

Beregning av korrosjonsklasse fra miljø- parametere i Fitjar

Lokasjon (59°56'11.5"N 5°19'58.4"Ø)

Terje Grøntoft



Forord

NILU har, på oppdrag for Aker BP, beregnet og vurdert korrosjonsklasse etter ISO 9223 ved kyst med sjøsalteksponering i Fitjar lokasjon (59°56'11.5"N 5°19'58.4"E) basert på meteorologi og stedsparametere. Bakgrunnen for prosjektet er Equinor og Aker BP sine planer om å etablere anlegg for landstrøm i området. Korrosjonsklassen ble bestemt fra en empirisk modell utarbeidet av NILU for dette formål basert på rapporterte sammenhenger i litteraturen mellom stedsparametere og miljø, sannsynlig sjøsaltavsetning, og korrosjonsklasse. Følgende data ble brukt:

- Lokasjonens avstand fra kyst og høyde over havet inkludert vurdering av lokasjonens orientering i forhold til kystlinje/øyer/bukter og sannsynlig betydning av dette for sjøsalteksponeringen.
- Total tid med vindretninger som gir mulighet for oppvirvling og transport av salt fra sjø til lokasjonen fra vindrose.
- For beregning av våt-tid ble timesverdier for relativ fuktighet (RF) og temperatur (T) innhentet for flest mulig år før april 2022, opp til en meteorologisk normal periode (= 30 år), fra nærmeste mulige/mest representative meteorologistasjoner.

Korrosjonsklasse kan korreleres med sannsynlig overflate-«slitasje», som massetap på forskjellige rene metalloverflater (ISO 9223, ISO 12944-2). Korrosjonsklasse vil korrelere med miljøbelastning og indikerer malingsystemers holdbarhet (ISO 12944-5), med antatt særlig vekt etter at noe skade har skjedd i/på malingsfilmen og (begynnende) korrosjon av underlagsmetallet bidrar til økende slitasje/skade.

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Forord | 1 |
| Sammendrag | 3 |
| 1 Steds(lokasjons)-beskrivelse | 4 |
| 2 Modellbeskrivelse - metode | 5 |
| 2.1 Modellforutsetninger..... | 5 |
| 3 Miljødata | 6 |
| 4 Beregninger - resultat | 7 |
| 5 Diskusjon | 15 |
| 6 Konklusjon | 17 |
| 7 Referanser | 18 |

Sammendrag

Korrosjonsklasse ble beregnet på lokasjon (59°56'11.5"N 5°19'58.4"Ø) i Fitjar fra årsgjennomsnitt for miljøparametere etter ISO 9223.

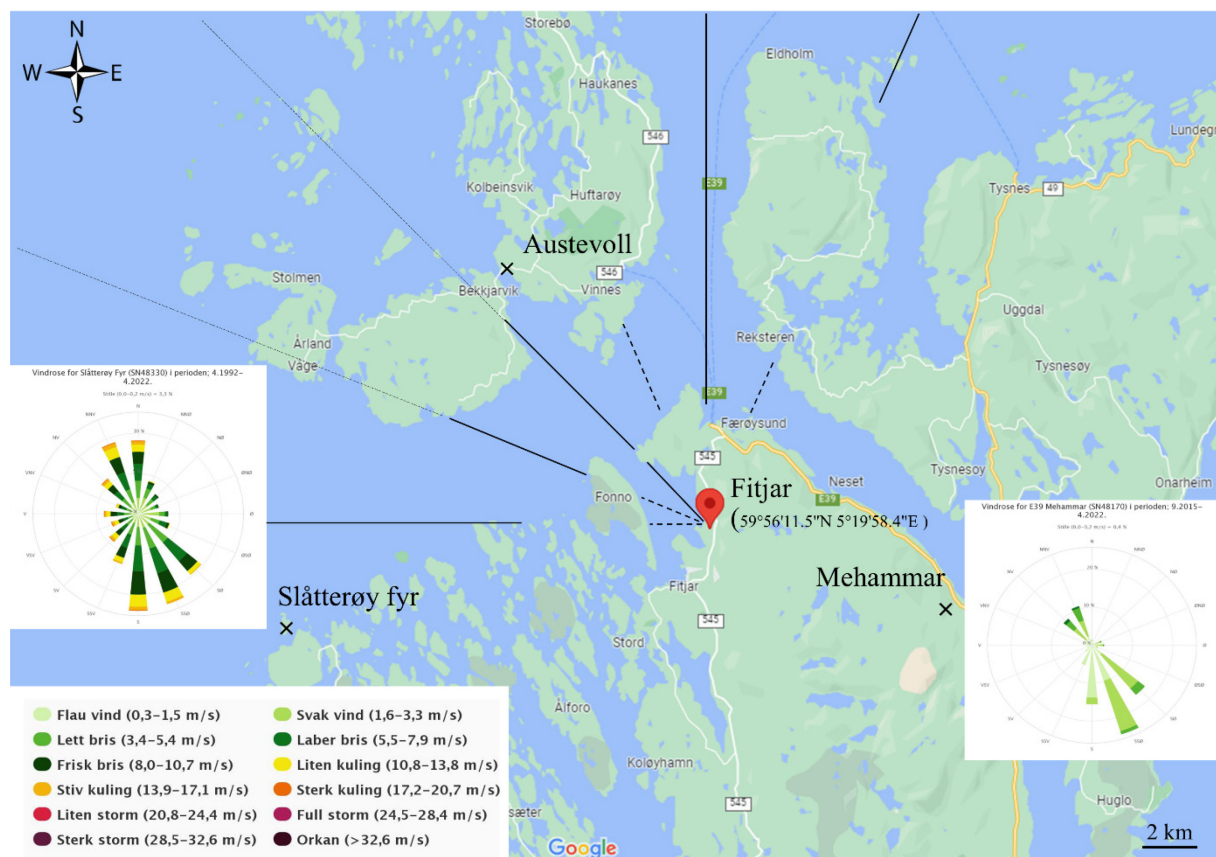
Det ble funnet at korrosjonsklassen med høy sannsynlighet er C3 og at dette i hovedsak er bestemt av våt-tiden på omtrent 4500 timer/år, som gjennomsnitt i perioden 2007-2022. Dette er godt innenfor grensene for C3 når saltavsetningen er $< 60 \text{ mg Cl}^-/\text{m}^2\text{døgn}$ og SO_2 -konsentrasjonen i luft $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Disse betingelsene synes med stor sannsynlighet oppfylt på lokasjonen i Fitjar som årsgjennomsnitt i normalår.

I perioden 2007-2022 ble det observert en våt-tid på >5500 timer kun i 2011, og den mest sannsynlige korrosjonsklassen var C4 dette året. Områder med betydelig skjerming mot sjøsalt fra for eksempel vegetasjon eller bygg, ville ha korrosjonsklasse C3. Slik skjerming vil antakelig ikke kunne redusere korrosjonen i utemiljø på lokasjonen til under klasse C3, da våt-tiden bestemt fra luftfuktigheten er mest bestemmende for korrosjonsklassen. Ved avstander nærmere strand enn 250 m, som oppgitt for Fitjar lokasjonen, og også i døgn med spesielle vær-situasjoner med kraftig vind antakelig særlig med retning inn Fitjarvik, kan sjøsaltavsetningen være betydelig høyere og antakelig i noen år bidra til mer korrosjon (over C3). Et våtere fremtidig klima, med en antatt sannsynlig økning i årsnedbør i Sunnhordaland på 5-10 % frem mot år 2100, vil sannsynligvis øke korrosjonen og år med korrosjonsklasse over C3 på lokasjonen, men normalårs-korrosjonen synes mest sannsynlig å være i klasse C3 inntil da (år 2100).

