



Norwegian  
Meteorological  
Institute

**METreport**

No. 14/2017  
ISSN 2387-4201  
Oceanography

# Kystnære bølgevarsler på Barentswatch og yr

Birgitte Rugaard Furevik



Norwegian  
Meteorological  
Institute

# METreport

<b>Title</b> Kystnære bølgevarsler på Barentswatch og yr	<b>Date</b> September 15, 2017
<b>Section</b> Type	<b>Report no.</b> 14/2017
<b>Author(s)</b> Birgitte Rugaard Furevik	<b>Classification</b> <input checked="" type="radio"/> Free <input type="radio"/> Restricted
<b>Client(s)</b> Kystverket, Avdeling for Los og VTS, Haugesund	<b>Client's reference</b> John Morten Klingshheim
<b>Abstract</b> Bølgevarslingen på Barentswatch.no (CoastEx) er basert på stasjonære kjøringar med en bølgemodell (ST-wave) som hentes frem ved hjelp av inngangsdata fra Meteorologisk Institutt (MET) via thredds.met.no. Formålet med CoastEx er å levere bølgevarsler på fin skala (100m gitteravstand) for hele kysten på en måte som er nyttig for brukerne. Verifikasjonen viser at særlig ved lave sjøtilstande og kort varslingstid er CoastEx mindre presis i å varsle sjøtilstanden enn MET's bølgemodell WAM800. Den forenklaede metoden fører til en systematisk feil i Breisundet som kan være et problem i flere andre av CoastEx-områdene. Det anbefales å gjøre en mer omfattende verifikasjon og kalibrering av CoastEx mot WAM800 for hele kysten, samt at bruke data fra WAM800 direkte i Barentswatch for de områdene hvor oppløsningen er god nok.	
<b>Keywords</b> Bølger, verifikasjon, yr, Barentswatch	

---

Disciplinary signature  
Magnar Reistad

2

---

Responsible signature  
Magnar Reistad

## Abstract

Bølgevarslingen på Barentswatch.no (CoastEx) er basert på stasjonære kjøringar med en bølgemodell (ST-wave) som hentes frem ved hjelp av inngangsdata fra Meteorologisk Institutt (MET) via thredds.met.no. Formålet med CoastEx er å levere bølgevarsler på fin skala (100m gitteravstand) for hele kysten på en måte som er nyttig for brukerne. Verifikasjonen viser at særlig ved lave sjøtilstande og kort varslingstid er CoastEx mindre presis i å varsle sjøtilstanden enn MET's bølgemodell WAM800. Den forenkla metode fører til en systematisk feil i Breisundet som kan være et problem i flere andre av CoastEx-områdene. Det anbefales å gjøre en mer omfattende verifikasjon og kalibrering av CoastEx mot WAM800 for hele kysten, samt at bruke data fra WAM800 direkte i Barentswatch for de områdene hvor oppløsningen er god nok.

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Observasjoner</b>	<b>5</b>
2.1	Vestfjorden . . . . .	6
2.2	Breisundet og Sulafjorden . . . . .	6
2.3	Hywind - Vest av Karmøy . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Bølgemodeller</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>8</b>
4.1	Samlet resultat og statistikk . . . . .	8
4.2	Varslet bølgehøyde i forhold til observert for forskjellig varslingsid .	8
4.3	Varslet bølgeperiode fra CoastEx i forhold til observert . . . . .	9
4.4	Varslet bølgeretning fra CoastEx i forhold til observert og WAM800	9
<b>5</b>	<b>Konklusjon og anbefalinger</b>	<b>10</b>



# 1 Introduksjon

Meteorologisk Institutt sine bølgevarsler sendes ut opp til fire ganger i døgnet og finnes på yr.no. Varslene er basert på dynamiske modeller som henter inn det aktuelle vindvarsel og beregner bølgene i hvert modellpunkt basert på vinden og innkommende bølger fra andre steder. Det kjøres et oppsett av WAM med 4km gitteravstand for hele Norskehavet, Barentshavet og Nordsjøen. Dette oppsettet med WAM kalles WAM4 heretter. Kysten av Norge er dessuten dekket av 5 oppsett med WAM med finere gitteravstand (800m). Disse oppsett av WAM benevnes WAM800. På yr.no vises varslene fra WAM800 i alle punkt der modellene dekker. Ellers vises WAM4.

WAM4 er den modellen som gir input til CoastEx siden den oppdateres fire ganger for dagen mens WAM800-modellene kun oppdateres en gang i døgnet. Varsler fra begge modellene legges ut på thredds.met.no.

Bølgevarselet på Barentswatch, CoastEx, er basert på stasjonære kjøring med bølgeomodellen ST-wave for en lang rekke domener hver med 100m gitteravstand. Metoden forutsetter at vinden og bølgeforholdene på randen er tilnærmet konstant over modellområdet og at det maksimalt er ett bølgesystem utover de lokalt vindgenererte bølgene. Modellen henter grenseverdier fra WAM4 på thredds.met.no og varslene presenteres på internetsidene til Barentswatch. Siden bølgevarslingen på Barentswatch på den måten er avhengig av Meteorologisk Institutt sine modeller, verifiseres alle tre modellene i denne rapporten.

## 2 Observasjoner

Til verifikasjonen er det innhentet observasjoner fra bøyer nær kysten i tre områder (Figur 1).

- Ytre del av Vestfjorden
- Breisundet og Sulafjorden
- Hywind vest av Karmøy

### 2.1 Vestfjorden



Figure 1: Oversiktskart med posisjonene til bøyene.

I Vestfjorden har Kystverket, Meteorologisk Institutt og Havforskningsinstituttet i fellesskap hatt en Datawell DWR-MkIII 0.7m waverider-bøye plassert i lengre tid. Bøyen lå først nord for Landegode på 67.56N 14.17E til høsten 2015 hvor den ble tatt opp. Det er ikke tatt ut historiske varsler for denne tidlige perioden fra WAM4 og WAM800. Dermed finnes det kun varsler fra CoastEx fra denne stasjonen. Stasjonen refereres til som Landegode heretter.

I april 2016 ble samme bøyen satt ut igjen, denne gangen sør av Henningsvær i posisjonen 68.06N 14.24E. Denne stasjonen kalles Vestfjorden heretter.

