

---

RAPPORT

# NS9415 Strømprosjekt

---

OPPDRAKSGIVER

Sintef

EMNE

Metoder for fastsettelse av ekstremstrøm

DATO / REVISJON: 31. oktober 2018 / 02

DOKUMENTKODE: 10205468-RIMT-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>NS9415 Strømprosjekt</b>	DOKUMENTKODE	10205468-RIMT-RAP-001
EMNE	Metoder for fastsettelse av ekstremstrøm	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Sintef</b>	OPPDRAGSLEDER	Juliane Borge
KONTAKTPERSON	Grim Eidnes	UTARBEIDET AV	Juliane Borge
		ANSVARLIG ENHET	10235042 Marint miljø og havbruk Nord

## SAMMENDRAG

Som grunnlag til revisjonen av NS9415 skal det utarbeides forbedrede eller nye metoder for beregning av dimensjonerende strømhastighet med 10 og 50 års returperiode for måleserier av strøm med forskjellig varighet, midling og opphav. Som et grunnlag for dette arbeidet er 22 datasett med måleperiode på ett år eller lengre undersøkt. Rapporten gir resultater av undersøkelser av omregningsfaktorer fra målinger av forskjellig lengde til 10 og 50 års ekstremverdier, samt diskuterer effekten av forskjellige måleteknikker (Burstmålinger, 30 min intervall).

Resultatene viser at det er en stor spredning mellom de individuelle månedsmaksima. Dagens praksis for å beregne 50 års strøm ved bruk av en månedsmåling og konstanten 1.85 gir derfor usikre estimat av dimensjonerende strøm. Datasettene som er undersøkt her viser at dagens praksis medfører underestimering av dimensjonerende strøm for ca 45% av månedsmålingene.

Nøyaktigheten i dimensjonerende strøm kan bare økes gjennom å øke lengden på måleperioden. Det kan imidlertid være aktuelt å videreføre dagens praksis med bruk av omregningsfaktor fra observert strømmaksimum i en måleperiode kortere enn et år til 50 års strøm. Om dette videreføres, anbefales det å velge et sikkerhetsnivå og definere omregningsfaktorer basert de kumulative fordelingene av omregningsfaktorer som er beregnet i denne rapporten.

Enhver forlengelse av måleperioden utover en måned, sammen med et tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå på valget av omregningsfaktor, vil bidra til færre tilfeller av underestimering av dimensjonerende strøm. Alternativet som gir mest presis fastsettelse av dimensjonerende strøm, er imidlertid måling over minst et år med tilhørende ekstremver dianalyse.

2	31.10.2018	Lagt inn informasjon om Sintefs målinger, Oppdatert kap 5.1 og kap 6, sammendrag	JB	EH	EH
1	28.09.2018	Oppdatert med Sulafjorden 20 m og Halsafjorden	JB	EH	EH
0	25.09.2018	Rapport	JB, MA	EH	EH
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Datagrunnlag .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Metoder .....</b>	<b>7</b>
3.1	Ekstremverdianalyser .....	7
3.2	Omregningsfaktorer til ekstremverdier .....	7
3.3	Effekten av å redusere samplingsintervall til 30 minutt .....	7
3.4	Responstid av et flytende oppdrettsanlegg .....	7
3.5	Omregningsfaktorer mellom 10 min middel og kortere midlingsperioder .....	8
<b>4</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>8</b>
4.1	Variasjon i månedsmaksima .....	8
4.2	Omregningsfaktorer til ekstremverdier .....	9
4.3	Effekten av å redusere samplingsintervall til 30 minutt .....	13
4.4	Responstid av et oppdrettsanlegg .....	14
4.5	Omregningsfaktorer mellom 10 min middel og kortere midlingsperioder .....	15
<b>5</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>16</b>
5.1	Omregningsfaktorer til ekstremverdier .....	16
5.2	Effekten av å redusere samplingsintervall til 30 minutt .....	16
5.3	Responstid av et oppdrettsanlegg .....	16
5.4	Omregningsfaktorer mellom 10 min middel og kortere midlingsperioder .....	17
<b>6</b>	<b>Konklusjoner.....</b>	<b>18</b>
6.1	Måleperiode og metode for ekstremverdifastsettelse .....	18
6.2	Måleoppsett .....	19

## 1 Bakgrunn

Som grunnlag til revisjonen av NS9415 skal det utarbeides forbedrede eller nye metoder for beregning av dimensjonerende strømhastighet med 10 og 50 års returperiode fra måleserier av strøm med forskjellig varighet, midling og opphav.

I henhold til dagens NS9415 skal ekstremverdier med 10 og 50 års returperiode fastsettes enten ved bruk av månedsmaksima ganger henholdsvis 1.65 og 1.85, eller ved ekstremverdianalyse av årsmålinger. Det er knyttet stor usikkerhet til de nevnte omregningsfaktorene, og det er ikke angitt metoder for måleintervaller mellom 1 måned og 1 år. Prosjektet undersøker derfor omregningsfaktorer fra målinger av forskjellig varighet til 10 og 50 års ekstremverdier.

Dagens NS9415 omtaler strømhastighet som 10 min vektormiddel. På grunn av batteribehov blir det i praksis ofte målt 1-3 min middel hvert 10. min. Prosjektet skal undersøke effekten av dette og undersøke om det kan finnes pålitelige omregningsfaktorer mellom 10 min middel og kortere midlingsperioder. I denne sammenhengen er responstiden av et oppdrettsanlegg undersøkt.

## 2 Datagrunnlag

Data for prosjektet ble tilgjengeliggjort og analysert av Sintef, Aquastructures, Åkerblå og Multiconsult.

For analyse av omregningsfaktorene til ekstremverdier er det tilgjengelig 22 datasett fra forskjellige lokaliteter. Lengden på datasettene varierer fra 1 år til 2,5 år. Måledyp på alle lokaliteter unntatt to er 5 m og 15 m. På lokalitet M21 og M22 er det rapportert målinger fra 1 m og 20 m dyp. Totalt er det tilgjengelig 661 månedsmålinger (inkludert alle dyp). Mer informasjon om datasettene brukt for å estimere omregningsfaktor til ekstremverdier er gitt i *Tabell 2*.

Datagrunnlaget for analyser av omregningsfaktor mellom 10 min middelverdier og kortere midlingsperioder er betydelig mindre, med 3 datasett. Informasjon om datasettene er gitt i *Tabell 1*.