Beregning av korrosjonsklasse fra miljø-parametere i Fitjar

1 Steds(lokasjons)-beskrivelse

Lokasjon ($59^{\circ}56'11.5''\text{N}$ $5^{\circ}19'58.4''\text{E}$, og høyde over havet = 35 m) i Fitjar ligger nord på Stord, Vestland, inne i Fitjarvik. Fitjarvik er orientert nordvest-syldøst med en lengde på ca. 3,5 km fra det ganske smale innløpet: Korteste avstand fra strandlinjen til lokasjonen er ca. 250 m. Selbjørnsfjorden utenfor er åpen mot Nordsjøen i vest, men er nord for Fitjarvik orientert i retning sørvest-nordøst (320°) og har her en bredde på 3-4 km. Øygruppen Austevoll, med en utstrekning på 10 til 20 km, ligger i nordvestlig retning nord for Selbjørnsfjorden. Øygruppen har et par store øyer i sørøst mot Selbjørnsfjorden og mange mindre øyer mot nordvest rundt en 5-10 km vid indre relativt åpen bukt. Et smalnende sund går tvers gjennom øygruppen fra nordvest i retning Fitjarvik (Figur 1).



Figur 1: Fitjar-lokasjon ($59^{\circ}56'11.5''\text{N}$ $5^{\circ}19'58.4''\text{E}$) med tre nærliggende meteorologistasjoner: Slåtterøy fyr, Mehammar og Austevoll. Vindroser fra Slåtterøy fyr (1992-2022) og Mehammar (2015-2022) er vist. Kortere og lengre havstrekninger i vind(kompass)-retningene, som kan bidra med saltoppvirvling av betydning, er vist med stiplede (korte strekninger) og heltrukne linjer (strekninger > ca. 10 km).

2 Modellbeskrivelse - metode

Sjøsaltpartikler dannes ved oppvirvling over sjø. De transporteres med vinden og vil til slutt avsettes. Produksjonen/oppvirvlingen er avhengig av vindhastigheten og utstrekningen av havområdet. Jo høyere vindhastigheten og lengere havstrekningen er (opp til en strekning med «full oppvirvling») jo større er oppvirvlingen. Avsetningen på et sted bestemmes av konsentrasjon av sjøsalt i lufta, som blir mindre inn over land. Jo lenger avstand fra sjø, jo lavere konsentrasjon og mindre avsetning.

Korrosjon bestemmes hovedsakelig av tre faktorer; a) avsetning av sjøsalt, b) andel våttid (definert som perioder med $T > 0^{\circ}\text{C}$ og relativ fuktighet høyere enn 80%), og c) konsentrasjonen av svoveldioksid (SO_2). Alle disse parameterne inngår i NILUs metode beskrevet under. Korrosjon er i stor grad bestemt av tørravsetningen fra luft av sjøsaltpartikler (eller «aerosoler», som kan være salt løst i vandrdåper eller saltkrystaller). Sjøsaltpartiklene transporteres med vind og daler med tyngdekraften til bakken og fester seg. Våtavsetning, det vil si opptak av sjøsaltpartikler i skydråper og tåke som så felles ut gjennom regn er mindre viktig for korrosjon. Regn kan også minske korrosjon ved at sjøsaltet (og andre avsetninger og forurensninger) vaskes av.

Den benyttede «NILU empirisk modell for beregning av sjøsaltavsetning» er beskrevet ved følgende:

1. Korrosjonsbelastningen bestemmes til fem hovedklasser C1-C5 fra miljøparametere etter ISO 9223. Hvis korrosjonsklasse skulle beregnes > 5 (svært usannsynlig) betegnes den "6" (CX etter ISO 9223 og ISO 12944-2).
2. Sjøsaltavsetningen over land (i $\text{mg Cl}^-/\text{m}^2$ dag) ble beregnet fra eksponentielle sammenhenger (likninger) basert på ett års målinger av vindhastighet og sjøsaltavsetning ved Haugsneset i Sørvest-Norge, i distanser på 100, 250 and 450 m fra kyst (Henriksen 1989, Grøntoft og Svenningsen 2010).
3. Til de tre eksponentialkonstantene fra (2) (ved 100 m, 250 m og 400 m) ble det tilpasset en ny eksponentiell sammenheng og sjøsaltavsetning ble uttrykt ved denne «likning nr. 2» for å få et kontinuerlig uttrykk for avsetningen avhengig av vindhastighet og avstand fra kyst ved måle høyden på 2 m.
4. Avsetning ved ulike høyder over sjø, brenning, og land (forskjellig fra $h = 2$ m), ble beregnet ved ekstrapoleringer fra (3) tilpasset måledata fra Vitols (1976), som følger A til C:
 - A. **Over brenning** (0 m fra sjø). Sjøsaltavsetningen ble redusert med 10 ganger fra bakkenivå til 10 m høyde, tilpasset beregnet verdi ved 2 m høyde utfra (2-3), og satt lik konstant over 10 m høyde.
 - B. **Over land**. Sjøsaltavsetningen ble beregnet som summen av den vektete avsetningen fra «brenningen inn over land» og fra «sjøtransport inn over land» inntil en avstand, x (satt lik 100 m), fra kyst. Avsetningen «fra brenningen i ulike høyder inn over land» ble beregnet på samme måte som over brenningen, men med en reduksjon inn over land som (2-3). Avsetningen fra «sjøtransport inn over land» under 2 meters høyde ble ekstrapolert til å synke mot bakken fra verdiene målt/beregnet utfra (2-3) proporsjonalt med en 10 gangers økning fra bakken til en høyde på 1000 m. Over en høyde på 2 m ble avsetningen fra «sjøtransport inn over land» satt lik avsetningen «fra brenningen over land». Summen av de høydejusterte avsetningene, fra brenning og sjø, ble proporsjonalt vektet og tilpasset målinger fra Vitols (1976) og Henriksen (1989) (ved 2 m høyde). Etter avstand, x , ble bare (den høydeavhengige) avsetningen fra «sjøtransport inn over land» (2-3) brukt videre.
 - C. **Over sjø**. Sjøsaltavsetningen ved høyde = 0 m ble beregnet som en fraksjon, y (satt lik 0,1), av avsetningen i brenningen ved høyde = 0 m, for så å avta lineært til en høyde = 10 m. Ved $h > 10$ m ble avsetningen over sjø satt lik avsetningen over brenningen.
5. Modellen kan inkludere saltavsetning fra saltet vei, men dette ble ikke brukt i modelleringen her.

2.1 Modellforutsetninger

Modelleringen er basert på sjøsaltavsetning mot kyst fra åpent hav. Den norske skjærgården er ofte vesentlig forskjellig fra dette. Eksponering skjer ofte fra både hav, fjorder og våger. Det kan være

landskjerming i forskjellige retninger fra øyer og nes med ulik topografi og høyde, både mot det ytre havet, og av og fra fjorder og våger. Våger og spesielt indre fjordbasseng kan også ha betydelig tilflyt av ferskt elvevann.