## 2.2 Breisundet og Sulafjorden

Statens Vegvesen har satt ut flere Fugro Oceanor Seawatch Wavescan-bøyer i blandet annet Sulafjorden. Data fra bøyene er tilgjengelig på thredds.met.no. I denne rapporten benyttes data fra tre stasjoner som vist i Figur 2 b). E39 D Breisundet - ytterst mellom Hareid og Godøy E39 A Sulafjorden - ytterst i Sulafjorden (mellom Sula og Hareid) E39 B Sulafjorden - innerst og øst i Sulafjorden

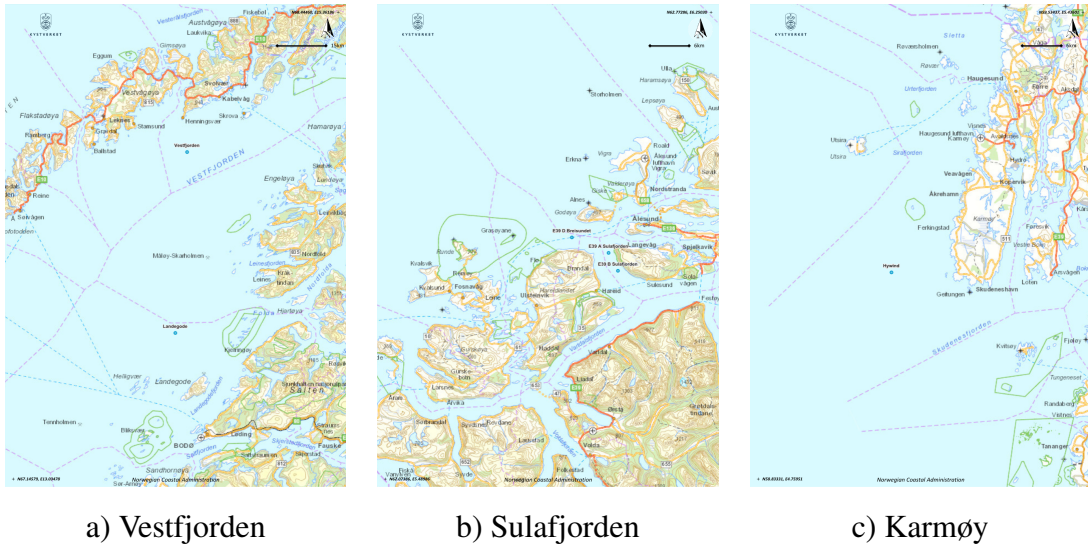


Figure 2: Kart over hvert av de tre områdene.

### 2.3 Hywind - Vest av Karmøy

Ved den flytende vindturbinen Hywind vest for Karmøy har Statoil hatt en Wavescan-bøye. Bøyen var i drift inntil januar 2017.

## 3 Bølgemodeller

CoastEx-data er generert på nytt basert på de originale filene. Analysen er basert på data fra seks lokaliteter med observasjoner som beskrevet over. Dataperiodene er listet i tabell 1.

Stasjon	Fra	Til
Vestfjorden	18-Mar-2016 09:00:00	24-Feb-2017 09:00:00
Landegode	18-Feb-2015 03:00:00	28-Oct-2015 00:00:00
E39 D Breisundet	14-Oct-2016 09:00:00	26-Apr-2017 09:00:00
E39 A Sulafjorden	13-Oct-2016 09:00:00	01-May-2017 09:00:00
E39 B Sulafjorden	13-Oct-2016 12:00:00	01-May-2017 09:00:00
Hywind	19-Jan-2016 18:00:00	14-Jan-2017 18:00:00

Table 1: Dataperioder dekket av varsler og observasjoner, bortset fra Landegode hvor det ikke er hentet WAM-data.

## 4 Resultater

### 4.1 Samlet resultat og statistikk

Tabell 2 oppsummerer forskjellene mellom varslet bølgehøyde fra CoastEx og WAM800 i forhold til observert for alle varslingstider samlet. Tabellen viser midlere absolutt feil, som er middelverdien av absoluttverdien av avvik mellom varslet og observert bølgehøyde. Absoluttverdi betyr at man ikke ser på om feilen er positiv eller negativ, dvs. man fjerner fortegnet fra avviket før midlingen. Tabellen viser tallene for tre intervaller av observert bølgehøyde; under 2m, mellom 2 og 5m og over 5m.

CoastEx har generelt et større avvik fra observert enn WAM800. Dette gjelder spesielt bølger under 5m. CoastEx har avvik på 0.2-0.5m mens WAM800 ligger på 0.1-0.2m. Et middelavvik på 0.5m for bølger under 2m må anses for betydelig. Størst forskjell ses i Vestfjorden hvor feilen i snitt er 0.3m lavere med WAM800 enn med CoastEx og i Breisundet for Hs over 5m.

Stasjon	N	CEx	WAM800	N	CEx	WAM	N	CEx	WAM
		0-2m	0-2m		2-5m	2-5m		>5m	>5m
Vestfj	7109	0.53	0.24	2685	0.81	0.51	169	0.88	0.80
Landeg	13650	0.35	-	2352	0.55	-	20	0.83	-
E39 D	7893	0.44	0.23	3111	0.55	0.53	93	0.91	0.56
E39 A	10682	0.34	0.19	840	0.54	0.44	0	-	-
E39 B	11049	0.23	0.12	12	0.50	0.72	0	-	-
Hywind	4601	0.32	0.23	3810	0.49	0.45	600	0.75	0.71

Table 2: Valideringsresultat for bølgehøyde fra CoastEx (CEx) og WAM800 (WAM) uavhengig av varslingstid. Tabellen viser midlere absolutt feil for tre forskjellige bølgehøydeintervall, 0-2m, 2-5m og over 5m, i de observerte data. N er antall datapunkt.

### 4.2 Varslet bølgehøyde i forhold til observert for forskjellig varslingstid

I figur 3 - 8 presenteres plot som viser en-til-en sammenligning av varslede og målte bølgehøyder på hver av de 6 stasjoner gruppert med forskjellig lengde på varslingstiden. Kort varslingstid er definert som 0-12 timer frem (Figur 3 - 4), medium varslingstid er definert som 12-36 timer (Figur 5 - 6) og lang varslingstid er 36-66 timer (7 - 8).

CoastEx er første kollonne i figurene, WAM800 er andre kollonne og WAM4 (input-data til CoastEx og WAM800) vises i tredje kollonne. Observasjonene (den vannrette aksen) er fra de 6 stasjoner.

Hvis alle varseler var korrekte, ville punktene ligge på den rette stiplede linjen. Større spredning fra linjen betyr mer usikre varsel. Dette reflekteres også i korrelasjonen som er angitt i hver figur (Cor.) og root-mean-square avvik (rms). Ligningen for linjen (heltrukket linje) som er tilpasset datapunktene med linær regresjon er gitt i hver figur.

Det er vanlig å observere at feilen i varsel øker med bølgehøyden. Det ses også i resultatene fra WAM-modellene hvor det er minst spredning av punktene for lave bølger og størst for høye bølger. CoastEx oppfører seg noe anderledes med vesentlig større usikkerhet i varselet for lave bølger enn det WAM-modellene har. Det gjelder også for Sulafjorden A og B på tross av at WAM800 har vesentlig grovere oppløsning enn CoastEx. WAM4 klarer seg også bra på Sulafjorden A, men overestimerer på Sulafjorden B.