*Tabell 1 Datasett brukt for analyser av omregningsfaktorer mellom 10 min middelverdier og kortere midlingsperioder*

#	Måleperiode (antall dager)	Måledyp	Instrumenter	Måleintervall	Midlingsintervall	Data gjort tilgjengelig av
MC1	10.5.2011-13.5.2011 (4)	19-37 m	RDCP600	1 min	60 s	Multiconsult
MC2	08.03.2016-12.5.2016 (67)	5, 15, 25 m	Seaguard String	1 min	60 s	Multiconsult
AS	15.12.2016-31.12.2016 (17)	5, 15, 25 m	Aquadopp Profiler	1 min	30 s	Aquastructures

Tabell 2 Datasett brukt for analyser av omregningsfaktorer opp til 10 og 50 års ekstremverdier, \* 1 m inkluderes i 5 m statistikk og 20 m i 15 m statistikk

#	Måleperiode (antall dager)	Vanndyp	Måledyp	Instrument	Cellestørrelse	Måleintervall	Midlingsinterval	Data analysert av
M1	08.05.2013-12.12.2013, 01.04.2014-13.05.2014, 12.12.2014-01.04.2015 (370)	77	5 m, 15 m	RDCP600	2	10 min	Burst ca. 120 s	Multiconsult
M2	27.03.2012-03.04.2013 (372)	59	5 m, 15 m	AADI RCM9	1.5	10 min	Burst ca 100 s	Multiconsult
M3	17.09.2015-10.10.2016 (388)	87	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M4	01.10.2015-17.10.2016 (381)	175	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M5	10.07.2015-25.07.2016 (380)	150	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 60 s	Multiconsult
M6	20.11.2015-08.04.2017 (504)	480	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M7	30.09.2015-30.01.2017 (488)	190	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M8	23.10.2015-21.04.2017	190	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M9	09.07.2015-14.06.2017	95	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M10	16.02.2017-08.03.2018	55	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M11	16.02.2017-27.03.2018	250	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M12	15.02.2017-22.02.2018	90	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M13	05.06.2015-14.11.2017	200	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M14	08.03.2016 - 12.05.2016, 12.05.2017 - 12.03.2018 (373)	60-100	5 m, 15 m	Aquadopp 400, SeaguardString, SeaguardII	2	10 min	Burst ca 100 s	Multiconsult
M15	29.09.2018-18.07.2018 (362)	67	5 m, 15 m	Seaguard II	2	10 min	Burst 120 s	Multiconsult
M16	12.05.2017-28.06.2018 (412)	210	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	10 min	Burst 100 s	Multiconsult
M17	12.07.16 - 21.07.17 (372) 02.11.2012-13.06.2013 (224)	97/120	5 m, 15 m	AWAC 400	2.5 2	15 min 10 min	Burst 180 s Burst 90 s	Åkerblå
M18	05.03.2014-14.05.2015 (422)	73	5 m, 15 m	Aquadopp 400	2	15 min	Burst 60 s	Åkerblå
M19	01.07.2015-13.09.2016 (392)	153	5 m, 15 m	AWAC 400	2.5	15 min	Burst 180 s	Åkerblå
M20	05.02.2014-02.02.2015 (311)	350	5 m, 15 m	AWAC 400	2.5	15 min	Burst 180 s	Åkerblå
M21	13.10.2016 – 30.04.2018 (565)	370	1 m* 20 m*	Aquadopp Single point Teledyne 300 kHz ADCP	5	10 min	600 s	SINTEF
M22	14.10.2016 – 30.04.2018 (564)	300	1 m* 20 m*	Aquadopp Single point Teledyne 300 kHz ADCP	5	10 min	600 s	SINTEF

## 3 Metoder

### 3.1 Ekstremverdianalyser

Ekstremverdier med 10 og 50 års returperiode er funnet ved hjelp av ekstremverdianalyse av årsmålingene. Metoden for ekstremverdianalyse varierer.

For datasett M1-M20 er det vurdert forskjellige fordelinger og metoder, og beste tilpasning til totalstrøm er valgt basert på visuell inspeksjon. Fordelingene og metodene brukt i resultatene er:

- 3-parameter Weibullfordeling til alle data eller ukentlig maksimalstrøm, tilpasset med momentmetoden
- Eksponensialfordeling tilpasset til topper over en viss terskel med maximum likelihood metoden
- General Extreme Value fordeling, tilpasset til daglig maksimalstrøm med maximum likelihood metoden
- Gumbelfordeling tilpasset til ukentlig maksimalverdier med momentmetoden

For datasett M21 og M22 er tidevannet trukket ut før ekstremverdianalysen (Weibull 3 parameter). Ekstremverdier av totalstrøm er så gitt av ekstremverdiene av reststrøm pluss midlere tidevann.

### 3.2 Omregningsfaktorer til ekstremverdier

Omregningsfaktorer fra månedsmaksima til ekstremverdiene med 10 og 50 års returperiode er funnet ved å finne forholdet mellom hver månedsmaksimum og tilhørende ekstremverdi. Totalt er det tilgjengelig 661 månedsmålinger. Det er også funnet maksimalstrøm for lengre perioder (2, 3, 4, 6, 8 og 10 måneder). Det er her tatt en «running» maksimum, dvs. periodene kan overlappe og er ikke uavhengige (i.e. for 3 måneder: Januar-Februar-Mars, Februar-Mars-April, Mars-April-Mai,..., Desember-Januar-Februar).

### 3.3 Effekten av å redusere samplingsintervall til 30 minutt

For 9 av lokalitetene er det trukket ut det minste månedsmaksimumet av tidsserier som er subsamplet hvert 30. minutt. Dette tilsvarer det «verste» utfallet av målinger utført med måleintervall 30 minutter. Subsamplingen gir til sammen 215 månedsmaksima fra tidsserier med måleintervall 30 minutter. Disse er sammenlignet med de tilsvarende månedsmaksima identifisert fra den opprinnelige tidsserien med måleintervall 10 minutter.

### 3.4 Responstid av et flytende oppdrettsanlegg

For å undersøke responstiden av et typisk oppdrettsanlegg til endringer i strømhastighet er det kjørt en forøyningsanalyse av et typisk anlegg i strøm med programvaren Remast, som er et verktøy utviklet av Multiconsult og godkjent av Norsk Akkreditering. Det er kjørt forøyningsanalyse for et fullt anlegg med 8 merder, og for et anlegg med bare en merd. Dette er gjort for to tilfeller av momentant økende strøm fra 0.5-0.6m/s og fra 1-1.2 m/s. Tiden det tar før forøyningsliner og haneføtter når 95 % av endelig likevekts last er registrert som responstid.