Dette gjør beregningen av sjøsaltavsetningen kompleks. NILU har ikke tilgjengelig en modell som umiddelbart tar hensyn til slike mangfoldige og varierende lokale kystforhold. NILU modellen beregner i utgangspunktet saltavsetningen fra veiet % vindtid normalt på land i de dominerende vind/eksponerings-retningene fra åpent hav. Lokaliteten i Fitjar er mer kompleks enn en relativt ensrettet kyststrekning. Istedenfor å beregne veiet % vindtid vinkelrett på land i den dominerende eksponeringsretningen fra hav, ble sjøsaltavsetningen derfor beregnet separat fra seks retninger (fra vindrose) med vindtransport fra «havet». Disse retningene var i hovedsak fra Selbjørnsfjorden i nordvest. Det ble tatt hensyn til den betydelige transportavstanden og saltavsetningen over land (øyer, nes) og kortere innenskjærs sjøstrekning (med antatt ubetydelig saltoppvirvling) i de fleste retningene.

Det ble antatt at oppvirvling (og avsetning) av betydning vil skje fra sjøstrekninger > 10 km lange. Cole et al., (2003) fant for Australia begrensninger i oppvirvling for bukter med sjøstrekninger kortere enn 300 km ned til ca. 10 km, og at mindre bukter ikke hadde betydelig oppvirvling, uavhengig av dybde. For bukter som var videre/lengre enn ca. 10 km var oppvirvlingen noe større for dype (> 5 m) bukter enn grunne. Norske våger og bukter kan i hovedsak antas å være dypere enn 5 m. Begynnende og økende oppvirvling fra strekk fra ca. 10 km åpen sjøavstand stemmer bra med målinger på Haugsneset i Tysvær (som NILU-modellen i hovedsak er basert på (Henriksen 1989)). Ved Haugsneset ble det funnet at saltavsetningen var sterkt avhengig av vindhastigheten ut mot den vide (> 10 km brede) Boknafjorden mot sørøst, men at vindhastigheten hadde lite betydning i østlig retning der fjorden er smalere (5 km til nærmeste odde og så ca. 8 km videre til kyst).

Den lokalt uskjermede (av for eksempel bygninger og vegetasjon) saltavsetningen på Fitjar-lokasjonen ble bestemt som summen av saltavsetningen fra vindtransport fra de seks vindretningene fra V (vest) til NNØ (nord-nordøst) (utfra vindrose) over gitte avstander over «land» (det vil si bukter, vik, øyer, nes og strender) til lokasjonen fra de åpne > 10 km lange sjøstrekningene i disse retningene. Saltoppvirvlingen og transporten ved høy vind, i smale (< 10 km vide) fjorder og bukter/våger, kan da muligens undervurderes. På den annen side antar modellen noen lunde jevnt stigende terreng fra kyst til lokasjonen og det tas ikke hensyn til at mulig skjerming fra øyer og nes med varierende høyde opp til ca. 150 m nord for Fitjar, og ca. 250 m nordøst for Fitjar, kan redusere sjøsalttransporten til lokasjonen.

3 Miljødata

Datainnsamling og bearbeiding ble gjennomført med:

- Geodata fra oppdragsgiver, Google Maps og Google Earth.
- Vindrose fra Norsk Klimaservicesenter¹ for meteorologistasjonen på Slåtterøy fyr (stasjonsnr. SN48330, 59°54'29.1"N 5°04'02.3"Ø) i Bømlo kommune for tidsrommet medio april 1992 til medio april 2022 (30 år).
- Fukt- og temperaturdata hentet fra Norsk Klimaservicesenter for stasjon Slåtterøy fyr i tidsrommet 12. april 2007 til 13. april 2022 (15 år).

Inngangsdata til beregningene ble tatt fra Norsk Klimaservicesenter (se fotnote). Det ble vurdert at data fra meteorologistasjonen Slåtterøy fyr, Bømlo (59°54'29.1"N 5°04'02.3"Ø) var mest representative for formålet. Slåtterøy fyr ligger 15 km vest for Fitjar helt ut mot havet på sørsiden av Selbjørnsfjorden og er mer værutsatt enn Fitjar (Figur 1). Holmer og øyer mellom Slåtterøy fyr og Fitjar er lave. Den noe større øya Fonno går opp i noe over 100 m. Den ligger inn mot Fitjarvik og skjerner

¹ <https://klimaservicesenter.no/> [besøkt 23. april 2022].

Fitjar mot vest. To andre meteorologistasjoner med omtrent samme avstand til Fitjar, er på Austevoll i nordvest og Mehammar inne i Langenuenfjorden i sørøst. De ønskede data var imidlertid ikke tilgjengelige fra disse stasjonene. Stasjonen i Mehammar ligger skjermet i en fjord og stasjonen syntes lite representativ for den mer eksponerte situasjonen i Fitjar. Vinddata, for beregning av sjøsaltavsetning, ble tatt ut som vindrose med fordeling på 13 vindklasser (vindhastighetsintervaller) og 16 vind-kompassretninger (med 22,5° mellomrom), for 30 års perioden fra 1992 til 2022. Data for temperatur (T) og relativ fuktighet (RF), for beregning av våt-tid (TOW), ble tatt ut for 15 år tilbake i tid med kontinuerlige målinger med påkrevet timesoppløsning: 12. april 2007 til 13. april 2022. Data var tilgjengelige tilbake til 1992, men på grunn av grovere tidsoppløsning (4 og 6 timers intervaller) og noen tidsperioder uten data ble det vurdert at inkluderingen av disse tidligere dataene ikke var fornuftig eller nødvendig. Det ville komplisere beregningene, gi større usikkerhet og heller ikke gi mer representative fuktverdier.

4 Beregninger - resultat

Beregning av korrosjonsklasse er basert på årsmidler (som, eksempelvis for våt-tiden, kan være beregnet fra data med høyere tidsoppløsning) for inngangsparameterne. Det ble antatt at sjøsaltavsetning bare skjer når vinden blåser fra havet i halvsirkelen fra vest (V) til nord-nordøst (NNØ)². De seks aktuelle vindretningene for avsetning fra sjø av noe betydning, er da utfra kart og vindrose: V (vest, 270°), VNV (vest-nordvest), NV, NNV, N, og NNØ (nord-nordøst), med 22,5° graders intervaller. Retning NØ ble utelatt på grunn av lite vind, og for det meste land i den retningen. Dette er bortsett fra et fjordløp på ca. 1,5 km bredde i en avstand av ca. 3,5 km fra Fitjar-lokasjonen, men med landhøyder opp til ca. 350 m på denne strekningen. Avstandene til nærmeste sjøstrekninger fra Fitjar-lokasjonen er gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Avstander til nærmeste sjøstrekninger fra Fitjar lokasjonen i angitte vind-kompassretninger (fjord = Selbjørnsfjorden, våg = Fitjarvik).

| Kompass-vindretning | Distanse til nærmeste sjø (km) | Nærmeste sjø-strekning (km) | Sjø-type | Distanse til nærmeste sjøstrekning > ca. 10 km (km) | Sjø-strekning (km) | Sjøtype |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------|---|--------------------|--|
| V (270°) | 0,64 | 2,5 | Våg | 5,7 | > 300 | Åpent hav |
| VNV (292,5°) | 0,3 | 2,6 | Våg | 4,4 | > 300 | Åpent hav |
| NV (315°) | 0,25 | 8,1 | Våg + fjord | 0,25 | 8,1 | Fitjarviken + Selbjørnsfjorden, mot sund i Austevoll |
| NNV (337,5°) | 4,3 | 3,7 | Fjord | 60 | > 300 | Åpent hav |
| N (360°) | 3,8 | 20 | Fjord | 3,8 | 20 | Langenuenfjorden |
| NNØ (22,5°) | 3,9 | 2,6 | Fjord | 15 | 20 | Bjørnafjorden |

² Målinger fra det nasjonale overvåkingsprogrammet (Aas mfl., 2021) viser at avsetning av sjøsalt avtar raskt med avstand til sjø. Eks. hadde Brekkebygda ved Sokna våtavsetning lik 454 mg Cl⁻/ m² i 2020, dette tilsvarer 1,24 mg Cl⁻/m² døgn.