I Breisundet gir CoastEx for lave bølgehøyder (under 1m) for en gruppe av situasjoner hvor det observeres Hs opp til 3m.

Av figurene 3-8 ser man også at varslene blir mer upresise, korrelasjonen går ned og rms og mae-feilene går opp, med lengre varslingsstid. Det gjelder særlig for WAM. For et CoastEx-varsel i Vestfjorden må man forvente den samme feil (rms) på 0.69m for de neste 12 timer som mer enn 36 timer frem. WAM800 og WAM4 er en del mer presise på kort varsel (0.34 og 0.36) og litt mer presise på langt varsel (0.48 og 0.5).

### **4.3 Varslet bølgeperiode fra CoastEx i forhold til observert**

I Figur 9 sammenlignes bølgeperioden fra CoastEx med bølgeperioden observert på bøyene. Fra waverideren (Vestfjorden og Landegode) finnes det kun midlere periode ( $T_z$ ). Bøyene i Sulafjorden og på Hywind har verdier for peak periode ( $T_p$ ). Peak perioden er høyere enn eller lik midlere periode, og man ser at  $T_p$  fra ST-wave i Vestfjorden ligger noen sekund over midlere periode fra bøyen. I Breisundet og på Hywind ligger den på samme nivå eller litt under. En del punkter i Breisundet har samlet seg på 0 og 4 s.

### **4.4 Varslet bølgeretning fra CoastEx i forhold til observert og WAM800**

Varslet bølgeretning er sammenlignet med observert i Figur 10 for Breisundet og Hywind. På Hywind er det stor spredning i observert bølgeretning fra 100-360 grader (sørøst til nord). CoastEx har mest bølger fra 125-325 grader, men nesten ingen fra nord. Sprednin-

gen er stor, men det er en kjent problem når man sammenligner peak retninger.

I Breisundet er det stort sett kun observert bølger omkring 300 grader (inn fjorden), mens CoastEx har retninger mellom 180 og 350 grader. Figur 12 viser resultater fra Breisundet hvor data for retninger mindre enn 250 grader er plottet med rødt. Det er tydelig at feilen i retning er forbundet med feilen i varslet bølgehøyde og periode og er stort sett relatert til bølger fra sørvest på randen.

Langt de fleste punkter som oppviser denne feilen er relatert til peak retninger mellom 200 til 250 grader i inngangsdataene fra WAM4 til Breisundet. Punktet det hentes inngangsdata til CoastEx fra ligger veldig langt ute og representerer muligvis randen til CoastEx dårlig.

Figur 11 er en sammenligning av bølgeretning fra CoastEx og WAM800. Det er god overensstemmelse på Hywind. Det er ikke overraskende siden Hywind ligger nær randen av CoastEx-området hvor data fra WAM brukes som inngangsdata. I Breisundet oppfører WAM800 seg som observasjonene og har kun retninger omkring 300 grader. Det er mer spredning på Vestfjorden enn de øvrige stasjonene.

## 5 Konklusjon og anbefalinger

CoastEx har generelt mer upresise varsler enn WAM800. Det gjelder særlig inne i Sulafjorden og ellers i situasjoner med lite sjø. CoastEx har i middel (mae) avvik på 0.2-0.5m for bølger under 2m. Høyest feil ses på stasjonen Vestfjorden. Det skyldes sannsynligvis at ved lave bølger er det oftere to eller flere bølgesystem med tilnærmet like stor energi og parameteren peak retning fra WAM vil derfor ofte variere kraftig mellom bølgesystemene. Det bølgesystemet som velges som input i CoastEx vil i noen tilfeller representere mindre enn 50% av bølgeenergien. Siden CoastEx-metoden bruker peak retning fra WAM som den første variabel til å velge randspektra, kan det føre til stor usikkerhet.

CoastEx har en del tilfeller hvor det næsten ikke varsles sjø, men der måles opp til 3m på Breisundet. Disse er relatert til retninger i inngangsdataene hvor bølgene i offshorepunktet kommer fra sørvest (200-250 grader) i WAM4. Dette illustrerer litt av problematikken med metoden. På den ene siden må randen av områdene gå så langt ute at bølgeforholdene er minst mulig påvirket av kysten. På den andre siden må områdene være så små, at antakelsen om konstant vind og bølger er noenlunde oppfylt.

På trods av den høye romlige oppløsning (100m) i CoastEx scorer WAM800 bedre overalt. Det gjelder også på de to stasjoner inne i Sulafjorden (E39 A og B). Det viser at

bølgeforholdene i komplekse kyst- og fjordsystemer ikke alltid kan modelleres nøyaktig med forenklete løsninger basert på integrete parametre.

Det ideelle ville være å validere alle CoastEx-områdene mot observasjoner, identifisere problemer og rette opp i dem. Målingene er å foretrekke siden de gir oss uavhengige data og generelt sett er det klart at en del bøyer burde opereres langs kysten for validering, varsling og langtidsstatistikk.

Siden det ikke er praktisk å basere den videre utvikling på mulige, fremtidige bøyer, anbefales det å validere CoastEx mot WAM800 i et stort antall punkt spredt over hele kysten. Dette vil uten tvil fange opp områder med åpenbare feil og resultatet av en slik verifikasjon bør videre brukes til forbedre kvaliteten av tjenesten.

Det vil være en fordel å bruke data fra WAM800 direkte inn i bølgevarslingen på BarentsWatch for alle punkt hvor oppløsningen til WAM800 (800m x 800m) er god nok.

