserier fra 10-15 år er stiplet.

Tabell 4 gir eksempel på estimat av regionale nedbørintensiteter med returperiode på 200 år. To av de korte seriene (st.nr. 18210 (Hovin) og 19020 (Voksenlia) har urealistiske kurveforløp for varigheter over 5 minutter, og er derfor holdt utenfor analysen. Det synes også som om stasjon 19490 (Gjettum) har systematisk høyere verdier enn de øvrige stasjonene for alle varigheter over 20 minutter. Det vil senere i prosjektet bli undersøkt om dette henger sammen med tendensen til at området med høyeste nedbørintensiteter forskyves sørvestover med økende varigheter (cf. kap.2.3). Stasjon 18640 (Vestre Vika) har også relativt kort serie, og viser et urealistisk kurveforløp for varigheter over 2 timer. Denne delen av serien fra Vestre Vika er derfor utelatt i beregningen som er grunnlag for Tabell 4.

For nedbør i løpet av 1 time antyder tabell 4 en 200-års returperiode-verdi på 38 mm, mens maksimum og minimum estimat avviker $\pm 15\%$ fra denne verdien. Høyeste nedbørverdi som er registrert i Oslo-området i løpet av en time er 49 mm.

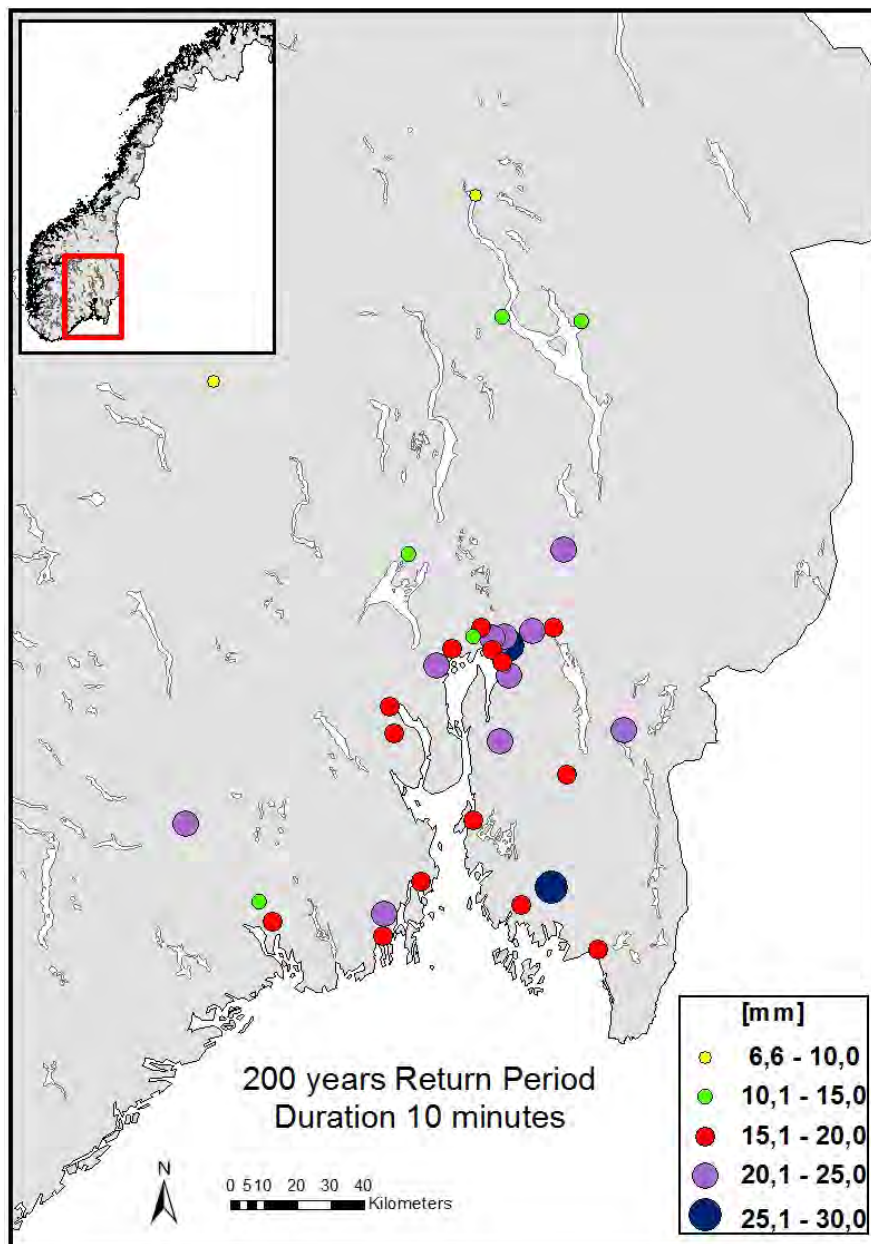
Tabell 4. Estimat av regionale 200 års verdier for nedbørintensitet i Oslo-området

Nedbør	Varighet (minutter)											
	1	5	10	15	30	60	120	180	360	720	1440	
Intensitet (mm)												
Middel	4,0	13,7	20,4	24,7	32,0	38,2	43,5	45,3	52,5	61,2	76,9	
Maksimum	5,5	15,1	22,4	29,4	37,0	44,1	47,6	50,0	58,3	71,7	99,4	
Minimum	3,4	11,1	18,4	22,7	28,1	32,9	37,1	37,9	43,4	54,9	57,9	
Høyeste obs.	4,1	15,7	18,8	24,5	38,6	49,3	50,2	57,9	59,0	68,3	81,4	

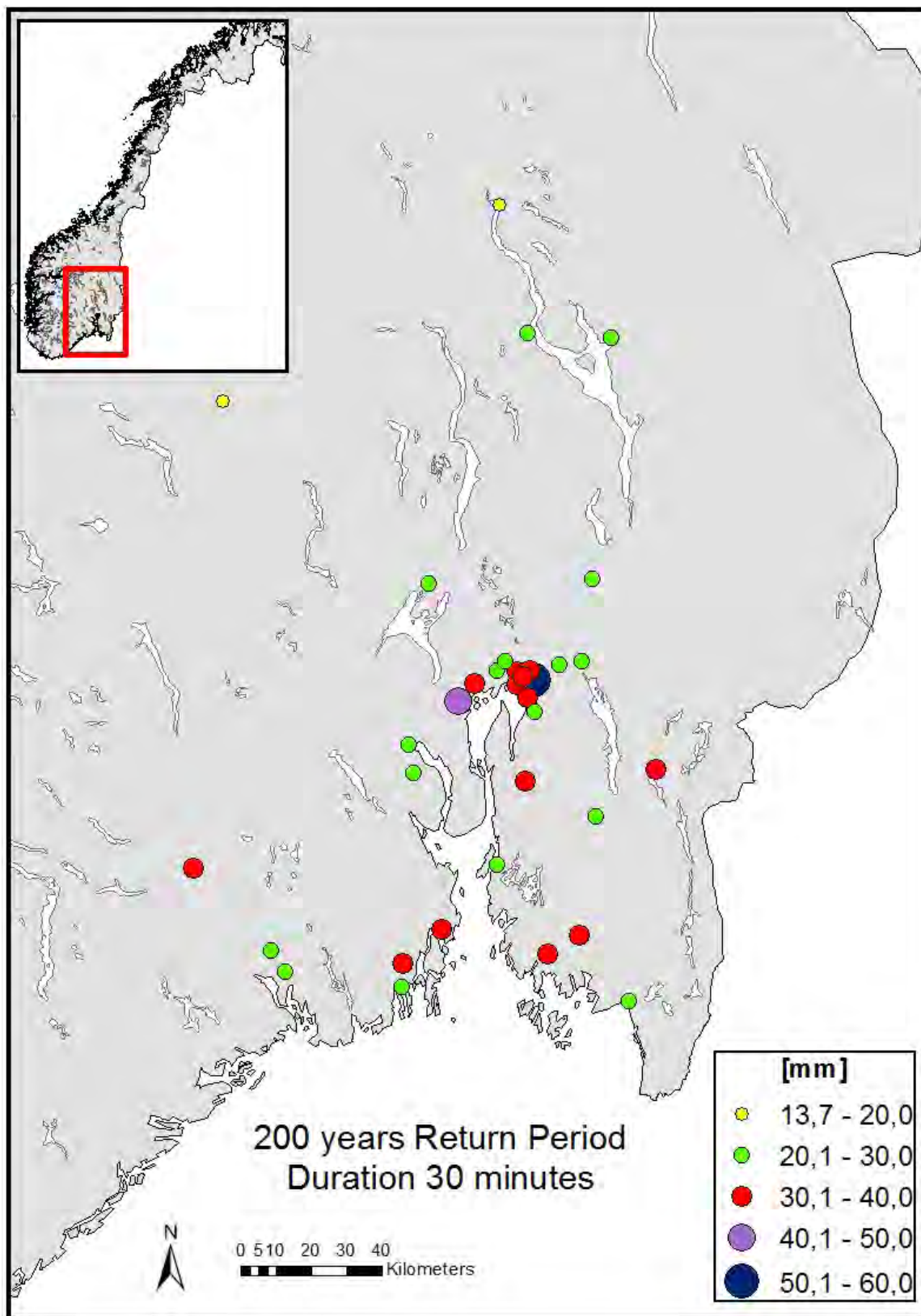
3.4 Geografisk fordeling av returperiode verdier for ulike varigheter

Figur 3.12 viser estimat av punktverdier av nedbør i løpet av 10 minutter med en returperiode på 200 år. Returperioden nivå på 200 år er prioritert av Statens Vegvesen og Jernbaneverket (Myrabø, pers.komm.). For stasjoner med korte måleserier (se tabell 1) er den estimerte verdien med 200 års returperiode usikker. Punktverdiene i figur 3.12 tyder på at de høyeste intensiteter forekommer nær Oslofjorden, - med verdier over 25 m m både i Østfold (Sarpsborg) og i Oslo sentrum. Estimatenes er lavere for de nordlige stasjonene.

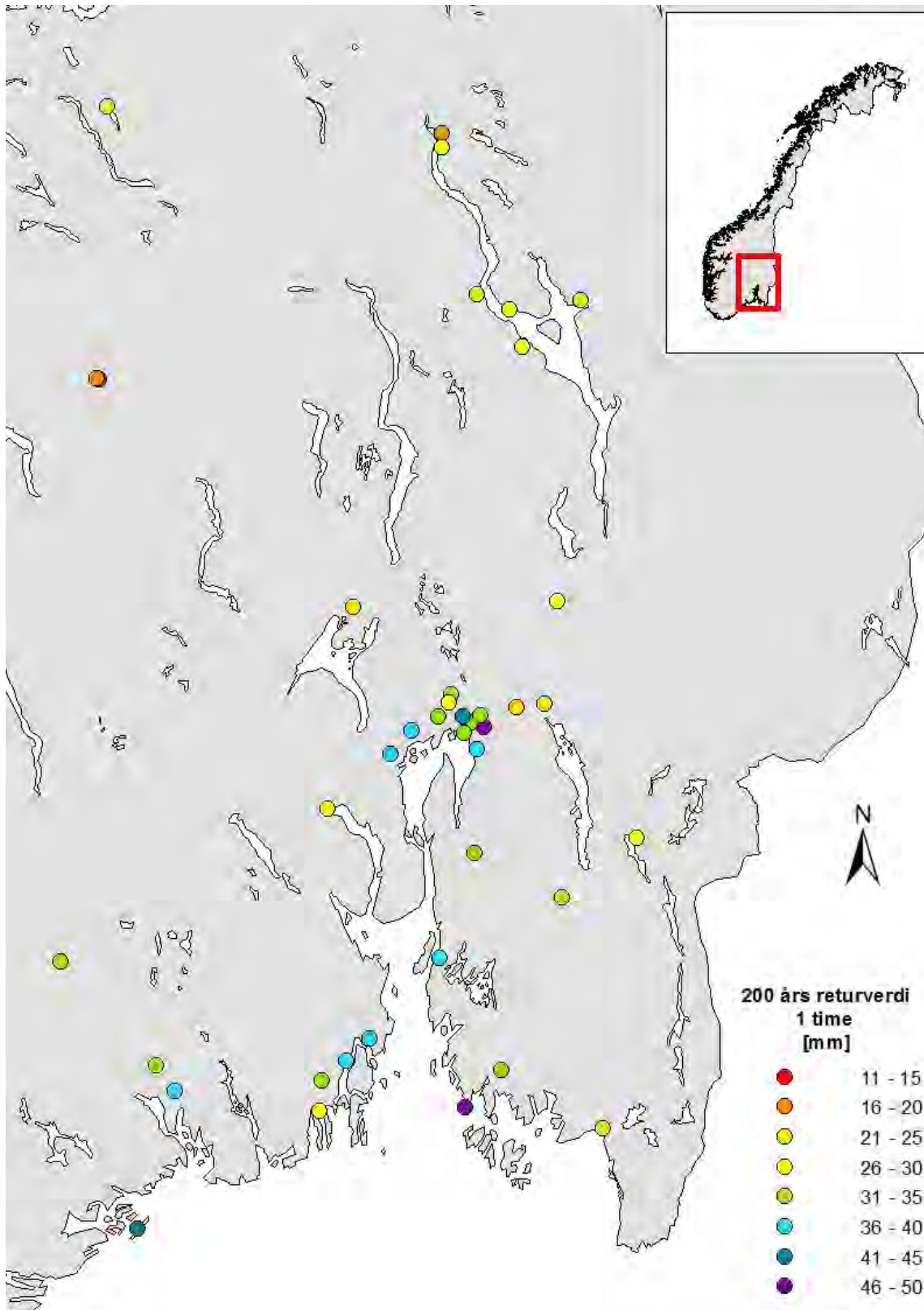
For varighet på 30 minutter (figur 3.13) er høyeste 200 års estimat (59,2 mm) i Oslo (stasjon 18210 Oslo-Hovin). Denne verdien er tvilsom (se Figur 3.11) ettersom Oslo-Hovin har en kort måleserie (11 år), men flere stasjoner med lange serier har 200-års verdier på over 30 mm Cf. Tabell 4).



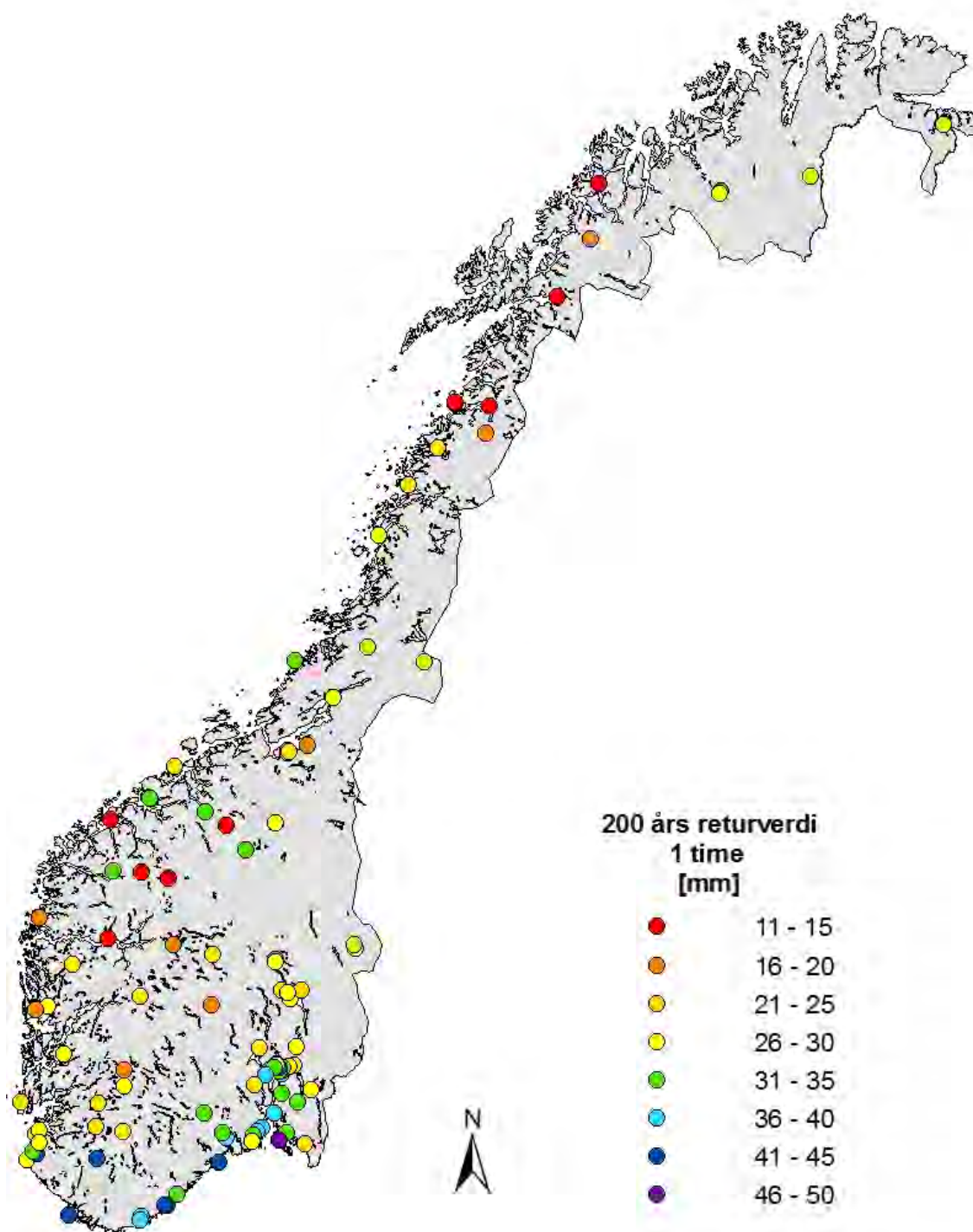
Figur 3.12 Geografisk fordeling av 10 minutters nedbør med 200 års returperiode



Figur 3.13 Geografisk fordeling av 30 minutters nedbør med 200 års returperiode



Figur 3.14 Geografisk fordeling av 1 times nedbør med 200 års returperiode



Figur 3.15 Landsdekkende fordeling av 1 times nedbør med 200 års returperiode

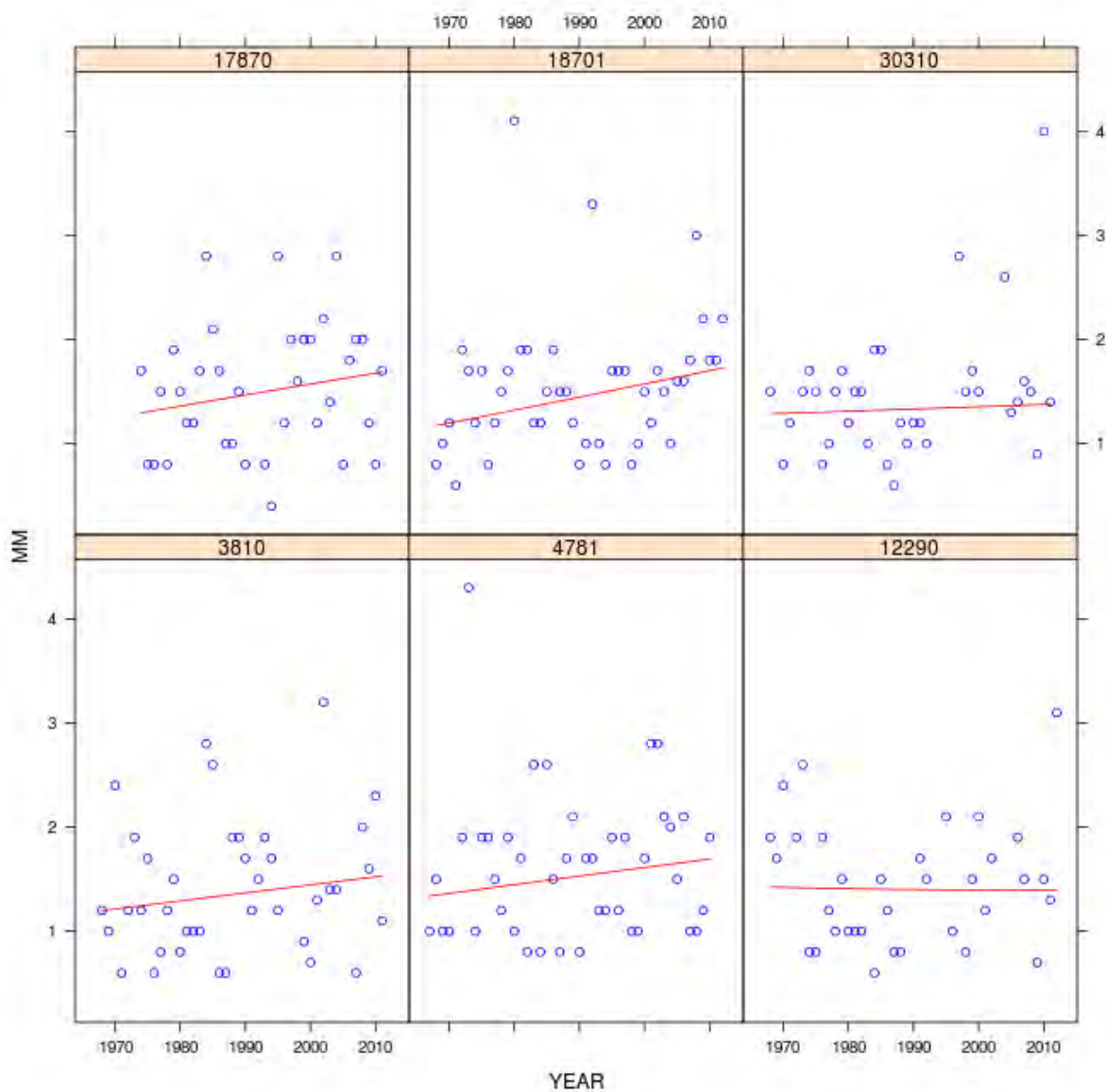
Figur 3.14 og 3.15 viser verdier for 1-times nedbør med returperiode på 200 år for hhv. Østlandet og fastlands-Norge. Figurene viser at de høyeste verdiene forekommer rundt Oslofjorden og spesielt på Sørlandet.