Underlagsmaterialet for vind er gitt i Tabell 2, mens beregnede verdier er gitt i Tabell 3 og Tabell 4:

- Tabell 2 gir vinddataene (% vindtid) fra vindrosen fra Slåtterøy fyr (vist i Figur 1).
- Tabell 3 viser de beregnede 30 års døgngjennomsnittlige sjøsaltavsetningene for vindklassene og vindretningene – hvis all vind hadde blåst fra de enkelte retningene.
- Tabell 4 viser de beregnede gjennomsnittlige vindtid-vektede 30 års døgngjennomsnittlige sjøsaltavsetningene for vindklassene og vindretningene, det totale beregnede 30 års døgngjennomsnittet for hver vindklasse og vindretning, og endelige det totale 30 års døgngjennom-snittet (for alle vindklasser og vindretninger).

Som beskrevet over avhenger sjøsaltavsetningen eksponentielt av vindhastigheten. Det medfører at det mest av avsetningen ofte vil skje fra de høye vindhastighetene i en vindklasse, men veiet med vindtiden. Ideelt burde en beregne avsetningen fra vindhastigheten gitt i hvert øyeblikk, og summert. Timesverdier for vindhastigheten og retningen kunne vært brukt, men var ikke tilgjengelig. NILU-modellen er heller ikke tilpasset beregning av slike lange tidsserier og det hadde uansett blitt for ressurskrevende. NILU modellen vil beregne riktig sjøsaltavsetning (sammenlignbar med grunnlagsdataene) for vindklassene i en vindrose ved bruk av en vindhastighet mellom medianen til den maksimale vindhastigheten i vindklassene. Beregningene av sjøsaltavsetningene i vindklassene ble derfor gjort for et intervall fra medianen til den maksimale vindhastigheten. Gitt usikkerhetene i beregningene synes det også riktig å rapportere sannsynlig saltavsetning som et slikt intervall.

Tabell 2: Vindtid (%) avhengig av vindklasse (hastighet) og retning. Slåtterøy fyr (SN48330) i perioden medio april 1992 - medio april 2022. Gul markering angir cellen med høyeste vindklasse- og vindtidsveide saltavsetning (se Tabell 4)¹⁾. Merk at summen av de ulike vindretningene er ulik 100. Dette skyldes andel vindstille som er 3,3. Summen av alle vindretninger og vindstille uten avrunding er 100.

| Vindklasse (m/s) | N | NNØ | NØ | ØNØ | Ø | ØSØ | SØ | SSØ | S | SSV | SV | VSV | V | VNV | NV | NNV | SUM |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 0,0-0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,3 |
| 0,3-1,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 4,9 |
| 1,6-3,3 | 1,6 | 1,7 | 1,1 | 1,3 | 2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,3 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 1,1 | 18,7 |
| 3,4-5,4 | 2,1 | 1,2 | 1 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 2,9 | 2,7 | 2,3 | 1,5 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 1,7 | 22,1 |
| 5,5-7,9 | 2,1 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 3 | 3,2 | 3,2 | 1,7 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 1,2 | 2,2 | 21,9 |
| 8,0-10,7 | 1,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 1,6 | 2,5 | 2,9 | 1,3 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 1 | 2 | 16,4 |
| 10,8-13,8 | 0,9 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,5 | 1,2 | 1,5 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,6 | 1,3 | 8,7 |
| 13,9-17,1 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 3,1 |
| 17,2-20,7 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,7 |
| 20,8-24,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 |
| 24,5-28,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28,5-32,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| >32,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUM | 9,1 | 4,2 | 3,1 | 2,6 | 3,7 | 4 | 9,9 | 11,6 | 11,9 | 6,5 | 4,6 | 3,4 | 4 | 3 | 5,7 | 9,3 | 100 |

1) Merk at det kun er vindretningene N, NNØ, V, VNV, NV og NNV som er relevante for sjøsaltavsetning ved Fitjar. Vinden står fra disse retningene i $9,1+4,2+4+3+5,7+9,3 = 35,3\%$ av tiden.

Tabell 3: Beregnet 30 års døgngjennomsnittlig sjøsaltavsetning ($\text{mg Cl}^-/\text{m}^2\text{døgn}$), for vindklasser (oppgitt som medianer i hastighetsintervallene, fra Tabell 2) og avstand fra Fitjar-lokasjonen til sjøstrekning med lengde over > ca. 10 km i vindretningene, ved antatt 100% vindtid fra vindretningene. Gul markering angir høyeste vindklasse- og vindtids-bestemte sjøsaltavsetning (se Tabell 4). Grå felter er uten verdier.

| Avstand til sjøstrek > 10 km (km): | 3.8 | 15 | | 5.7 | 4.4 | 0.25 | 60 |
|--|---|------|----------|-------------|-------------|---------------|------|
| Vindretning: | N | NNØ | NØ - VSV | V | VNV | NV | NNV |
| Vindklasse (m/s) (median) | Sjøsaltavsetning ($\text{mg Cl}^-/\text{m}^2\text{døgn}$) | | | | | | |
| 0.1 | | | | | | | |
| 0,9 - 1,5 | 0,17 | 0,16 | | 0,16 | 0,17 | 0,28 - 0,39 | 0,16 |
| 2,45 - 3,3 | 0,18 | 0,16 | | 0,17 | 0,17 | 0,69 - 1,2 | 0,16 |
| 4,4 - 5,4 | 0,19 - 0,20 | 0,16 | | 0,17 | 0,18 | 2,2 - 4,0 | 0,16 |
| 6,7 - 7,9 | 0,21 | 0,16 | | 0,17 | 0,19 | 8,6 - 17 | 0,16 |
| 9,35 - 10,7 | 0,22 - 0,24 | 0,16 | | 0,17 - 0,18 | 0,20 | 41 - 91 | 0,16 |
| 12,3 - 13,8 | 0,25 - 0,26 | 0,16 | | 0,18 | 0,21 - 0,22 | 240 - 570 | 0,16 |
| 15,6 - 17,1 | 0,28 - 0,29 | 0,16 | | 0,18 - 0,19 | 0,23 | 1700 - 4000 | 0,16 |
| 18,95 - 20,7 | 0,31 - 0,33 | 0,16 | | 0,19 | 0,24 - 0,25 | 12000 - 34000 | 0,16 |
| 22,6 - 24,4 | | | | | | | |
| 26,45 - 28,4 | | | | | | | |
| 31,05 - 32,6 | | | | | | | |
| >32,6 | | | | | | | |
| 30 års døgngjennomsnitt for vindretningene | 0,21 - 0,22 | 0,17 | 0 | 0,18 | 0,17 - 0,18 | 330 - 880 | 0.16 |

Tabell 4: Beregnet 30 års døgngjennomsnittlig sjøsaltavsetning (mg Cl⁻/m²døgn), avhengig vindklasse og vindtid i vindretningene (Tabell 2) på Fitjar-lokasjonen med gitte avstander til sjøstrekning med lengde over > ca. 10 km. Gul markering angir høyeste vindklasse- og vindtids-bestemte sjøsaltavsetning. Grå felter er data til informasjon som ikke er brukt i beregningene (avstand til nærmest sjø) eller er felter uten verdier.