### 3.5 Omregningsfaktorer mellom 10 min middel og kortere midlingsperioder

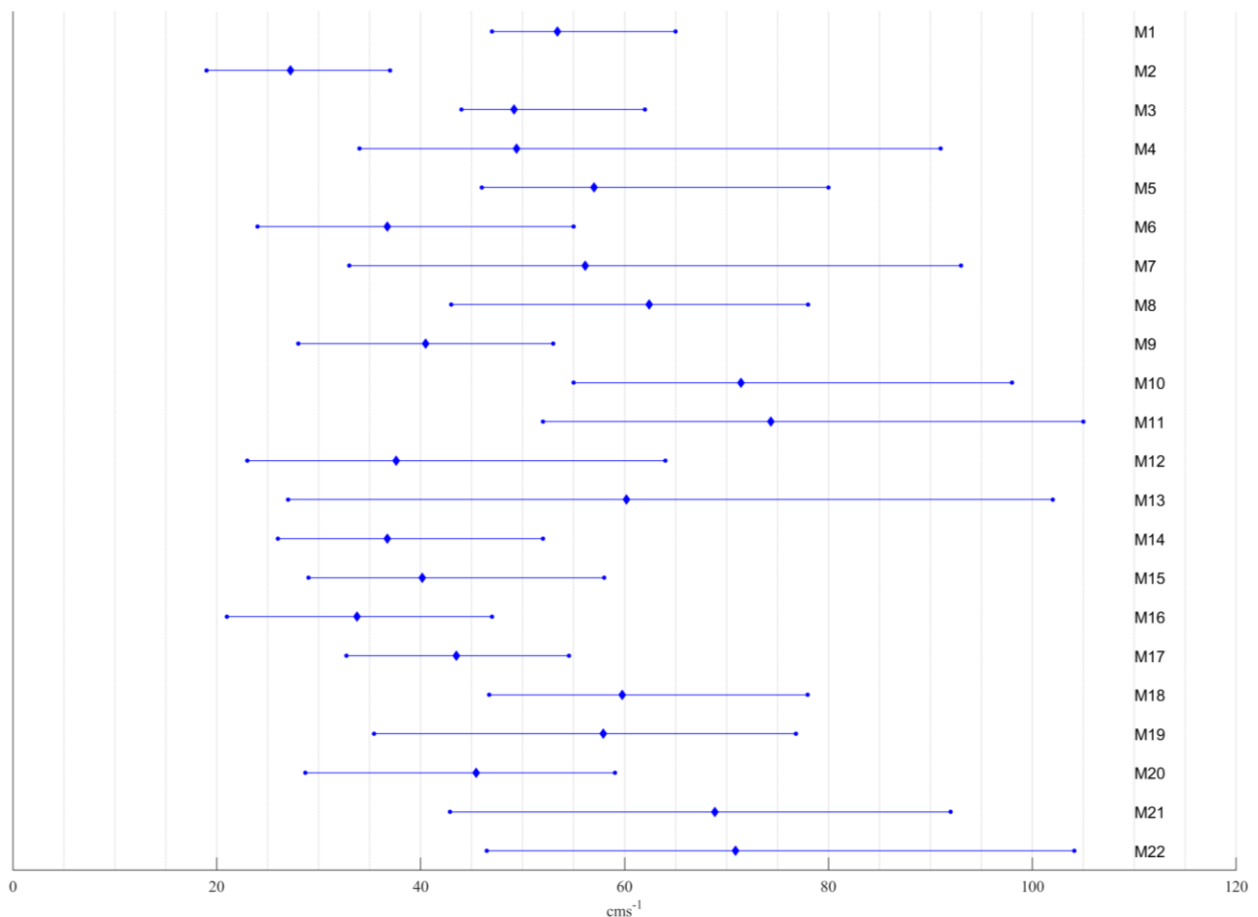
Datasett med 1 minutt midlingsintervall er brukt til å undersøke forskjell mellom maksimalverdi av kortere midlingstid hvert 10. minutt. Det er beregnet glidende vektormiddel over midlingsperioder fra 1-10 minutt. Etterpå er det tatt ut 10 forskjellige tidsserier med intervall 10 minutt.

Maksimalstrøm i disse 10 tidsseriene er sammenlignet med 10 min middel. Faktoren mellom maksimalstrøm i tidsserier med kortere midlingsperioder hvert 10. minutt og 10 min middel er videre omtalt som «Burstfaktor».

## 4 Resultater

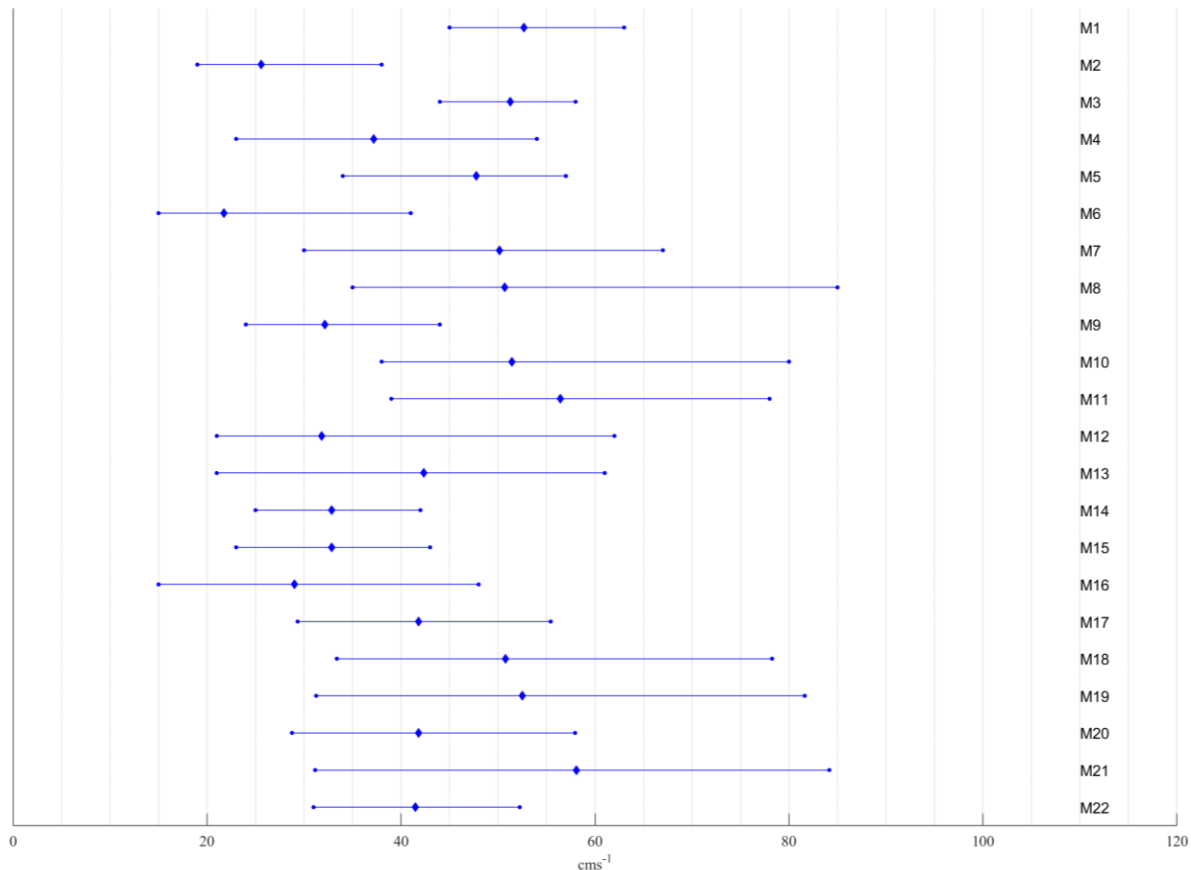
### 4.1 Variasjon i månedsmaksima

Figur 1 og Figur 2 viser spredningen i månedsmaksima for alle lokaliteter ved 5 og 15 m dyp. Det er stor variasjon mellom lokalitetene. Noen har en spredning mellom månedsmaksima på 20-25 cm/s, mens andre kan ha månedsmaksima som varierer med så mye som 70 cm/s.



Figur 1 Middelerverdi av månedsmaksimum, samt minste og største maksimum (spredning) observert gjennom måleperioden. For alle lokaliteter ved 5 m dyp (og 1 m dyp for M21 og M22).





Figur 2 Middelerverdi av månedsmaksimum, samt minste og største maksimum (spredning) observert gjennom måleperioden. For alle lokaliteter ved 15 m dyp (og 20 m dyp ved M21 og M22)

## 4.2 Omregningsfaktorer til ekstremverdier

Tabell 3 og Tabell 4 gir statistikken av omregningsfaktorer fra maksimum av måleserier med forskjellig lengde, til strøm med 10 og 50 års returperiode. Figur 3 og Figur 4 viser den kumulative fordelingen av faktorene, for henholdsvis 50 og 10 års returperiode. Omregningsfaktoren til 50 års (10 års) returperiode basert på 1 måneds måleserie, er 1.92 (1.73) i middel. Spredningen er imidlertid stor, slik at ca 42 % (43 %) av måleseriene gir en høyere omregningsfaktor. 10 % er over faktor 2.65 (2.36) og 5 % over 2.89 (2.55). Maksimal omregningsfaktor fra maksimalstrøm i en månedsmåling til 50-årsstrøm var 5.22.

