

Ellen Soldal

Effekter av bølgeeksponering på utbredelse av sauetang (*Pelvetia canaliculata*)

Effects of wave exposure on the distribution of channelled wrack
(*Pelvetia canaliculata*)

Universitetet for miljø- og biovitenskap
Norwegian University of Life Sciences

Institutt for naturforvaltning
Mastergradsoppgave 30 stp. 2005



Forord

Denne oppgaven har vært en del av prosjektet ”Marine coastal habitat typologi – how to model and classify habitats”, et prosjekt finansiert av Norges forskningsråd, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Norges geologiske undersøkelser (NGU). Prosjektleder har vært Trine Bekkby (NIVA).

Først vil jeg takke Trine Bekkby for å ha tatt meg med på dette prosjektet. Som hovedveileder har hun vært veldig hjelpsom, inspirerende og alltid tilgjengelig. Takk for mange gode innspill og faglige veiledninger.

Takk til Vegard Bakkestuen (NINA), Lars Erikstad (NINA) og Eli Rinde (NIVA) for godt samarbeid under feltarbeid. Spesiell takk til Eli (lenge leve Sauetangens Venner) som også har lest igjennom oppgaven og kommet med konstruktive innspill.

Takk til Birger Bjerkeng (NIVA) for god hjelp med statistikken.

Takk til Martin Isæus (NIVA) for kjøring og tilrettelegging av bølgeeksponeringsmodellen.

Takk til Sigmund Hågvar ved Institutt for Naturforvaltning (UMB), Halvor Nes og Gunhild Dahle for gjennomlesing og kommentarer på oppgaven.

Takk til Mari og Gunda for all den tid vi har tilbrakt på kontoret vårt sammen.

Ås 11. mai 2005

Ellen Soldal

Sammendrag

Flere biotiske og abiotiske faktorer er med på å bestemme arters utbredelse. For makroalger i littoralen er vannbevegelse antatt å ha størst betydning. Bølgeeksponering er en viktig komponent i vannbevegelsen og er et av de vanligste kriteriene for klassifisering av littorale samfunn.

I denne oppgaven ville jeg studere hvordan bølgeeksponering påvirker sauetangens (*Pelvetia canaliculata*) utbredelse. I Sandøy kommune, Møre og Romsdal, undersøkte jeg flere ulike mål for utbredelse av sauetang. Som mål på bølgeeksponering benyttet jeg en digital modell basert på kartografiske og meteorologiske data. I tillegg registrerte jeg terrengegenskaper som ga indirekte mål for bølgeeksponering, på en mindre skala enn modellert bølgeeksponering.

Sauetang var i stor grad til stede på lokaliteter med lav eksponering, men hadde en tendens til å forsvinne etter som eksponeringen økte. Denne effekten var tydelig i både middels skrånende og bratt terreng, men var fraværende i flatt terreng, noe som antyder at et flatt terreng virker beskyttende og maskerer effekten av eksponeringsgrad. Sauetangbeltet flyttet seg oppover med økende eksponering uten at bredden på beltet endret seg. Avstanden mellom sauetang og andre makroalger var større i ruglete enn i jevnt terreng, noe som antyder at slike småskalige terrengformasjoner skaper heterogene miljøforhold som gir rom for flere arter. Analysene ga ingen signifikante effekter på sauetangens dekningsgrad.

Resultatene mine viser at bølgeeksponering har stor betydning for utbredelsen til sauetang. Denne informasjonen kan benyttes til modellering av potensiell utbredelse av sauetang. Funnene i denne oppgaven vil være med på å videreutvikle metodikken for modellering av bølgeeksponering. Funnene er også overførbare til andre habitater, systemer og lokaliteter, og vil bidra til metodeutvikling i forbindelse med modellering av marine habitater.

Abstract

Several biotic and abiotic factors determine species distribution. For macro algae in the littoral zone, water movement is believed to be of greatest importance. Wave exposure is an important component in water movement and is one of the most commonly used factors for classifying littoral communities.

With this thesis I wanted to study the effect of wave exposure on the distribution of channelled wrack (*Pelvetia canaliculata*). In Sandøy municipality, Møre og Romsdal, I investigated different measures of distribution of channelled wrack. As a measure of wave exposure I used a digital model based on cartographic and meteorological information. In addition, I recorded terrain properties which provide indirect measurements of wave exposure. These provide measures on a finer scale than modelled wave exposure.

Channelled wrack was present to a large extent in areas with low wave exposure but tended to disappear as the wave exposure increased. The effect was evident in both medium sloped and steep terrain. However, this effect was absent in flat terrain, which indicates that flat terrain provides shelter and masks the effect of wave exposure. Without changing the width of the band, the algae band moved further up shore as the exposure increased. The distance between the lower limit of channelled wrack and nearest macro algae of another species was greater on rough than on smooth surfaces. This suggests that small scale terrain structures provide heterogeneous habitats which can support more species. The analysis gave no significant relationships with coverage of channelled wrack.

The results show that wave exposure has a great influence on the distribution of channelled wrack. This information may be used to model potential distribution of channelled wrack. The findings in this thesis will contribute in the development of methods for modelling wave exposure. The findings may be transferred to other habitats, systems and locations, and will contribute to the development of an improved methodology for modelling marine habitats.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag	II
Abstract	III
Innholdsfortegnelse	IV
1 Innledning	1
1.1 Faktorer av betydning for marine makroalgers utbredelse i littoralsonen	1
1.2 Effekten av vannbevegelse på marine makroalgers utbredelse i littoralsonen	3
1.3 Effekten av bølgeeksponering på makroalgers utbredelse i littoralsonen.....	4
1.4 Metode for å beregne bølgeeksponering i studier av arters utbredelse	4
1.5 Sautetangens økologi og utbredelse	5
2 Formålet med oppgaven.....	7
3 Metode	8
3.1 Studieområde og innsamlingsmetodikk.....	8
3.2 Bruk av digitale GIS-modeller	12
3.2.1 Modellert bølgeeksponering.....	12
3.2.2 Terrengmodell – modellert skråning.....	14
3.3 Klargjøring av data for analyse	15
3.3.1 Korrigering for tidevannsforskjeller	15
3.3.2 Integrering av data i GIS	16
3.4 Analyse av data	16
4 Resultater	18
4.1 Oppsummering av resultatene.....	18

4.2 Tilstedeværelse og fravær av sauetang	19
4.3 Bredden på sauetangbeltet	21
4.4 Nedre voksegrense for sauetang	22
4.5 Avstanden fra sauetangens nedre grense til nærmeste makroalge av annen art	23
4.6 Sauetangens dekningsprosent	24
5 Diskusjon	24
5.1 Effekten av bølgeeksponering	24
5.1.1 Tilstedeværelse og fravær av sauetang	24
5.1.2 Bredden på sauetangbeltet	25
5.1.3 Nedre voksegrense for sauetang	25
5.1.4 Avstanden fra sauetangens nedre grense til nærmeste makroalge av annen art	26
5.1.5 Sauetangens dekningsgrad	26
5.2 Effekten av terreng	27
5.3 Effekten av skala	27
5.4 Feilkilder	28
6 Konklusjon og diskusjon om resultatenes bidrag	29
7 Litteratur	30
8 Appendiks	36
8.1 Appendiks A – Vinddata brukt i bølgeeksponeringsmodellen	36
8.2 Appendiks B – Georefererte rådata	37