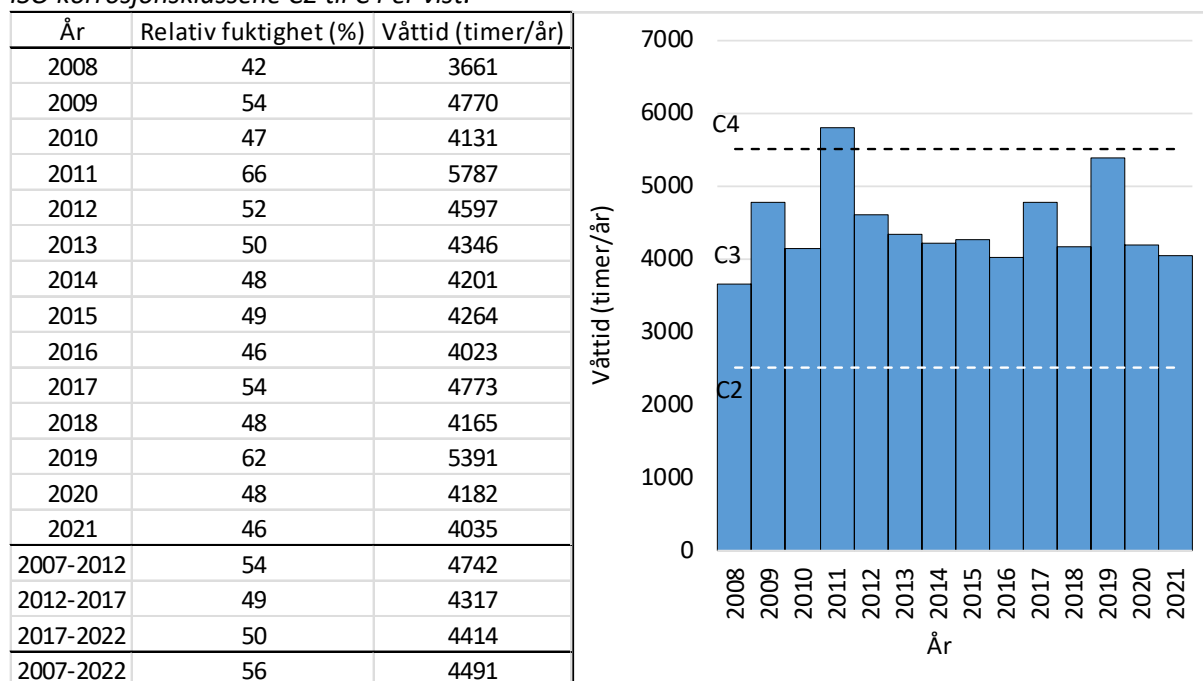
| Avstand til nærmeste sjø (km): | 3.8 | 3.9 | 0.64 | 0.3 | 0.25 | 4.3 | | |
|--|--|----------------------|----------|----------------------------|----------------------------|---|----------------------|--------------------------------------|
| Avstand til sjøstrek > 10 km (km): | 3.8 | 15 | | 5.7 | 4.4 | 0.25 | 60 | |
| Vindretning: | N | NNØ | NØ - VSV | V | VNV | NV | NNV | 30 døgngjennomsnitt for vindklassene |
| Vindklasse (m/s) (median) | Sjøsaltavsetning (mg Cl ⁻ /m ² døgn) | | | | | | | |
| 0.1 | | | | | | | | |
| 0,9 - 1,5 | 6,7 - 6,9x10 ⁻⁴ | 6,5x10 ⁻⁴ | | 4,9x10 ⁻⁴ | 3,3 - 3,4x10 ⁻⁴ | 8,3x10 ⁻⁴ - 1,2x10 ⁻³ | 6,5x10 ⁻⁴ | 0.004 |
| 2,45 - 3,3 | 2,8 - 2,9x10 ⁻³ | 2,8x10 ⁻³ | | 1,2x10 ⁻³ | 1,0 - 1,1x10 ⁻³ | 6,2x10 ⁻³ - 1,0x10 ⁻² | 1,8x10 ⁻³ | 0.02 |
| 4,4 - 5,4 | 4,0 - 4,1x10 ⁻³ | 2,0x10 ⁻³ | | 1,2x10 ⁻³ | 1,3x10 ⁻³ | 2,9 - 5,2x10 ⁻² | 2,8x10 ⁻³ | 0.04 - 0.06 |
| 6,7 - 7,9 | 4,3 - 4,5x10 ⁻³ | 9,8x10 ⁻⁴ | | 1,4x10 ⁻³ | 1,1 - 1,2x10 ⁻³ | 1,0 - 2,1x10 ⁻¹ | 3,6x10 ⁻³ | 0,11 - 0,22 |
| 9,35 - 10,7 | 3,4 - 3,5x10 ⁻³ | 4,9x10 ⁻⁴ | | 1,4x10 ⁻³ | 7,9 - 8,2x10 ⁻⁴ | 4,0 - 9,1x10 ⁻¹ | 3,3x10 ⁻³ | 0,42 - 0,92 |
| 12,3 - 13,8 | 2,2 - 2,4x10 ⁻³ | 1,6x10 ⁻⁴ | | 8,9 - 9,0x10 ⁻⁴ | 4,2 - 4,4x10 ⁻⁴ | 1,4 - 3,4 | 2,1x10 ⁻³ | 1,4 - 3,4 |
| 15,6 - 17,1 | 1,1 - 1,2x10 ⁻³ | 0 | | 3,7x10 ⁻⁴ | 2,3x10 ⁻⁴ | 5,0 - 12 | 8,1x10 ⁻⁴ | 5,0 - 12 |
| 18,95 - 20,7 | 3,1 - 3,3x10 ⁻⁴ | 0 | | 1,9x10 ⁻⁴ | 0 | 12 - 34 | 1,6x10 ⁻⁴ | 12 - 34 |
| 22,6 - 24,4 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26,45 - 28,4 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31,05 - 32,6 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| >32,6 | | | | | | | | Totalt 30 års døgngjennomsnitt |
| 30 års døgngjennomsnitt for vindretningene | 0,019 - 0,020 | 0.007 | | 0.007 | 0.005 | 19 - 50 | 0.015 | 19 - 50 |

Hvis isteden «avstandene til nærmeste sjø» hadde blitt brukt i beregningen hadde det totale 30 års døgngjennomsnittet blitt 22 - 57 mg Cl⁻/m²døgn.