Både midlere omregningsfaktor og spredningen reduseres med økt lengde av måleserien, slik at omregningsfaktorene til 50 års (10 års) returperiode ved bruk av en 6 måneders måling er redusert til en middelerverdi på 1.43 (1.29), med 90. prosentil på 1.81 (1.58) og maksimum på 2.50.

Det er undersøkt hvorvidt omregningsfaktoren er avhengig av måledyp (5 og 15 m). Resultatene vises i Figur 5. Median er noe høyere ved 15 m dyp enn ved 5 m dyp, snitt noe lavere, mens standardavviket er mindre ved 15 m dyp.

I dagens NS9415 er det satt en minstegrense for 50 års returperiode basert på månedsmålinger. Dersom månedsmaksimum ganger dagens faktor 1.85 er under 50 cm/s, settes 50 års returperiode til 50 cm/s. I vurderingen av omregningsfaktorer i denne studien ville det bety at dersom månedsmaksimum er under 27 cm/s settes den til 27 cm/s. Det er undersøkt hvorvidt de store omregningsfaktorene faller inn under dette kriteriet. Figur 6 viser at fordelingen av omregningsfaktoren for månedsmaksima under 27 cm/s er forskjøvet mot høyre, sammenlignet med fordelingen av alle omregningsfaktorer. Den aller høyeste faktoren på 5.22 er gitt av en måned med

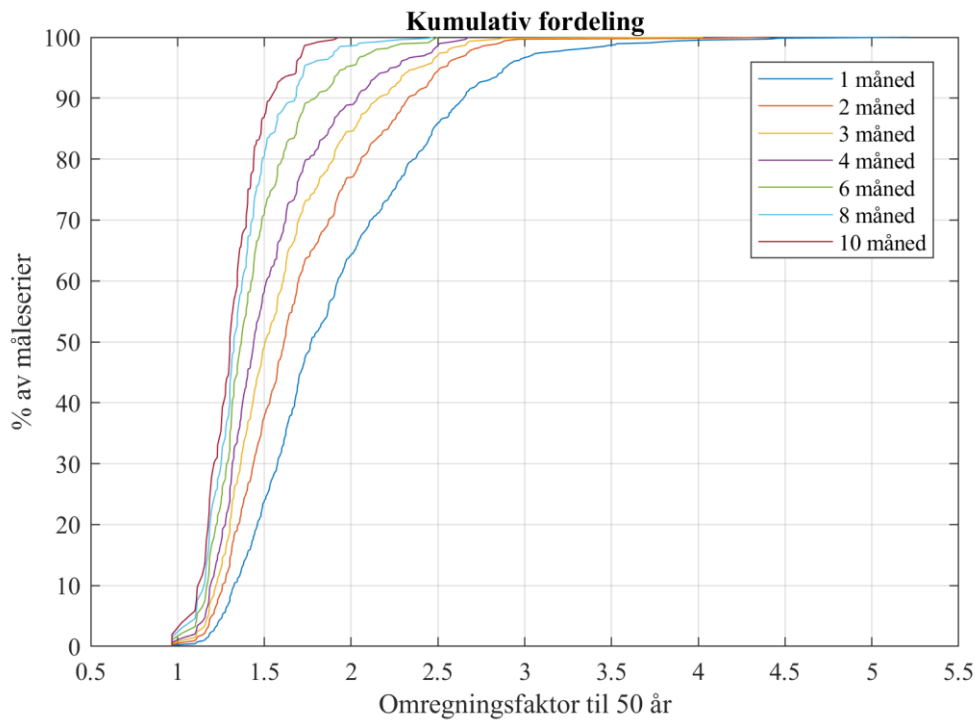
under 27 cm/s maksimalstrøm, men det er flere eksempler på over 4 som ikke faller under denne grensen. Det betyr at en minstegrense for 50 års ekstremverdi på 50 cm/s (månedsmaksimum på 27 cm/s) bare delvis dekker opp for spredningen i omregningsfaktoren og hele fordelingen vist i de foregående figurene bør brukes.

Tabell 3 Omregningsfaktor fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til strømhastighet med 50 års returperiode, for alle dyp (1 m, 5 m, 15 m)

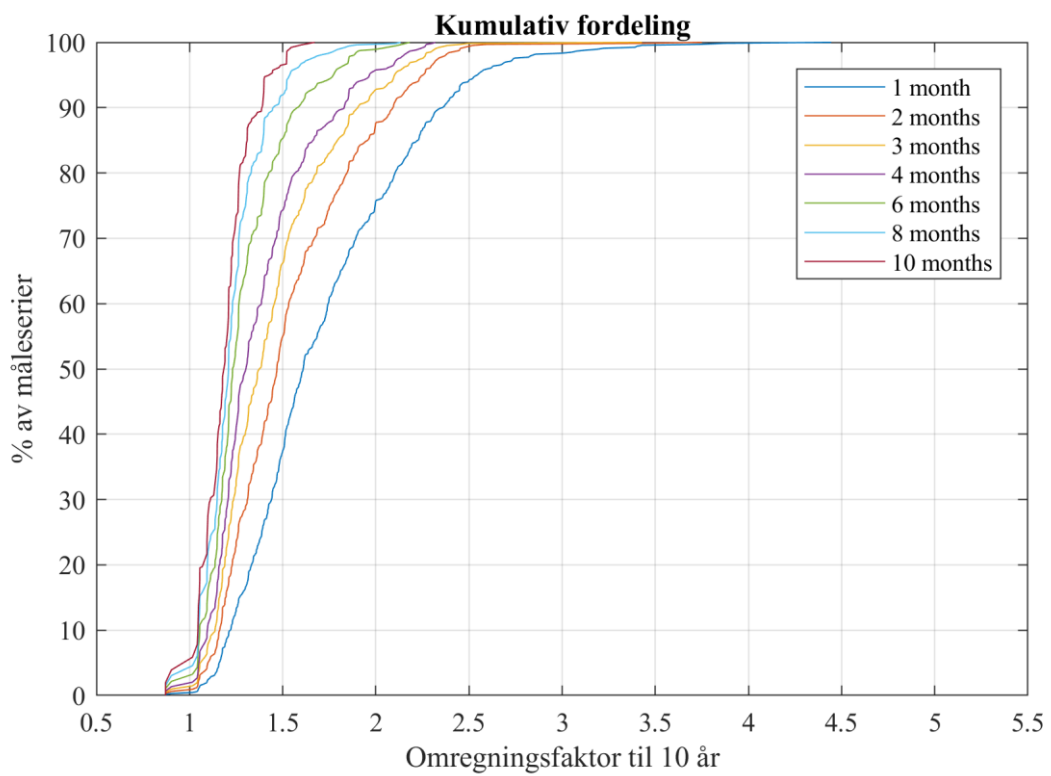
Lengde av måleserien [mnd]	RP50						
	Snitt	Median	Standardavvik	90. Prosentil	95. Prosentil	99. Prosentil	Maksimum
1	1.92	1.77	0.55	2.65	2.89	3.70	5.22
2	1.72	1.61	0.43	2.33	2.54	2.87	4.41
3	1.61	1.51	0.38	2.16	2.39	2.67	4.03
4	1.53	1.44	0.33	2.04	2.26	2.54	2.68
6	1.43	1.37	0.27	1.81	1.97	2.44	2.50
8	1.37	1.33	0.22	1.68	1.73	2.07	2.47
10	1.32	1.30	0.17	1.57	1.69	1.81	1.93