1 Innledning

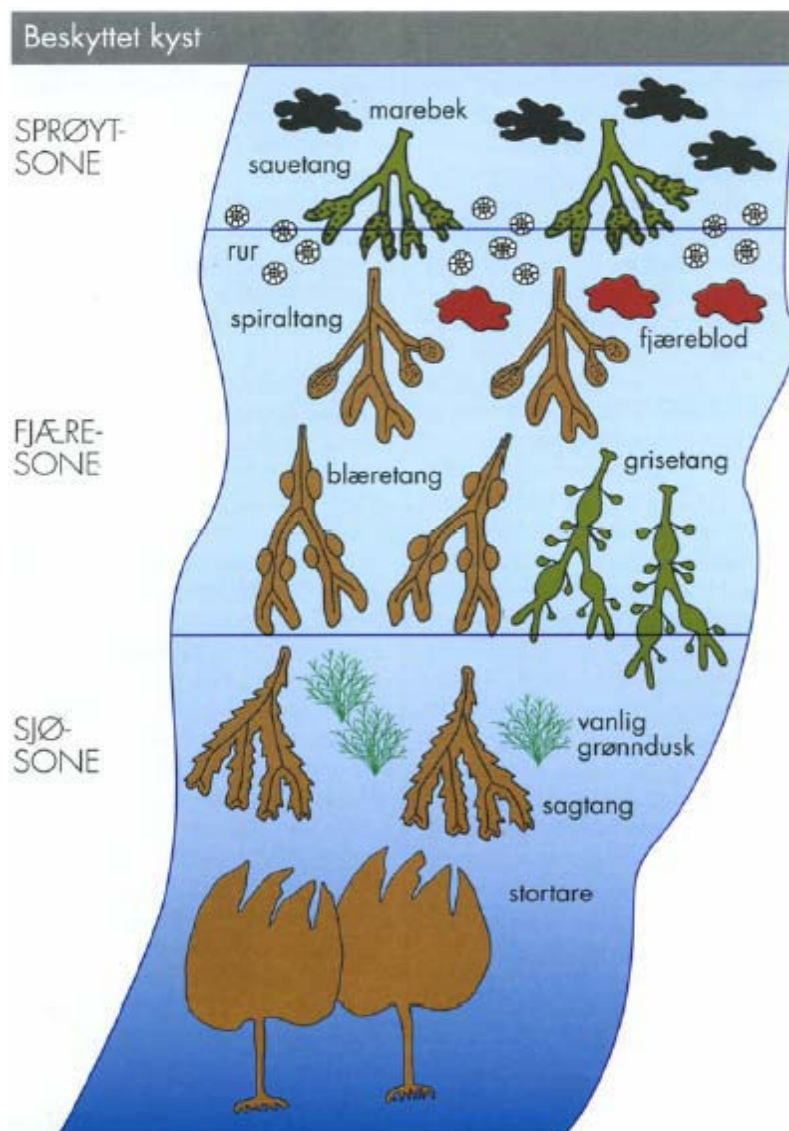
1.1 Faktorer av betydning for marine makroalgers utbredelse i littoralsonen

Littoralsonen omfatter de områdene som regelmessig blir tørrlagt mellom flo og fjære (Lalli & Parsons 1997). Selv om denne sonen utgjør en veldig liten del av havets totale areal, inneholder den en mengde rike og mangfoldige samfunn med marine planter, evertebrater, fisker, fugler og pattedyr (Lalli & Parsons 1997).

Utbredelsen av marin flora og fauna bestemmes av de rådende fysiske og kjemiske forhold på en lokalitet, det være seg temperatur, saltholdighet, næringsinnhold, substrat, lys og vannbevegelse (strøm eller bølger, Direktoratet for naturforvaltning 2001). Disse abiotiske forholdene kan virke direkte (f. eks fysiologiske begrensninger på vekst) og indirekte (f. eks effekter på konkurrenter, beitedyr og predatorer) på utbredelse og tetthet av arter i littorale samfunn (Bendetti-Cecchi & *al* 2000). Forekomsten av ulike arter vil kunne endre seg etter hvert som man beveger seg langs en gradient av abiotiske faktorer.

Innen de gitte abiotiske rammene vil også biotiske faktorer påvirker flora og fauna (Bendetti-Cecchi & *al* 2000), og både konkurranse og predasjon er viktig (Jones 1946, Newell 1958, Connell 1961, 1972, Dayton 1971, Paine 1974, Menge 1976, 1978, Lubchenco 1978, Lubchenco & Menge 1978, Schonbeck & Norton 1980, Paine & Levin 1981). En generell trend er at biologiske faktorer er viktigere enn bølgeeksponering i beskyttede og middels eksponerte områder, men at fysiske faktorer har større betydning i mer eksponerte områder (Lewis 1964, Menge 1976, Hawkins & Harkin 1985).

Norge har en boreal kyst, og littoralsonen er karakterisert av brunalger med en mer eller mindre fast vertikal soneinndeling fra land og ned i vannet (Strømgren 1994). Denne soneinndelingen inkluderer som regel artene (listet fra øverst til nederst i littoralsonen) sauetang (*Pelvetia canaliculata*), spiraltang (*Fucus spiralis*), blæretang (*Fucus vesiculosus*), grisetang (*Aschophyllum nodosum*) og sagtang (*Fucus serratus*, figur 1) (Rueness 1998). Soneringen av alger er hovedsaklig styrt av konkurranse artene i mellom (Schonbeck & Norton 1980, Hawkins & Hartnoll 1985), selv om fysiologiske forhold, som lystilgang og sediment, også kan ha betydning (Eriksson & Bergström 2005).



Figur 1: Skjematisk framstilling av beskyttet klippekyst langt Norges vestkyst (Rueness 1998)

Algene i littoralsonen lever i overgangen mellom land og sjø, og må være tilpasset livet både over og under vann (Hansen 1995). Den vertikale fordelingen av de ulike algeartene har sammenheng med toleransen for tørrlegging og andre former for stress, som for eksempel bølgeslag, isdannelse og varierende lysinnstrålings- og temperaturforhold (Russel 1973, Schonbeck & Norton 1978, Hansen & Ingolfsson 1993, Eriksson & Bergström 2005). Arter som vokser lenger opp i littoralsonen er mer tolerante overfor stress knyttet til uttørring og isdannelse enn de som vokser lenger ned (Schonbeck & Norton 1978, Davison & *al* 1989, Beer & Kautsky 1992). Man har også funnet variasjoner i tørketoleranse innen samme art,

med sesong og lokalisering i littoralsonen (Schonbeck & Norton 1979). Simuleringsmodeller har indikert at uttørking er den faktoren som har størst effekt på soneinndelingen av brunalger i littoralsonen (Johnson & al 1998).

1.2 Effekten av vannbevegelse på marine makroalgers utbredelse i littoralsonen

På grunn av tidevann, vind og strøm er vannmassene i stadig bevegelse, og sammen med lys er vannbevegelse antatt å være den fysiske faktoren som har størst betydning for forekomsten av makroalger (Sheperd & Womersley 1981). Vannbevegelse påvirker makroalgene både direkte og indirekte. Direkte skjer dette gjennom drag på algene (Koehl 1984) og økt gassutveksling (Hurd 2000), indirekte gjennom forandringer i substrat (Sousa 1979) og næringstilgang (Lewis 1968, Leigh & al 1987, Raffaelli & Hawkins 1996). Effekten av vannbevegelsen varierer over tid, i takt med vær, tidevann og bølger (Denny 1988), og har sterk innvirkning på sammensetning og utbredelse av ulike littorale samfunn (Lewis 1964, Dalby & al 1978). Generelt er beskyttede områder dominert av alger, mens mer eksponerte områder domineres av dyr (Hawkins & al 1992, Chapman 1995).

Bredden på littoralsonen henger nøye sammen med tidevannets amplitude. Tidevannsamplituden (høydeforskjellen mellom flo og fjære) bestemmes delvis av kystlinjens utforming, og varierer mye langs norskekysten (Rueness 1977, Lalli & Parsons 1997, Direktoratet for naturforvaltning 2001). På sørvestlandet er tidevannsforskjellene tilnærmet lik null, men øker nordover og østover (Rueness 1977). I tillegg til å styres av de lokale tidevannsamplitudene, er også skråningsvinkelen på stranden viktig for bredden av littoralsonen (Lalli & Parsons 1997). Jo slakere strandsonen er, jo bredere blir littoralsonen (Kvist & Lein 1999).

Grensen for hvor høyt opp i fjæra algene kan leve bestemmes av hvor godt de tåler å blottlegges ved fjære sjø (Schonbeck & Norton 1978, Hawkins & Hartnoll 1985). Ved eksponering for luft er det fare for uttørking, og undersøkelser har vist at dette har stor betydning for øvre voksegrense for alger (Schonbeck & Norton 1978). I perioder med varmt, rolig vær kombinert med lavvann vil algene kontinuerlig blir eksponert for luft, noe som kan gi skade på algene som følge av uttørking (Schonbeck & Norton 1978). Resultatene til

Hawkins og Hartnoll (1985) viser at lavvann midt på dagen gjør mer skadet som følge av inntørking enn lavvann tidlig på morgenen og på ettermiddagen.

Algene kan vokse høyere opp dersom de er beskyttet mot uttørking, f. eks. ved gjentatt bølgesprut (Burrows & al 1954, Lewis 1964), beskyttelse fra større alger (Menge 1975) eller ved å vokse på skyggefulle lokaliteter (Zaneveld 1937, Norton & al 1971).