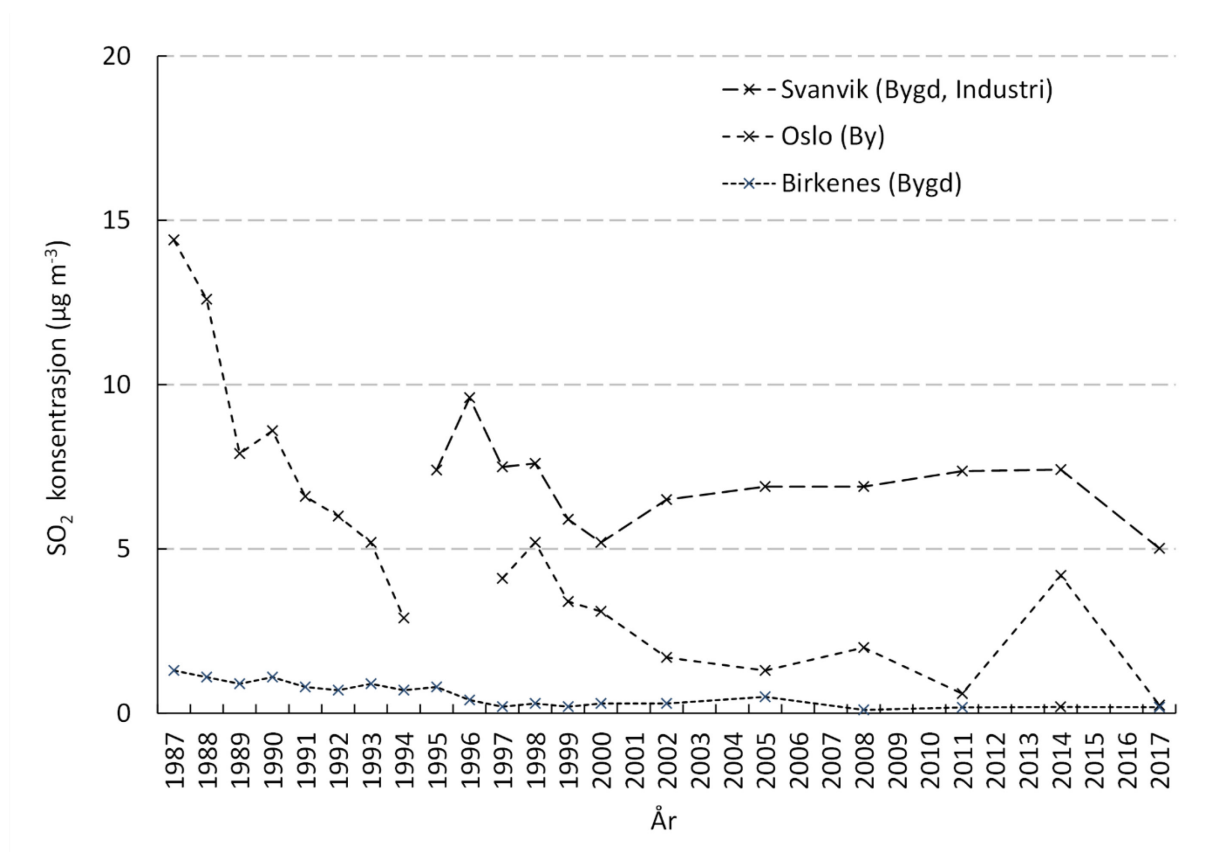
Det kan sees fra Tabell 2 til Tabell 4 at sjøsaltavsetningen kan antas å være dominert av perioder med høy vind (vindhastighet: 17,2–20,7 m/s = sterk kuling) fra nordvest inn Fitjarvik, selv om Tabell 2 viser at denne vinden bare forekommer 1 promille av tiden i 30 års perioden (= i gjennomsnitt ~9 timer pr år) (de gule feltene i tabellene). På grunn av lite datagrunnlag for avsetningen ved høye vindhastigheter (> ca. 10 m/s) er disse basert på ekstrapolering fra sammenhengen mellom vind og avsetning ved lavere vindhastighet og derfor mer usikre.

Den neste parameteren som må bestemmes for å beregne sjøsaltavsetningen, er våt-tiden, beregnet som antall timer i året med $T > 0^{\circ}\text{C}$ og $\text{RF} > 80\%$. Dette ble gjort ved å «telle opp» timene med disse betingelsen i årene i Tabell 5. Tabell 5 gir da våt-tiden (timer/år) for hvert år, de gitte 5 års-periodene og som snitt for de 15 årene fra 12.04.2007 til 12.04.2022.

Tabell 5 og Figur 2: Gjennomsnittlig relativ fuktighet og våt-tid ved Slåtterøy fyr. Våt-tidsgrensene for ISO korrosjonsklassene C2 til C4 er vist.



Det kan sees fra Figur 2 at våt-tiden siden 2008 har vært mest representativt for korrosjonsklasse C3. Bare i ett år (2011) representerte den klasse C4. For bestemmelse av korrosjonsklasse fra miljøparametere behøves utfra standard (ISO 9223), i tillegg til saltavsetningen og våt-tiden, også svoveldioksid (SO_2)-konsentrasjonen i luft. Laveste SO_2 klassifisering i ISO 9223 er årsgjennomsnitt for SO_2 konsentrasjon $\leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasjonene av SO_2 i Norge (og de fleste steder i Europa) har i løpet av de siste 20-30 årene sunket til lave verdier. I Norge er konsentrasjonen av SO_2 i dag forventet å være under $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over alt unntatt ved enkelte industri-punktkilder (eks. Sarpsborg, Lillesand, tidligere også grenseområdene mot Russland). Vi har ikke tilgjengelig SO_2 data fra Fitjar, men har heller ikke opplysninger om punktkilde(r) av betydning nær lokasjonen. Figur 3 viser utviklingen i SO_2 konsentrasjonen på 3 steder i Norge der NILU fortsatt gjør målinger. På disse tre stasjonene måles i dag verdier under $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De høyere historiske konsentrasjonene på Svanvik skyldes utslipp fra nikkilverket i Nikel i Russland, som nå er nedlagt.



Figur 3: SO_2 konsentrasjoner på 3 målestasjoner i Norge

Ved vurderingen av korrosjonsklassen i Fitjar har vi antatt at årsmiddelkonsentrasjonen av SO_2 er under $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tabell 6 viser beregnet korrosjonsklasse på Fitjar-lokasjonen utfra verdiene funnet over for våt-tiden (4491 timer/år), sjøsaltavsetningen (**10 - 25 mg Cl⁻/m²døgn**, når også inkludert vurderingene i diskusjonen) og antatt SO_2 konsentrasjon $\leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tabell 7 viser forventet korrosjon av metaller for ISO korrosjonsklasser.