Tabell 4 Omregningsfaktor fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til strømhastighet med 10 års returperiode, for alle dyp (1 m, 5 m, 15 m)

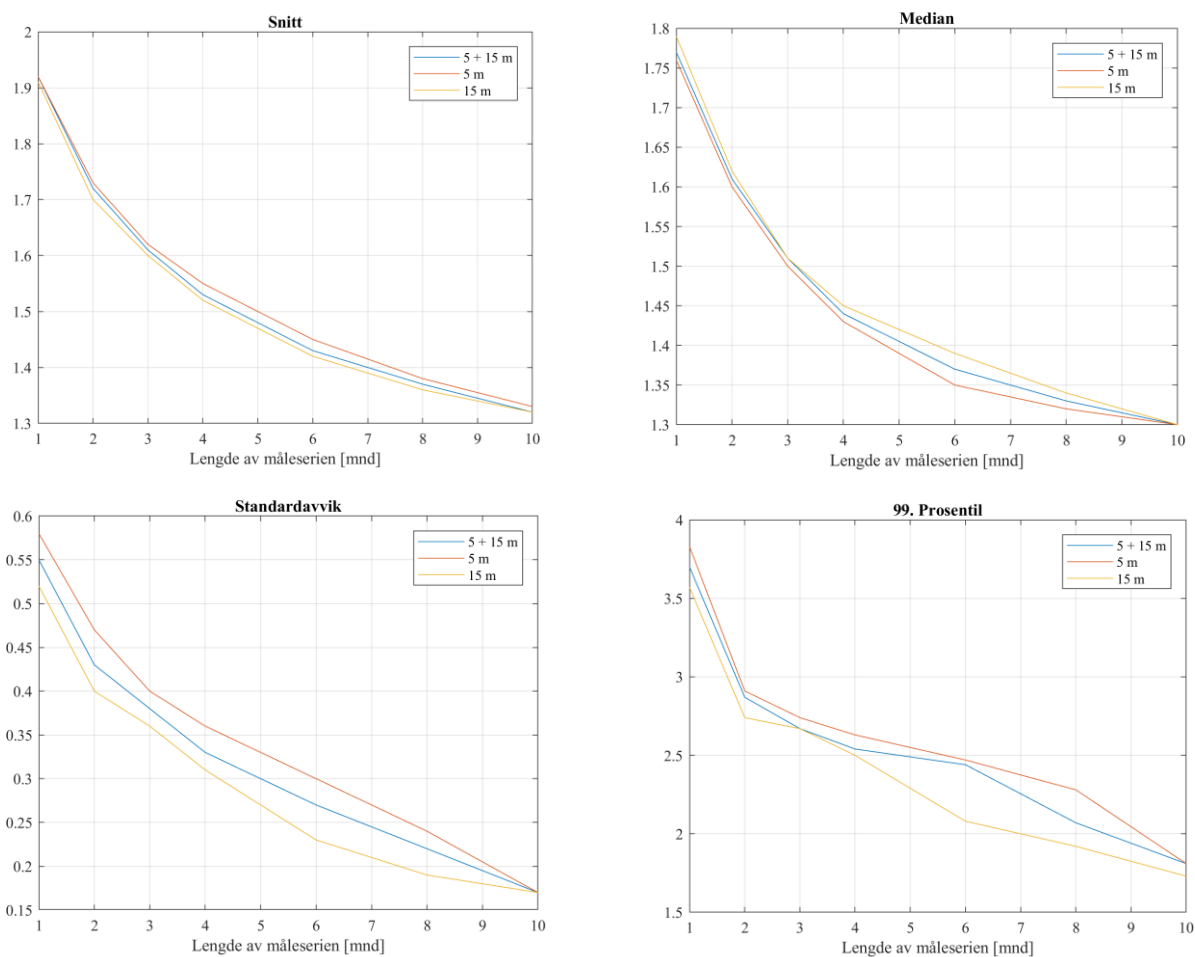
Lengde av måleserien [mnd]	RP10						
	Snitt	Median	Standardavvik	90. Prosentil	95. Prosentil	99. Prosentil	Maksimum
1	1.73	1.61	0.47	2.36	2.55	3.22	4.44
2	1.54	1.47	0.37	2.09	2.26	2.46	3.75
3	1.45	1.38	0.32	1.90	2.11	2.33	3.43
4	1.38	1.31	0.28	1.84	1.97	2.25	2.32
6	1.29	1.23	0.22	1.58	1.78	2.10	2.18
8	1.23	1.21	0.17	1.46	1.54	1.84	2.13
10	1.19	1.19	0.14	1.39	1.44	1.54	1.67



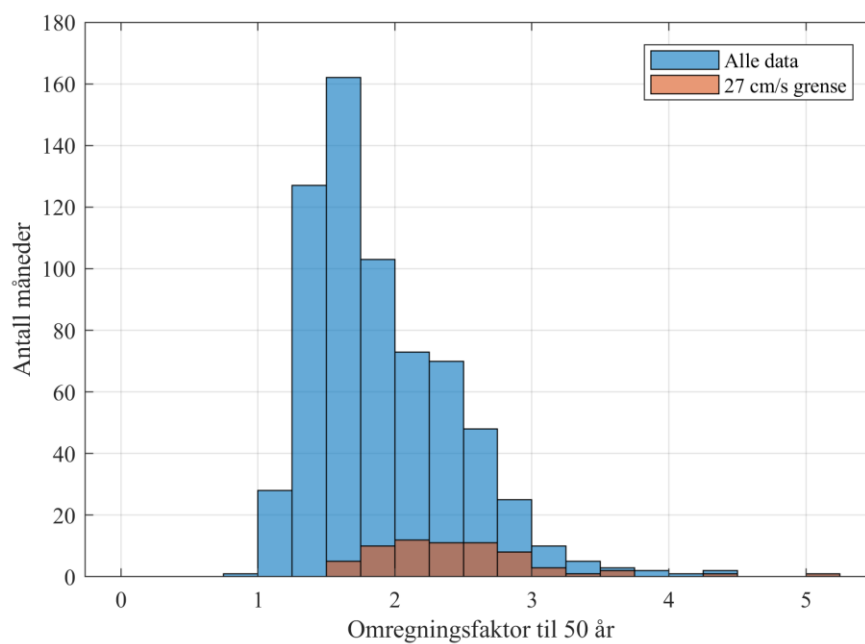
Figur 3 Kumulativ fordeling av omregningsfaktoren fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til 50 år



Figur 4 Kumulativ fordeling av omregningsfaktoren fra maksimalstrøm for forskjellige måleperioder til 10 år