## Appendix



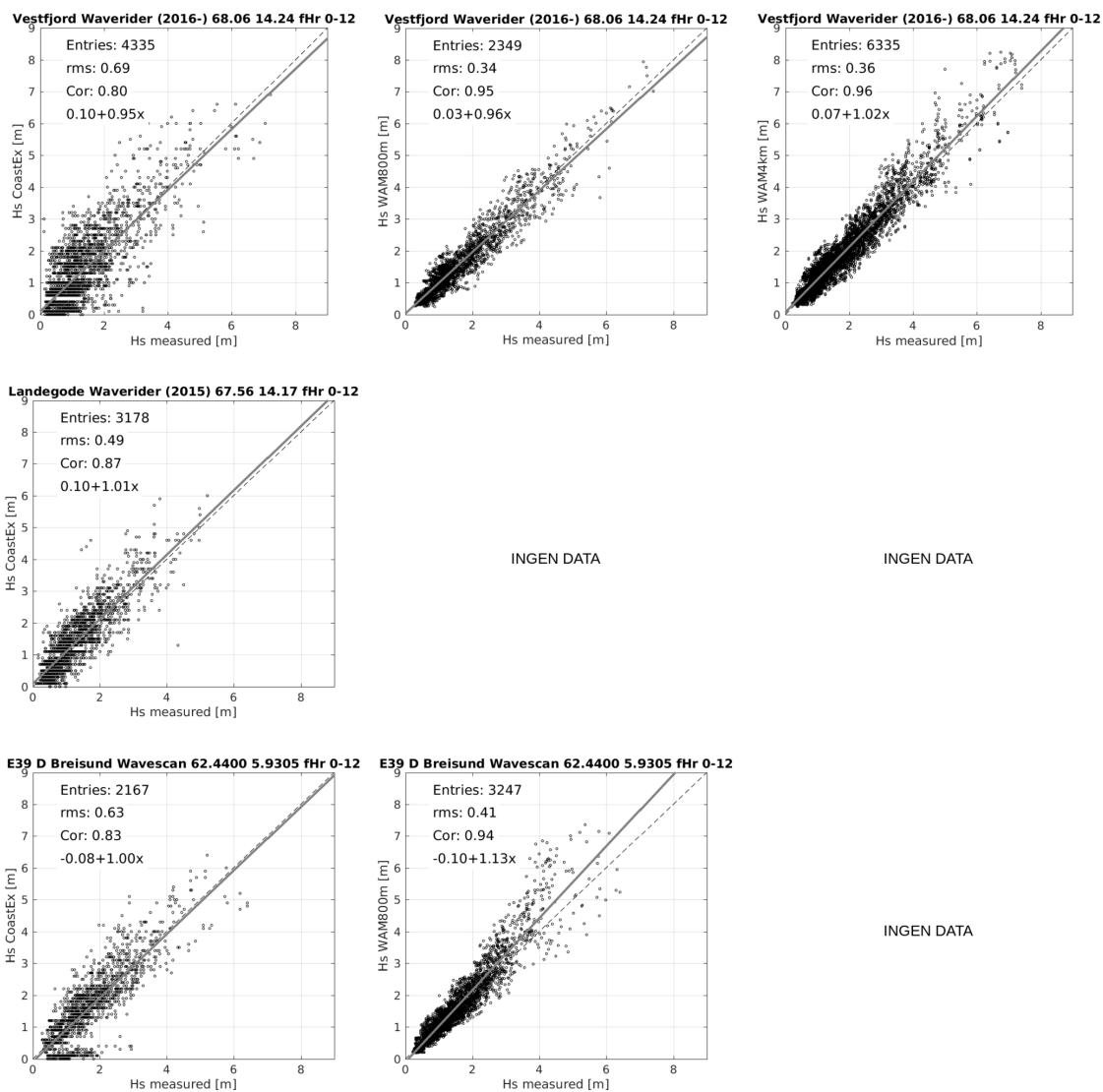


Figure 3: Korttidsvarsel (0-12 timer frem) versus målt bølgehøyde for Landegode, Vestfjorden og Breisundet. CoastEx i venstre kolonne, WAM800 og WAM4 i midterste og høyre kolonne.

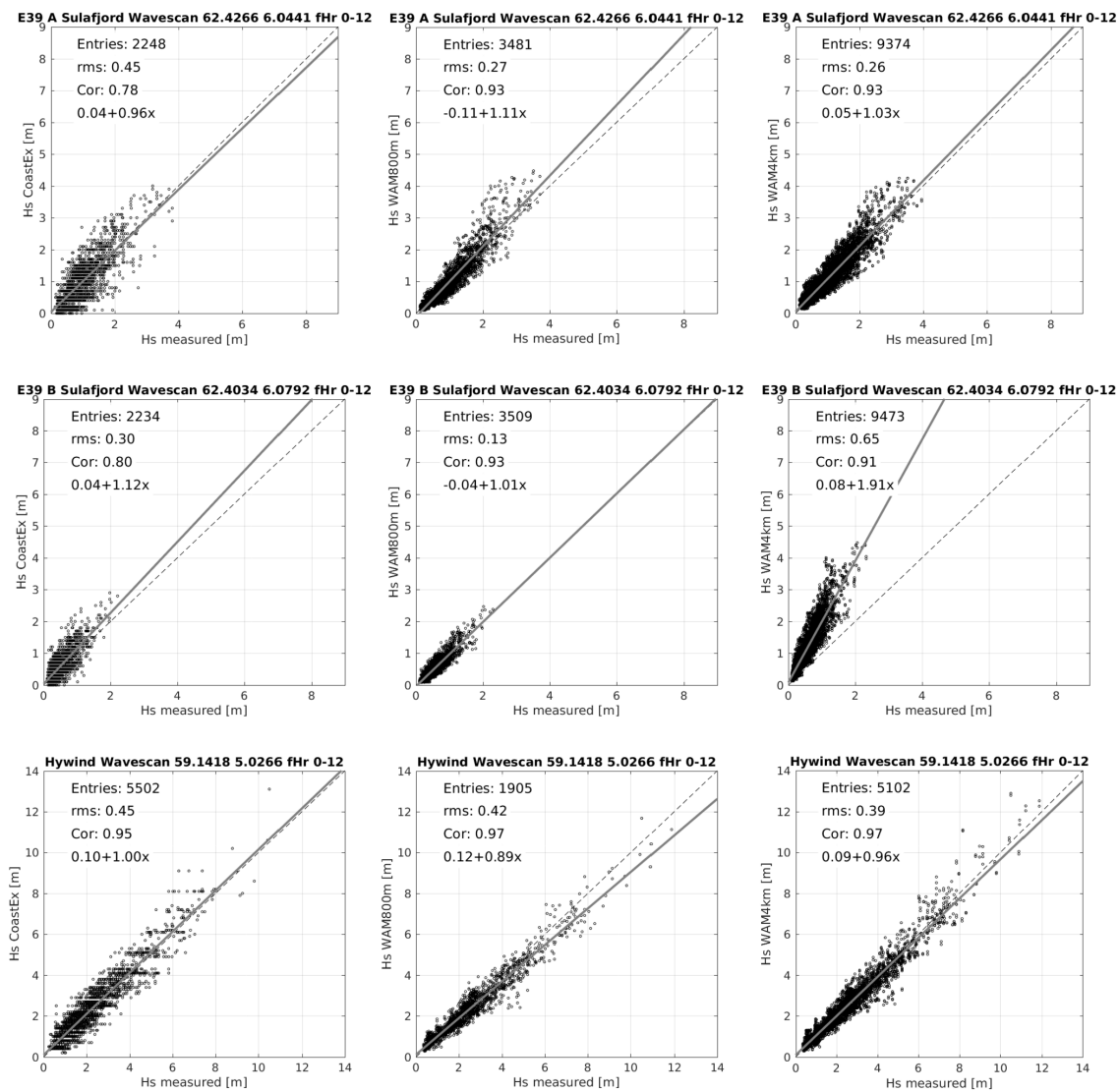


Figure 4: Korttidsvarsel (0-12 timer frem) versus målt bølgehøyde for Sulafjorden (indre og ytre) og Hywind vest av Karmøy. Bemerk at aksene går opp til 14m for Hywind.