1.3 Effekten av bølgeeksponering på makroalgers utbredelse i littoralsonen

Bølgeeksponering er en viktig komponent i vannbevegelsen (Subrahmanyam 1959) og er et av de vanligste kriteriene for klassifisering av littorale samfunn (Malm & Kautsky 2003). Forekomsten av makroalger avhenger sterkt av hvor eksponert området er for bølger og vind (Subrahmanyam 1959, Crothers 1976). Fordi makroalgene er fastsittende og flerårige organismer er utbredelsen deres gjerne et resultat av flere års bølgeeksponering (Thomas 1986). Subrahmanyam (1959) fant at tettheten av brunalger var lavere i områder som er sterkt eksponert for bølger. Dette gjaldt spesielt for grisetang og sauetang. Lewis (1964) fant at bredden på littoralsonen øker med økende grad av bølgeeksponering.

1.4 Metode for å beregne bølgeeksponering i studier av arters utbredelse

Det er vanskelig å finne direkte mål på bølgeeksponering, og tidligere metoder har vært tidkrevende og dyre å gjennomføre i tillegg til at de normalt har gitt måledata for en begrenset periode (Kvist & Lein 1999). Bølgeeksponeringsmodeller stiller mindre krav til feltarbeid, fanger opp informasjon som man ikke klarer å registrere i felt og gir et bilde av forholdene integrert over lengre tid.

Hovedsakelig brukes to metoder til å estimere bølgeeksponering; biologiske eksponeringsindekser og kartografiske metoder (Isæus 2004, paper 2). Til grunn for bruken av biologiske eksponeringsindekser ligger kunnskap om arters respons på ulike grader av bølgeeksponering (Kruskopf & Lein 1997; etter Ballantine 1961, Lewis 1964, Dalby & al 1978). Denne metoden forutsetter at man besøker en rekke lokaliteter hvor man registrerer utbredelsen av fastsittende og flerårige organismer (Kruskopf & Lein 1998). Biologiske eksponeringsindekser har blitt brukt en del langs den norske kysten (Osland 1985, Årrestad & Lein 1993, Hansen 1995, Kruskopf & Lein 1997, Severinsen 1997). Ulempen med bruk av

biologiske eksponeringsindekser er at man ikke kan skille ut effekten av eksponering i forhold til andre faktorer som konkurranse, næringstilgang og predasjon (Kruskopf & Lein 1998). I tillegg er det stor variasjon i geografisk utbredelse av arter, noe som gjør den biologiske eksponeringsindeksen mindre generell (Ballantine 1961).

I kartografiske metoder bruker man meteorologiske og kartografiske data. Opplysninger om vind er en av de viktigste komponentene (Goda 1985, World Meteorological Organization 1988) da to områder kan ha identiske kartografiske verdier, men ulik bølgepågang på grunn av vindforhold (Ruuskanen & Nappu 2005). Informasjon om "fetch" brukes til å estimere eksponeringsgraden (Isæus 2004, paper 2, Rinde & al 2004 basert på Oug & al 1985). "Fetch" er den strekningen vinden har å bygge opp bølger på (Isæus 2004, paper 2). Resultater fra Eriksson & Bergström (2005) indikerer at "fetch"-avstand er godt egnet til å beskrive øvre grense på brunalge-beltet. I tillegg til "fetch" kan man bruke informasjon om vindstyrke og -retning (f. eks Isæus 2004, paper 2, Rinde & al 2004). Lokale forhold som undervannstopografi og skråning er også styrende for bølgepåvirkningen på en lokalitet (Lewis 1964). Kartografiske metoder er mer generelt anvendelig enn biologiske eksponeringsindekser (Isæus 2004, paper 2), og flere har tatt i bruk geografiske informasjonssystemer (GIS) for å gjøre arbeidet med kartografiske metoder raskere og mer nøyaktige (Isæus 2004, paper 2, Lechmann 1998, Bekkby & al 2002, Ekeboom & al 2003, Rinde & al 2004).

1.5 Sauetangens økologi og utbredelse

Sauetang er en relativt liten brunalge som man kan finne i et 15-20 cm bredt belte øverst i littoralsonen (Bergan 1987, figur 2). Den har små, læraktige skudd som er 5-15 cm lange (Rueness 1998). Skuddene er renneformede, derav det latinske navnet *canaliculata*, som betyr renneformet (Rueness 1998). Det norske navnet kommer av at arten tidligere ble brukt som husdyrfôr, og det hender at sau som går ute om vinteren beiter på algen (Rueness 1998).



Figur 2: Sautetang (*Pelvetia canaliculata*). Foto: T. Bekkby, NIVA

Sautetang finnes på beskyttede steder langs hele kysten fra Rogaland og til Øst-Finnmark (Rueness 1998). Arten er ikke funnet på Sørlandet eller i Oslofjorden, noe man antar er på grunn av de små tidevannsforskjellene i Skagerrak (Rueness 1998). Sautetang er avhengig av periodevis tørlegging og synes derfor å være særlig tilpasset områder med store tidevannsforskjeller (Rueness 1998). Undersøkelser har vist at sauetang vil dø dersom den dekkes av vann over lengre tid (Schonbeck & Norton 1980, Rugg & Norton 1987). Enkelte individer av sauetang tilbringer så mye som 90 % av tiden over vann og kan overleve vanntap opp mot 65 % (Fish & Fish 1996). Sautetang kan i perioder med høye temperaturer tåle å være tørrlagt i opptil 4 døgn i strekk, mens den i perioder med lave temperaturer kan tåle opptil 8 døgns tørlegging (Pfetzin & al 2000). Sautetang tåler tørlegging bedre enn andre makroalger, og etter lange perioder med tørlegging gjenopptas den opprinnelige vekst og fotosynteserate raskere enn hos andre alger (Schonbeck & Norton 1978).

Sautetang er særlig sensitiv overfor bølgeeksponering (Subrahmanyam 1959), dekningsgraden avtar med økende eksponeringsgrad (Subrahmanyam 1959, Hansen 1995, Kvist & Lein 1999)

og arten forekommer ikke i sterkt bølgeeksponerte områder (Subrahmanyam 1959, Hansen 1995, Kvist & Lein 1999, Stige & *al* 1999, White 2003). I områder med moderat bølgeeksponering vokser sauetang over tidevannsmarket hvor den blir forsynt med vann gjennom bølgesprut (White 2003). I mer beskyttede områder vil den vokse lenger ned og bli dekket av vann ved springflo (White 2003).

Sauetangens utbredelse grenser ofte nedad mot spiraltang, og den nedre grensen sammenfaller da med spiraltangens øvre grense (Schonbeck & Norton 1980). Vanligvis vil den mest stresstolerante arten bli utkonkurrert av en mer konkurransedyktig art i et optimalt habitat (Colwell & Fuentes 1975). Sauetang tåler tørrlegging bedre enn spiraltang, mens spiraltang er mer konkurransedyktig i form av raskere vekst og lengre reproduktiv sesong (Schonbeck & Norton 1980), og vil utkonkurrere sauetangen lenger ned i littoralsonen.

2 Formålet med oppgaven

Flere har vist at sauetang vokser på beskyttede steder, men målene man har benyttet for eksponering har ofte vært subjektive og lite etterprøvbare. Man vet generelt lite om i hvilken grad og på hvilken måte artens forekomst påvirkes av ulike eksponeringsgrader. Med denne oppgaven ønsker jeg derfor å se nærmere på hvilken effekt bølgeeksponering har på ulike mål for utbredelse av sauetang i et område med stor spennvidde med tanke på bølgeeksponering. De ulike målene for utbredelse jeg registrer i forbindelse med denne oppgaven er:

- Tilstedeværelse og fravær av sauetang
- Bredde på sauetangbeltet
- Nedre voksegrense for sauetang
- Avstand fra sauetangens nedre grense og nærmeste makroalge av annen art
- Sauetangens dekningsgrad

Hvilke faktorer som påvirker naturen endres når man endrer skala (Wiens & *al* 1993, Underwood & Chapman 1996). Kunnskap om hvordan miljøfaktorerers effekt endres med skala er fundamentalt for å forstå økosystemer (e. g. Wiens 1989, Holling 1992, Levin 1992). Det

finnes ingen optimal skala for studier av økosystemer, og et landskap kan virke heterogent på en skala og homogent på en annen (Forman & Godron 1986). For at resultatene fra denne oppgaven skal bidra til videre metodeutvikling innen arbeidet med modellering av marine habitater, ønsker jeg å studere effekten av skala. Jeg ønsker derfor å analysere effekten av eksponering på forekomsten av sauetang på tre ulike skalanivåer:

1. Grov skala - ved bruk av GIS-modellert bølgeeksponering med 50 m oppløsning.
2. Middels skala - ved inndeling av landskapet i vik eller åpent terreng (vik gir mer beskyttelse enn åpent terreng).
3. Fin skala - ved inndeling av landskapet i jevnt eller ruglete (ruglete terreng gir mer beskyttelse enn jevnt terreng).