4. Trender for ekstrem nedbør med ulike varigheter

Historisk utvikling av intensitet og hyppighet av ekstreme nedbør hendelser er viktig i skadeforebygging og planlegging av infrastruktur. Trendanalysene for ekstrem korttidsnedbør kompliseres av den relativt korte observasjonsperiode seriene dekker. I denne rapporten er det derfor studert trender både for årlige maksimale nedbørintensiteter og for hyppighet av verdier over visse terskelverdier.

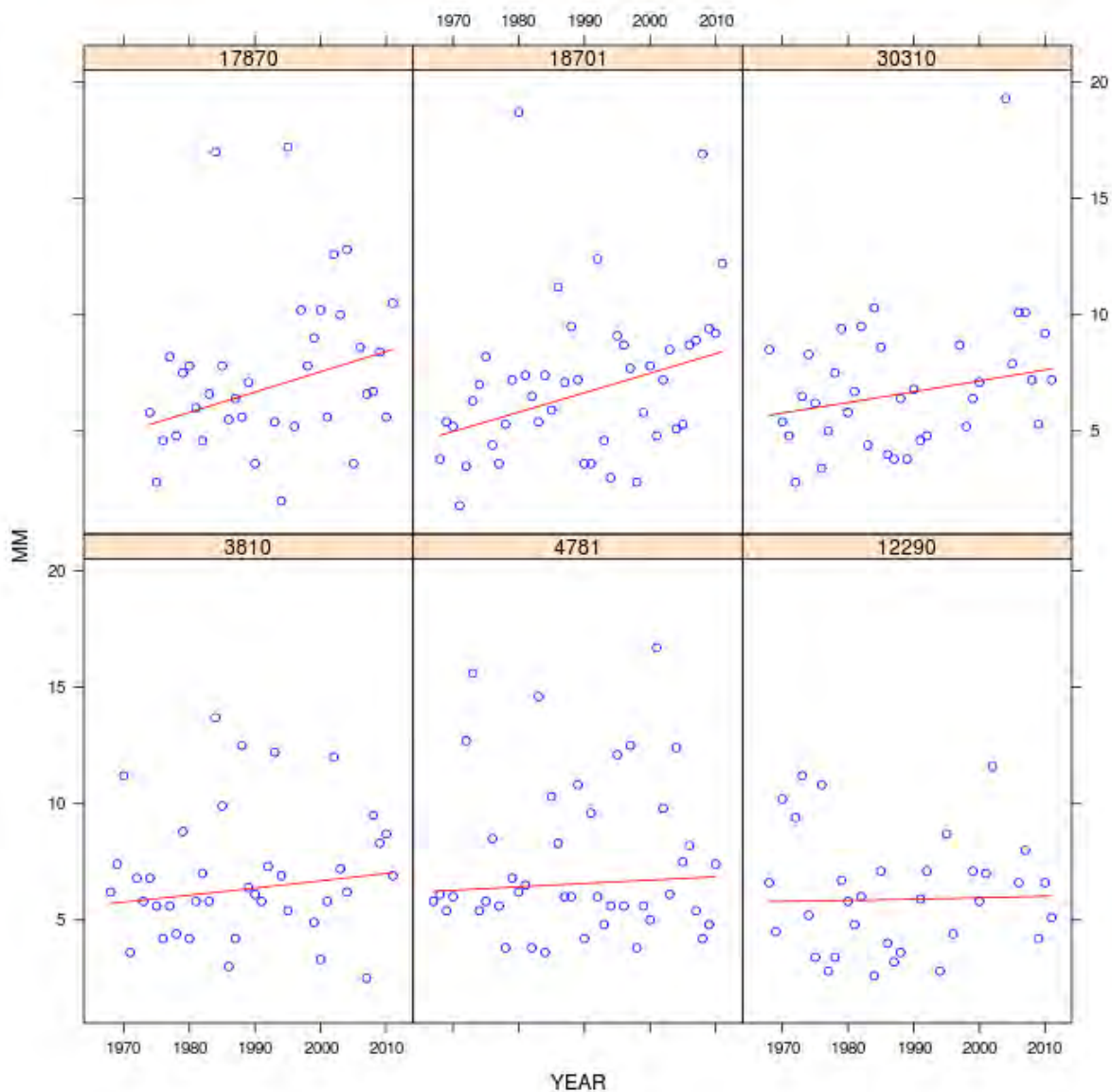
4.1 Trender for høyeste observerte intensiteter for ulike sub-døgnlige varigheter

Figur 4.1 viser utviklingen i høyeste årlige 1-minutts nedbør. For to av stasjonene er trenden ganske flat, mens det er positiv trend for de øvrige stasjonene.



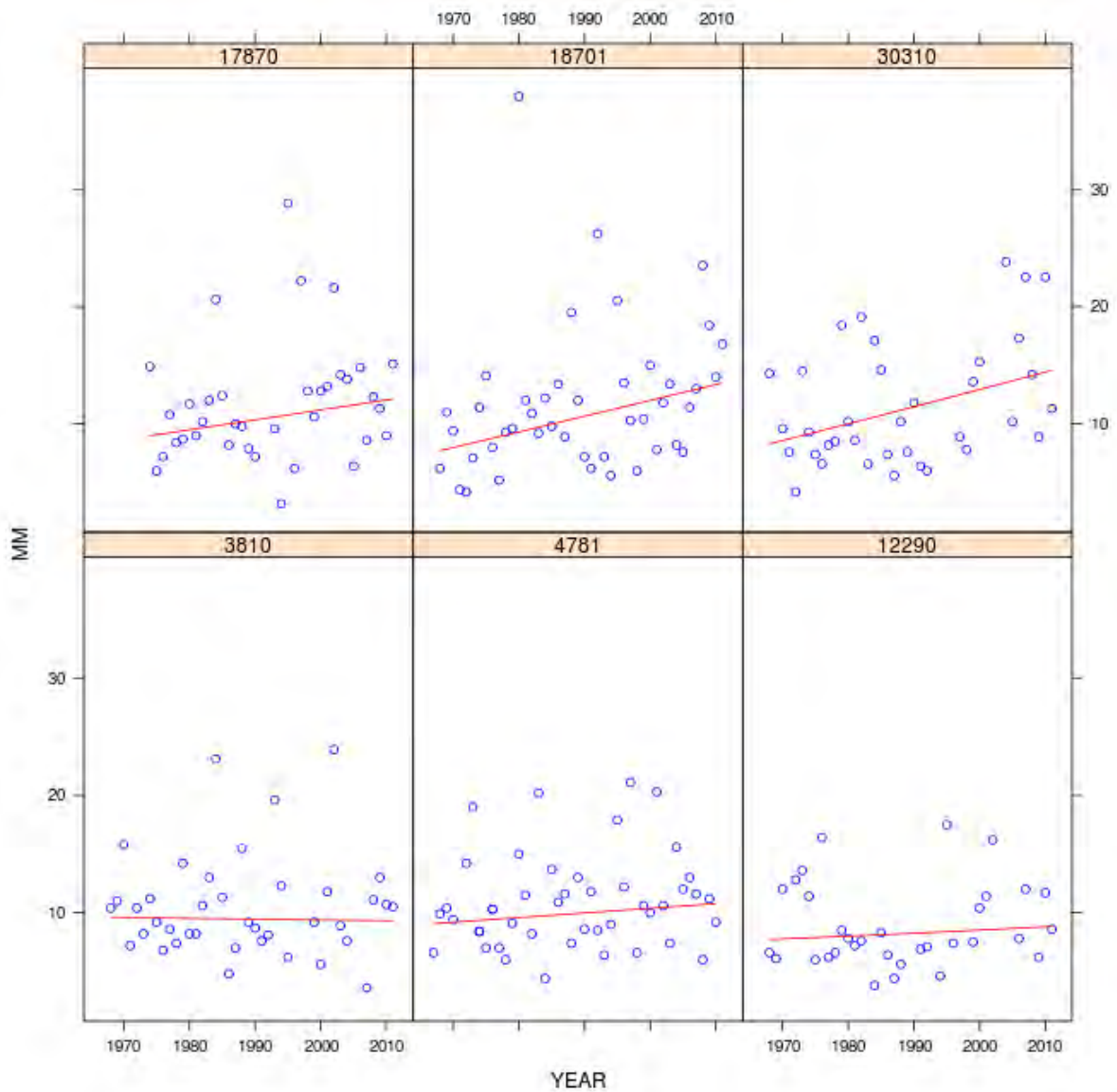
Figur 4.1 Trender i høyeste årlige 1-minutts nedbør ved 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen, 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

Det samme mønsteret finnes for høyeste årlige 10-minutters nedbør (Figur 4.2);- én av stasjonene har en svakt negativ trend, resten har en positiv trend.



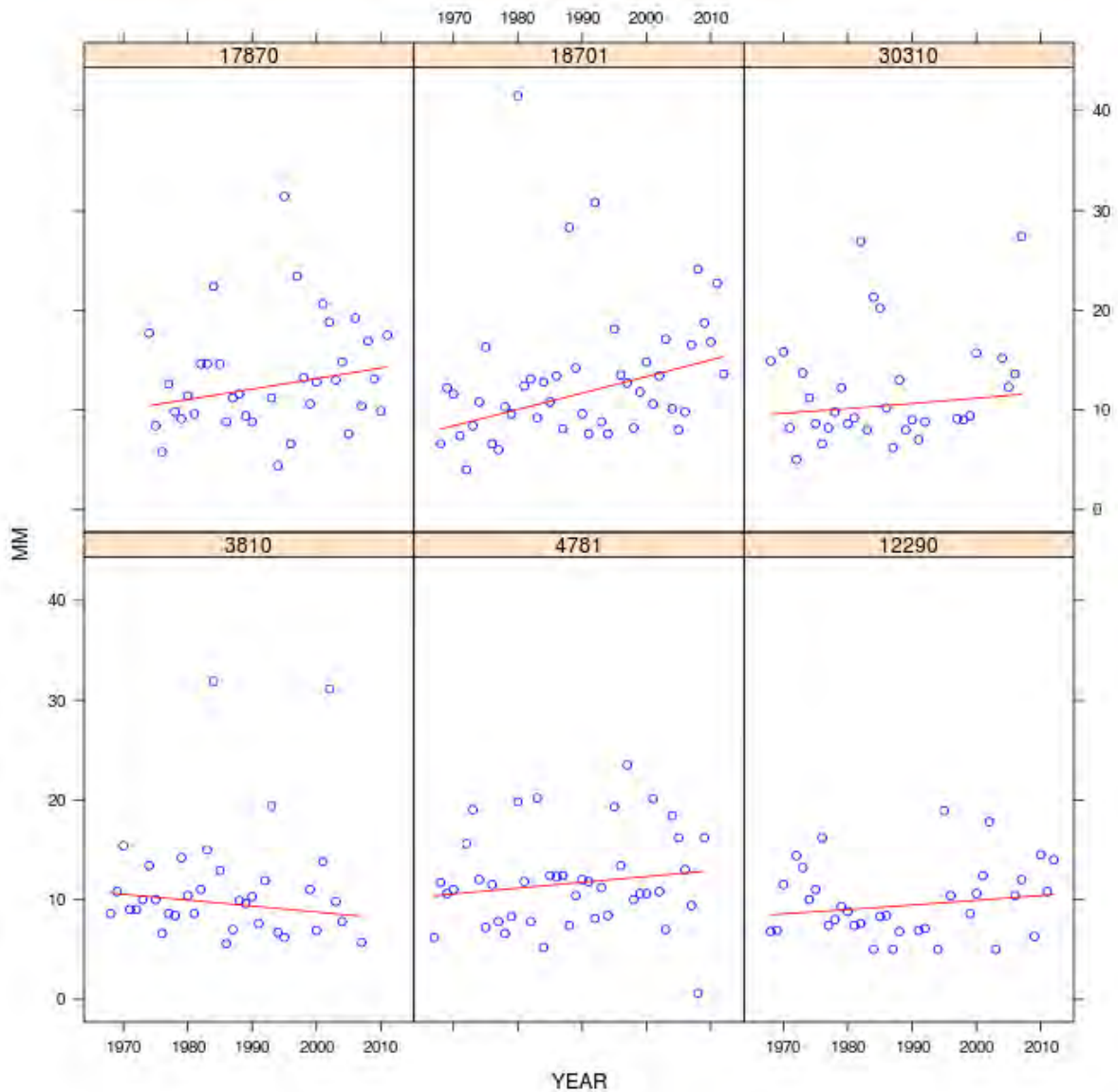
Figur 4.2 Trender i høyeste årlige 10-minutters nedbør ved 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen, 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

Figur 4.3 viser utviklingen for høyeste årlige 30-minutters nedbør. Her har tre stasjoner en positiv trend, mens tre har meget svake trender.



Figur 4.3 Trender i høyeste årlige 30-minutters nedbør ved 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen, 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

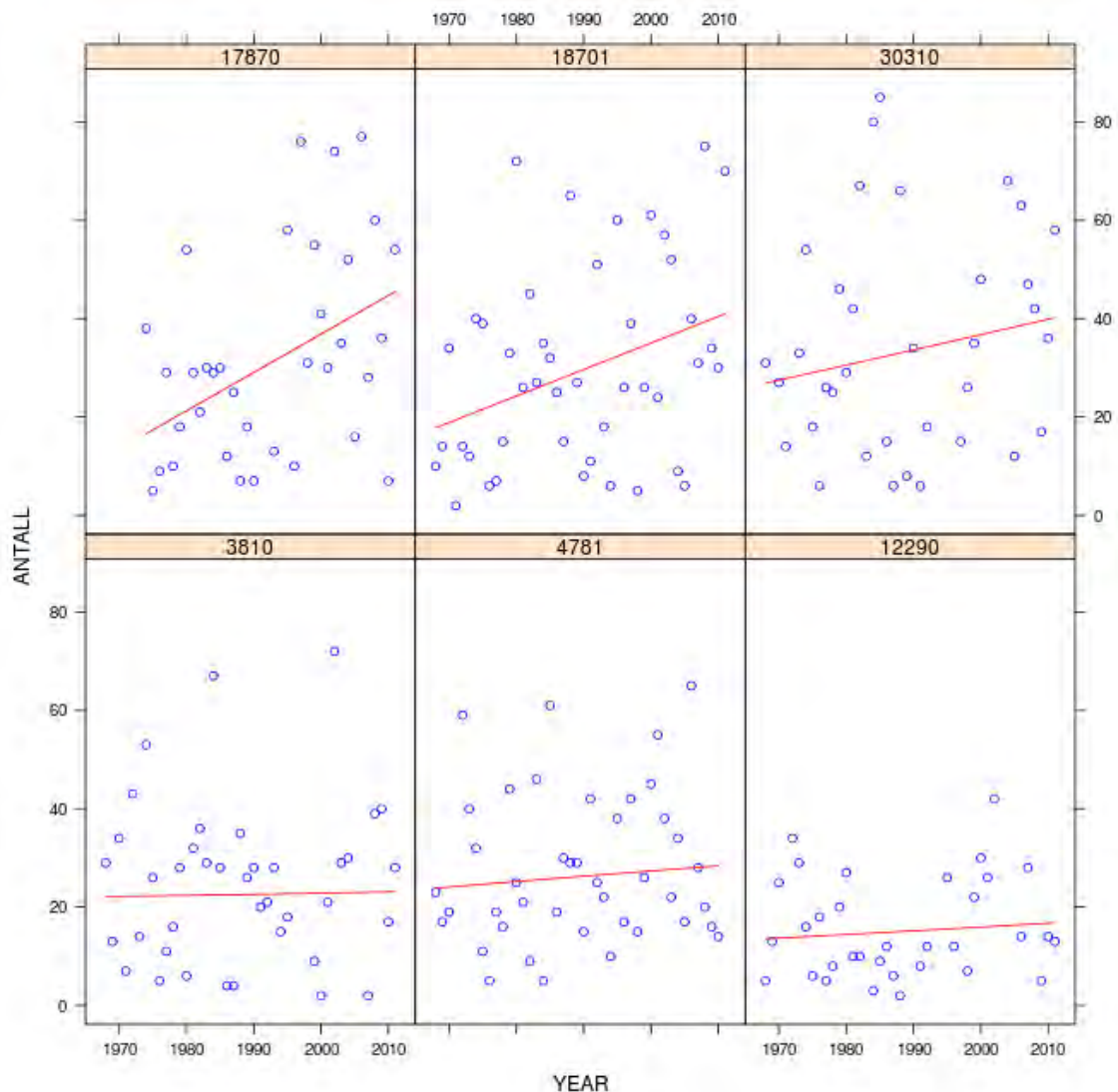
Trender for høyeste årlige 1-times nedbør (NB! En hel klokke time, og ikke for en vilkårlig 60 minutter regn episode) er vist i figur 4.4. Her har fem stasjoner, i varierende grad, en positiv trend, mens én har en negativ trend.