Tabell 7: ISO 9223. Forventet korrosjon av metaller i korrosjonsklasser. Vurdert korrosjonsklasse i Fitjar (C3) er vist med gul markering.

| Corrosivity category | Corrosion rates of metals | | | | |
|----------------------|---------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | Unit | Carbon steel | Zinc | Copper | Aluminium |
| C1 | g/(m ² ·a) | $r_{\text{corr}} \leq 10$ | $r_{\text{corr}} \leq 0,7$ | $r_{\text{corr}} \leq 0,9$ | negligible |
| | µm/a | $r_{\text{corr}} \leq 1,3$ | $r_{\text{corr}} \leq 0,1$ | $r_{\text{corr}} \leq 0,1$ | — |
| C2 | g/(m ² ·a) | $10 < r_{\text{corr}} \leq 200$ | $0,7 < r_{\text{corr}} \leq 5$ | $0,9 < r_{\text{corr}} \leq 5$ | $r_{\text{corr}} \leq 0,6$ |
| | µm/a | $1,3 < r_{\text{corr}} \leq 25$ | $0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,7$ | $0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,6$ | — |
| C3 | g/(m ² ·a) | $200 < r_{\text{corr}} \leq 400$ | $5 < r_{\text{corr}} \leq 15$ | $5 < r_{\text{corr}} \leq 12$ | $0,6 < r_{\text{corr}} \leq 2$ |
| | µm/a | $25 < r_{\text{corr}} \leq 50$ | $0,7 < r_{\text{corr}} \leq 2,1$ | $0,6 < r_{\text{corr}} \leq 1,3$ | — |
| C4 | g/(m ² ·a) | $400 < r_{\text{corr}} \leq 650$ | $15 < r_{\text{corr}} \leq 30$ | $12 < r_{\text{corr}} \leq 25$ | $2 < r_{\text{corr}} \leq 5$ |
| | µm/a | $50 < r_{\text{corr}} \leq 80$ | $2,1 < r_{\text{corr}} \leq 4,2$ | $1,3 < r_{\text{corr}} \leq 2,8$ | — |
| C5 | g/(m ² ·a) | $650 < r_{\text{corr}} \leq 1\,500$ | $30 < r_{\text{corr}} \leq 60$ | $25 < r_{\text{corr}} \leq 50$ | $5 < r_{\text{corr}} \leq 10$ |
| | µm/a | $80 < r_{\text{corr}} \leq 200$ | $4,2 < r_{\text{corr}} \leq 8,4$ | $2,8 < r_{\text{corr}} \leq 5,6$ | — |
| CX | g/(m ² ·a) | $1\,500 < r_{\text{corr}} \leq 5\,500$ | $60 < r_{\text{corr}} \leq 180$ | $50 < r_{\text{corr}} \leq 90$ | $r_{\text{corr}} > 10$ |
| | µm/a | $200 < r_{\text{corr}} \leq 700$ | $8,4 < r_{\text{corr}} \leq 25$ | $5,6 < r_{\text{corr}} \leq 10$ | — |

NOTE 1 The classification criterion is based on the methods of determination of corrosion rates of standard specimens for the evaluation of corrosivity (see ISO 9226).

NOTE 2 The corrosion rates, expressed in grams per square metre per year [g/(m²·a)], are recalculated in micrometres per year (µm/a) and rounded.

NOTE 3 The standard metallic materials are characterized in ISO 9226.

NOTE 4 Aluminium experiences uniform and localized corrosion. The corrosion rates shown in this table are calculated as uniform corrosion. Maximum pit depth or number of pits can be a better indicator of potential damage. It depends on the final application. Uniform corrosion and localized corrosion cannot be evaluated after the first year of exposure due to passivation effects and decreasing corrosion rates.

NOTE 5 Corrosion rates exceeding the upper limits in category C5 are considered extreme. Corrosivity category CX refers to specific marine and marine/industrial environments (see Annex C).

5 Diskusjon

Det er betydelig usikkerheter i beregning av spesielt saltavsetningen som inngangs-parameter for bestemmelsen av korrosjonsklassen på lokasjonen i Fitjar. Saltavsetningen avhenger av mange lokale forhold knyttet til vind, sjøtype og oppvirvling, topografi og lokal skjerming, som kan variere mye og gi varierende avsetning. Slik det kommer frem over, vil høy sjøsaltavsetning og følgende korrosjon i hovedsak skje der høy pålandsvind (kuling og høyere) fører med seg og avsetter betydelige mengder salt, opp til noen hundre meters avstand fra strandlinjen. Korrosjonsklassen er vurdert utfra tørravsetningen, det vil si på steder skjermet for regn. På regnutsatte steder vil korrosjonen avhenge av mengden regn og følgende avvasking av salt under og rett etter vindtid og episoder med mye saltavsetning. Dette kan variere mye og er vanskeligere å beregne enn tørravsetningen. På grunn av regn-avvaskingen, er korrosjonen på regnskjermede steder med tørravsetning av salt ofte høyere enn på regnutsatte steder.

Fitjar er (mer eller mindre) skjermet av land og øyer på alle kanter unntatt mot nordvest inn Fitjarvik. Det er fra denne retningen, men muligvis også over skjærgården fra vest og vest-nordvest, at vind kan bringe med seg mye sjøsalt. Avstandene over skjærgården mot vest og vest-nordvest kan redusere avsetningen i Fitjar, men dette vil avhenge av hvor mye oppvirvlingen fra sjø reduseres av, og hvor mye saltavsetning som skjer på, disse ganske lave øyene. På liknende måte synes det som mengden saltavsetningen fra vind fra nord-vest inn Fitjarvik kan avhenge av små variasjoner i vindretning inn vika. Høye vinder kan muligens gi oppvirvling av betydning i Fitjarvik, men frekvensen av disse vindene er lav historisk sett (i forhold til total vindtid). 30 års døgngjennomsnittet for sjøsaltavsetningen fra en beregning som inkluderer oppvirvling fra kortere avstander mot vest (V) og vest-nordvest (VNV) i

Fitjarvik, og også fra nærmere kortere fjordstrek i nord-nordvest (NNV) og nord-nordøst (NNØ) (Figur 1) ble bare 13% høyere (22 - 57 mg Cl⁻/m²døgn vs. 19 - 50 mg Cl⁻/m²døgn), og da også med beregnet korrosjon innenfor ISO klasse C3.

Målingen av saltavsetning, som er grunnlag for modellberegningene, ble gjort med såkalt NILU-aerosolfelle (Henriksen, 1989). ISO standard-metode for måling av saltavsetning er med såkalt «wet-candle» (ISO 9225). Sammenligninger har vist at NILUs aerosolfelle har bedre skjerming mot regn og derfor vil fange færre store dråper nær brenningen. Men også at den fanger flere små aerosolpartikler i avstand fra brenningen, antakelig fordi filterpapiret som brukes er noe mer partikkeladsorberende³ enn gassbindstoffet som brukes i «wet-candle» (Anda og Haagenrud, 1984). Dette medfører at metodene mest sannsynlig måler ganske likt ved ca. 100 m avstand fra sjø. Nærmere brenningen vil «wet-candle» måle betydelig høyere. Den eksponentielle NILU-modell beregningen vil imidlertid være bedre tilnærmet «wet-candle» målingene < 100 m fra sjø. Lengere unna brenningen (enn 100 m) vil NILU aerosolfelle antakelig måle omtrent 100% høyere enn «wet-candle» metoden. En korreksjon for dette antyder et årsgjennomsnitt (som døgnmidler) for sjøsaltavsetningen (som målt etter ISO 9225) direkte fra luft i åpent lende på lokasjonen i Fitjar på omtrent **10 – 25 mg Cl⁻/m²døgn**. Det aller meste av denne avsetningen skjer ved høye vindhastigheter (> ca. 10 m/s) med lite vindtid. Dette begrenser datagrunnlaget modelleringen er basert på og gir større usikkerhet.