På grov skala (nivå 1) gir GIS-modellen et direkte og objektivt mål på bølgeeksponeringsgrad. Målene for bølgeeksponeringsgrad på nivå 2 og 3 er subjektive mål av terrengegenskaper som gir indirekte informasjon om eksponeringsgrad på en finere skala.

3 Metode

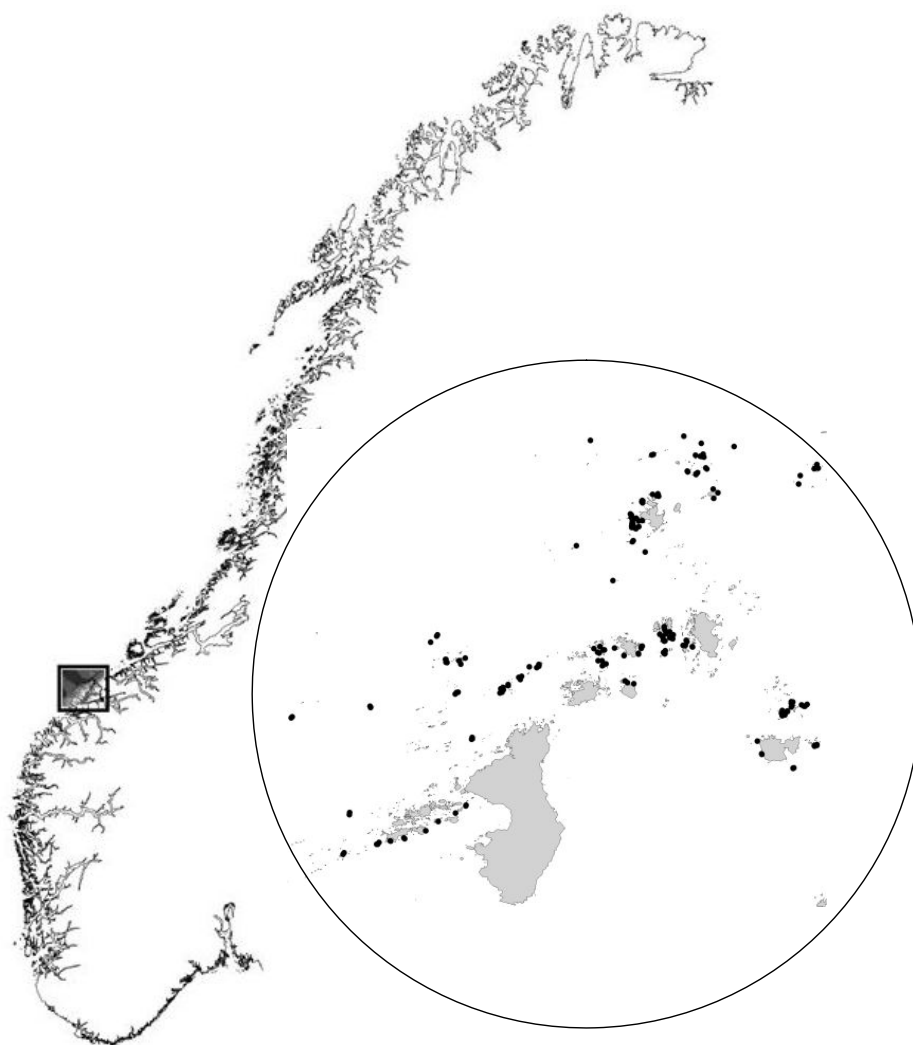
3.1 Studieområde og innsamlingsmetodikk

Feltundersøkelsene ble gjennomført i Sandøy kommune (62°N 6°Ø, figur 3). Dette området er del av den norske strandflaten (Holtedahl 1998). Området er typisk for midtnorske kystområder, med skjærgård bestående av små øyer og littorale steinblokker innenfor de dype sjøområdene (Bekkby & al 2002). Feltarbeidet ble utført i perioden 25. mai-1. juni 2004. Til sammen 221 stasjoner ble besøkt (se figur 3 for lokalisering av stasjonene).

For å sikre at de ulike eksponeringsgradene representert i kommunen ble gjenspeilet i datasettet, ble området på forhånd modellert i henhold til bølgeeksponering (for mer detaljer, se kapittel 3.2.2). Modellert eksponering ble delt inn i klasser i henhold til EUNIS-systemet. EUNIS ("European Nature Information System") er et klassifiseringssystem for marine habitater (Davies & Moss 2003). Dette systemet er etablert i EU og er i ferd med å bli

implementert i kommunenes arbeid med kartlegging og overvåking av marine habitater (Rinde & *al* 2004). Stasjonene fordelte seg på de ulike EUNIS-klassene som følger:

- Beskyttet (10)
- Moderat eksponert (79)
- Eksponert (24)
- Veldig eksponert (74)
- Ekstremt eksponert (1)



Figur 3: Lokalisering av de 221 stasjonene valgt for registrering av sauetangens utbredelse. Stasjonene ligger i Sandøy kommune, Møre og Romsdal, innefor et område på ca 20×20 km.

Etter hver dag i felt ble lokalitetene lagt inn i ArcView versjon 3.3 (ESRI 2002), og vi gjorde en løpende vurdering av mengden data i hver av de ulike eksponeringsklassene. Basert på dette bestemte vi hvilke områder som skulle besøkes påfølgende feltdag. Materialet fra felt inneholder få registreringer i beskyttede og ekstremt eksponerte områder. Dette er fordi området for feltundersøkelser hadde få slike lokaliteter.

Innefor de ulike bølgeeksponeringsklassene prøvde vi å finne lokaliteter som var mest mulig like ut i fra vurderinger av topografiske forhold (skråningsforhold). Dette ble vurdert basert på modeller utviklet i forkant av feltarbeidet (se mer detaljer i kapittel 3.2).

Lokalitetene ble valgt ut fra kart over storskala bølgeeksponering, modellert på 50 m oppløsning. En øy eller et skjær kan ha både beskyttede og eksponerte områder, noe som ikke alltid vil komme fram av en modell med 50 m oppløsning. Jeg ønsket derfor å registrere eksponering også på mer detaljert skala. Ved visuell vurdering registrerte jeg derfor følgende faktorer i felt:

- Terrengkrumning: to klasser: vik og åpen, der klassen ”åpen” omfattet nes, sund og åpent skjær.
- Terrengstruktur: to klasser: ruglete og jevnt.
- Skråning: tre klasser: flatt, middels skrånende og bratt.

Jeg samlet inn data over sauetangens utbredelse ved å måle:

- Tilstedeværelse og fravær av sauetang: tilstedeværelsen av sauetang ble definert som 1 (til stede, uansett hvor lite) eller 0 (ikke til stede).
- Bredden på sauetangbeltet (figur 4): Målt med målestokk som bredden på sauetangbeltet der beltet var bredest.
- Nedre voksegrense for sauetang: Målt med målestokk som avstanden fra sauetangens nedre grense til sjøkanten. Klokkeslett ble registrert for å kunne korrigere i forhold til tidevann.
- Avstand fra sauetangens nedre voksegrense til nærmeste makroalge av annen art: Målt med målestokk som avstanden mellom sauetangens nedre grense og den øvre grensen for nærmeste makroalge av annen art.
- Sauetangens dekningsgrad (Figur 5): Dekningsgraden ble registrert ved hjelp av en ruteanalyseramme på 0,5×0,5 m, bestående av 25 ruter. For hver lokalitet registrerte jeg hvor mange av de 25 rutene som inneholdt sauetang. Dekningsgraden ble målt for hele

tangbeltets bredde. Etter endt feltarbeid ble resultatene fra ruteanalysen regnet om til dekningsprosent.



Figur 4: Måling av bredden på sauetangbeltet. Foto: T. Bekkby, NIVA.



Figur 5: Måling av sauetangens dekningsgrad ved hjelp av ruteanalyse. Foto: T. Bekkby, NIVA.