Figur 4.4 Trender i høyeste årlige 1-times nedbør ved 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen, 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

4.2 Trender for frekvenser av verdier over visse terskelverdier

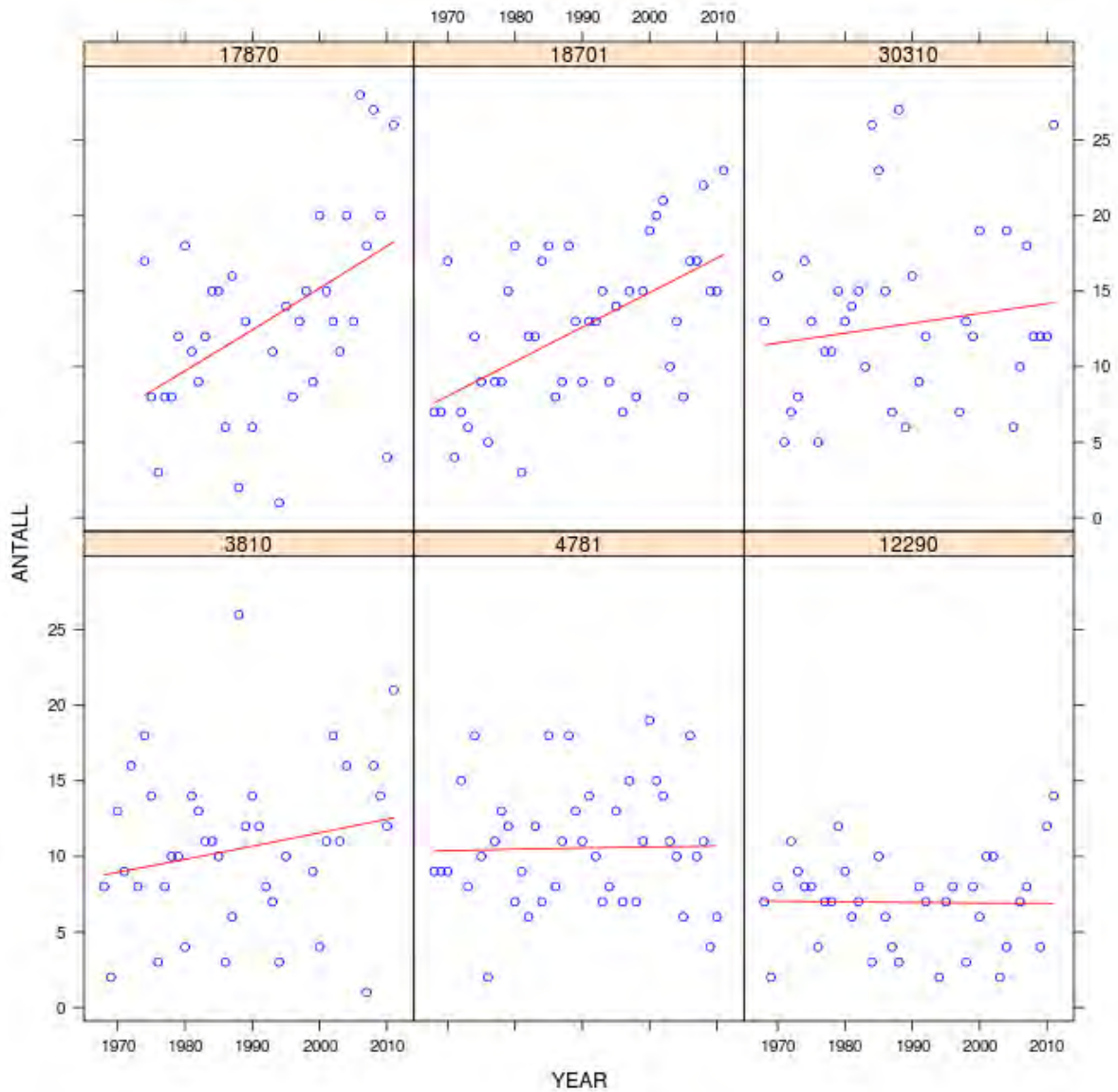
For beregning trender for ulike varigheter basert på høyeste årlige observerte verdi, inngår det bare én verdi for hvert år. Datagrunnlaget blir preget av store lokale variasjoner i nedbørintensitet i episoder med bygededbør: Det kan være litt tilfeldig om kraftige byger treffer en pluviometer-stasjon eller ikke. Det kan også være store forskjeller mellom høyeste nesthøyeste verdi. Trender basert på årlige maksimumsverdier er derfor mindre robuste enn trender for antall forekomster over gitte terskelverdier. I videre analyser i NIFS-prosjektet kan det være aktuelt å benytte terskelverdier for nedbørintensitet basert på kritiske verdier for naturskader. I mangel av slike empiriske terskelverdier er det i denne rapporten valgt terskelverdi ut fra kriteriet at det skal være minst én forekomst hvert år ved stasjon 18701 Oslo – Blindern. Dette kriteriet er i denne rapporten benyttet for alle varigheter. Figur 4.5 - 4.8 viser at det for enkelte stasjoner kan være mer enn 50 tilfeller per år som overstiger terskelverdien, og at det stort sett er et realistisk datagrunnlag for trendberegning. Men det er også klart at de valgte terskelverdier er så lave at de i seg selv ikke representerer noe skadepotensiale for infrastruktur.



Figur 4.5 Trender for hyppighet av nedbør intensitet over 0,6 mm i løpet av 1 minutt ved stasjonene: 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen, 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

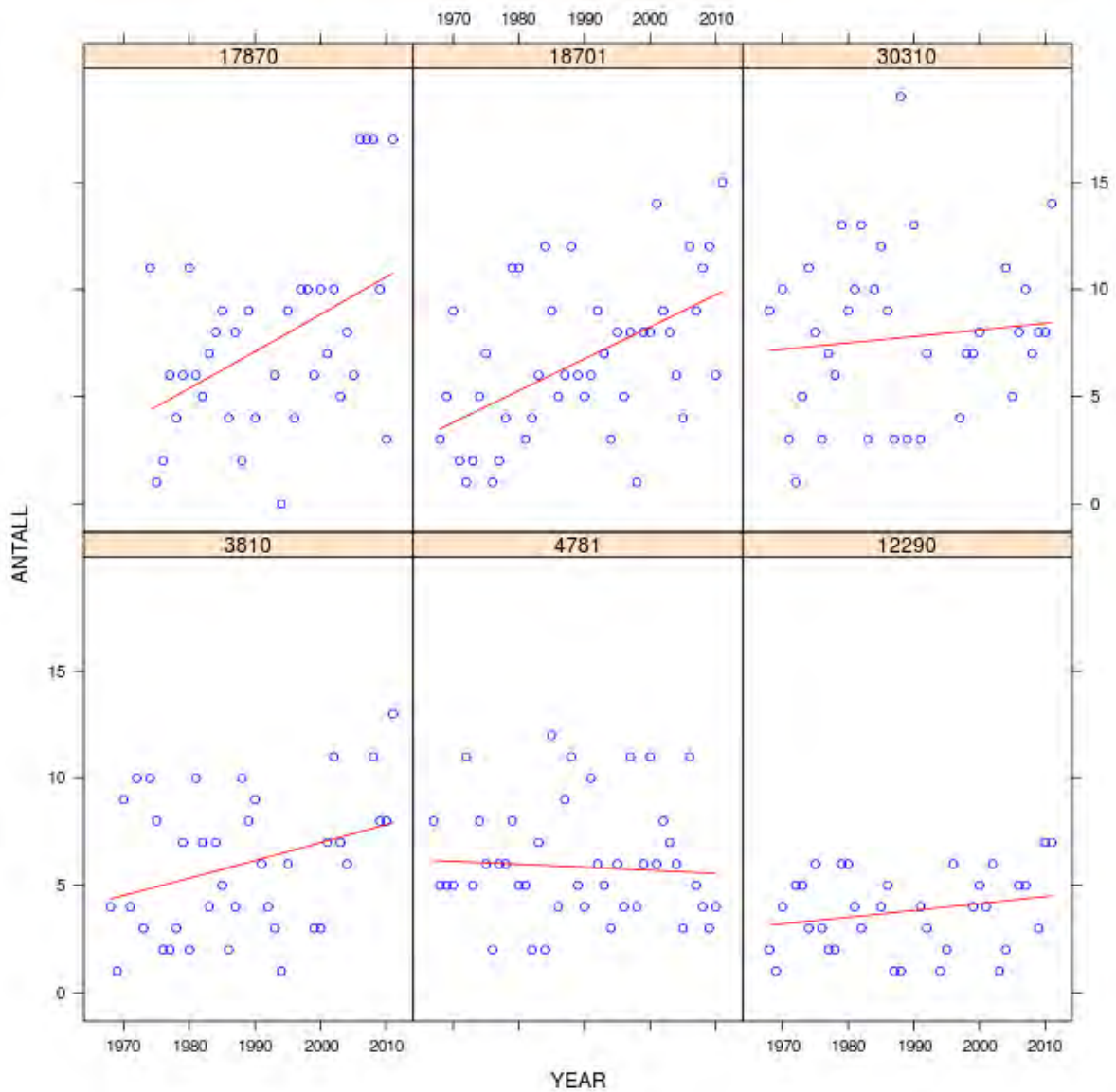
For varighet på 1 -minutt er terskelverdien 0.6 mm. Figur 4.5 viser at fire stasjoner, i varierende grad, har positive trender, mens to har ingen trend.

Terskelverdien for nedbør i løpet av 10 minutter er 1.8 mm. Fire stasjoner (Figur 4.6) har positive trender, to har ingen trend.



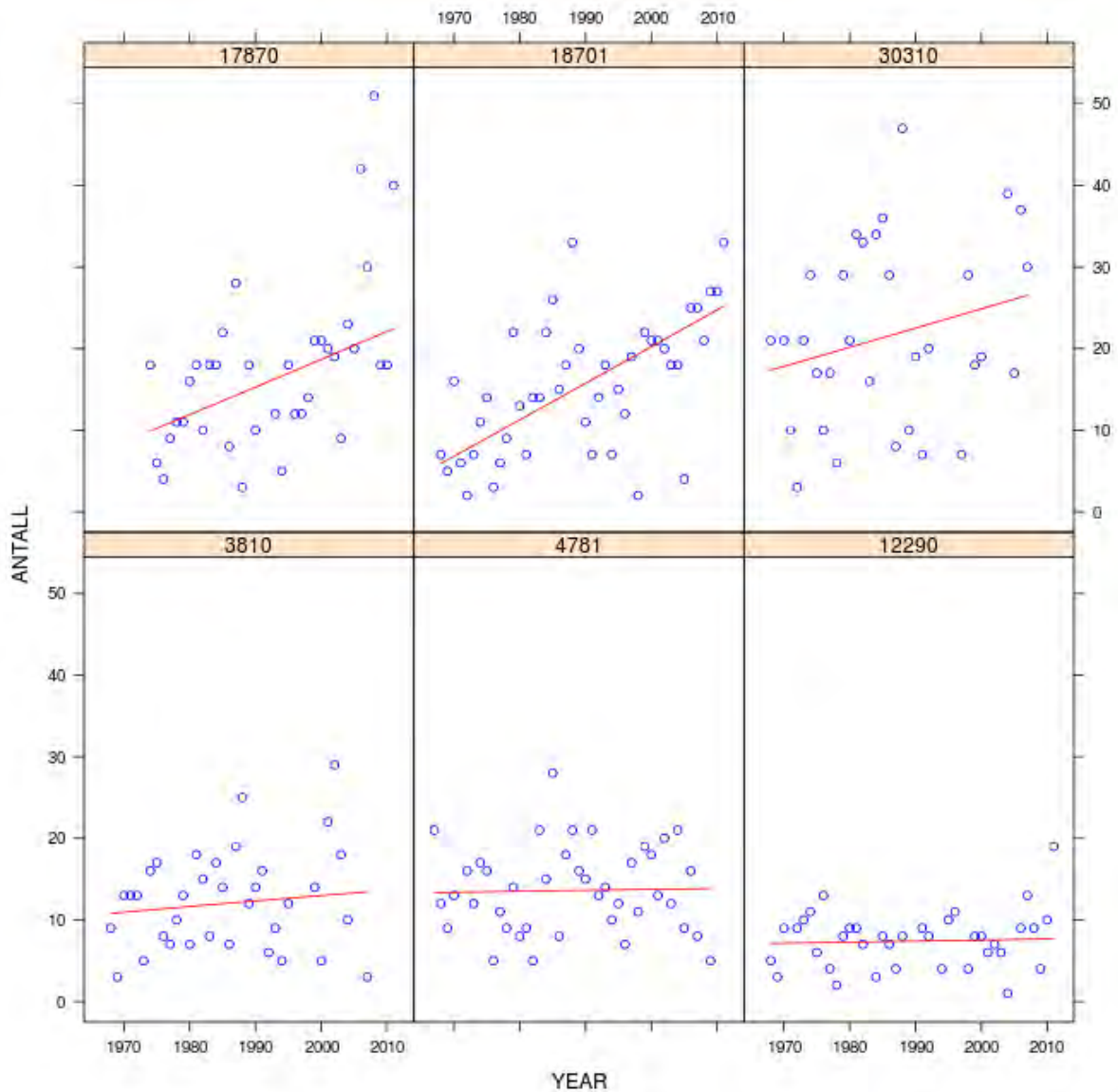
Figur 4.6 Trender for hyppighet av nedbør intensitet over 1.8 mm i løpet av 10 minutter ved stasjonene: 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

For nedbør i løpet av 30 minutter (Figur 4.7) er terskelverdien er 4,2 mm. Fem stasjoner har positive trender, én har negativ trend.



Figur 4.7 Trender for hyppighet av nedbør intensitet over 4.2 mm i løpet av 30 minutter ved stasjonene: 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen, 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

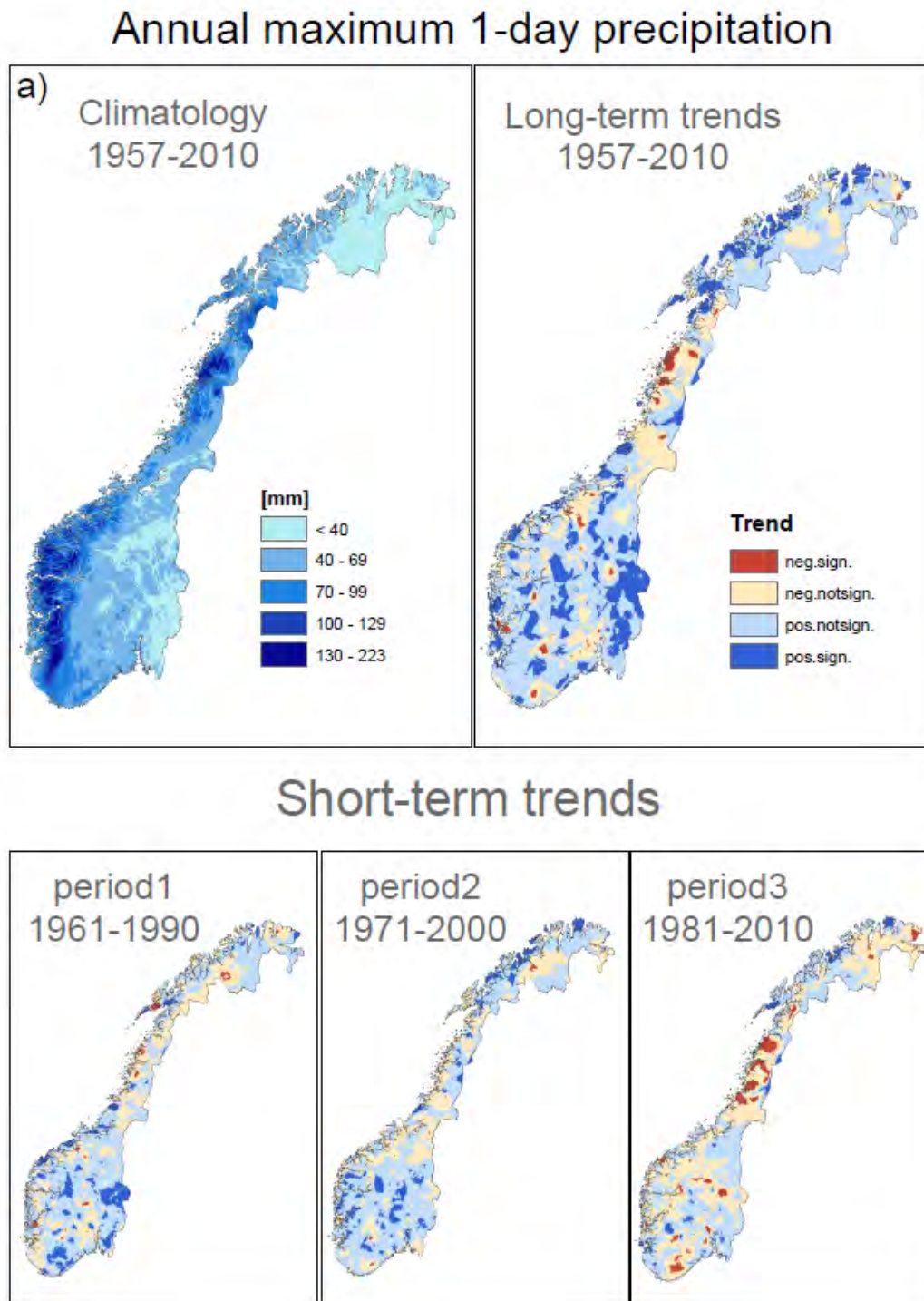
For nedbør i løpet av 1 time er terskelverdien 4 mm. (NB! Dette er for en hel klokke­time (for eksempel fra kl 19-20), og må skilles fra nedbør i løpet av en vilkårlig 60 minutters episode. Den sistnevnte verdi vil være høyere enn for én klokke­time. Dette er årsaken til at terskelverdien for en klokke­time er lavere enn verdien for vilkårlige 30 minutter). Figur 4.8 viser at fire stasjoner, i varierende grad, har positive trender, to har ingen trend.



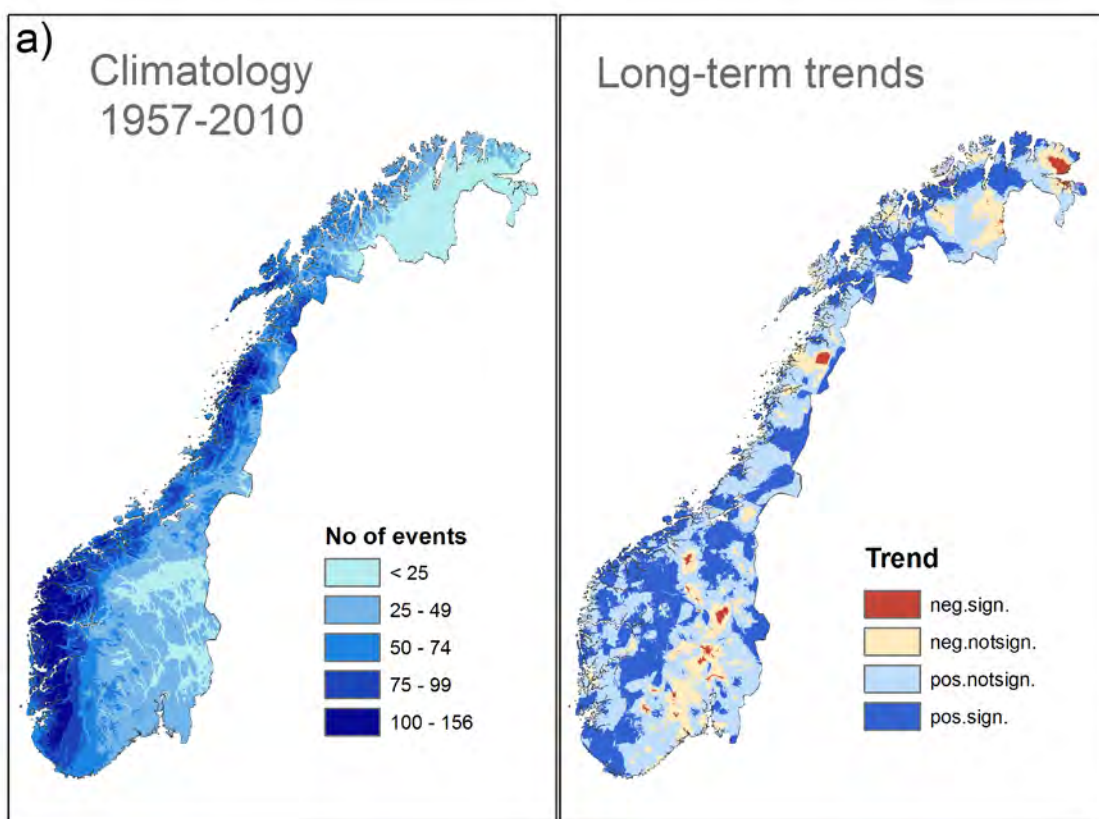
Figur 4.8 Trender for hyppighet av nedbør intensitet over 4 mm i løpet av 1 time ved stasjonene: 12290 Hamar II, 18701 Blindern, 30310 Skien Klosterskogen, 17870 Ås - Rustadskogen, 3810 Askim II og 4781 Gardermoen

4.3 Trender i ekstrem 1-døgns nedbør

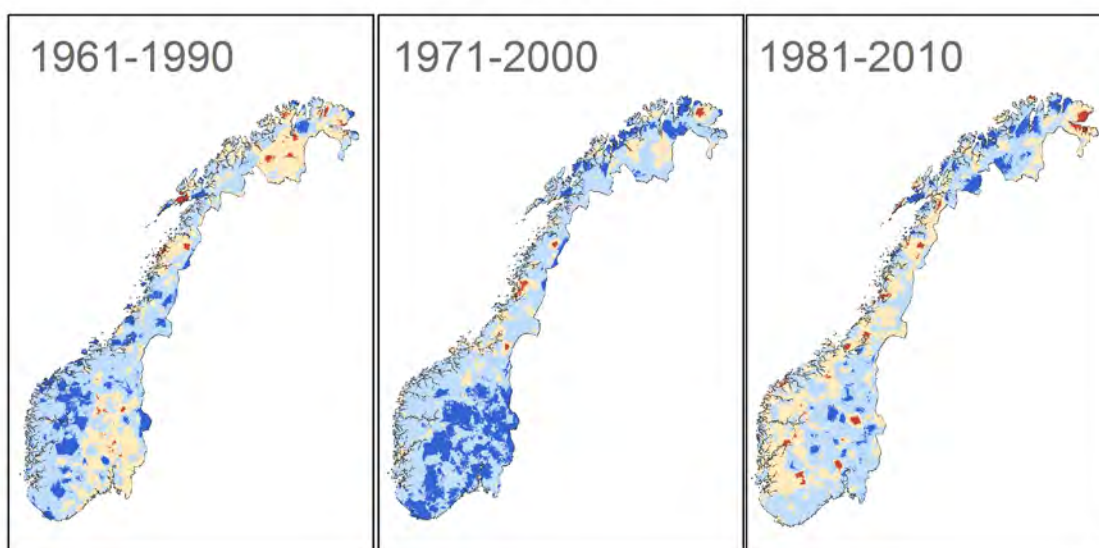
Trender i perioden 1957-2010 ble undersøkt for en rekke meteorologiske parametere fra et 1x1 km rutenett (www.seNorge.no). Figur 4.9 viser årlig maksimal 1-døgns nedbør, og figur 4.10 viser frekvensen av nedbørhendelser som overstiger 10 mm per døgn (fra Dyrrdal et al., 2012). Trendene er i hovedsak positive, noe som betyr at både intensitet og hyppighet av sterke nedbørhendelser har økt. For Oslo-regionen, fant den største økningen i hyppigheten av nedbørhendelser over 10 mm sted i perioden 1971-2000.