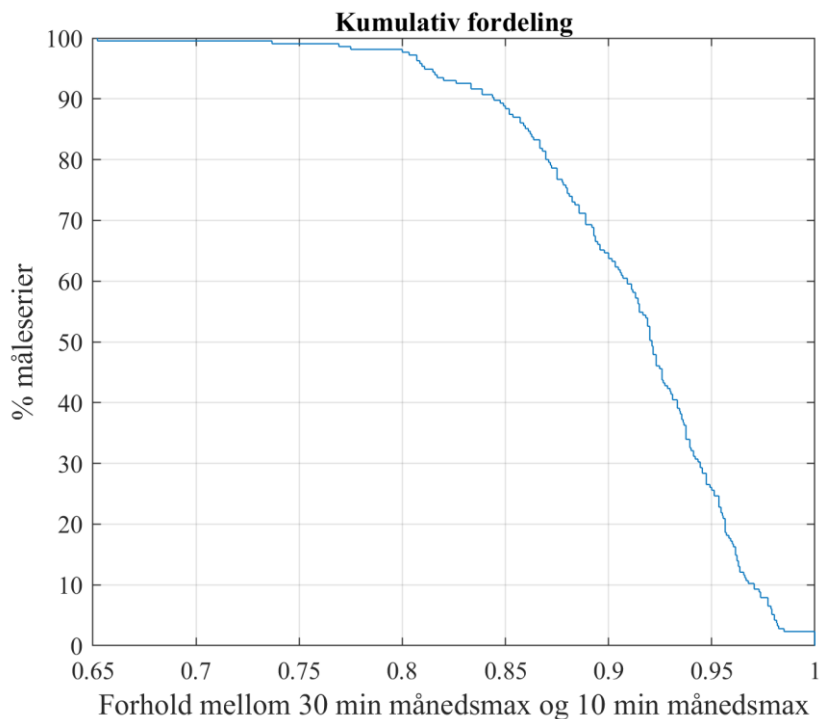
Figur 5 Forskjell i statistikk av omregningsfaktor mellom forskjellige dyp: Snitt, Median, Standardavvik og 99. Prosentil



Figur 6 Fordeling av omregningsfaktorer fra månedsmaksimum til 50 år – alle data i blå, månedsmaksimum under 27 cm/s i oransje

### 4.3 Effekten av å redusere samplingsintervall til 30 minutt

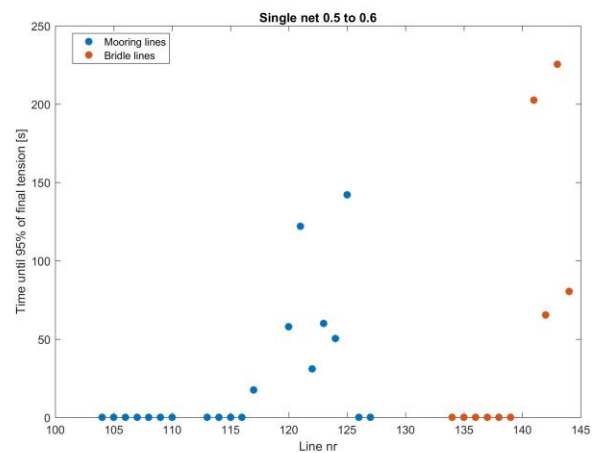
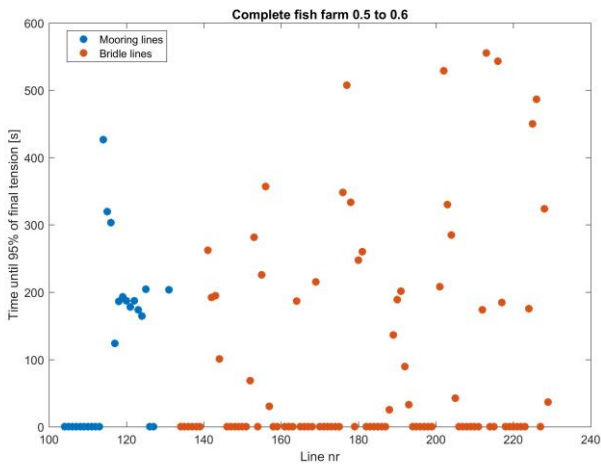
Forholdet mellom månedsmaksima basert på subsamplede 30 minutters tidsserier og 10 minutters tidsserien er undersøkt. Månedsmaksima kan i verste fall reduseres med opp til 35 % ved å minke samplingsintervall til 30 minutt. I 65 % av tilfellene reduseres imidlertid månedsmaksima med 10 % eller mindre og i 90 % av tilfellene med 15 % eller mindre.



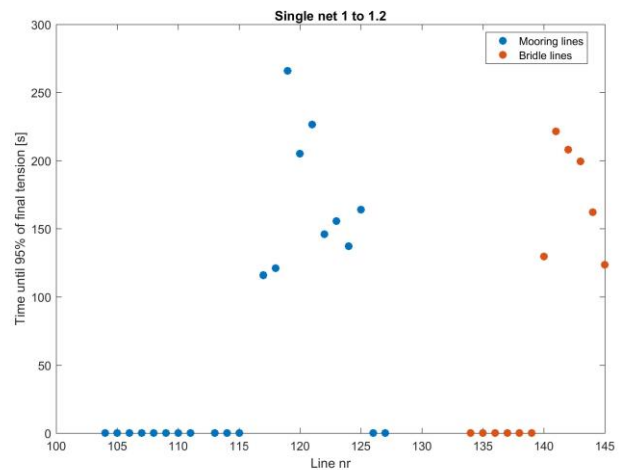
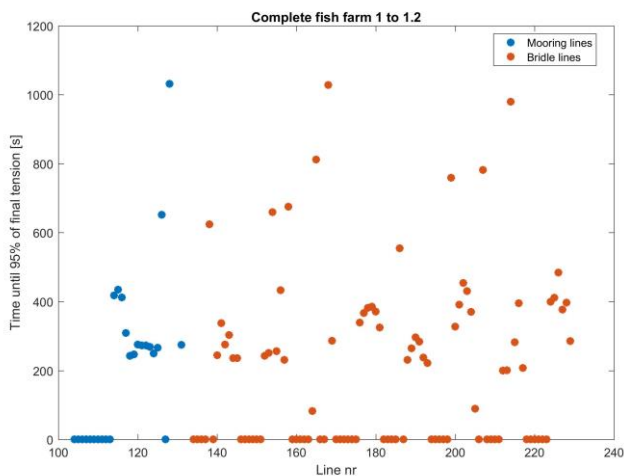
Figur 7 Fordelingen til forholdet mellom månedsmaksimum basert på målinger hvert 30. minutt og målinger hvert 10. minutt

#### 4.4 Responstid av et oppdrettsanlegg

Responstiden (tiden det tar før linene når 95 % av endelig likevektlast) av anlegget for forskjellig strømsituasjoner vises i Figur 8 og Figur 9. For en strømkning fra 0.5-0.6 m/s oppnår hele anlegget 95 % av likevekt etter 1 til 10 minutt, mens anlegget med ei not oppnår likevekt etter 4 minutter. For en strømkning fra 1.0-1.2 m/s oppnår hele anlegget 95 % av likevekt etter 3 til 15 minutt, mens anlegget med ei not oppnår likevekt etter 2 til 5 minutt.