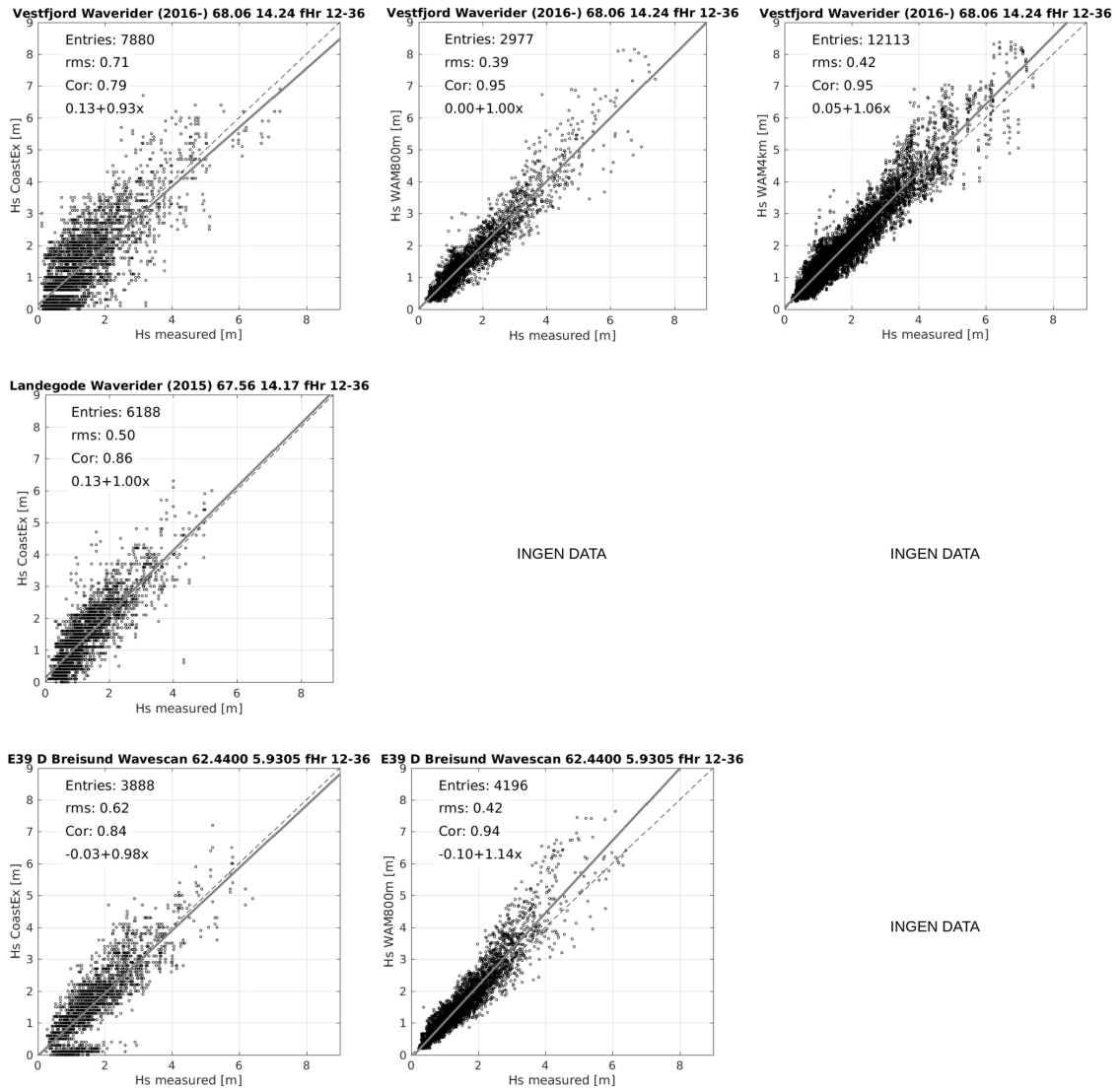


Figure 5: Mediumlangt varsel (12-36 timer frem) versus målt bølgehøyde for Landegode, Vestfjorden og Breisundet.