Figur 4.9: Årlig maksimal 1-døgns nedbør (fra Dyrrdal et al., 2012)



Short-term trends



Figur 4.10 Frekvens av episoder der 1-døgns nedbør overstiger 10 mm/døgn (fra Dyrørdal et al., 2012)

5. Romlig nedbørvariasjon i episoder med kraftige regnskyll

5.1 Nedbør kategorier

Nedbør kan deles i to kategorier, konvektiv og stratiform nedbør. Den første typen har typisk høy intensitet, men kort varighet (størrelsesorden minutter), mens sistnevnte vanligvis har noe lavere intensitet, men kan være av lang varighet (størrelsesorden timer). Hendelser med stratiform nedbør kan dekke et område på flere tusen kvadratkilometer. Konvektiv nedbør faller vanligvis fra isolerte skyer, eller gruppe av skyer (celler). De dekker oftest heller små arealer, typisk 25-100 km², med tørre og endog skyfrie områder mellom cellene. Både stratiform og konvektiv nedbør kan forekomme hele året, men på Sørøstlandet er sistnevnte hyppigst i den varme årstiden.

Selv i et lite område som Østlandsregionen, er det forskjeller i de dominerende nedbørregimer. Vanligvis er konvektiv nedbør dominerende i de nordlige områdene, mens stratiform nedbør råder i sør. De nordligste deler; i Oppland og Hedmark fylker, har juli som den våteste måneden, mens når man beveger seg sørover til Akershus og Oslo, endres måneden med maksimal nedbør gradvis til august eller september. I de sørlige områdene i Vestfold, Østfold og Telemark, er oktober måneden med høyest total nedbør.

5.2 Samtidige kraftig regnskyll på nabostasjoner

En måte å studere romlig variasjon i episoder med kraftige regnskyll, er å analysere frekvensen av samtidig høy nedbørintensitet på nabostasjoner. Generelt bør man forvente at hyppigheten av samtidig høyintensiv nedbør på nabostasjoner ville være en invers funksjon av avstanden mellom stasjonene. Men etter hvert som avstanden øker vil dette mønsteret kunne påvirkes av de ulike nedbørregimer i Sørøst Norge og frekvensen kunne derfor øke.

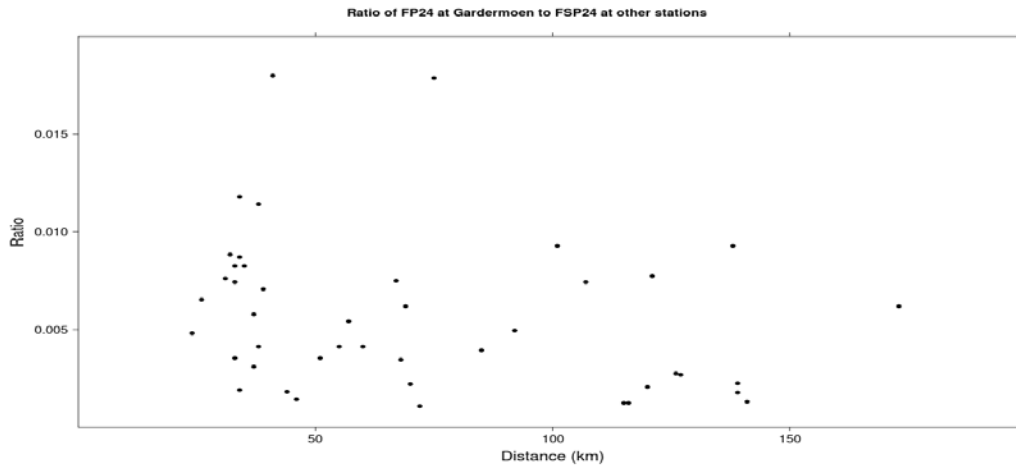
Ettersom Gardermoen har en lang observasjonsserie (44 år) ble denne stasjonen valgt som basis stasjon for studier av romlig fordeling av samtidig høy 1-minutts nedbørintensitet. Noen av de øvrige 48 pluviometerstasjonene har ganske korte måleserier, og en del stasjoner har kun data for sommerperioden. I analysen antas imidlertid at alle observasjonsserier dekker hele året. Ettersom nedbørintensiteten i vintersesongen vanligvis er lav i denne regionen, er dette trolig en realistisk tilnærming.

For å oppnå samtidige verdier ved alle stasjoner måtte det i denne analysen benyttes enda en lavere terskelverdi (0.4 mm/minutt) enn i kapittel 4.2. For Gardermoen forekommer nedbørintensitet > 0,4 mm/minutt i gjennomsnitt i 0,015% av tiden. Hyppigheten av samtidig nedbør > 0,4 mm/minutt ved Gardermoen og hver av de andre 48 stasjoner ble deretter beregnet, og figur 5.1 viser forholdstallene plottet mot avstanden mellom stasjonene. Ved denne beregningsmåten er forholdstallet = 1 for Gardermoen (0 km). Forholdstallet mot de øvrige stasjoner som en funksjon av avstanden er en indikator på "Areal Reduksjons Faktor" (Bell, 1976; NERC, 1975; Førland, 1987) for høy-intensitets nedbør.

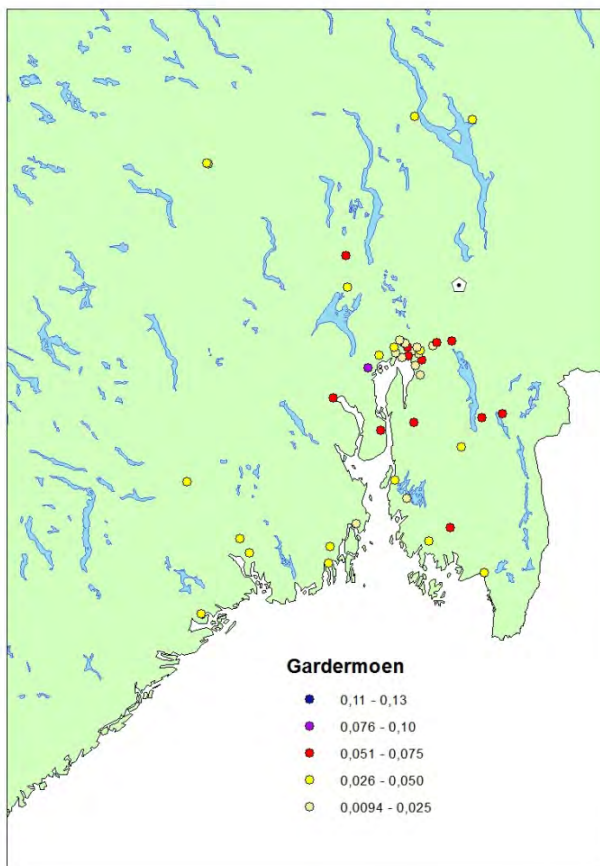
Resultatene i figur 5.1 viser at samtidig forekomst av nedbør med høy intensitet som forventet generelt avtar med økende avstand. For avstander større enn 25 km er forholdstallet mindre enn 0,02. Dette betyr at ved nedbør > 0,4mm / minutt ved Gardermoen, er det samtidig nedbør > 0,4 mm/minutt ved andre stasjoner i området bare i mindre enn 2% av hendelsene. Den romlige fordeling av forholdstall for nedbør > 0,2 mm/minutt er vist i figur 5.2. Som påpekt av Mamen et al (2012) kan disse estimatene gi et overestimat av de virkelige frekvenser.

Ved tolkning av resultatene bør man merke seg at stasjonene har gått parallelt med

Gardermoen i ulike tidsperioder; - noen i nesten hele perioden 1968-dd; andre i korte perioder innenfor dette tidsrommet. Stasjoner med kort tidsperiode kan ha vært i drift i perioder med atypiske nedbørintensiteter; - drift i «våte» / «tørre» år kan gi henholdsvis høye/lave forholdstall.



Figur 5.1. Forholdstall mellom hyppighet av nedbørintensitet > 0,4 mm/minutt på stasjon 04781 Gardermoen i forhold til samtidig nedbør over denne terskelen på andre stasjoner. Forholdstallene er vist som en funksjon av avstand (km) fra Gardermoen.



Figur 5.2: Geografisk fordeling av forholdstall av frekvenser av samtidig nedbørintensitet > 0,2 mm/minutt ved Gardermoen (merket som «hvit diamant») og andre stasjoner i Sørøst-Norge.

5.3 Korttidsnedbør-intensitet basert på data fra værradar

Radar analysene er basert på tilgjengelige radardata fra værradaren i Oslo. Denne sto opprinnelig på Hagahogget i Asker men ble flyttet til Hurum i mai 2011. Værradaren skanner atmosfæren ved å sende ut elektromagnetiske pulser som reflekteres av skypartikler, for eksempel snø, regn, sludd, etc.

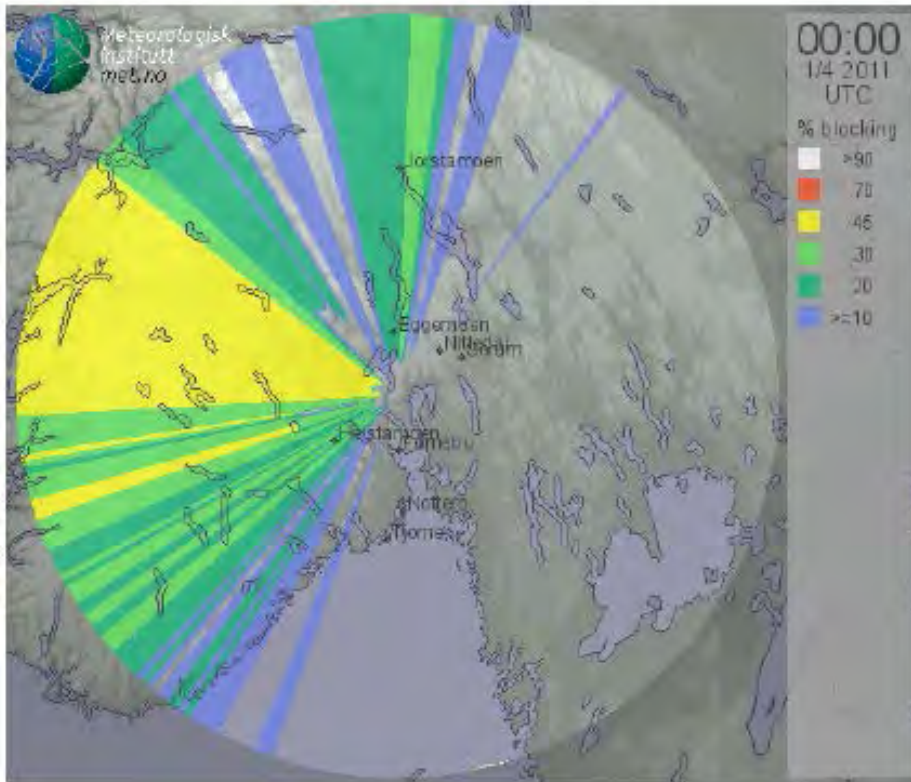
Radardata kan brukes til å estimere nedbørsmengdene for gitte geografiske steder. Siden radardata lagres i sfæriske koordinater (r, Φ, θ), kan verdier for gitte lokaliteter beregnes ved å omforme den geografiske koordinat (breddegrad, lengdegrad) til de sfæriske koordinater angitt av radaren.

I denne analysen er det kun benyttet data fra den nederste høydenivået radaren skanner over, fordi dette nivået gir det beste estimatet for "bakkenedbør". Imidlertid er høyden avhengig rekkevidde og tilstanden av atmosfæren (Doviak & Zrnica, 1993), slik at skanningen skjer i forskjellige vertikale lag av atmosfæren. Høyden over havet er beregnet ved å anta standard atmosfære, dvs. at krumningen av radarstrålen settes lik 4/3 av krumningen av jorden. Bruk av den laveste høyden er også et problem fordi høytliggende terreng fører til at strålen til en viss grad kan blokkeres i visse sektorer (se figur 5.3 og 5.4).

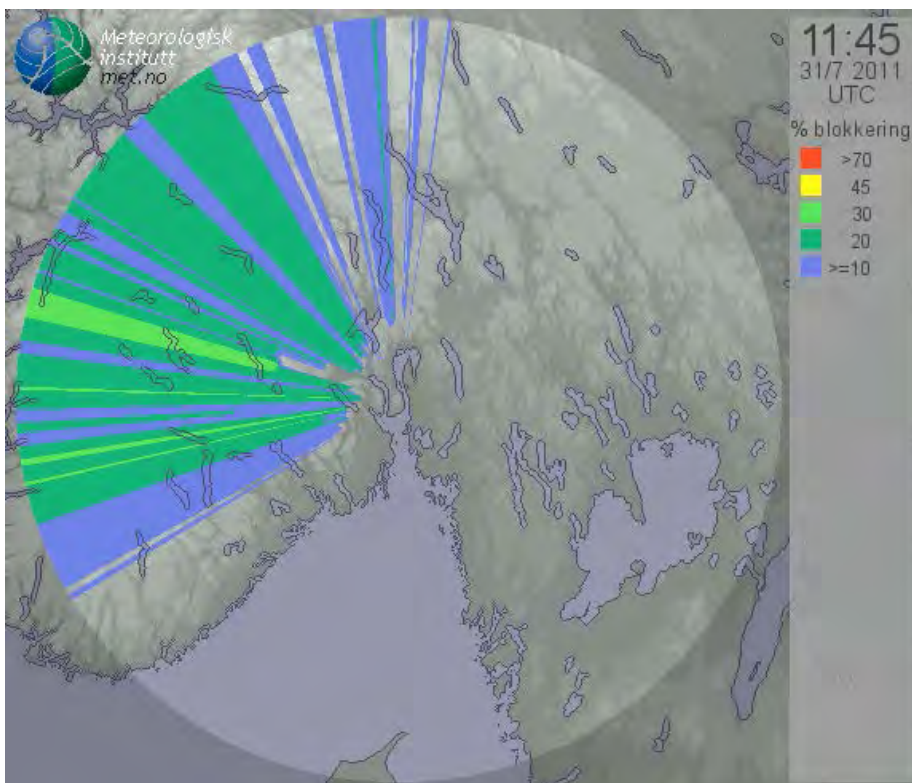
At den reflekterte radarstrålen representerer ulike høydenivå i ulike avstander fra radaren vanskeliggjør estimering av bakkenedbør. Ved nedbørpartiklens fall mot bakken kan nedbørintensitet øke (utvasking av skydråper i lavereliggende luftlag) eller avta (fordampning i tørrere lavereliggende luftlag). Flere studier (Andrieu & Creutin, 1994; Berbe et al, 2004; Franco et al, 2008; Vignal & Krajewski, 2001.) hevder at estimert nedbør innen en avstand på 60 - 80 km fra radaren korrelerer bra med bakkemålinger. Verdier for områder som ligger lenger unna bør korrigeres med hensyn til avstand fra radaren. Estimert nedbør fra radardata kan korreleres ved den velkjente Marshall-Palmer relasjonen forholdet beskrevet så tidlig som 1948, ved følgende ligning:

$$Z = AR^b$$

hvor Z er den reflekterte intensiteten fra radardata, R nedbørintensitet i mm/time og hvor parameterne A og B er avhengig av nedbør type. I denne rapporten er A satt lik 200,0 og b er satt til 1.6. Dette er standard empiriske verdier for sommer regn. Fra Asker-radaren foreligger det fire observasjoner hver time gjennom perioden fra 2006.02.28 til 2011.05.04 med 98,7% oppetid. Vanligvis er intensiteten lavest i vintersesongen og høyest i sommermånedene. Om sommeren overskrides intensiteten på 0,1 mm/minutt i 1% av radar skanningene.



Figur 5.3: Kart over blokkering av radarstrålen fra radarplasseringen i Asker



Figur 5.4: Kart over blokkering av radarstrålen fra radarplasseringen på Hurum

5.4 Geografisk fordeling av stor 1-t nedbør fra pluviometer- og radar-registreringer

For å illustrere bruk av data fra værradaren i Oslo-området for detaljerte studier av romlig nedbørfordeling ble det valgt ut en del episoder med sterke regnskyll. Episodene som ble valgt var ti hendelser (2007-2011) med høy 1 times nedbør ved stasjonen 18701 Oslo-Blindern, samt to episoder med kraftige regnskyll sommeren 2012. Noen av disse hendelsene forårsaket store skader på infrastruktur (jf. figur 5.18) pga. flom, vann på avveie og skred/utglidning. Responsen i avrenning under slike episoder er avhengig av initial markvannsfuktighet (Myrabø, 1997).

Tidspunkt og målt 1-times nedbør på Oslo-Blindern er vist i tabell 5. Figur 5.5 til 5.16 viser 1-times nedbør for disse episodene basert på signaler fra værradaren i Oslo. Fra radar-registreringene er det estimert 1-times punktverdier for nedbør for bl.a. Oslo-Blindern. Verdiene er estimert både for enkelt-punkt, som arealverdi for 8 nærliggende punkt, som høyeste verdi innenfor en radius på 10 km fra Oslo-Blindern, og som høyeste verdi for endel posisjoner for værstasjoner («Radar-Max») innenfor området som dekkes av radar (se Figur 5.3 og 5.4). Disse verdiene er gjengitt i tabell 5. Ved tolkning av radarfigurene og tabellverdier er det viktig å være oppmerksom på at det bare foretas radarkartlegging 4 ganger i timen. De integrerte timesverdiene fra radar er basert på fem scanninger (kl 00, 15, 30, 45 og 00 innenfor hver time) og representerer derfor bare noen korte «stikkprøver» innen de angitte tidspunktene. Dette kommer i tillegg til usikkerhet ved radarkartlegging nevnt i kapittel 5.4.

Den geografiske nedbørfordelingen fra radarregistreringene (figur 5.5-5.16) tyder på at ingen av de utvalgte episodene skyldtes enkeltstående, isolerte konvektive celler konsentrert om Oslo-Blindern. For alle hendelser var regnskyllene ved Oslo-Blindern del av større nedbørsystemer som dekket store områder i Sørøst-Norge, men der det var isolerte små celler med høy nedbørintensitet.