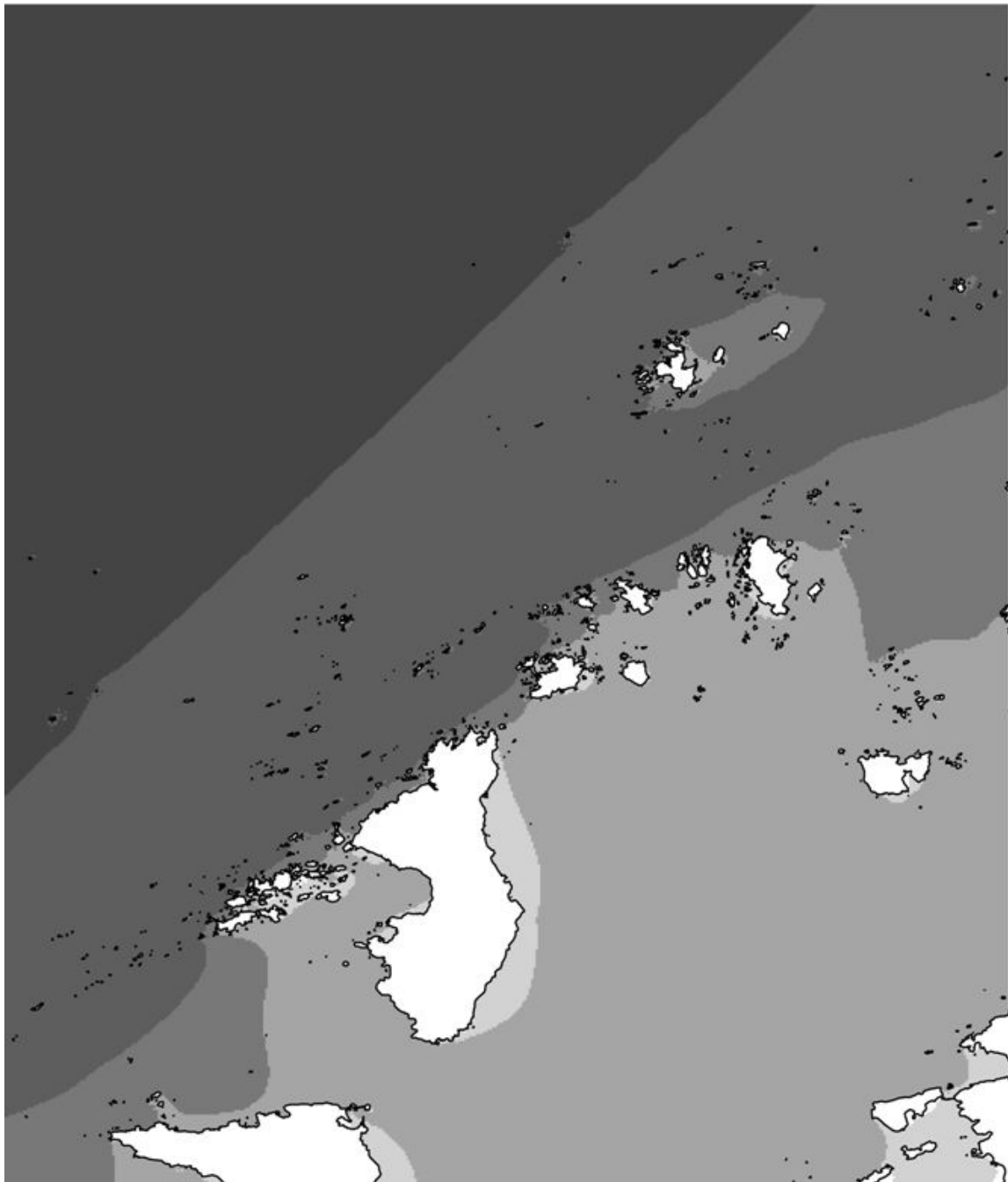
Sauetang vokser helt øverst i littoralesonen. Dermed kunne feltarbeid gjøres fra land. GPS-posisjoner ble registrert for kartfesting av data i GIS-systemet.

3.2 Bruk av digitale GIS-modeller

Registreringer av miljøfaktorer i felt er selvsagt svært viktig for å finne hva som bestemmer utbredelsen av arter. Men feltregistreringer er ofte subjektive, lite etterprøvbare og beskriver ofte kun helt lokale forhold. Jeg ønsker derfor å supplere feltregistreringene ved å inkludere GIS-modeller som en del av datasettet. GIS-modellene jeg har brukt består av en bølgeeksponeringsmodell og en terrengmodell (skråning). Skråningsmodellen beskriver terrenget på en større skala enn det som er mulig å registrere i felt.

3.2.1 Modellert bølgeeksponering

Bølgeeksponeringsmodeller fanger opp informasjon som man ikke i samme grad klarer å registrere i felt og gir et bilde av forholdene integrert over lengre tid. Den digitale modellen jeg benyttet, WaveImpact ("Full wave modell" FWM, Isæus in prep., figur 6), er basert på kartografisk metode og meteorologisk informasjon. Modellen er en digital, GIS-basert bølgeeksponeringsmodell videreutviklet fra Isæus (2004).



Figur 6: Bølgeeksponeringsmodellen "WaveImpact" for området. Oppløsningen er 50 m. Jo mørkere farge, jo mer eksponert. Skalaen omfatter 5 eksponeringsklasser; beskyttet, moderat eksponert, eksponert, veldig eksponert og ekstremt eksponert. Området er ca 20×20 km

Modellen kalkulerer "fetch" og inkluderer informasjon om gjennomsnittsverdier for vindens styrke, retning og frekvens, i tillegg til mål for diffraksjon, refraksjon (bryting og dreining av bølger) og den beskyttende effekten av grunner. For hver rute beregnes avstanden til

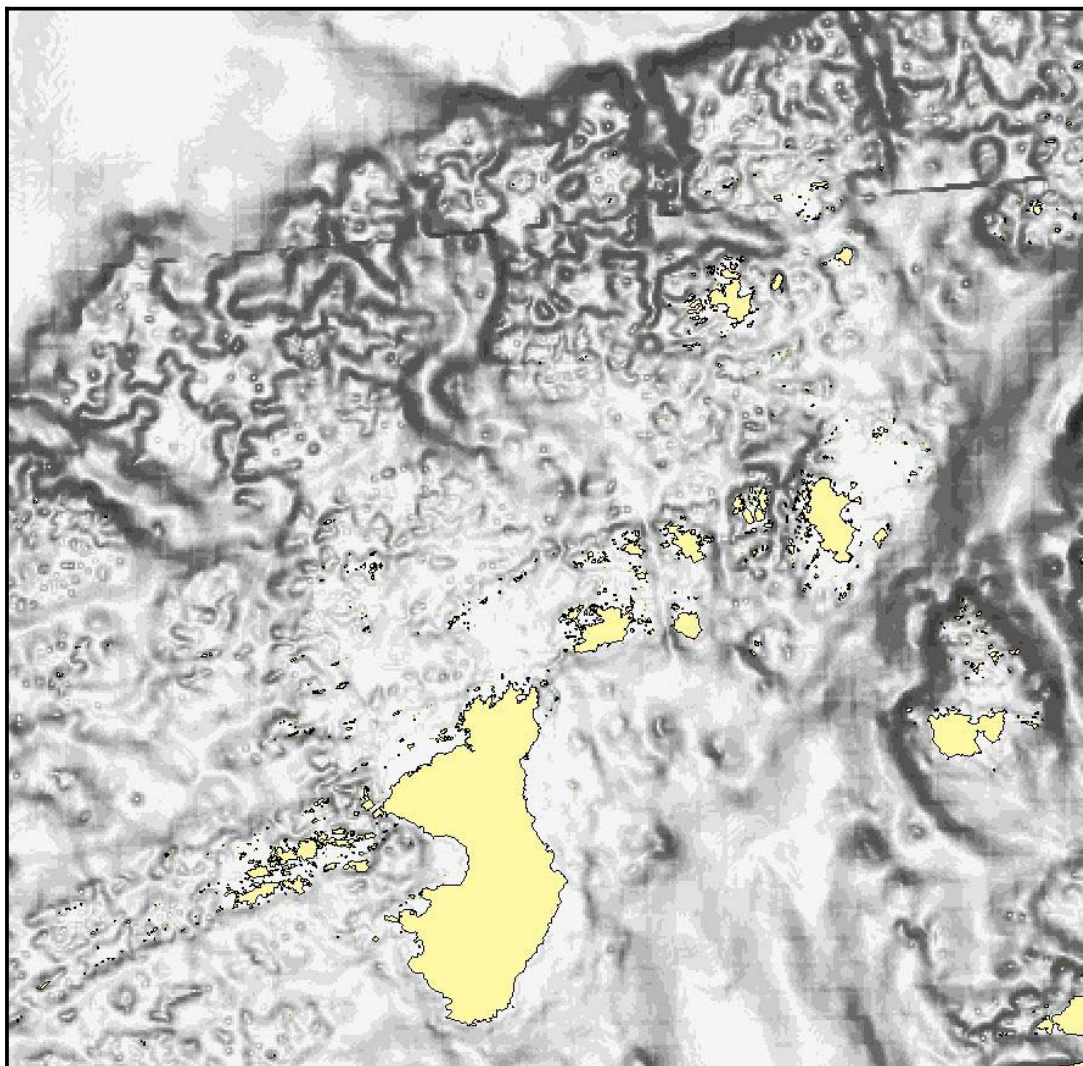
nærmeste landområde i 16 retninger. For hver retning får man da en fil (grid) som multipliseres med vinddata for tilsvarende retning (Isæus 2004, paper 2). Vindstatistikken brukt i bølgeeksponeringsmodellen finnes i Appendiks A. Modellen slik den er publisert i Isæus 2004 (paper 2) er kalibrert ved hjelp av en biologisk eksponeringsindeks for Stockholms skjærgård.