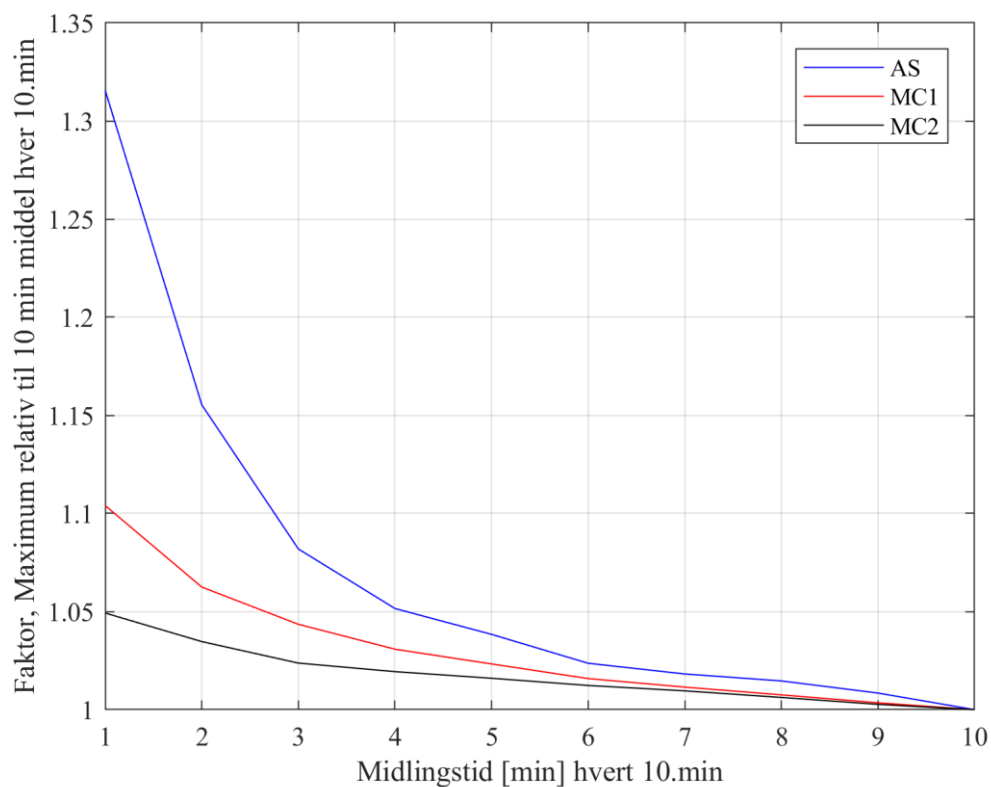
Figur 8 Responstid for fortøyningslinjer og haneføtter for en strømkning fra 0.5-0.6 m/s. Linjer med likevekt etter 0 s er slakke linjer. Venstre: Hele anlegget, Høyre: Anlegg med ei not



Figur 9 Responstid for fortøyningslinjer og haneføtter for en strømkning fra 1.0-1.2 m/s. Linjer med likevekt etter 0 s er slakke linjer. Venstre: Hele anlegget, Høyre: Anlegg med ei not

#### 4.5 Omregningsfaktorer mellom 10 min middel og kortere midlingsperioder

Faktoren mellom maksimalstrøm i tidsserier med kortere midlingsperioder hvert 10. minutt og 10 min middel («Burstfaktor») er funnet for 3 datasett med lengde på henholdsvis 2 dager, 2 måneder og 2 uker. Midlere Burstfaktor for de 3 datasettene er vist i Figur 10. Midlere Burstfaktor for 1 min midlingstid hvert 10. minutt varierer mellom 1.05 og 1.31. For 2 min midlingstid varierer det mellom 1.03 og 1.16.



Figur 10 Midlere Burstfaktor for 3 forskjellige datasett

## 5 Diskusjon

### 5.1 Omregningsfaktorer til ekstremverdier

Resultatene viser stor spredning i omregningsfaktoren fra månedsmåling til ekstremverdier. Det å øke måleperioden til 2 eller 3 måneder minsker spredningen betydelig. Når dataene skal brukes til dimensjonering av anlegg må denne spredningen tas hensyn til, og man må bevisst velge et sikkerhetsnivå som man vil legge seg på, dvs vurdere for hvor stor andel av anleggene man vil tillate å underestimere 50 års strømmen.

Dette kan illustreres gjennom et eksempel. Om man utfører månedsmålinger og bruker faktoren 2.65 for å regne om fra månedsmaksimum til 50-årsstrøm, er det over tid sannsynlig at den dimensjonerende strømmen på 10% av anleggene underestimeres. Vi ser fra resultatene at den dimensjonerende strømmen kan undervurderes med opptil 50%. Ved bruk av månedsmåling og dagens faktor på 1.85, ser vi av Figur 3 at over tid vil 45% av anleggene få en underestimert dimensjonerende strøm. Dette er altså dagens praksis.

Datagrunnlaget er 21 lokaliteter i vidt forskjellige områder langs norskekysten. Det som lokalitetene har til felles er at oppdretterne har valgt å gjennomføre årsmålinger. Mest sannsynlig er det heller eksponerte lokaliteter som oppdretterne har valgt.

Alle unntatt ett datasett til analyse av omregningsfaktorene til ekstremverdier er gjennomført som Burstmåling, dvs kortere midlingsperiode enn 10 min hvert 10. minutt. Som vist i avsnitt 4.5 kan dette medføre noe økte maksimumverdier. Derimot er det ikke undersøkt hvorvidt omregningsfaktoren, som er en relativ forskjell mellom månedsmaksimum og ekstremverdi, er påvirket av å måle i Burst. Det forventes at denne relative forskjellen påvirkes i liten grad.

Ekstremverdianalysen ekstrapolerer observerte fordelinger fra 1 år til 50 år. Å ekstrapolere til en periode som er så mye lenger enn den målte, vil alltid medføre usikkerhet. Metoden som brukes i denne ekstrapoleringen vil kunne påvirke resultatet i stor grad og det må gjøres vurderinger av tilpasningens kvalitet. Den som har gjennomført ekstremverdianalysen av datasettene brukt i denne rapporten har vurdert kvaliteten til tilpasningene som bra.

Det er ikke tatt hensyn til strømretningen i analysen og undersøkt hvorvidt strømretningen til maksimalstrømmen varierer fra måned til måned.

### 5.2 Effekten av å redusere samplingsintervall til 30 minutt

Effekten av å redusere samplingsintervall fra 10 min til 30 minutt er undersøkt. Månedsmaksima reduseres med mindre enn 15 % i 90 % av tilfellene. Det forventes at ekstremverdianalysen av et 30 minutters datasett vil kunne gi tilsvarende lavere ekstremverdier. I lange måleserier (1 år eller lengre) er usikkerheten i ekstremverdien redusert betydelig sammenlignet med korte måleserier og om man må velge mellom en lengre tidsserie eller et 10 min måleintervall, er større lengde av dataserien å foretrekke.

### 5.3 Responstid av et oppdrettsanlegg

Analysene viser responstider mellom 1 og 15 minutt for eksempelanlegget. Resultatene må forventes å være avhengig av anleggskonfigurering og strømretning. Resultatene forutsetter en synkron strømkjøring i hele anlegget. Dersom strømmen øker gradvis gjennom anlegget vil responstiden kunne være endret.

Dimensjonerende strøm bør være midlet over lignende tidsperioder som den rapporterte responstiden, altså tidsrom mellom 1 og 15 minutt. Da kortere midlingstider gir høyere verdier, er det konservativt å bruke kortere midlingstider.



#### 5.4 Omregningsfaktorer mellom 10 min middel og kortere midlingsperioder

Resultatene for Burstfaktorer viser stor forskjell mellom de 3 datasettene, spesielt for midlingsperiode på 1 minutt. De 3 målingene er foretatt med forskjellige instrumenter. Dataene viser forskjellig støynivå og datasettene med mer støy viser større Burstfaktorer.