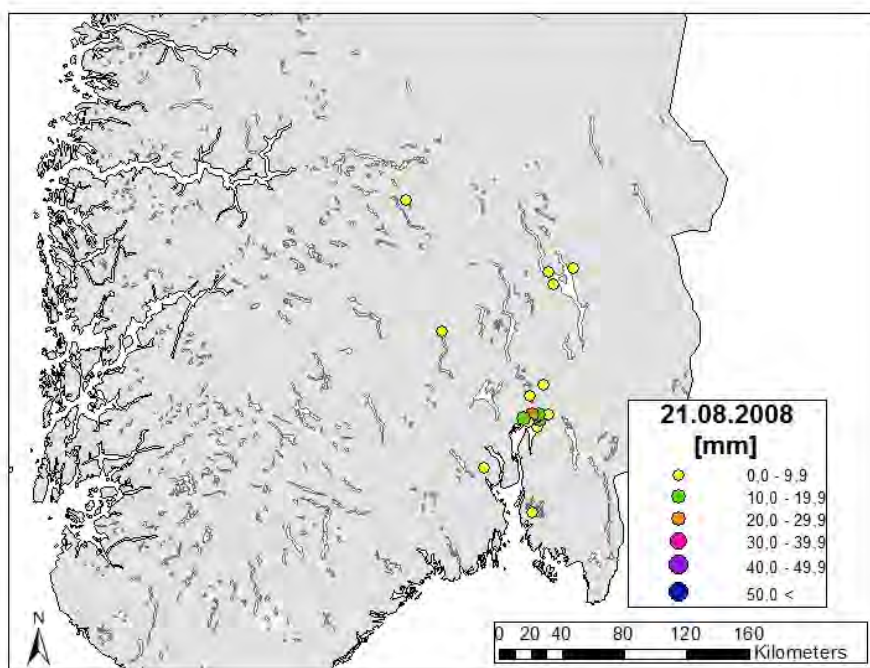
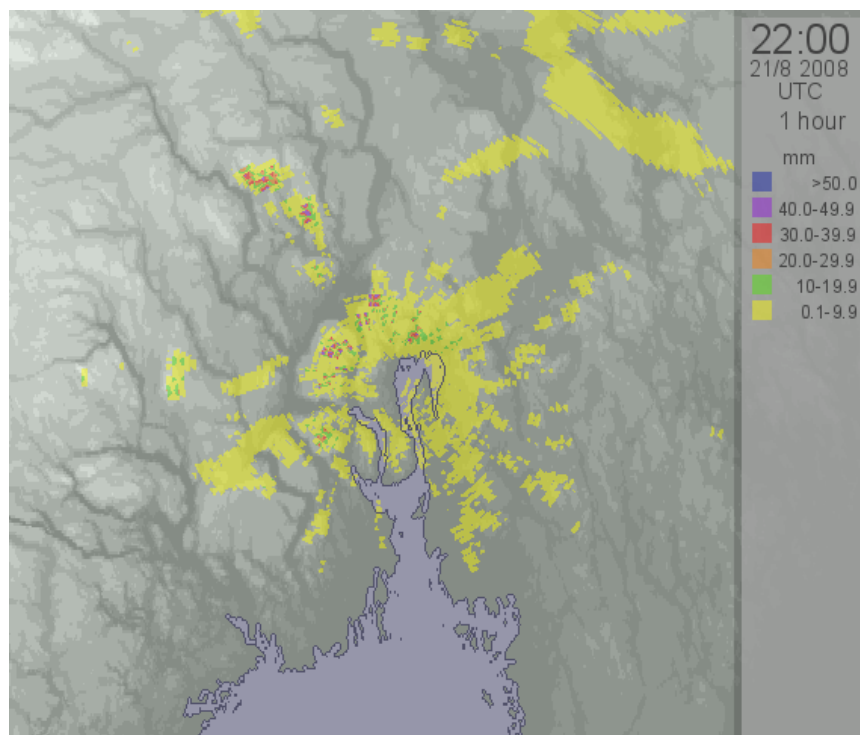
Tabell 5: Én-times nedbør (mm/time) fra pluviometer og radar.

Oversikten omfatter de ti høyeste 1-times nedbørverdier ved stasjon 18701 Oslo-Blindern i perioden 2007-2011, supplert med to episoder med kraftige regnskyll sommeren 2012

Nummer	Dato	Tid (UTC)	1-times nedbør (mm)				
			Pluv.	Radar-pkt	Radar-8pkt	Radar-10km	Radar-Max
1	21.08.2008	21-22	24,1	6,0	11,0	43,2	43,2
2	24.06.2011	05-06	22,7	3,9	7,7	15,1	15,1
3	03.07.2009	17-18	18,7	16,7	16,7	31,5	34,7
4	12.07.2010*	22-23	16,8	2,3	4,6	27,9	27,9
5	09.07.2007	19-20	16,5	2,6	4,4	19,3	39,2
6	29.06.2007	00-01	14,4	4,8	7,1	38,2	38,2
7	13.08.2010	12-13	13,8	5,6	7,7	47,6	47,6
8	09.08.2011	13-14	13,7	1,7	7,1	22,9	47,6
9	30.07.2009	14-15	11,7	3,7	5,9	20,8	24,1
10	30.07.2009	18-19	11,1	2,6	5,2	22,4	26,5
11	10.07.2012	17-18	28,5	7,3	14,1	22,9	22,9
12	06.08.2012**	20-21	2,2	1,5	2,0	3,3	23,5

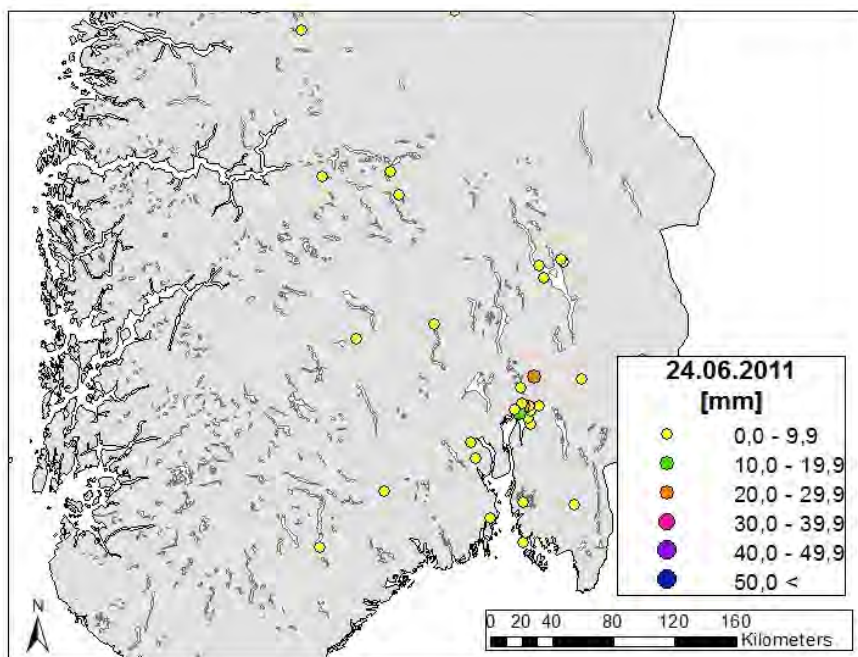
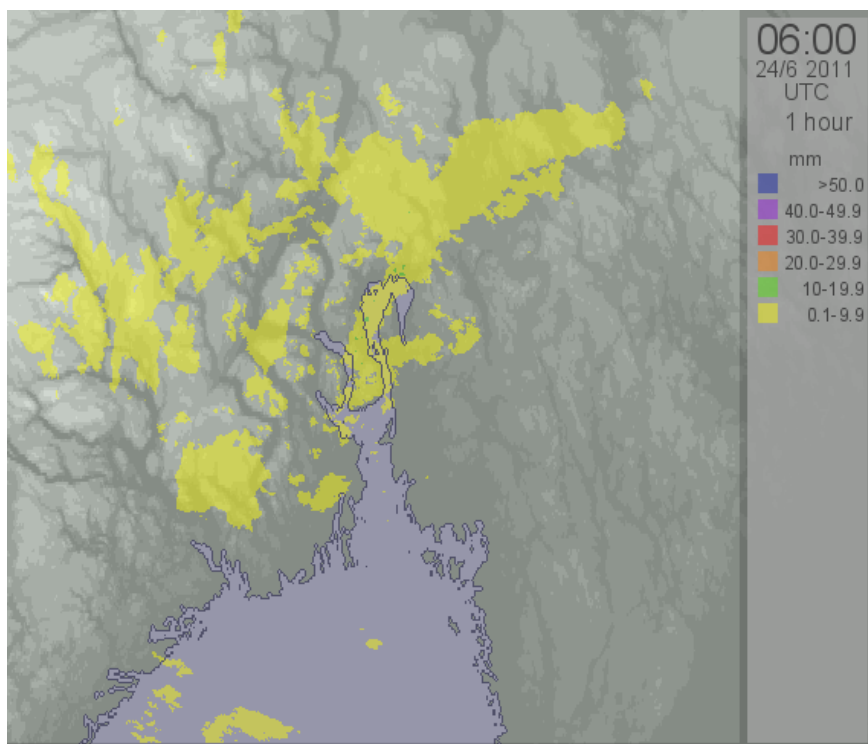
* Radarkartleggingen for 12.7.2010 er bare basert på tre scanninger (kl 22, 2245 og 23)

** 6.8.2012 ble det ved Bioforsk-stasjonen i Hokksund registrert 51,8 mm nedbør i løpet av to timer



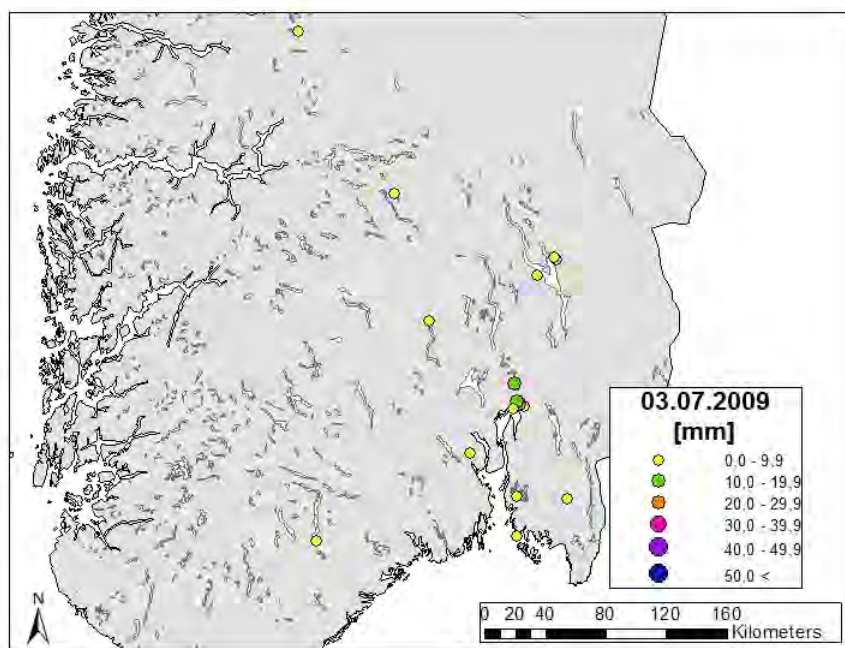
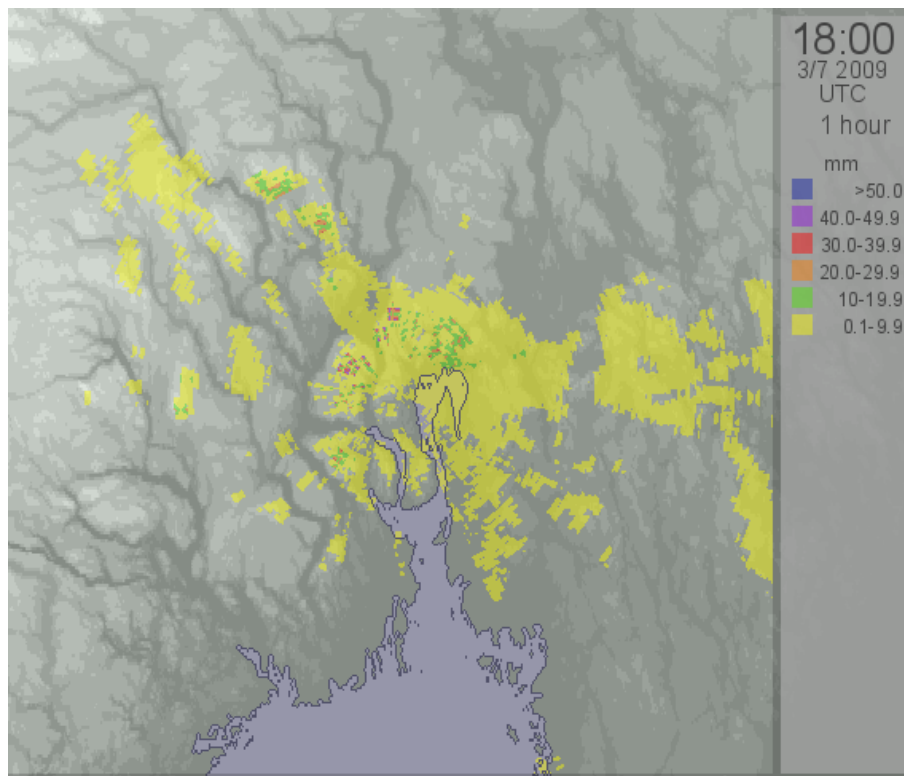
Figur 5.5. 1-times nedbør 21.08.2008 mellom 21-22 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

I episoden 21.8.2008 kl 21-22 UTC (Figur 5.5) ble det målt 24.1 mm nedbør ved Oslo-Blindern. To andre stasjoner i Oslo-området målte mellom 20-30 mm nedbør (Hausmannsgt 27.2 mm og Hovin 20.8 mm). Radarregistreringene viser et nedbør-område som dekket store deler av området rundt Oslofjorden, og med noen celler med kraftig nedbør; bl.a. i området med høyest pluviometerverdier. Høyeste timeverdi fra radar var ca. 43 mm.



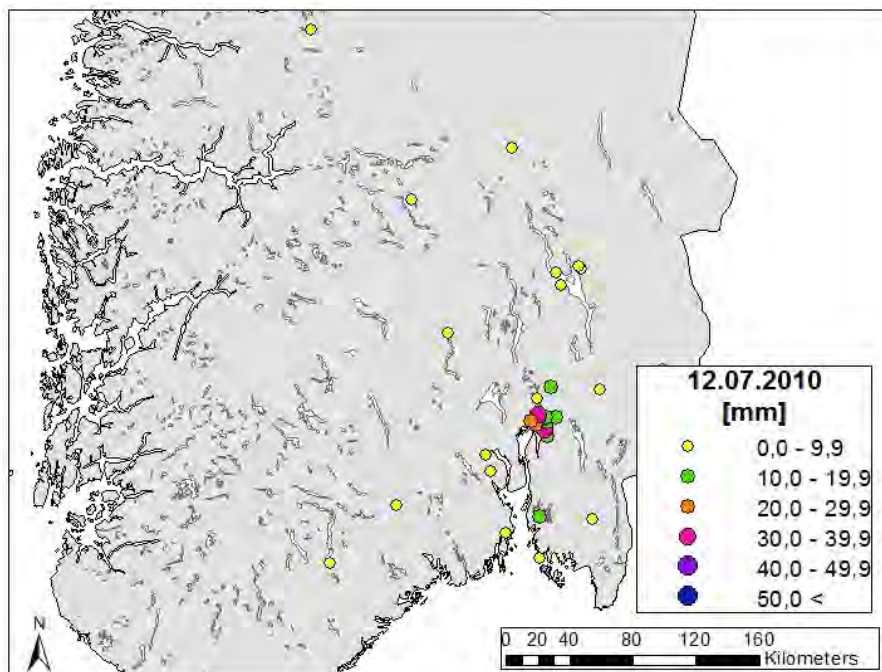
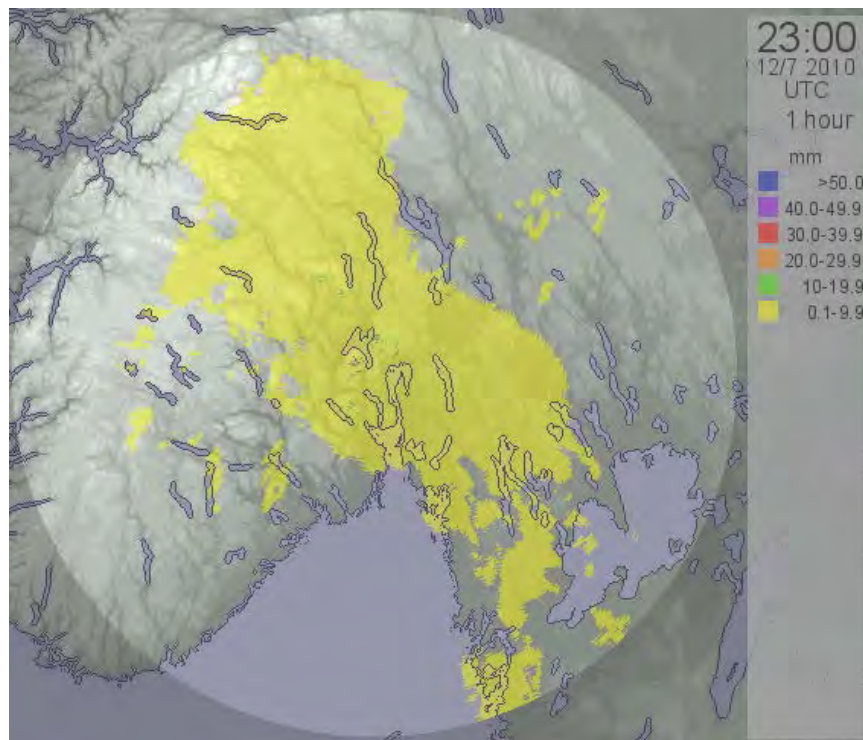
Figur 5.6. 1-times nedbør 24.06.2011 mellom 05-06 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

I episoden 24.6.2011 kl 05-06 UTC (Figur 5.6) ble det målt 22.7 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Kun to andre stasjoner i området hadde over 10 mm nedbør; høyest verdi ble registrert ved Hakadal (28.2 mm). Radarregistreringene viser nedbør over et større område nordvest for Oslofjorden, og med noen celler med kraftig nedbør; bl.a. nær Oslo-Blindern. Høyeste timeverdi fra radar var ca. 15 mm.



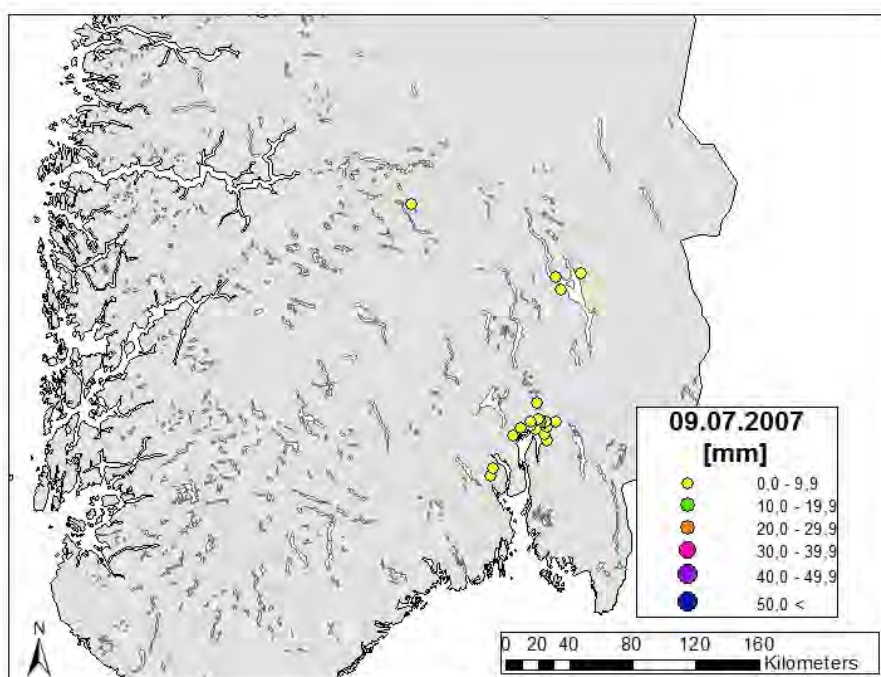
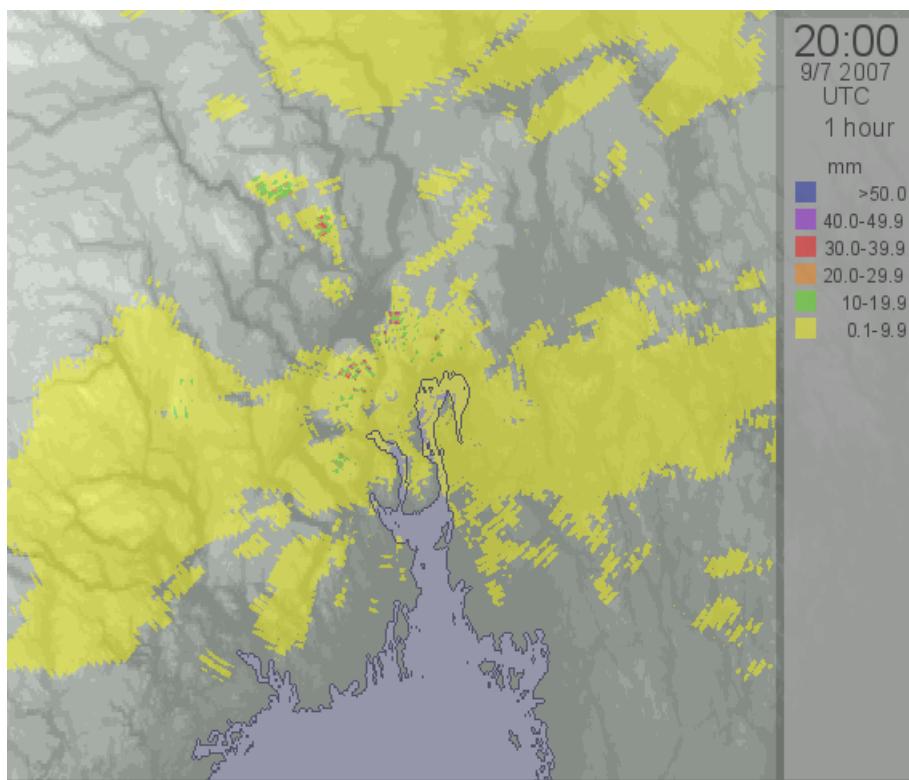
Figur 5.7. 1-times nedbør 03.07.2009 mellom 17-18 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

I episoden 3.7.2009 kl 17-18 UTC (Figur 5.7) ble det målt 18.7 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Én stasjon i Oslo-området (Hausmansgate 21.1 mm) hadde over 20 mm nedbør. Radarregistreringene viser at det var nedbør over et større område rundt Oslofjorden, og med noen celler med kraftig nedbør; bl.a. nær Oslo-sentrum. Høyeste timeverdi fra radar var 35 mm.