Lokal skjerming mot sjøsaltavsetning fra bygg og vegetasjon, som for eksempel skog, og lokale landformer, vil redusere avsetningen og den følgende korrosjonen. Cole et al. (2003) angir ~70% reduksjon i saltavsetning i bebyggelse ved strand/sjøkant («beach front»), og ~1/3 reduksjon vekk fra strand («away from beach»), og ytterligere ~25% reduksjon av den direkte avsetning på bebyggelsen grunnet dennes varierende orienteringer. Lokasjonen i Fitjar er i noe avstand fra sjøen. Med slike mulige reduksjoner i saltavsetningen på grunn av mulig skjerming og bygg på lokasjonen i «noe avstand fra sjøen», anslås da saltavsetningen å være ca. **2,5 – 6,3 mg Cl⁻/m²døgn**. På grunn av den betydelige våt-tiden (over 4000 timer per år) vil korrosjonsklassen imidlertid fremdeles være C3.

Mulig oppvirvling av sjøsalt med høy vindstyrke fra ulike retninger i vågen i Fitjarvik kan medføre noe høyere korrosjon, men antakelig ikke over klasse C3. Sjøsaltavsetningen er av mindre betydning, så lenge den er under 60 mg Cl⁻/m²døgn (Tabell 6). Lokasjonen i Fitjar ligger i avstand unna sjøsprøytbelastning. I direkte nærhet til brenning/kyst med eksponering for sjøsprøyt, kan høyere sjøsaltavsetning og korrosjonsklasse C4 (eller høyere) være sannsynlig.

Ytterligere skjerming fra vegetasjon og bebyggelse (eller av andre grunner) kan gi mindre korrosjon, men ved «normalt fuktig vær» antakelig ikke under klasse C3. I år med en fukt-tid under 2500 timer er korrosjonsklasse 2 sannsynlig. Det kan være mer sannsynlig at den gjennomsnittlige våt-tiden øker på grunn av forventede klimaendringer. En analyse av dette ble ikke gjort her, men det er rapportert en sannsynlig økning i årsnedbør i Sunnhordaland på 5-10 % mot slutten av dette århundret (Hanssen-Bauer et al. 2015). Dette kan antas å øke våt-tid og tørr-korrosjon (Grøntoft, 2011), men det er lite sannsynlig at det i dette tidsperspektivet vil endre korrosjonsklassen i Fitjar. Da måtte den årsgjennomsnittlige våt-tiden øke betydelig mer, med ca. 20 % (fra 4490 til 5500 timer). De forventende klimaendringene er likevel i en sammenlignbar størrelsesorden og synes av betydning. Regn-avvasking av salt på værutsatte steder kan redusere korrosjon, men dette er vanskelig å forutsi.

Årsvariasjonen i våt-tiden og sjøsaltavsetningen og den mulig årsfrekvensen av mindre våt-tid (< 2500 timer/år som ville gi lavere korrosjonsklasse (C2)), eller mer våt-tid og sjøsaltavsetning (> 5500 timer/år våt-tid og > 60 mg Cl⁻/m²døgn gjennom året som vil gi høyere korrosjonsklasse (C4)) ble ikke vurdert. Tabell 2/Figur 2 viser likevel at våt-tiden kan variere utenfor grensene som er mest representativt for

³ Adsorpsjon: Avsetning av kjemiske forbindelser på en flate, men uten kjemisk omdanning av stoffet.

korrosjonsklasse C3. I år 2011 var våt-tiden på 5787 timer og mer representativ for klasse C4. Sett i sammenheng med sjøsaltavsetningen (~10-25 mg Cl⁻/m²døgn), ville korrosjonsklassen dette året vært C4 unntatt på steder med betydelig lokal skjerming (sjøsaltavsetning ~2,5 mg Cl⁻/m²døgn) der den ville være C3. Ved avstander nærmere strand enn de 250 m som er oppgitt for Fitjar-lokasjonen, vil sannsynligheten for situasjoner med korrosjonsklasse C4 øke. Også i døgn med spesielle vær-situasjoner med kraftig vind, antakelig særlig med retning inn Fitjarvik, kan sjøsaltavsetningen være betydelig høyere og antakelig i noen år gi slike forhold. Enkelte år med variasjon er vanligvis av mindre betydning for materialers levetid, som vanligvis er mange år. Det er allikevel kjent at, for eksempel, miljøbelastningen og korrosjonen i et monteringsår kan ha større betydning enn senere i livsløpet.

6 Konklusjon

Beregningen av korrosjonsklasse (ved tørr-avsetning av sjøsalt) fra miljø-parametere for oppdragslokasjonen i Fitjar (59°56'11.5"N 5°19'58.4"Ø), ca. 250 m fra strand og 35 m over havnivå, viser at denne med stor sannsynlighet er **klasse C3**. Hovedgrunnen til dette er den betydelige forventede våt-tiden (over 4000 timer per år).

7 Referanser

- Anda, O., Haagenrud, S. E. (1984). *Havsaltavsetninger målt med NILUs nedbørsamler og aerosolfelle. Avsetninger sett i sammenheng med metallers korrosjonshastighet* (NILU TR, 8/84). Lillestrøm: NILU.
- Cole, I. S., Paterson, D. A., Ganther, W. D., Neufeld, A., Hinton, B., McAdam, G., McGeachie, M., Jeffery, R., Chotimongkol, L., Bhamornsut, C., Hue, N. V., Purwadaria, S. (2003). Holistic model for atmospheric corrosion: Part 3 - Effect of natural and man made landforms on deposition of marine salts in Australia and south-east Asia. *Corrosion Engineering, Science & Technology*, 38, 4, 267-274.
- Grøntoft, T. (2011). Climate change impact on building surfaces and façades. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 3, 374–385.
- Grøntoft, T., Svenningsen, G. (2010). Windborne sea salt aerosol fluxes and deposition inland from ocean shorelines - measurements and modelling of climate change effects. In Lefèvre, R-A. and Sabbioni, C. (Eds.), *Climate Change and Cultural Heritage. Proceedings of the Ravello International Workshop, 14-16 May 2009, and Strasbourg European Master-Doctorate Course, 7-11 September 2009*. Centro Universitario Per I Beni Culturali. Ravello. Council Of Europe. Strasbourg (Scienze e materiali del patrimonio culturale 10). Bari: Edipuglia.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A., Ådlandsvik, B. (Eds.) *Klima i Norge 2100, Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015* (NCCS report no. 2/2015; M-406|2015).
- Henriksen J. (1989). *Salt- og korrosjonsmålinger på Haugsneset i Tysvær. 31. juli 1987 til 1. august 1988* (NILU OR 21/89). Lillestrøm: NILU.
- ISO 9223:2012. *Korrosjon av metaller og legeringer - Atmosfærisk korrosivitet - Klassifisering, bestemmelse og vurdering*.
- ISO 9225:2012. *Korrosjon av metaller og legeringer - Atmosfærisk korrosivitet - Måling av miljøparametere som påvirker atmosfærisk korrosivitet*.
- ISO 12944-2:2017. *Maling og lakk - Korrosjonsbeskyttelse av stålkonstruksjoner med beskyttende malingssystemer - Del 2: Klassifisering av miljøet*.
- ISO 12944-5:2018. *Maling og lakk - Korrosjonsbeskyttelse av stålkonstruksjoner med beskyttende malingssystemer - Del 5: Beskyttende malingssystemer*.
- Vitols, V. (1976). *Airborne sea salt measurements. A literature survey* (NILU TN, 7/76). Lillestrøm: NILU.

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte

NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

NILU – Stiftelsen Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3082-0
ISSN: 2464-3327