Bølgeeksponeringsmodellen er utviklet for studier av eksponeringseffekter i sjø, og ikke for land. Det vil si at modellen beregner eksponeringsverdier i vann, men ikke for mine stasjoner som befinner seg på land. De sauetangstasjonene som manglet eksponeringsverdi ble tilegnet en verdi beregnet som gjennomsnittet av de 3×3 omkringliggende verdier (=beregningsvindu). Beregningsvinduet på 3×3 ruter tilsvarer 150×150 m, da bølgeeksponeringsmodellen har en oppløsning på 50 m. Disse beregningene ble gjort ved å kjøre "Neighborhood statistics" i ArcView.

3.2.2 Terrengmodell – modellert skråning

Skråning har betydning både for bredden på littoralsonen (Lalli & Parsons 1997, Kvist & Lein 1999) og effekten av bølgeeksponering på en lokalitet (Carstens 1968, Druehl & Green 1982). I bølgeeksponeringsmodellen er effekten av grunne områder (bremsing av bølger) og øyer (dreining av bølger) inkludert i beregningene (mer detaljert beskrevet i kapittel 3.2.1). Skråning er ikke inkludert i modellen. For å undersøke samvariasjon mellom skråning (både modellert og observert i felt) og bølgeeksponering, er skråning tatt med i analysene av sauetangens utbredelse.

Skråningsmodellen (figur 7) er basert på Sjøkartverkets 50 m dybdegrid (dvs. et rutenett med 50×50 m oppløsning). Dataene ble integrert i ArcView versjon 3.3 (ESRI 2002). Skråningsvinkelen ble beregnet ved bruk av ArcViews "slope"-funksjon. Denne funksjonen gir maksimumsraten for endring i dybdeverdi i en rute i forhold til naborutene (3×3 ruter, tilsvarende 150×150 m for en dybdemodell med 50 m oppløsning). Skråningsverdiene ligger mellom 0 og 90°.



Figur 7: Modellert skråning for området med 50 m oppløsning. Skråningsverdiene ligger mellom 0 og 90°. Jo mørkere farge, jo brattere skråning. Området er ca 20×20 km.

3.3 Klargjøring av data for analyse

3.3.1 Korrigering for tidevannsforskjeller

Tidevannsforskjellene i feltområdet er relativt store, og tidevannshøyden varierte fra stasjon til stasjon fordi de ble besøkt på ulike tider av dagen. For å korrigere for dette i analysene av effekter på nedre voksegrense (målt som avstand til sjøkanten), ble klokkeslett registrert. Dermed kunne jeg, ved hjelp av Meteorologisk Institutt's tidevannstabeller, regne ut en

standardisert avstand mellom nedre voksegrense for sauetang og sjøkartnull¹. Tidevannstabellene oppgir tidevannsnivå (høyde over sjøkartnull) for hver hele time. Jeg rundet av tidspunktene registrert i felt til hele og halve timer. Registreringer mellom 15 minutter på og 14 minutter over hel time ble rundet av til hele timer, mens registreringer mellom 15 og 44 minutter over hel time ble rundet av til halve timer. Jeg regnet så ut en gjennomsnittsverdi for vannstand ved halve timer ved å legge sammen vannstand for hele timer og dele på to. Saue tangens avstand til sjøkartnull ble beregnet ved å legge sammen vannstand hentet fra tidevannstabeller og vannstand målt i felt.

3.3.2 Integrering av data i GIS

Alle data fra felt var georefererte (Appendiks B) og kunne dermed integreres i GIS-systemet (ArcView versjon 3.3). Der ble verdier fra modellert bølgeeksponering og skråning koblet til hver lokalitet ved hjelp av "Grid pig tools"-funksjonen. Alle dataene ble så eksportert for analyse.

3.4 Analyse av data

Analyse av dataene ble gjort i programmene SPSS 12.0 for Windows og Statistica.

De fem avhengige variablene (Y) i analysen var:

1. Tilstedeværelse og fravær av sauetang
2. Bredden på sauetangbeltet
3. Nedre voksegrense for sauetang
4. Avstand fra saue tangens nedre voksegrense til nærmeste makroalge av annen art
5. Saue tangens dekningsgrad

Disse variablene ble analysert i forhold til de fem uavhengige variablene (X):

Bølgeeksponering på tre skalanivåer:

1. Grov skala - GIS-modellert bølgeeksponering med 50 m oppløsning (kontinuerlig verdi)
2. Middels skala - feltbasert inndeling av terrengkrumning (to klasser: vik og åpen)
3. Fin skala - feltbasert inndeling av terrengstruktur (to klasser: jevnt eller ruglete)

¹ Sjøkartnull er et referansenivå for dybde i sjøkartene og høyde i tidevannstabellen. Vannstanden synker meget sjelden under sjøkartnull (Meteorologisk Institutt).

Effekten av skråning på to skalanivåer:

4. Grov skala - GIS-modellert skråning med 50 m oppløsning (kontinuerlig variabel, 0-90°)
5. Fin skala - feltbasert inndeling av skråning (tre klasser: flatt, middels skrånende og bratt)

Der variabelen som jeg testet for (Y-verdien) ble gitt ved kontinuerlige verdier (beltebredde, nedre voksegrense, avstand til nærmeste makroalge av annen art og dekningsgrad) brukte jeg variansanalyse (ANOVA) med kategoriske og kontinuerlige X-verdier (kategoriske: skrånings-, struktur- og krumningsklasser fra felt; kontinuerlige: modellert bølgeeksponering og modellert skråning). Interaksjoner mellom de ulike terrengfaktorene og bølgeeksponering ble også inkludert i analysen. Ved analyser av effekten på dekningsgrad utelot jeg alle observasjoner med 0 %, og så bare på dekningsgraden der sauetang faktisk var observert. Observasjoner med dekningsgrad 0 % kommer frem i analysen av tilstedeværelse/fravær av sauetang.

Da analysen av tilstedeværelse eller fravær av sauetang bestod av kategoriske Y-data brukte jeg diskriminantanalyse for å finne hvilke av de to klassene, til stede (1) og ikke til stede (0), en lokalitet vil falle i basert på verdiene av X-variablene som var med i modellen (modellert bølgeeksponering, terrengkrumning, terrengstruktur, modellert og observert skråning, og interaksjoner).

4 Resultater

4.1 Oppsummering av resultatene

Analysene viste at sauetangen i større grad var til stede i beskyttede områder (representert ved både modellert eksponering, i viker og i ruglete terreng) enn i eksponerte områder (både modellert eksponering, i jevnt og åpent terreng). Bredden på sauetangbeltet ble smalere jo brattere lokaliteten var (observert skråning). Sauetangen vokste høyere opp på land i områder med økt bølgeeksponering (modellert), og avstanden til nærmeste makroalge av en annen art var større i ruglete terreng enn i jevnt. Tabell 1 oppsummerer resultatene.

Tabell 1: Oversikt over resultatene fra analysene. 0 tilsier ingen signifikant sammenheng.