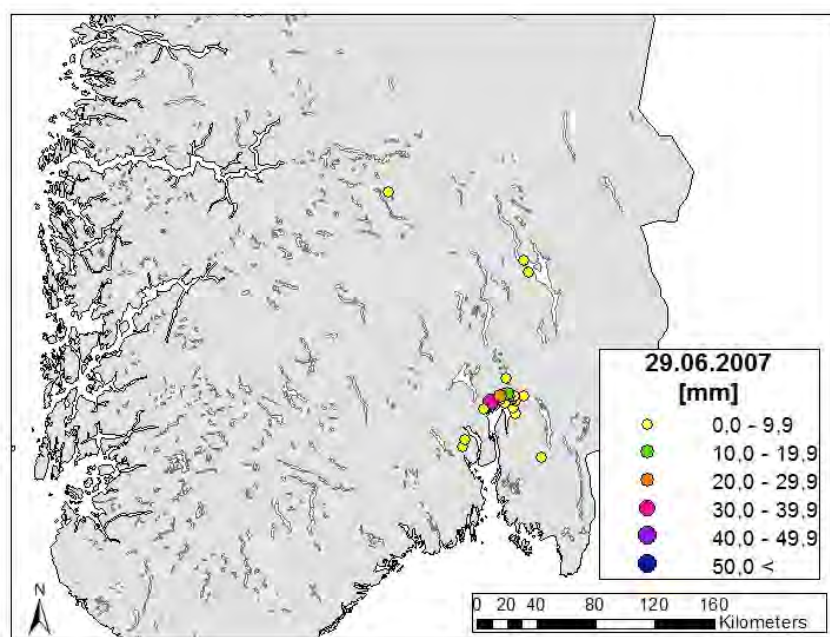
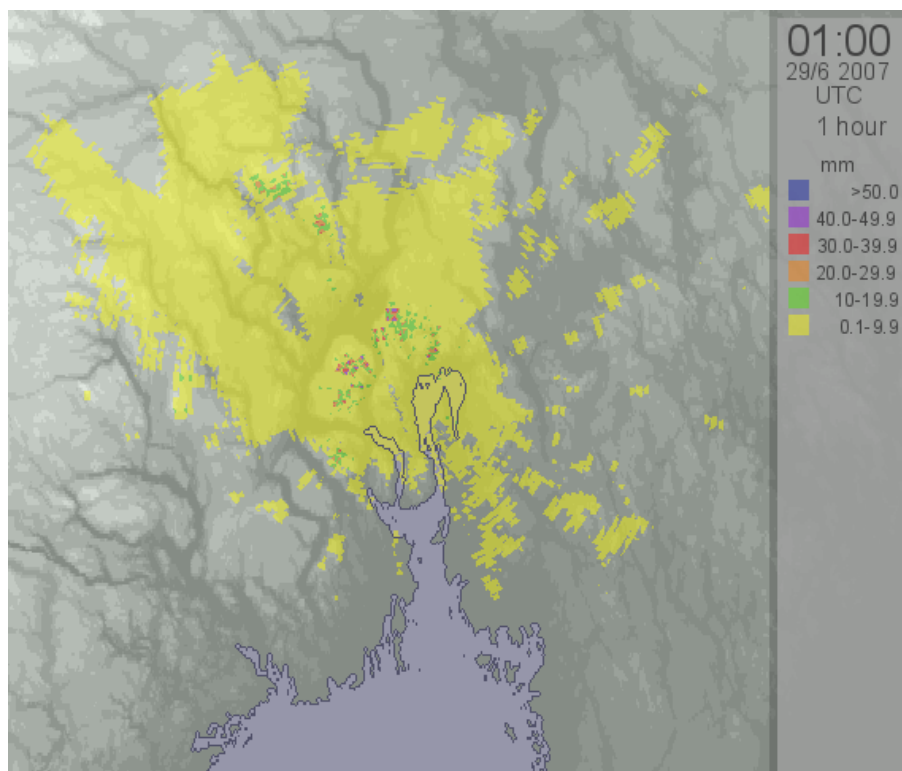
Figur 5.8. 1-times nedbør 12.07.2010 mellom 22-23 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst). (NB! Radarkart kun basert på scanninger kl 22, 2245 og 23)

I episoden 12.7.2010 kl 22-23 UTC (Figur 5.8) ble det målt 16.8 mm nedbør ved Oslo-Blindern. To stasjoner i Oslo-området (Lambertseter og Besserud) målte hhv. 33 og 32 mm nedbør, og en rekke stasjoner hadde over 10 mm. Radarregistreringene viser at det var nedbør over et større område, og med noen celler med kraftig nedbør bl.a. i og vest for Oslo-sentrum. Høyeste timeverdi fra radar var 28 mm.



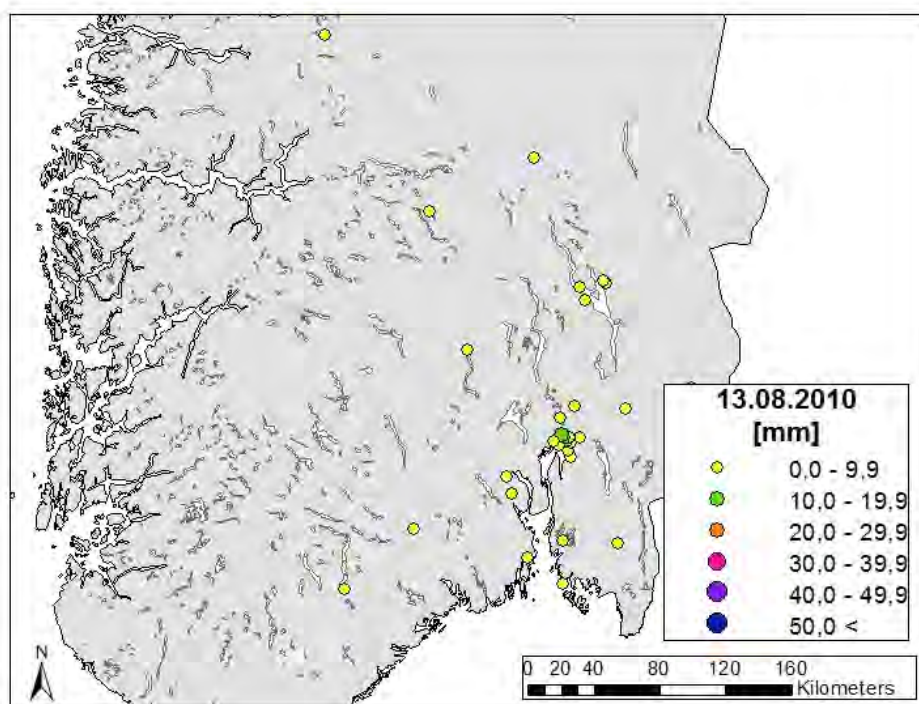
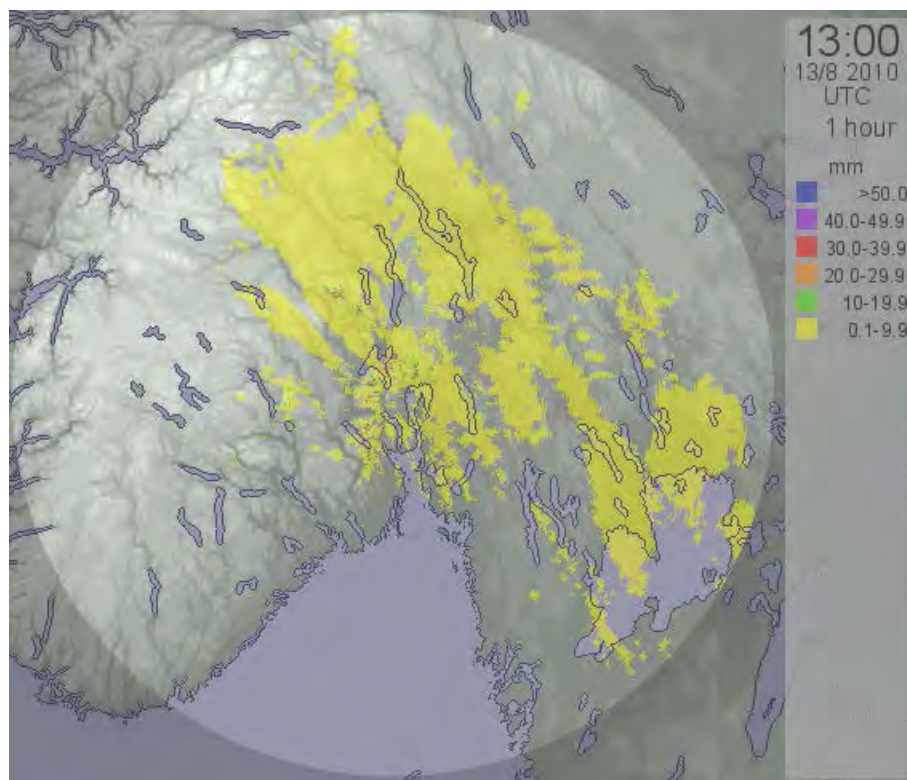
Figur 5.9. 1-times nedbør 09.07.2007 mellom 19-20 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

I episoden 9.7.2007 kl 19-20 UTC (Figur 5.9) ble det målt 16.5 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Dette var eneste stasjon i området som målte mer enn 10 mm nedbør. Radarregistreringene viser at det var nedbør over et langstrakt område, og med noen celler med kraftig nedbør bl.a. i Nordmarka og sørvest for Tyrifjorden. Disse cellene er ikke fanget opp av nettet av pluviometerstasjoner. Høyeste timeverdi fra radar var 39 mm.



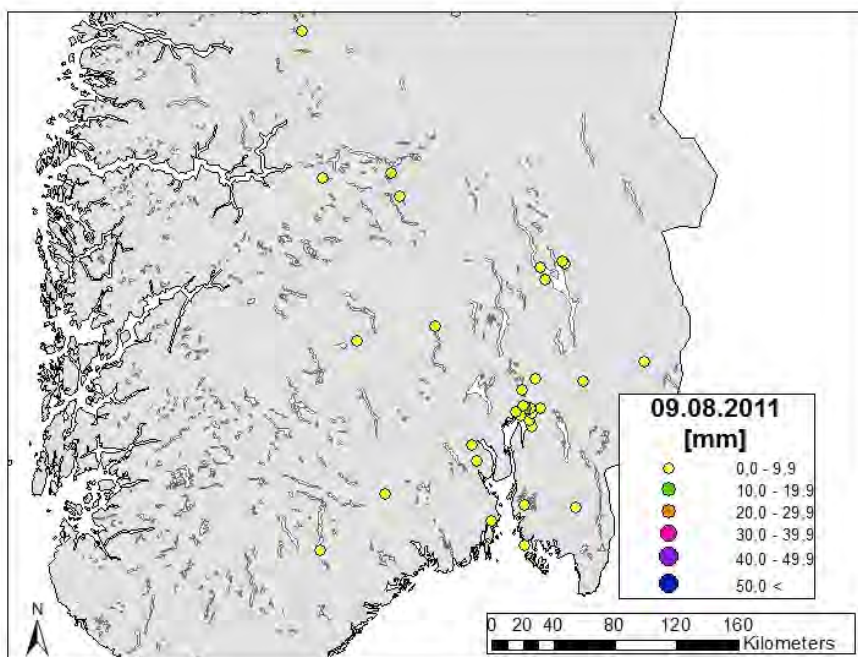
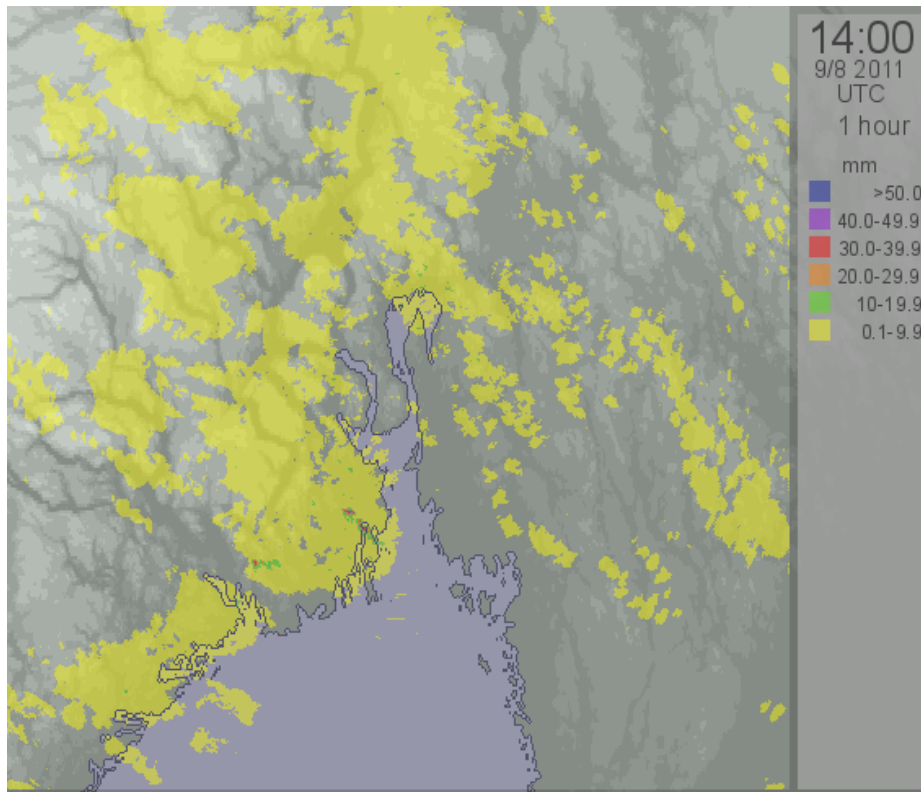
Figur 5.10. 1-times nedbør 29.06.2007 mellom 00-01 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

I episoden 29.6.2007 kl 00-01 UTC (Figur 5.10) ble det målt 14.4 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Ved Gjøttum ble det målt 33.4 mm og ved Øvrevoll 21.4 mm. Radarregistreringene viser at det var nedbør over et stort område i hovedsak vest for Oslo, og med noen celler med kraftig nedbør bl.a. i vestlige deler av Oslo-området, i Nordmarka og sørvest for Tyrifjorden. Høyeste timeverdi fra radar var 38 mm.



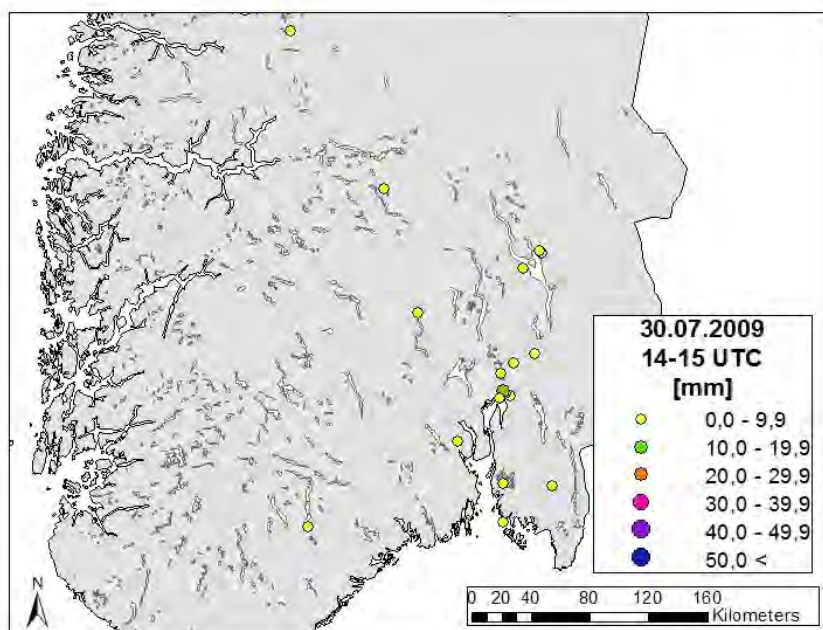
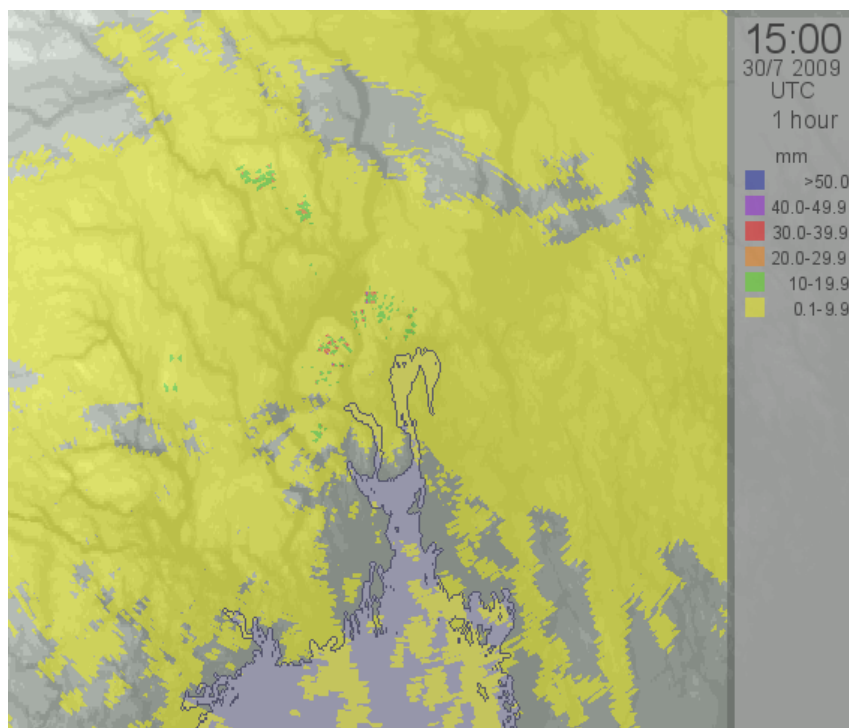
Figur 5.11. 1-times nedbør 13.08.2010 mellom 12-13 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

I episoden 13.8.2010 kl 12-13 UTC (Figur 5.11) ble det målt 13.8 mm nedbør ved Oslo-Blindern. To andre stasjoner i Oslo (Hausmannsgt og Besserud) målte ca. 10 mm. Radarregistreringene viser at det var nedbør over et stort SØ-NV orientert område i hovedsak øst for Oslo, og med noen celler med kraftig nedbør bl.a. i Oslo-sentrum og i Nordmarka. Høyeste timeverdi fra radar var ca 48 mm.