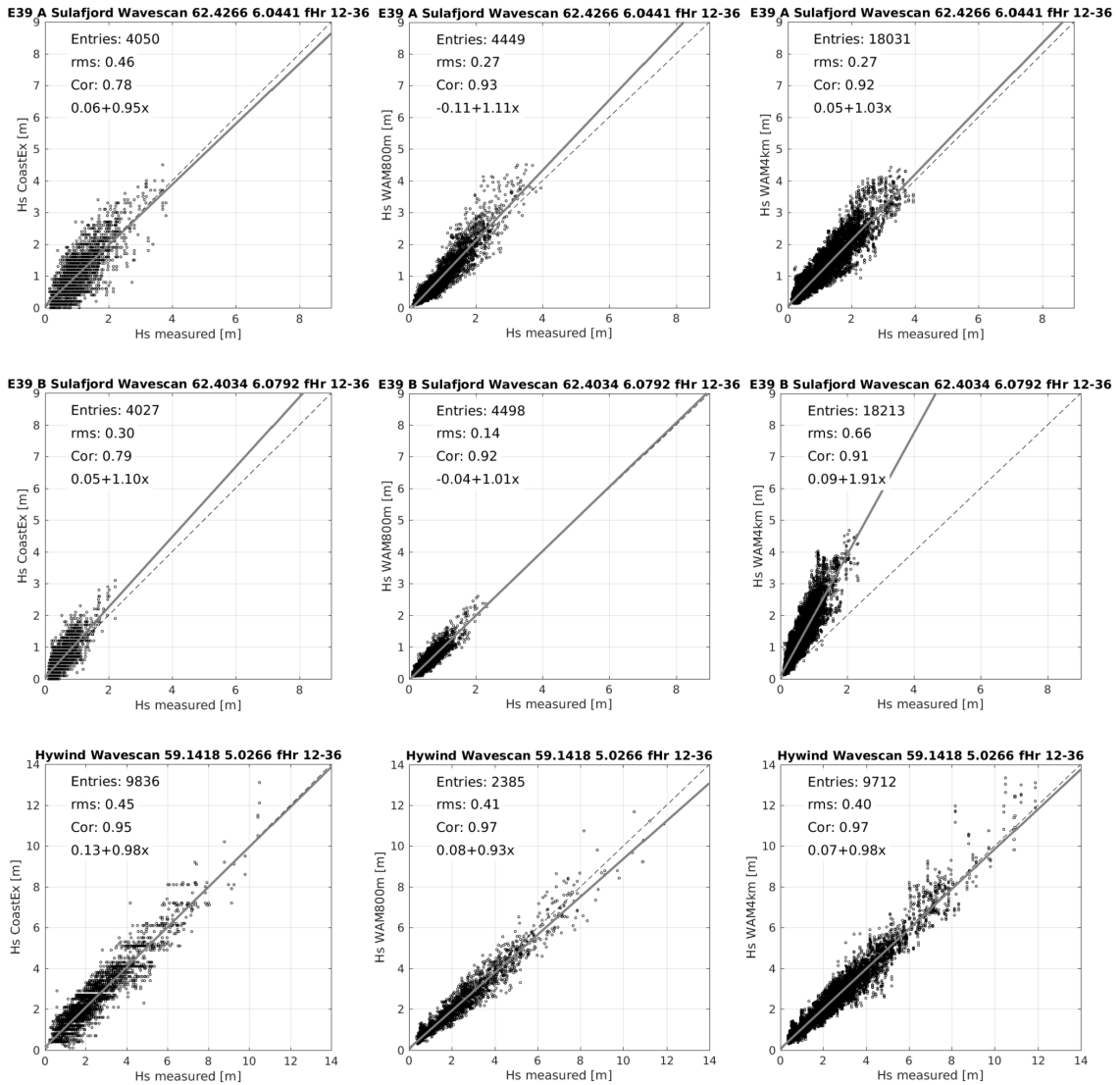


Figure 6: *Mediumlangt varsel (12-36 timer frem) versus målt bølgehøyde for Sulafjorden (indre og ytre) og Hywind vest av Karmøy. Bemerk at aksene går opp til 14m for Hywind.*

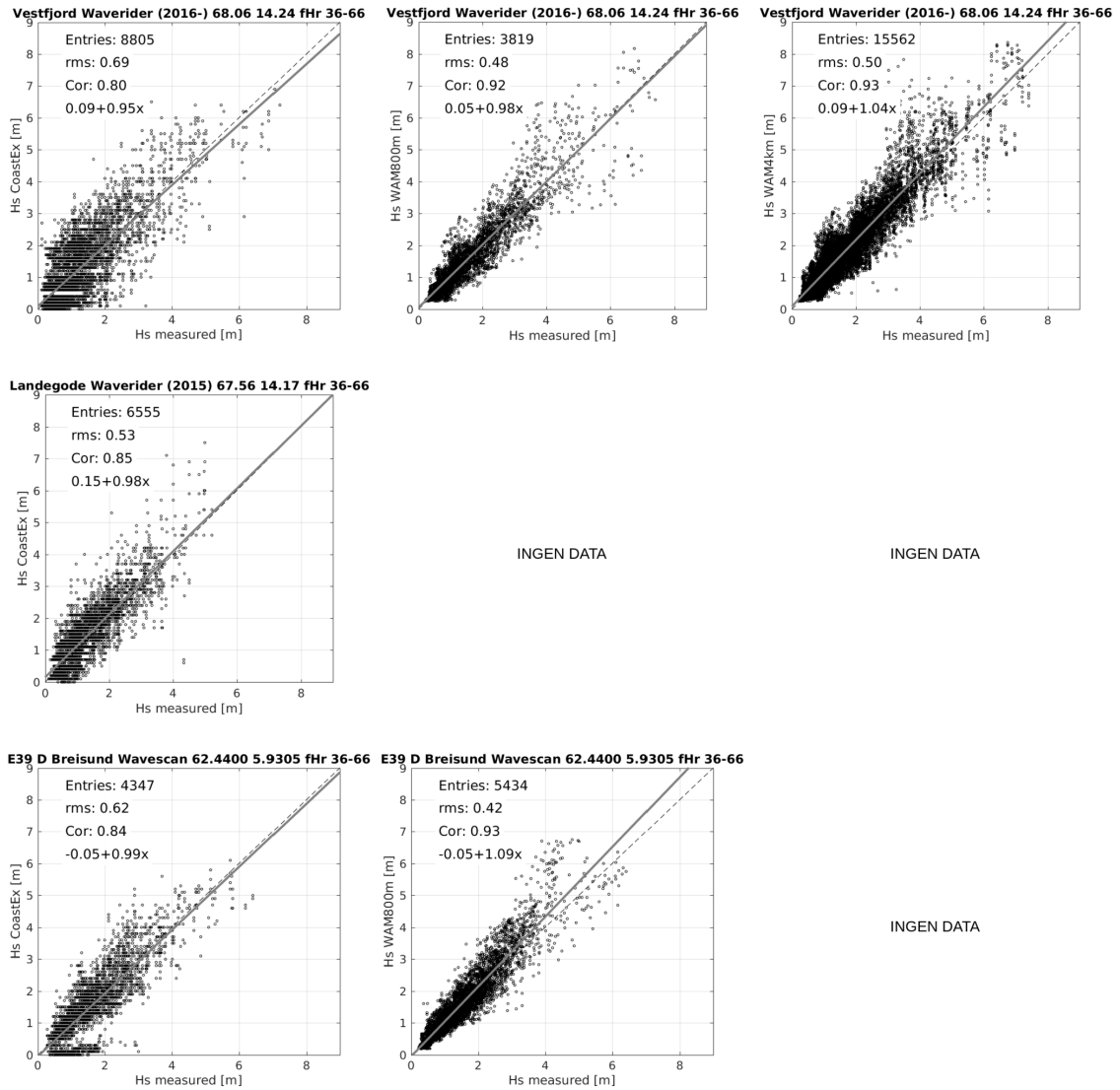


Figure 7: Langtidsvarsel (36-66 timer frem) versus målt bølgehøyde for Landegode, Vestfjorden og Breisundet.