	Tilstedeværelse og fravær	Bredden på tangbeltet	Nedre voksegrense	Avstand til makroalge av annen art	Dekningsgrad
Modellert bølgeeksponering	Sauetang i større grad til stede i beskyttede enn i eksponerte områder ($p < 0,0001$, fig. 8). Interaksjonen med observert skråning var signifikant ($p = 0,0002$, fig. 9).	0	Jo mer eksponert, jo lenger avstand til vann ($p = 0,053$, fig. 11).	0	0
Observert terrengkrumning	Sauetang i større grad til stede i vik enn i åpent terreng ($p < 0,0001$)	0	0	0	0
Observert terrengstruktur	Sauetang i større grad til stede i ruglete enn i jevnt terreng ($p = 0,01838$)	0	0	Avstand større i ruglete enn i jevnt terreng ($p = 0,059$, fig. 12).	0
Modellert skråning		0	0	0	0
Observert skråning	Interaksjonen med modellert bølgeeksponering var signifikant ($p = 0,0002$, fig. 9).	Jo brattere, jo smalere belte ($p < 0,0001$, fig. 10).	0	0	0

4.2 Tilstedeværelse og fravær av sauetang

Resultatene fra analysene av tilstedeværelse/fravær av sauetang mot de kategoriske variablene (feltregistrert terrengstruktur, terrengkrumning og skråning) er vist i tabell 2. Resultatene fra analysen av tilstedeværelse/fravær av sauetang mot de kontinuerlige variablene (modellert bølgeeksponering og interaksjonen mellom modellert bølgeeksponering og skråning) er vist i figur 8 og 9.

Tilstedeværelsen av sauetang (to klasser; til stede og ikke til stede) var signifikant relatert til både observert terrengkrumning ($p < 0,0001$; $F = 42,0475$; $n = 205$; tabell 2), modellert bølgeeksponering ($p < 0,0001$; $F = 76,8341$; $n = 205$; figur 8) og observert terrengstruktur ($p = 0,01838$; $F = 5,6595$; $n = 205$; tabell 2). Sauetang var i større grad til stede i viker enn i åpent terreng, i ruglete enn i jevnt terreng og ved lav enn ved høy modellert eksponering. Ved å inkludere disse faktorene i diskriminantmodellen, klassifiserte den totalt 82 % av dataene i riktig kategori (til stede/ikke til stede). Modellen var bedre til å predikere om sauetang er til stede enn til å predikere at den ikke var til stede, med henholdsvis 90,5 % og 73,6 % korrekte prediksjoner. Observert skråning hadde ingen signifikant effekt på tilstedeværelse av sauetang ($p > 0,1$).

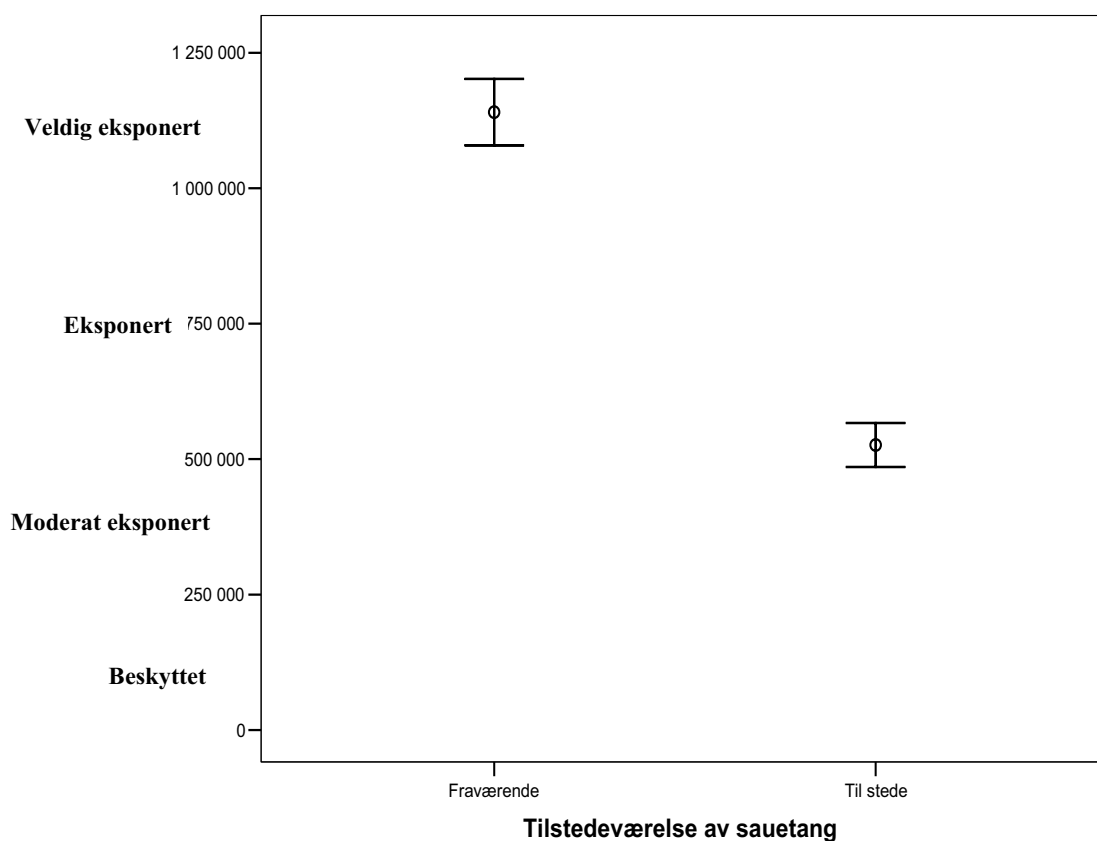
Da observert terrengstruktur og interaksjonen mellom modellert bølgeeksponering og observert skråning var betydelig svakere forklaringsfaktorer enn observert terrengkrumning og modellert bølgeeksponering (se F-verdier over), valgte jeg å forenkle modellen ved å ta ut observert terrengstruktur og interaksjonen mellom modellert bølgeeksponering og observert skråning fra analysen. Da satt jeg igjen med observert terrengkrumning og modellert bølgeeksponering (med hhv $p < 0,0001$; $F = 56,856$; $n = 208$ og $p < 0,0001$; $F = 117,3734$; $n = 208$) som prediksjonsfaktorer for hvor man kan finne sauetang. Den totale forklaringsprosenten sank noe (fra 82 % til 80,6 %). Det var prediksjonsevnen av hvor man finner sauetang som falt ved denne forenklingen (fra 90,5 % til 87,6 %). Prediksjonsevnen for fravær av sauetang var lik (73,6 %).

Det var signifikant interaksjon mellom modellert bølgeeksponering og observert skråning ($p = 0,0002$; $F = 8,8453$; $n = 205$; figur 9). Det vil si at effekten av modellert eksponering på tilstedeværelse og fravær av sauetang var forskjellig for de tre skråningsklassene flatt, middels skrånende og bratt. Figur 9 viser at sauetang i større grad var til stede ved lav enn ved høy

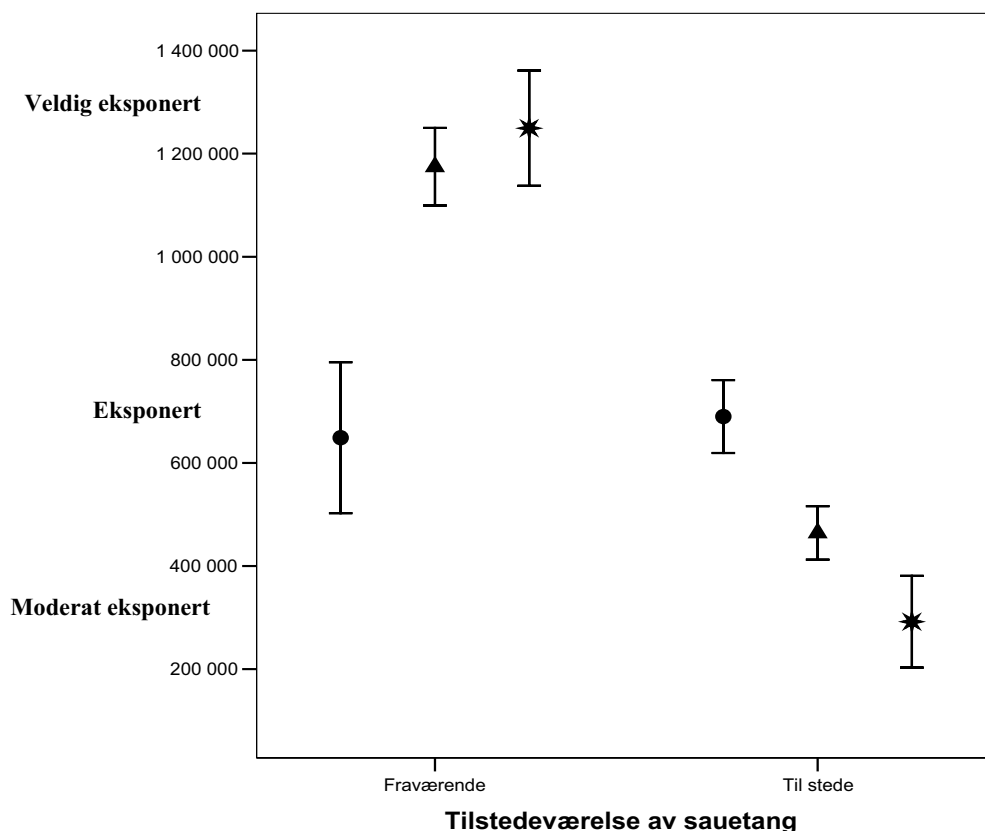
eksponering for både middels skrånende og bratt terreng, men at denne effekten ikke var til stede for flatt terreng.