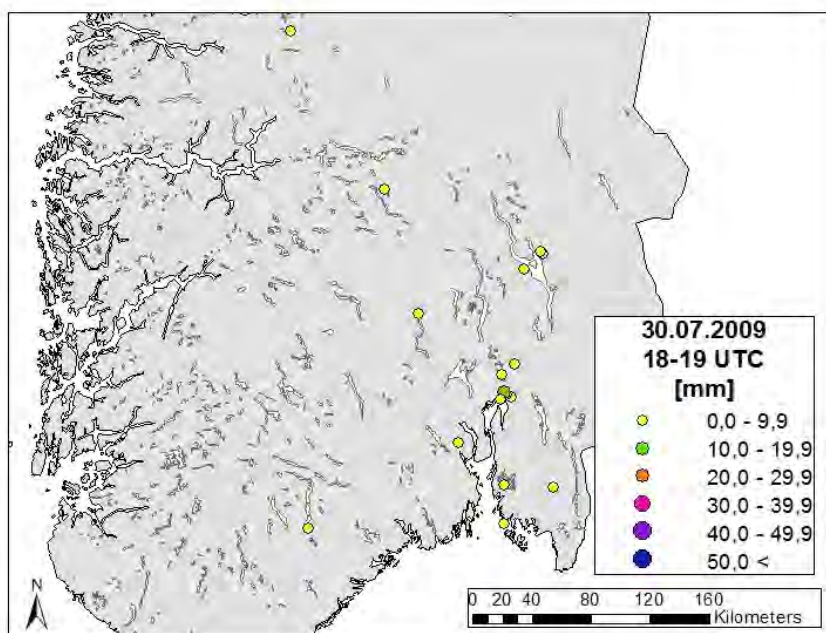
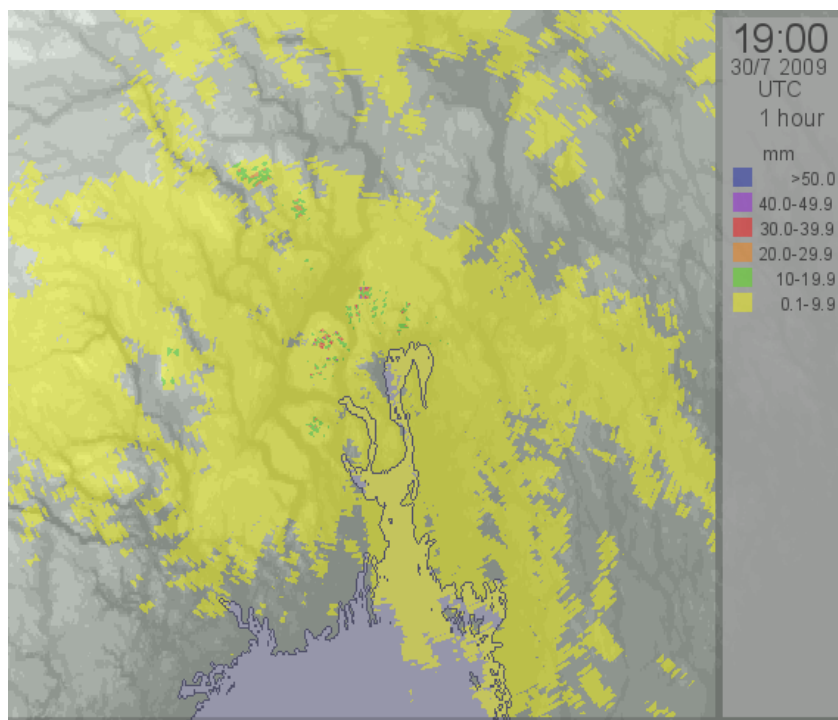
Figur 5.12. 1-times nedbør 09.08.2011 mellom 13-14 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

I episoden 9.8.2011 kl 13-14 UTC (Figur 5.12) ble det målt 13.7 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Dette var eneste stasjon som målte mer enn 10 mm nedbør i denne episoden. Radarregistreringene viser at det var nedbør over store deler av området, og med celler med kraftig nedbør bl.a. over Vestfold. Høyeste timeverdi fra radar var ca. 48 mm.



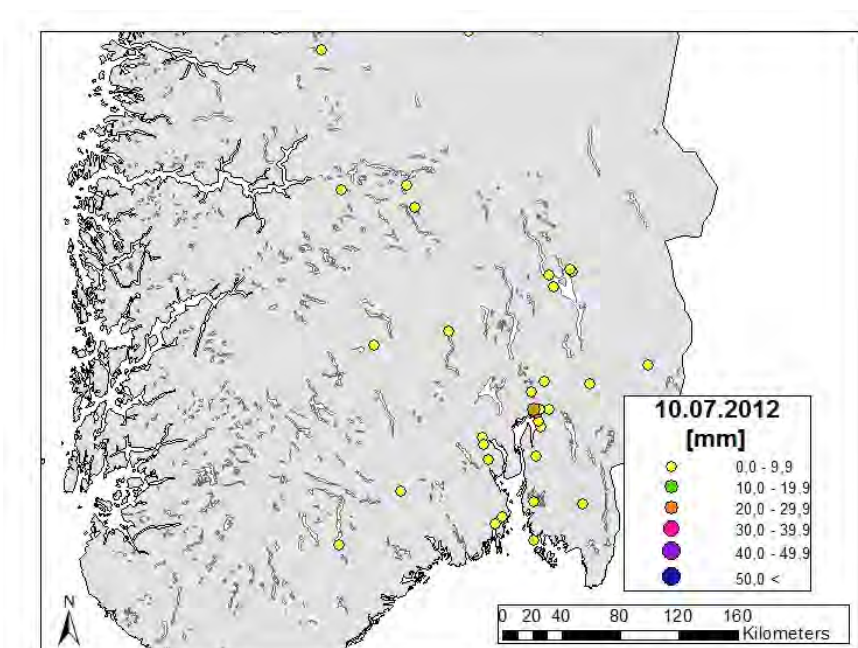
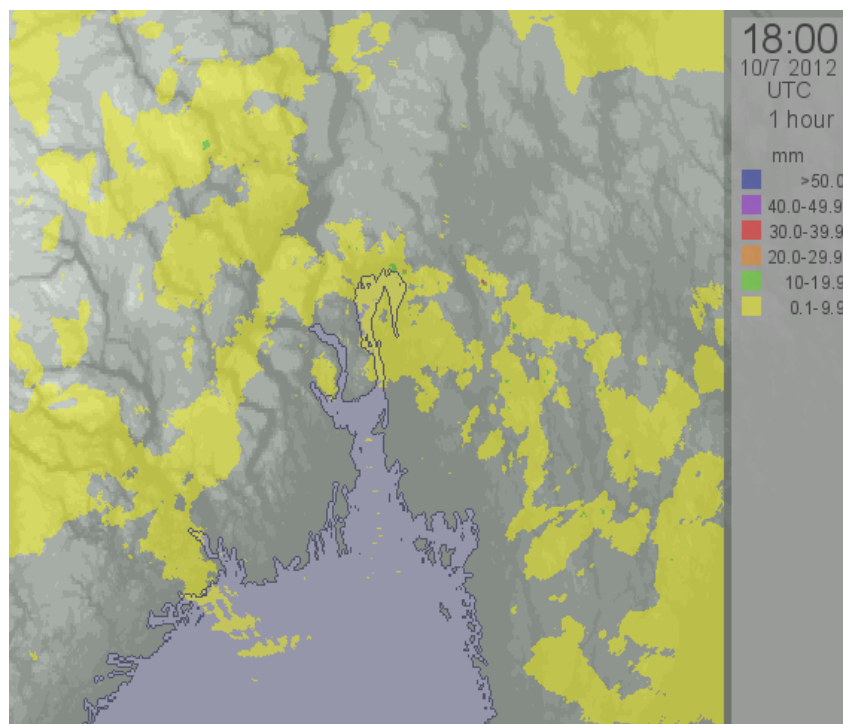
Figur 5.13. 1-times nedbør 30.07.2009 mellom 14-15 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst). (Oslo-Blindern målte 11.7 mm)

I episoden 30.7.2007 kl 14-15 UTC (Figur 5.13) ble det målt 11.7 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Dette var eneste stasjon som målte mer enn 10 mm nedbør i denne episoden. Radarregistreringene viser at det var nedbør over store deler av området, og med celler med kraftig nedbør bl.a. over Nordmarka. Høyeste timeverdi fra radar var ca. 25 mm.



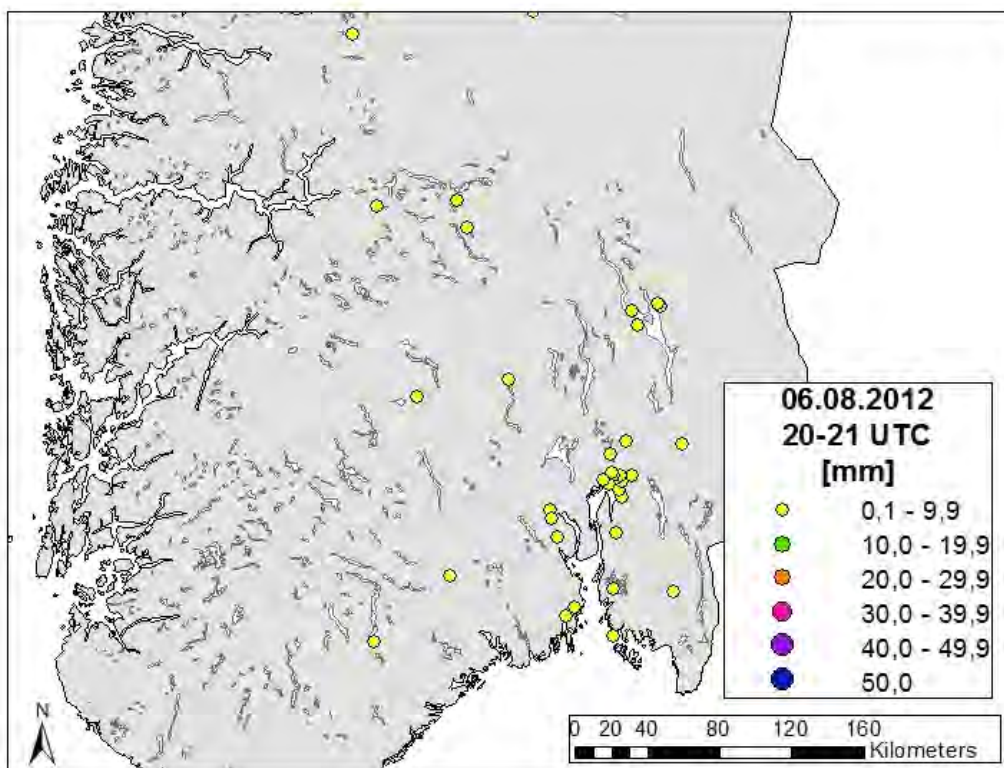
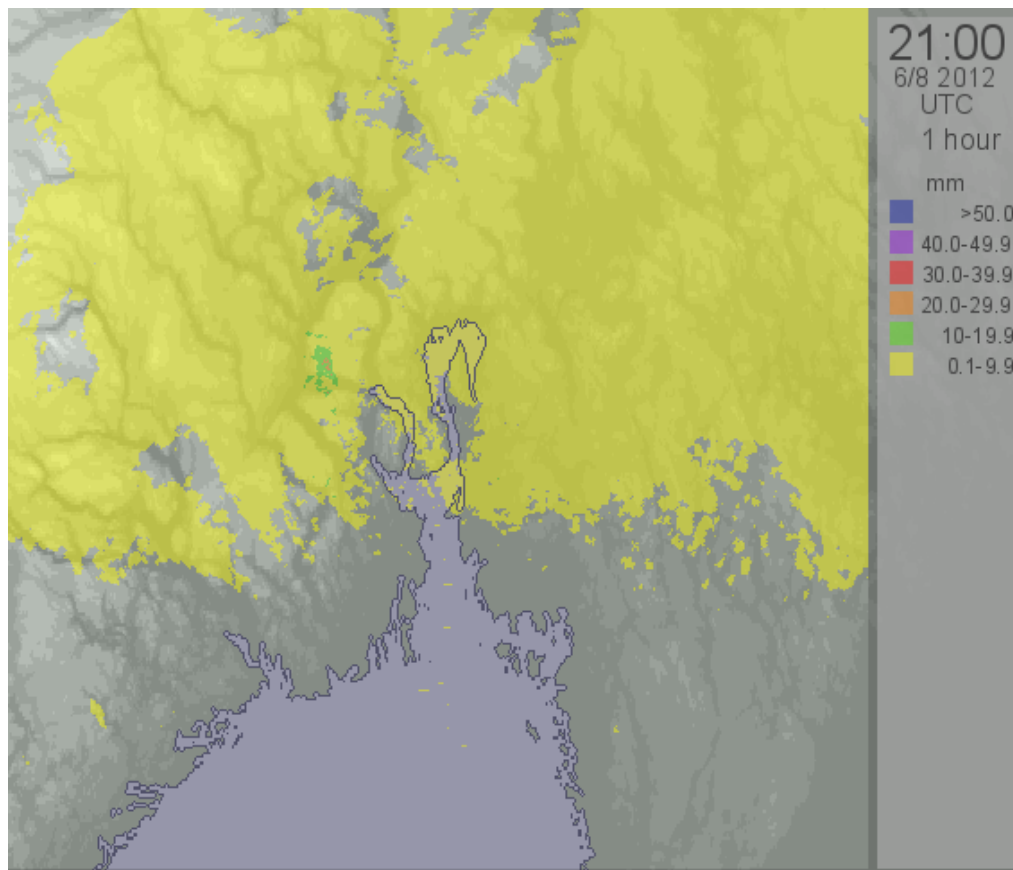
Figur 5.14. 1-times nedbør 30.07.2009 mellom 18-19 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst). (Oslo-Blindern målte 11.1 mm)

I episoden 30.7.2007 kl 18-19 UTC (Figur 5.14) ble det målt 11.1 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Dette var eneste stasjon som målte mer enn 10 mm nedbør i denne episoden. Radarregistreringene viser at det var nedbør over store deler av området, og med celler med kraftig nedbør bl.a. over Nordmarka. Høyeste timeverdi fra radar var ca. 27mm. Det var to kraftige nedbørepisoder over Oslo-området dette døgnet (se også Figur 5.13). Ved den regulære måling 31.7 kl 08 ble det målt døggnedbør på over 40 mm nedbør ved en rekke målestasjoner. Høyest døgnerverdi hadde Tryvasshøgda (57.4 mm) og Bjørnholt i Nordmarka (56.2 mm).



Figur 5.15. 1-times nedbør 10.07.2012 mellom 17-18 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

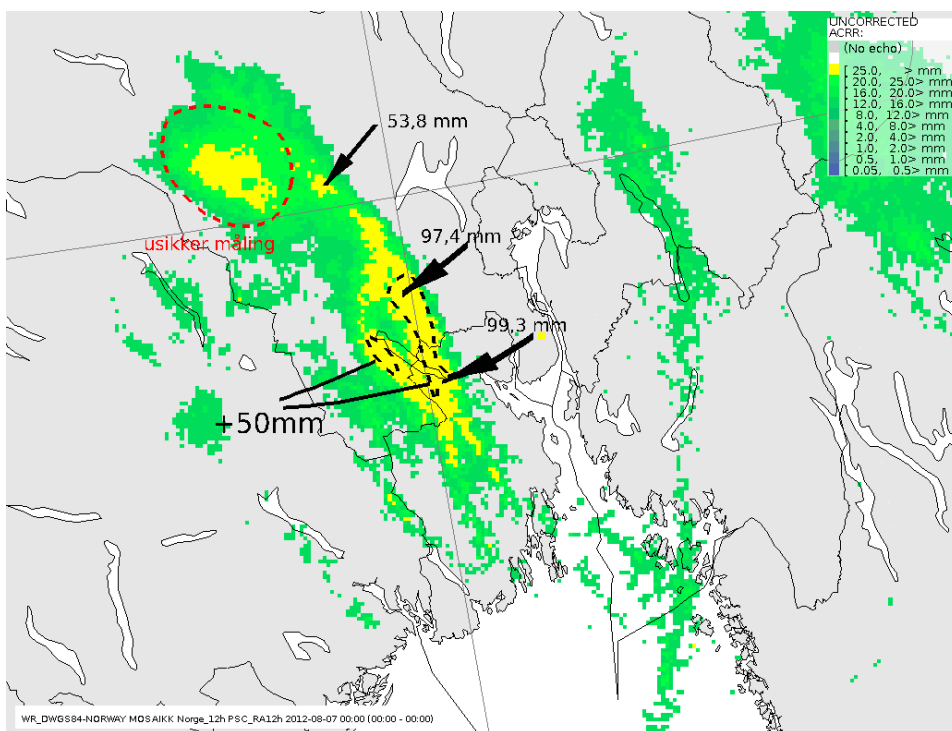
I episoden 10.7.2012 kl 17-18 UTC (Figur 5.15) ble det målt 28.5 mm nedbør ved Oslo-Blindern. Ved Hausmannsgt ble det målt 23.2 mm. Dette var de eneste stasjoner som målte mer enn 4 mm nedbør i denne episoden. Radarregistreringene viser nedbør over store deler av området, og med celler med kraftig nedbør bl.a. i Oslo-sentrum og øst for Øyeren. Høyeste timeverdi fra radar var ca. 23 mm.



Figur 5.16. 1-times nedbør 06.08.2012 mellom 20-21 UTC fra radar (øverst) og pluviometermålinger (nederst).

Episoden 6.8.2012 (forårsaket av uværet «Frida») kl 20-21 UTC (Figur 5.16) ble valgt pga. ekstreme nedbørverdier i Nedre Eiker-Hokksund området (Myrabø, pers.komm.). Kjellere ble oversvømt, og veier og jernbaner ble stengt i flere dager. Ved Oslo-Blindern ble det kun registrert ca. 2 mm nedbør i denne episoden. Radarregistreringene viser nedbør over store deler av området, og med celler med kraftig nedbør like vest for Drammen. Høyeste timeverdi fra radar var ca. 24 mm.

Den mest intense nedbøren i denne hendelsen forekom i en sone like vest for Drammen (Figur 5.17). Ved nedbørstasjonen Hakavik i Øvre Eiker ble det registrert 99.3 mm i løpet av en 24-timers periode. Bioforsk stasjonen i Hokksund registrerte 97,4 mm, av dette kom 51,8 mm i løpet av 2 timer fra kl 21-23. Uoffisielle målinger fra Mjøndalen ga 21,8 mm på 5 minutter, 32 mm på 10 min, 38,7 mm på 15 min, 59,4 mm på 30 min, 88,2 mm på 1 time og 114,2 mm på 2 timer. Alle disse uoffisielle målingene er høyere enn de høyeste pluviometer-verdiene for Østlandet som er gjengitt i Tabell 3 på side 12.



Figur 5.17. 12-timers nedbør fra radar. I områdene markert med gult er nedbørverdiene estimert til å være høyere enn 25 mm fra 12UTC mandag 6.8.2012 til 00UTC tirsdag 7.8.2012. Pilene markerer målestasjoner for nedbør. (Fra met.no info, 15/2012)



Foto: Erlend Koppergård



Burud (Foto: Steinar Myrabø)



Burud (Foto: Steinar Myrabø)



Burud (Foto: Steinar Myrabø)



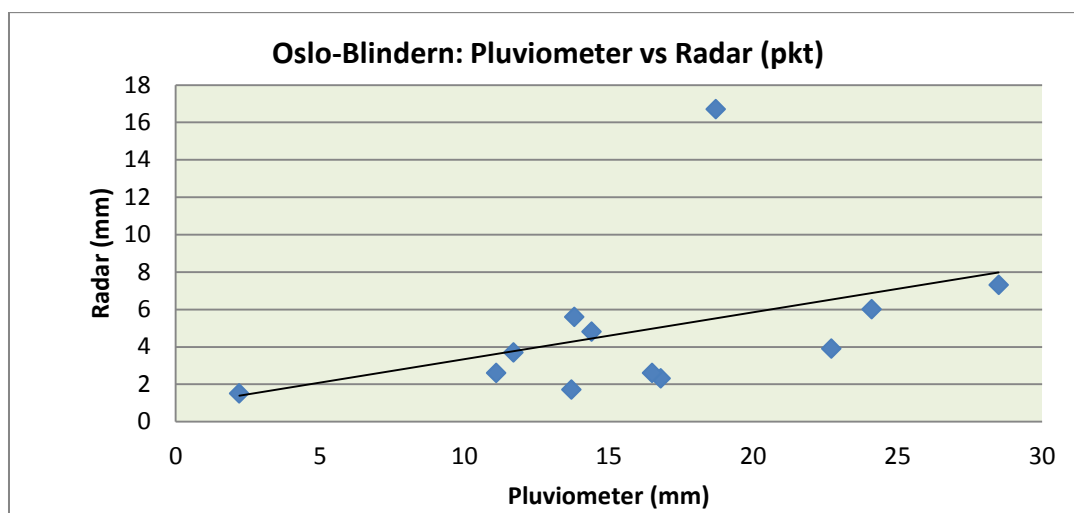
Burud (Foto: Steinar Myrabø)

Figur 5.18. Skader på vei- og jernbanenettet i nedbørepisoden 6.august 2012 («Frida»).