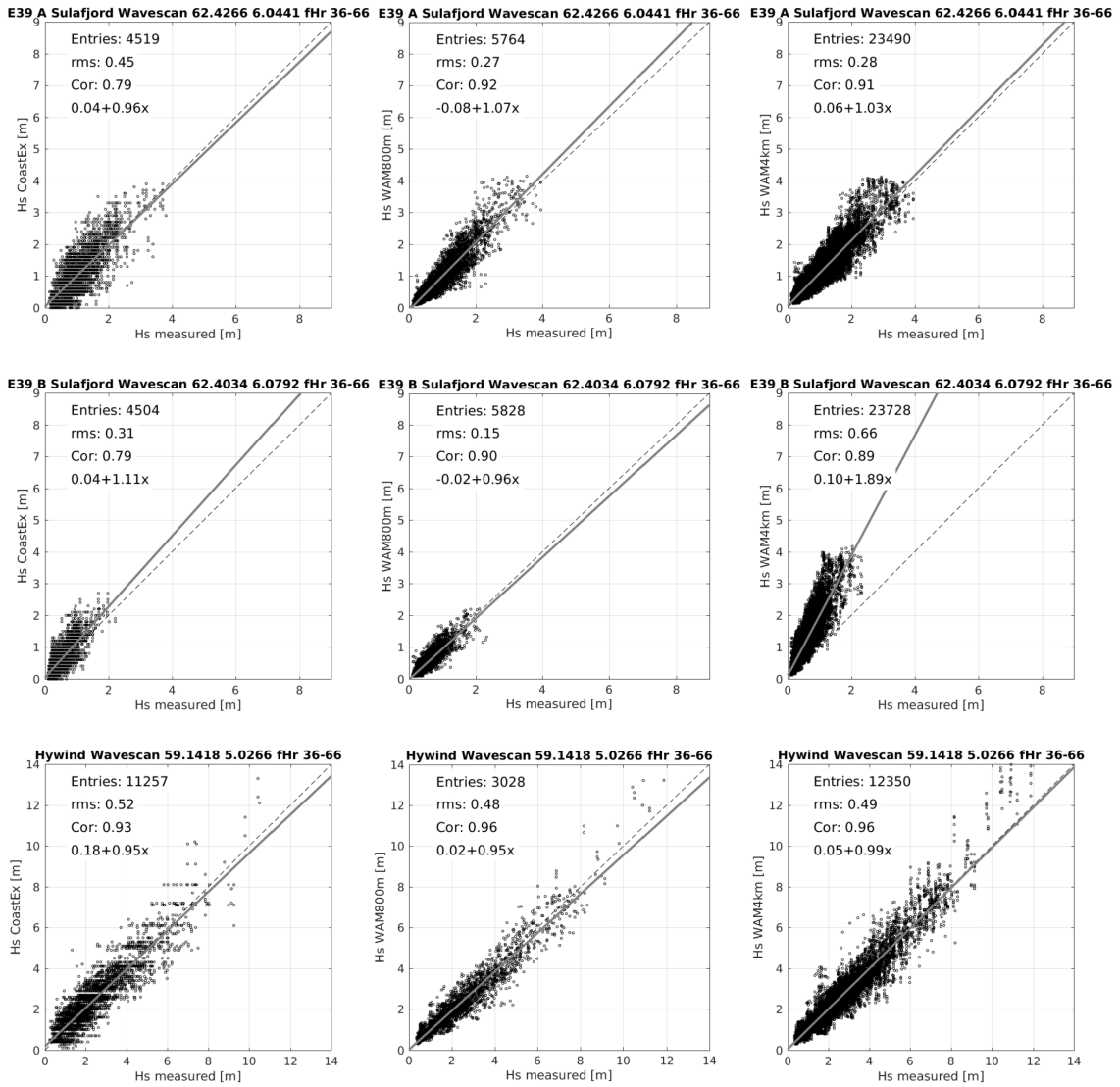


Figure 8: Langtidsvarsel (36-66 timer frem) versus målt bølgehøyde for Sulafjorden (indre og ytre) og Hywind vest av Karmøy. Bemerk at aksene går opp til 14m for Hywind.

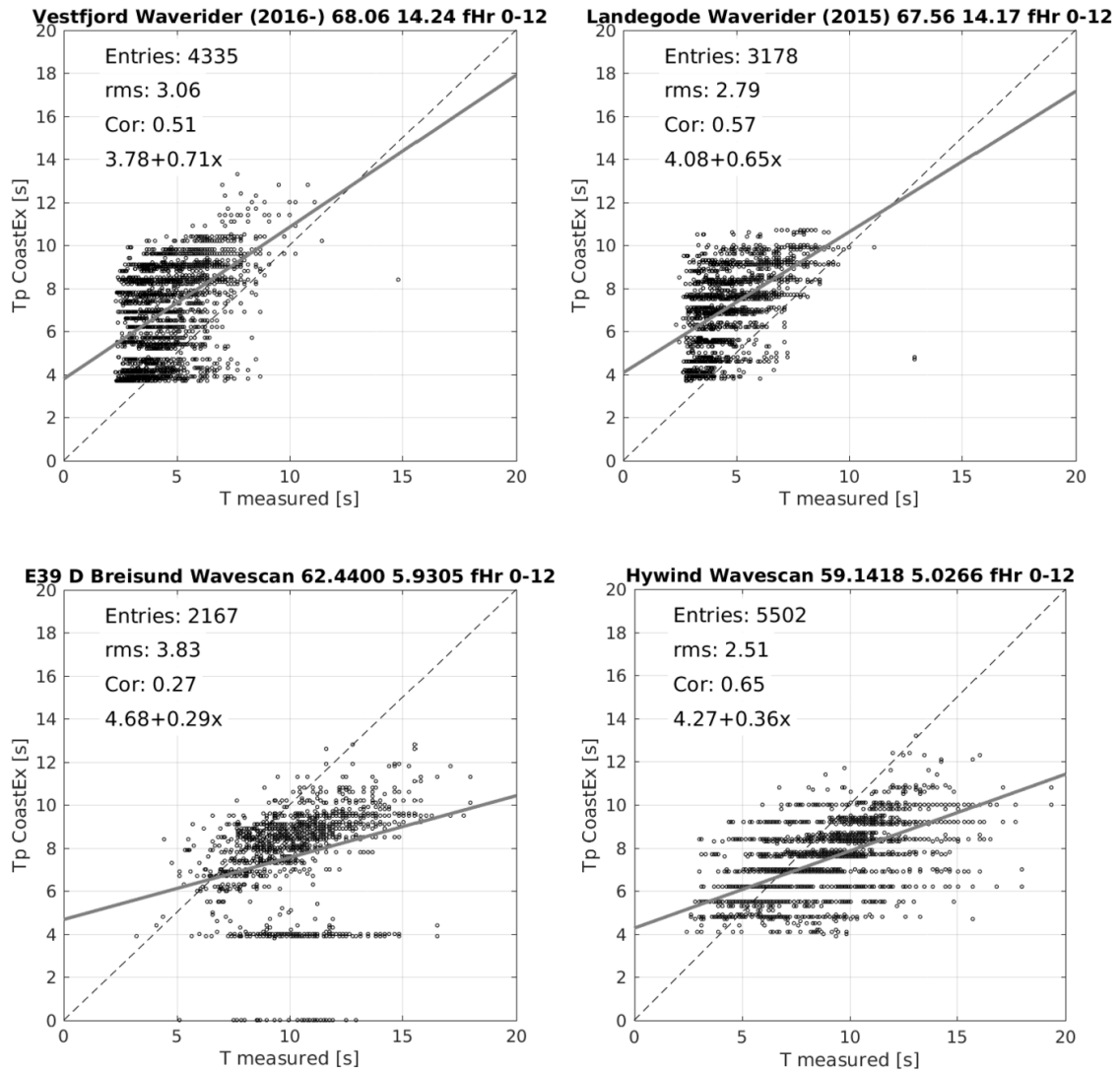


Figure 9: Sammenligning av varslet dominerende periode (0-12 timer frem) versus målt bølgeperiode for 4 stasjoner. Perioden er midlere bølgeperiode ( $T_z$ ) for Skrova og Landegode og peak periode ( $T_p$ ) for Breisundet og Hywind.