Effekten av kort midlingstid på strømretning er ikke undersøkt.

Analysen viser at det å måle over en kortere midlingsperiode hvert 10. minutt gir statistisk sett noe høyere maksimalverdier. Imidlertid er datagrunnlaget (3 datasett – 3 maksimalverdier) svært begrenset og den store forskjellen mellom resultatene indikerer at Burstfaktoren kan være avhengig av instrument og instrumentoppsett, i tillegg til lokalitet og datakvalitet.

I diskusjonen hvorvidt en måling over en kortere midlingsperiode hvert 10. minutt representerer 10 min middel på en god måte for dimensjonering av anlegg, er det viktig å huske at det er mange andre usikkerheter i estimering av dimensjonerende strøm slik som:

- Plassering av målepunktet: Det er flere eksempler på målinger foretatt i samme anlegg, der forskjellen mellom maksimal strømhastighet i samme periode er 30%, altså på samme nivå som de største Burstfaktorene.
- Cellestørrelse og andre instrumentinnstillinger: Dagens akustiske strømmålere har mange innstillinger. Noen av dem, slik som midlingstid, cellestørrelse og antall ping påvirker støynivået som er direkte koblet mot Burstfaktoren.
- Lengde og tidspunkt på målingen: Som vist i avsnittet om omregningsfaktorer til ekstremverdier er variasjonen mellom forskjellige måneder i året stor og kan være betydelig større enn de viste Burstfaktorene.

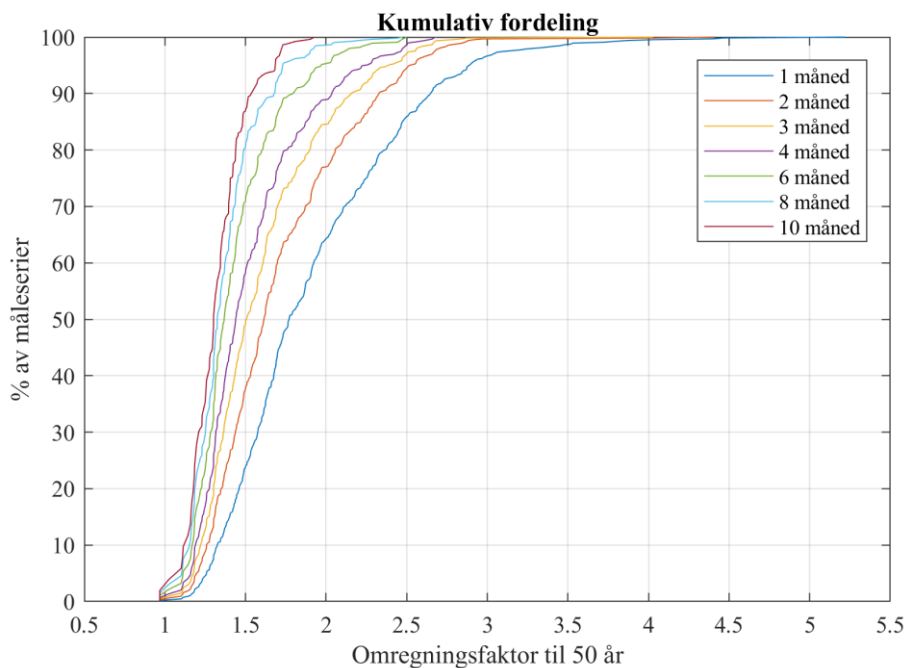
## 6 Konklusjoner

### 6.1 Måleperiode og metode for ekstremverdifastsettelse

På grunn av den store variabiliteten i månedsmaksima anbefales det å måle strøm i minst ett år, med påfølgende ekstremver dianalyse for å fastsette 10- og 50-årsstrøm. Det påpekes at NORSOK N-003 (2017) angir 2 år som en nødvendig måleperiode. Rapporten oppgir flere metoder som kan brukes for ekstremver dianalysen. I alle tilfeller må kvaliteten av tilpasningen vurderes.

Dagens praksis for å beregne 50 års strøm ved bruk av en månedsmåling og konstanten 1.85 gir usikre estimat av dimensjonerende strøm. Datasettene som er undersøkt her viser at dagens praksis medfører underestimert dimensjonerende strøm for 45% av månedsmålingene. Dette er et sentralt resultat, og figuren som illustrerer dette er derfor gjengitt under (tilsvarende Figur 3).

Om kortere målinger enn ett år likevel skal tillates, for eksempel for søknadsgjennomføring og midlertidige beregninger, bør det stilles krav om en minimumslengde på måleperioden. Det bør da brukes omregningsfaktorer anvendt på den sterkeste strømhastigheten som er registrert i måleperioden (etter kvalitetskontroll). Denne rapporten gir omregningsfaktorer for forskjellig sikkerhetsnivå og måleperiode (se Tabell 3, Tabell 4, Figur 3 og Figur 4). Lengre målinger gir lavere omregningsfaktorer og mindre variasjon i omregningsfaktorer, altså bedre nøyaktighet. Dette er så oppsummert og tydelig illustrert i Figur 3, at den gjengis under. Effekten på omregningsfaktor fra både økt måleperiode og valg av sikkerhetsnivå leses rett ut av figuren.



Det er undersøkt hvorvidt det er en sammenheng mellom høye omregningsfaktorer og minstegrensen på 50 cm/s for 50 års returperiode. Resultatene viser at minstegrensen kun delvis fanger opp måneder med høye omregningsfaktorer.

## 6.2 Måleoppsett

Responstiden av ett eksempelanlegg, vurdert til å være representativt for mange anlegg, er undersøkt. Responstiden i forskjellige komponenter i anlegget er funnet til å være mellom 1 og 15 minutt. Resultatene må forventes å være avhengig av anleggskonfigurasjon og strømretning, og er bare en indikasjon. Dimensjonerende strøm bør være midlet over lignende tidsperioder som den rapporterte responstiden, altså tidsrom mellom 1 og 15 minutt. Da kortere midlingstider gir høyere verdier, er det konservativt å bruke kortere midlingstider.

Analysen viser at det å måle over en kortere midlingsperiode hvert 10. minutt gir statistisk sett noe høyere maksimalverdier enn å midle over 10 minutt. Imidlertid er datagrunnlaget (3 datasett – 3 maksimalverdier) svært begrenset og resultatene veldig forskjellige for de 3 datasettene. Dette indikerer at forskjellen kan være avhengig av instrument og instrumentoppsett, i tillegg til lokalitet og datakvalitet. Forskjellen til 10 minutters middel reduseres kraftig ved å gå fra 1 minutt midlingstid til 2 minutters midlingstid (fra 5 - 32 % for 1 min til 3 - 15 % for 2 min).

Effekten av å redusere samplingsintervall fra 10 min til 30 minutt er undersøkt. Månedsmaksima reduseres med mindre enn 15 % i 90 % av tilfellene. Det forventes at ekstremverdianalysen av et 30 minutters datasett vil kunne gi tilsvarende lavere ekstremverdier. I lange måleserier (1 år eller lengre) er usikkerheten i ekstremverdien betydelig redusert sammenlignet med korte måleserier og om man må velge mellom en lengre tidsserie eller et 10 min måleintervall, er større lengde av dataserien å foretrekke.