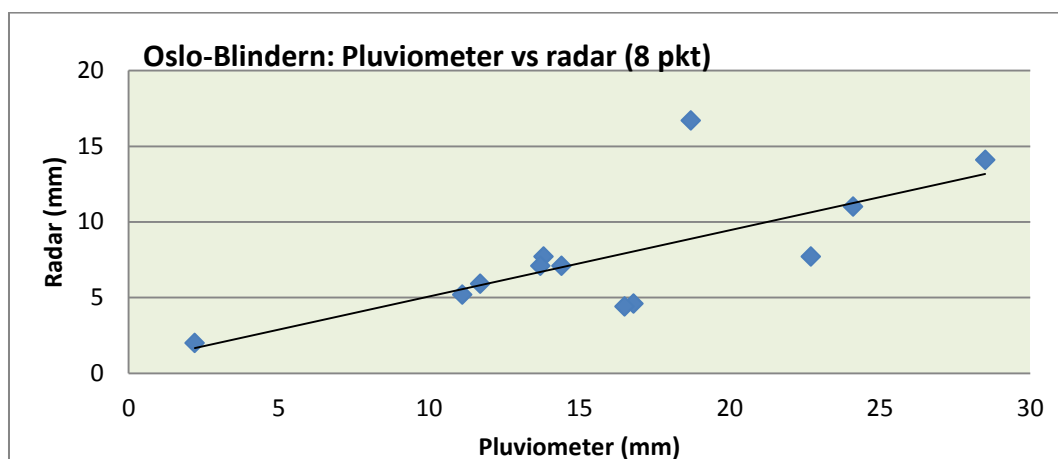
5.5 Samsvar mellom 1-times nedbør for Oslo-Blindern fra pluviometer og radar

Som det vil fremgå av kapittel 5.3 og 5.4 er det en rekke usikkerhetsfaktorer ved de 1-times radar-baserte nedbørverdier som er estimert for Oslo-Blindern (tabell 5). Dette gjelder både konvertering av radar-ekko fra ulike høydenivå til nedbørintensitet ved bakken, geografisk stedfesting og at radar-verdiene kun er basert på 5 scanninger i løpet av én time (kl 00, 15, 30, 45 og 00). Det vil senere i NIFS-prosjektet bli utført mer systematiske sammenligner av pluviometer-målinger og nedbør interpolert fra radar. Men som en første illustrasjon av samsvar mellom bakkemålinger og radar, viser diagrammene i figur 5.19- 5.21 spredningsplott for de 12 episodene i tabell 5.

For figur 5.19 og 5.20 er episoden 3.7.2009 den eneste som viser samme størrelsesorden på timenedbør fra radar og pluviometer; i de øvrige episoder er radarverdiene betydelig lavere enn målt i pluviometer. Dersom denne episoden tas med, blir r^2 for disse to episodene hhv. 0,17 og 0,51. Dersom denne episoden ekskluderes fra analysen blir for figur 5.19: $r^2=0,52$ ($y=0,19x + 0,8$) og for figur 5.20: $r^2 = 0,74$ ($y=0,40x + 0,7$). Det er disse trendlinjene som er vist i diagrammene. Trendlinjen i figur 5.20 forklarer nesten 90 % av variansen, og kan tolkes som at nedbør interpolert fra radar utgjør ca. 40 % av den målte nedbør. Radar-signal interpolert direkte til punktverdier for Oslo-Blindern (figur 5.19) utgjør ca. 20 % av målt timesnedbør.



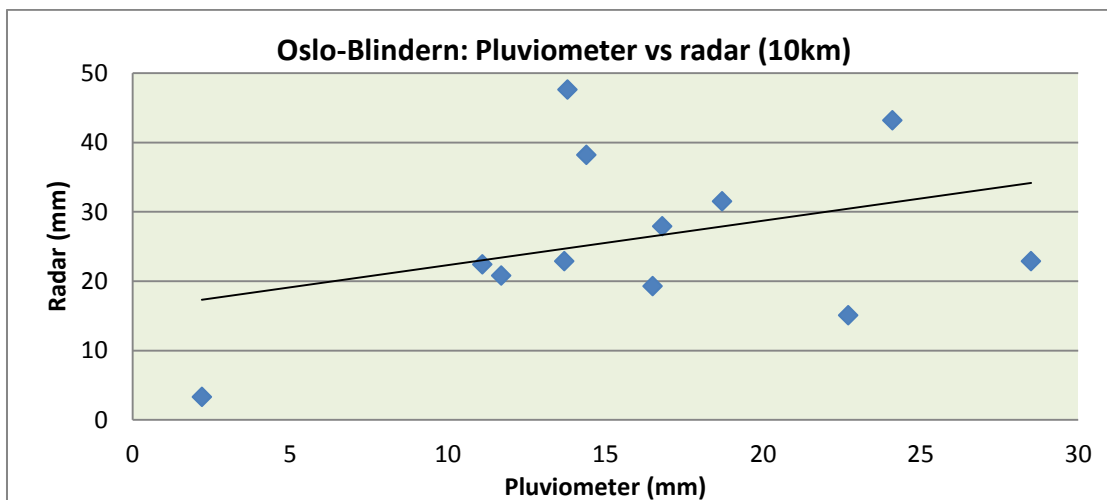
Figur 5.19. Spredningsplott for 1-times nedbørverdier fra pluviometer og radar for Oslo-Blindern. Radarverdiene er punktverdier for Oslo-Blindern



Figur 5.20. Spredningsplott for 1-times nedbørverdier fra pluviometer og radar for Oslo-Blindern. Radarverdiene er sammensatt fra 8 gridpunkt nær Oslo-Blindern

Figur 5.21 viser de høyeste 1-times nedbørverdier for gridpunkt mindre enn 10 km fra Oslo-Blindern. Mens figur 5.19 og 5.20 kan tolkes som at nedbør-intensitet fra radar underestimerer nedbør som faller på bakken, tyder figur 5.21 på at det i de fleste episodene var større nedbørintensitet i nærområdet enn målt i nedbørmåleren på Oslo-Blindern. Tabell 5 indikerer at det i noen av episodene var betydelig større nedbørintensitet i andre deler av Østlandet enn i Oslo-Blindern området. Dette understrekes av figur 5.5-5.16 som viser at det i samtlige av episodene var nedbør over større områder, og med noen celler med spesielt stor nedbørintensitet.

Det må sterkt understrekes at det foreliggende tallmateriale er altfor spinkelt til å trekke generelle konklusjoner. I NIFS-prosjektet vil analyser av samvariasjon mellom nedbør fra radar og målt på bakken fortsette.



Figur 5.21. Spredningsplott for 1-times nedbørverdier fra pluviometer og radar for Oslo-Blindern. Radarverdiene er sammensatt av gridpunkt <10 km fra Oslo-Blindern ($r^2=0,13$, $a=0,64$)

6. Oppsummering og konklusjoner

Det er gitt en oversikt over tilgjengelig dataserier for korttidsnedbør (≤ 24 timer) for Sørøst-Norge. Oversikten omfatter både registreringer med vippepluviometer (varighet ≥ 1 minutt) og vektpluviografer (≥ 1 time). Den eldste måleserien med vippepluviometer går tilbake til slutten av 1960-tallet, men det er bare et fåtall måleserier som er på over 30 år. Det er mer enn 20 serier som dekker tidsrom på over 20 år, men seriene dekker ulike deler av perioden 1967-2011.

De høyeste verdiene som er registrert er: 1 minutt: 4,3 mm; 10 minutter: 19,5 mm; 1 time: 54,9 mm; 2 timer: 80,2 mm; 3 timer: 87,6 mm; 6 timer: 93,6 mm; 12 timer: 95,2 mm og 24 timer: 131,6. De høyeste registrerte verdier og høyeste estimerte returperiode-verdier forekommer i de sørlige delene av regionen, - særlig i områder nær Oslofjorden. For ekstremvær-episoden «Frida» (6.8.2012) er det uoffisielle målinger fra Nedre Eiker – Hokksund området som overstiger de fleste av disse høyeste pluviometermålingene.

Den regionale variasjonen i intensitet-varighet-frekvens (IVF) statistikk viser ganske samsvarende verdier for korte varigheter. For eksempel er verdien for varighet på 15 minutter og returperiode på 10 år i intervallet $15 \text{ mm} \pm 10\%$ for seks utvalgte steder i ulike deler av regionen. For lenger varigheter indikerer resultatene betydelige lokale variasjoner. Noen av disse kan skyldes at noen av måleseriene er relativt korte, og dermed at returperiode-statistikken er basert på for kort (og ikke-representativ) tidsperiode til å gi robuste estimater. Det er også klare regionale trekk i IVF-verdiene;- med større nedbørintensitet for med økende varighet i sørlige deler av Østlandet.

Trendstudier for seks lange serier fra ulike deler av regionen tyder på at det for et flertall av seriene er positive trend både for høyeste nedbørintensitet og for hyppighet av kraftige nedbørepisoder. I det videre arbeid i NIFS-prosjektet vil det bli utført mer detaljerte analyser av om det er lokale variasjoner i trender i korttidsnedbør i ulike tidsperioder.

Nedbørregistreringene fra pluviometre og værradar viser at samtidig høy korttids nedbørintensitet på nabostasjoner forekommer forholdsvis sjelden. Generelt viser resultatene at simultan høy intensitet avtar raskt med økende avstand mellom stasjonene. Ettersom det er store år-til-år variasjoner i nedbørforhold, kan noen av de avvikende forholdstall for samtidig nedbør på nærliggende stasjoner forklares med stasjoner med korte måleperioder kombinert med lav nedbørintensitet i driftsperioden. Også høye forholdstall for samtidig nedbør på stasjoner med lang avstand kan forklares med korte måleperioder kombinert med store nedbørmengder.

I tolv episoder med høy 1-times nedbør ved Oslo-Blindern, ble den geografiske nedbørfordeling studert basert på akkumulerte verdier for 1-times nedbør fra pluviometre og værradaren i Oslo-regionen. Resultatene tyder på at ingen av de valgte hendelsene skyldtes enkeltliggende, isolerte konvektive celler lokalisert over kun dette målestedet. For alle hendelsene var de høye nedbørverdiene ved Oslo-Blindern del av større nedbørsystemer som dekket store områder i Sørøst-Norge, men med celler med høy nedbørintensitet. Det er en rekke usikkerhetskilder ved konvertering av radarekko til nedbørintensitet ved bakken. I tillegg er timenedbør akkumulert fra radar kun basert på fem «stikkprøver» ved radar-scanninger hvert 15de minutt. De foreløpige analysene er basert på et meget begrenset datamateriale, men viser en del interessante resultat. I de fleste episodene utgjorde radarnedbør interpolert til Oslo-Blindern ca. 20-40 % av målt nedbør, men radarsignalene tydet på at de oftest var begrensede områder med høyere nedbørintensitet innen et område på 10 km fra Oslo-Blindern.

Takk

Stor takk til Per Ove Kjensli for gode kommentarer og innspill, til Nils Langgård for oppdatering av pluviometer-serier og til Hanna Szewczyk-Bartnicka for oppdatering av IVF-kurver.

Referanser

- Andrieu; Hervé and Jean Dominique Creutin. Identification of vertical profiles of radar reflectivity for hydrological applications using an inverse method. part 1: Formulation. AMS, 14(3):342–351, January 1994.
- Bakkehøi, S., E.J. Førland & K. Øien, 1985: An Automatic Precipitation Gauge Base don Vibrating-Wire Strain Gauges. Nordic Hydrology, 16, 193-202
- Bell, F. C., 1976. The areal reduction factor in rainfall frequency estimation. Report no.35, Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Berne, Alexis; Guy Delrieu, Hervé Andrieu, and Jean-Dominique Creutin. Influence of the vertical profile of reflectivity on radar-estimated rain rates at short time steps. Journal of Applied Meteorology, 5(2):296–310, April 2004.
- Doviak, Richard J and Dušan S. Zrníć. Doppler Radar and Weather Observations. Academic Press, 2nd edition, 1993.
- Dyrddal, Anita Verpe; Ketil Isaksen, Hans Olav Hygen, Nele Kristin Meyer. Past changes in frequency, intensity, and spatial occurrence of meteorological triggering variables relevant for natural hazards in Norway.
- Franco, Mariá; Rafael Sánchez-Diezma, and Daniel Sempere-Torres. Improving radar precipitation estimates by applying a vpr correction method based on separating precipitation types. In 5th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Helsinki, Finland, 2008.
- Førland, Eirik J., 1987: Beregning av ekstrem nedbør. Met. Inst. Rapport 23/1987 KLIMA
- Førland et al., 1996: Manual for operational correction of Nordic precipitation data. Report 24/96 Norwegian Meteorological institute, Oslo, Norway,
- Mamen, Jostein & Knut A. Iden, 2010: Analyse av korttidsnedbør I Norge 1967-2009. met.no Rapport 11/2010 Climate,
- Mamen, Jostein; Rasmus Benestad, and Jan Erik Haugen. Analysis of short term precipitation in Norway 1967-2010. met.no Report 15/2011, Oslo, 2011.
- Marshall, J. S. and W. M. Palmer. The distributions of raindrops with size. Journal of Meteorology, 9(327–332), 1948.
- Myrabø, Steinar, 1997: Temporal and spatial scale of response area and ground water variation in till. Hydrological processes, Vol11, 1861-1880.
- Vignal, Bertrand and Witold F. Krajewski. Large-sample evaluation of two methods to correct range dependent error for wsr-88d rainfall estimates. Journal of hydrometeorology, 2(5): 490-504, October 2001

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2012

- Nr. 1 Kvikkleireskred ved Esp, Byneset i Trondheim. Kari Øvrelid (20 s.)
- Nr. 2 Årsrapport for tilsyn 2011 (40 s.)
- Nr. 3 Første inntrykk etter ekstremværet Dagmar, julen 2011 (28 s.)
- Nr. 4 Energy consumption. Energy consumption in mainland Norway (59 s.)
- Nr. 5 Climate change impacts and uncertainties in flood risk management: Examples from the North Sea Region (62 s.)
- Nr. 6 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2011. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.) (86 s.)
- Nr. 7 Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnett 2012. Inger Sætrang (53 s.)
- Nr. 8 Flomrisikoplan for Gaula ved Melhus. Et eksempel på en flomrisikoplan etter EUs flomdirektiv (78 s.)
- Nr. 9 Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling. Sluttrapport. Jan Slaggård (31 s.)
- Nr. 10 Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft 2011 (15 s.)
- Nr. 11 Flomsonekart: Delprosjekt Ålen: Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 12 NVEs årsmelding 2011
- Nr. 13 Vannet vårt. Hydrologi i Norge 2011
- Nr. 14 Capacity building in Hydrological Services Course in Water Level recording and Data Processing at Ministry of Water and Energy 13th – 16th February 2012. Documentation (23 s.)
- Nr. 15 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2011. Jonatan Haga og Per Alve Glad (40 s.)
- Nr. 16 Challenges in Flood Risk Management Planning. An example of a Flood Risk Management Plan for the Finnish-Norwegian River Tana. Eirin Annamo (59 s.)
- Nr. 17 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 1. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)
- Nr. 18 Eksempelsamling. Risiko- og sårbarhetsanalyser for kraftforsyningen
- Nr. 19 Annual Report 2011 The Norwegian Energy Regulator
- Nr. 20 Flomberegning for Levangselva. Lars-Evan Pettersson
- Nr. 21 Driften av kraftsystemet 2011. Karstein Brekke (red.)
- Nr. 22 Annual report 2009 The cooperation between the Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad), the Ministry of Foreign Affairs (MFA) and the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)
- Nr. 23 Flaumsonekart. Delprosjekt Naustdal Siss-May Edvardsen, Camilla Meidell Roald
- Nr. 24 Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2011
- Nr. 25 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 2. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)
- Nr. 26 Glimt fra NVEs historie. Per Einar Faugli
- Nr. 27 Glimses form the history of NVE. Per Einar Faugli
- Nr. 28 Regiontjenesten 100 år. Per Einar Faugli
- Nr. 29 Flomsonekart. Delprosjekt Vigeland. Per Ludvig Bjerke og Julio Pereira
- Nr. 30 Energibruksrapporten 2012. Energibruk i husholdningene.
- Nr. 31 Flom og stor vannføring forårsaket av ekstremværet Frida august 2012
- Nr. 32 Bioressurser i skog – kartlegging av økonomisk potensial. Even Bergsens, Tron Eid, Per Kristian Rørstad og Erik Trømborg, UMB
- Nr. 33 Naturfareprosjektet: Kvikkleireworkshop. En nasjonal satsing på sikkerhet i kvikkleireområde. Teknologidagene, Trondheim, 2012
- Nr. 34 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Datarapport for Kvikkleireskred ved Esp i Byneset i januar 2012
- Nr. 35 Naturfareprosjektet: Skredvarsling, beredskap og sikring Erfaringer fra studietur til Ministry of Transportation (British Columbia) og Canadian Avalanche Center Teknologidagene, Trondheim, 2012
- Nr. 36 Tid for ny markedsdesign? Finn Erik Ljåstad Pettersen, Anne Sofie Ravndal Risnes

- Nr. 37 Flomberegning for Fagernes (012.LZ). Ingeborg Kleivane
- Nr. 38 Inventory of Norwegian glaciers. Liss M. Andreassen and Solveig H. Winsvold (Eds.)
- Nr. 39 Totalavløpet fra Norges vassdrag 1900-2010. Lars-Evan Pettersson
- Nr. 40 Naturfareprosjektet: Programplan 2012-2015 for etatsprogrammet "NATURFARE – infrastruktur, flom og skred (NIFS)"
- Nr. 41 Vinden som blåste i fjor. Hvor sterk var Dagmar?
- Nr. 42 Kartlegging av grunnvannsressurser. Dimakis Panagotis
- Nr. 43 Kvartalsrapport for kraftmarknaden 3. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)
- Nr. 44 Isstorm. Ising på kraftforsyningsnettet. Roger Steen (red.)
- Nr. 45 Trær til besvær. Lærdommer om skogrydding i etterkant av ekstremværet Dagmar
- Nr. 46 Naturfareprosjektet: Detektering av kvikkleire fra ulike sonderingsmetoder
- Nr. 47 Havvind – Strategiske konsekvensutredninger
- Nr. 48 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – fiskerierinteresser
- Nr. 49 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – skipstrafikk
- Nr. 50 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – teknologi- og kostnadsutvikling
- Nr. 51 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – verdiskaping og sysselsetting
- Nr. 52 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – kulturminner og kulturmiljø
- Nr. 53 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – sjøfugl
- Nr. 54 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – landskap, friluftsliv og reiseliv
- Nr. 55 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – forholdet til lover og internasjonale konvensjoner
- Nr. 56 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – petroleumsinteresser
- Nr. 57 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – miljørisiko og beredskap
- Nr. 58 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – kraftsystem og nettilknytning
- Nr. 59 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – kraftproduksjon og vindforhold
- Nr. 60 Fagrapport til strategisk konsekvensutredning av fornybar energiproduksjon til havs – bunnsamfunn, fisk og sjøpattedyr
- Nr. 61 Kostnadseffektivitet hos selskap med distribusjonsnett
- Nr. 62 Revidering av regelverket for beredskap i energiforsyningen og forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen (beredskapsforskriften)
Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftstekst
- Nr. 63 Visuelle virkninger av transformatorstasjoner. Matilde Anker (red.)
- Nr. 64 Beregning av kapasitetskurver for Øyeren ved Mørkfoss. Demissew Kebede Ejigu og Erik Holmqvist
- Nr. 65 Ny forskrift om energiutredninger. Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftstekst
- Nr. 66 Endringer i forskrift 30. november 2004 nr 1557 om leveringskvalitet i kraftsystemet.
Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftstekst

- Nr. 67 Forskrift om endring av forskrift om systemansvaret i kraftsystemet. Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftstekst
- Nr. 68 Innstilling til OED – forslag til endring av forskrift 7. desember 1990 nr 959 om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energilovforskriften). Oppsummering av høringsuttalelser og forslag til endelig forskriftstekst
- Nr. 69 Beskyttelse av kritiske IKT-system i energiforsyningen. Muligheter og utfordringer i forlengelse av en CSIRT (Computer Security Incident Response Team) som understøttelse av IKT-sikkerheten i energiforsyningen CSIR T (Computer Security Incident Response Team) som understøttelse av energiforsyningen.
- Nr. 70 Endringer i forskrift om kontroll av nettvirksomheten . Oppsummering av høringsuttalelser og endelig forskriftstekst.
- Nr. 71 Endring av modeller for fastsettelse av kostnadsnormer fra 2013. Oppsummering av høring
- Nr. 72 Naturfareprosjektet: Likestilling mellom bruk av absolutt materialfaktor og prosentvis forbedring?
- Nr. 73 Naturfareprosjektet: Probabilistiske analyser av grunnundersøkelser i sensitive leiområder.
- Nr. 74 Naturfareprosjektet: Prosentvis forbedring av materialfaktor i sprøbruddmaterialer.
- Nr. 75 Naturfareprosjektet: Bruk av anisotropiforhold i sprøbruddmaterialer.
- Nr. 76 Delprosjekt Tromsdalselva. Anders Bjordal og Ivar Olaf Peereboom.
- Nr. 77 Skredfarekartlegging på aktsomhetsnivå. Utvalgte områder i Sel kommune.
- Nr. 78 Naturfareprosjektet: Ekstrem korttidsnedbør på Østlandet fra pluviometer og radardata.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