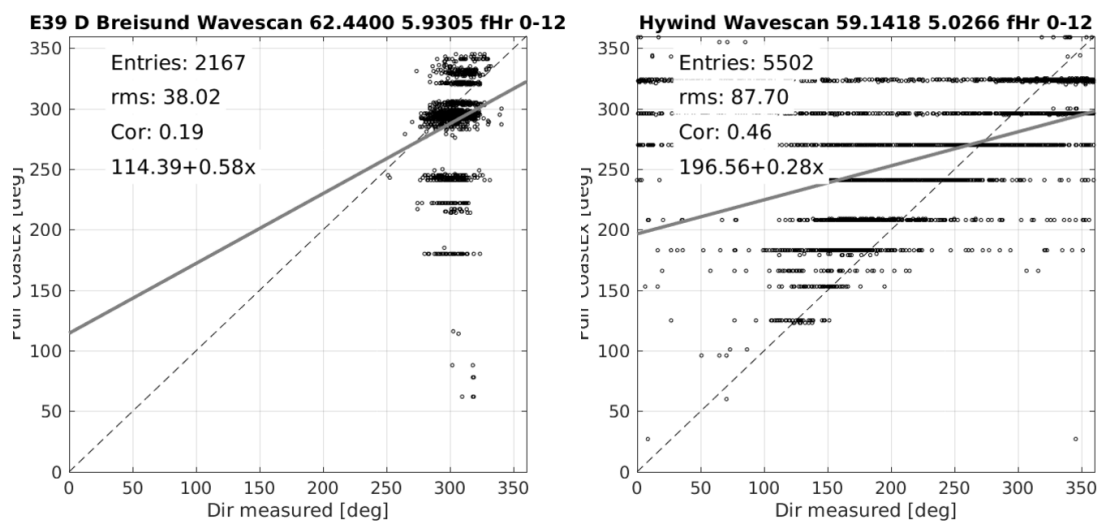


Figure 10: Sammenligning av varslet dominerende bølgeretning (0-12 timer frem) versus målt bølgeretning (peak direction) for 2 stasjoner.

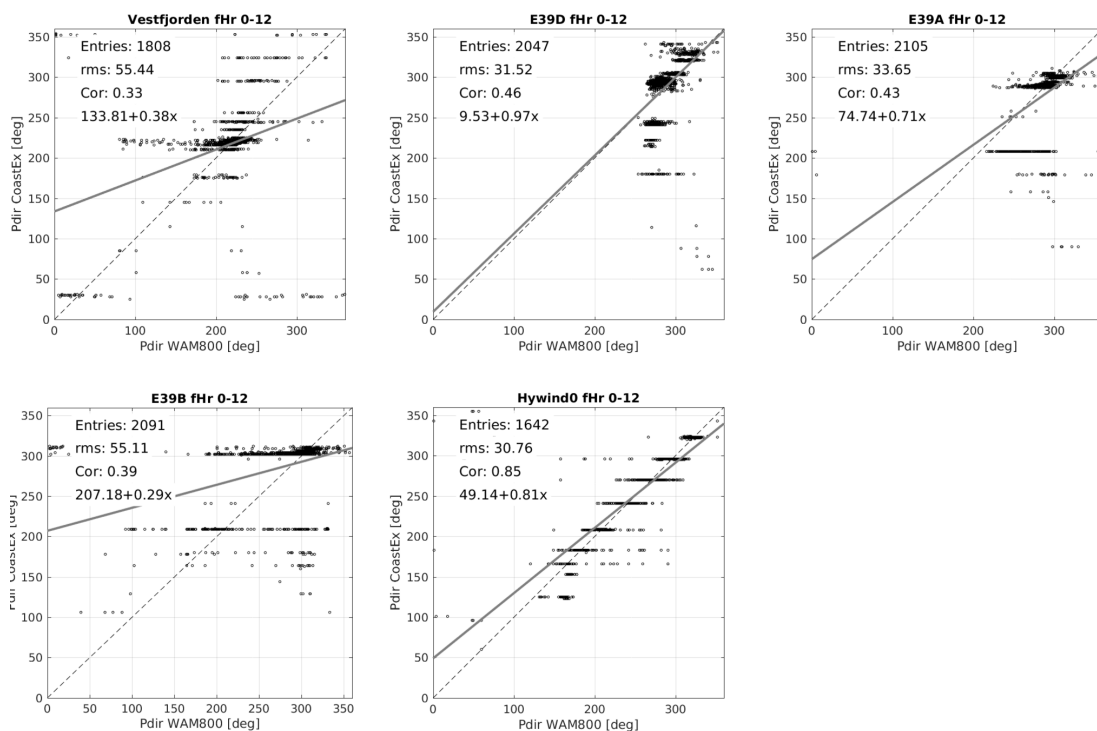


Figure 11: Sammenligning av varslet dominerende bølgeretning (0-12 timer frem) versus WAM800 bølgeretning for 5 stasjoner. Retningen er dominerende bølgeretning fra CoastEx og peak retning fra WAM800.



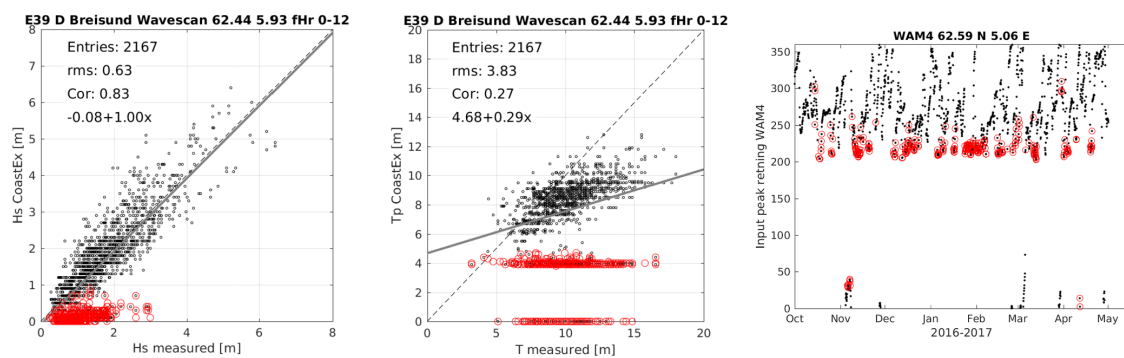


Figure 12: Som figur 3 og 9 for Breisundet, men verdier av Hs hvor CoastEx har peak retning under 250 grader er markert med rødt. Tidsserien viser peak retning fra WAM4 i det offshore-punktet som benyttes som randverdi til CoastEx for Breisundet.