Tabell 2: Observasjoner av tilstedeværelse og fravær av sauetang, prosentvis fordelt på ulike terrengfaktorer (klasser) observert i felt.

		Sauetang til stede	Sauetang fraværende	Total
Terreng- struktur	Ruglete	74 %	26 %	100 % = 50
	Jevnt	43,6 %	56,4 %	100 % = 165
Terreng- krumning	Vik	84,2 %	15,8 %	100 % = 57
	Åpent	37,7 %	62,3 %	100 % = 162
Skråning	Flatt	81,3 %	18,7 %	100 % = 48
	Middels skrånende	41,7 %	58,3 %	100 % = 139
	Bratt	41,4 %	58,6 %	100 % = 29



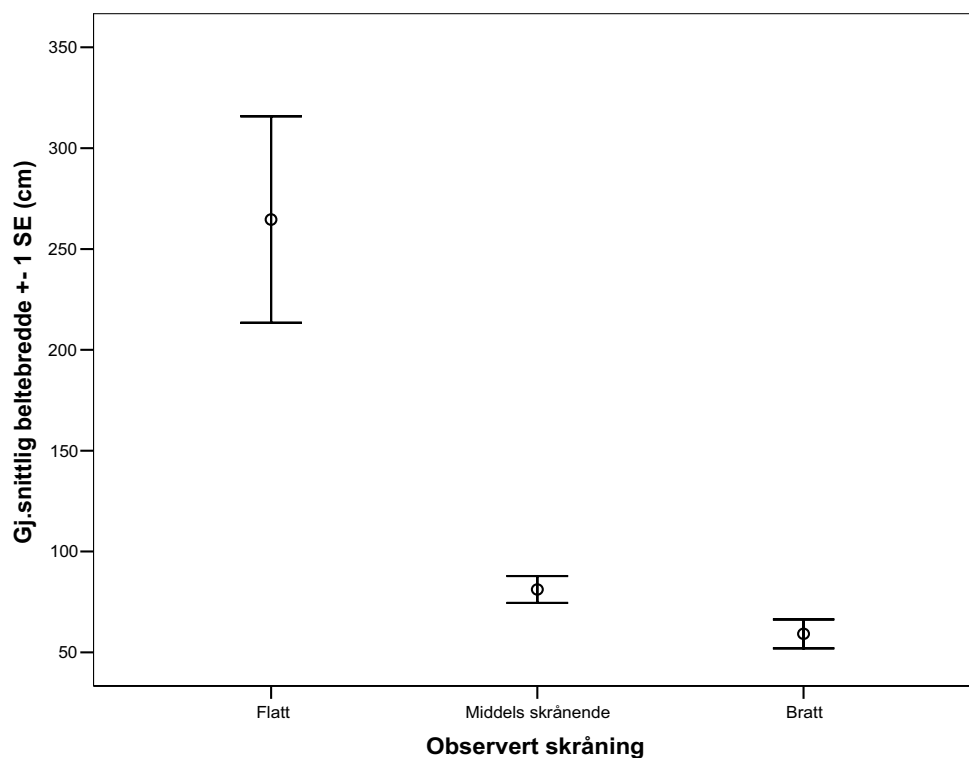
Figur 8: Modellert bølgeeksponering for de to klassene tilstedeværelsen og fravær av sauetang. Figuren viser inndelingen etter EUNIS-klassene og modellert bølgeeksponering, gjennomsnittlig verdi ± 1 standardfeil (SE).



Figur 9: Modellert eksponering mot tilstedeværelsen og fravær av sauetang for de tre ulike skråningsklassene (●= flatt, ▲= middels skrånende, *=bratt). Figuren viser inndelingen etter EUNIS-klassene og modellert bølgeeksponering, gjennomsnittlig verdi +/-1 standardfeil (SE).

4.3 Bredden på sauetangbeltet

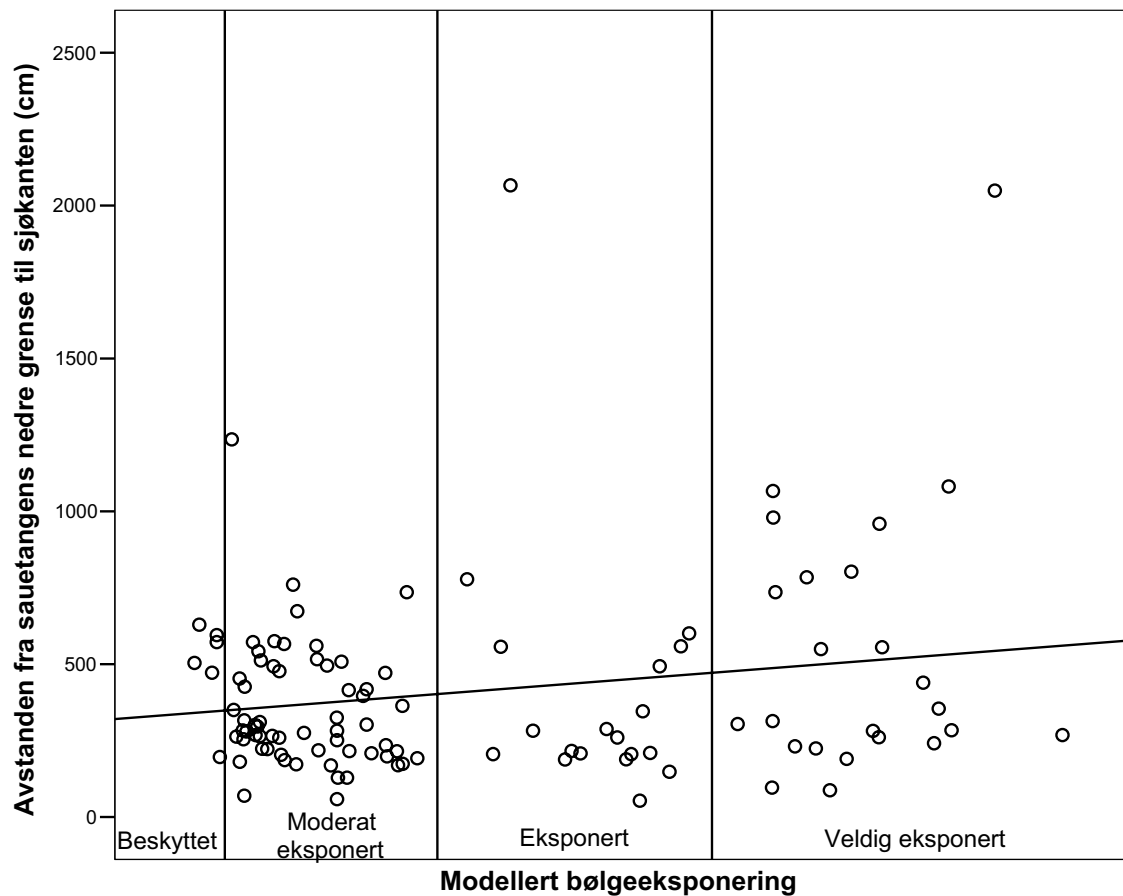
Sauetangbeltet ble signifikant smalere jo brattere terrenget var (finskalige skråningsforhold definert i felt, $p < 0,0001$; $F = 11,082$; $R^2 = 17,7$; $n = 106$, figur 10). En Bonferroni *post hoc* test ga signifikant forskjell mellom beltebredde i flatt og middels skrånende terreng ($p < 0,0001$), mellom flatt og bratt terreng ($p = 0,009$), men ikke mellom middels skrånende og bratt terreng ($p = 1,00$). Verken modellert skråning, observert terrengstruktur, observert terrengkrumning, modellert bølgeeksponering eller noen av interaksjonene viste noen signifikant sammenheng med beltebredde (alle $p > 0,896$).



Figur 10: Bredden på sauetangbeltet mot observert skråning (tre klasser: flatt, middels skrånende og bratt). Figuren viser gjennomsnittlig verdi +/- 1 standardfeil (SE).

4.4 Nedre voksegrense for sauetang

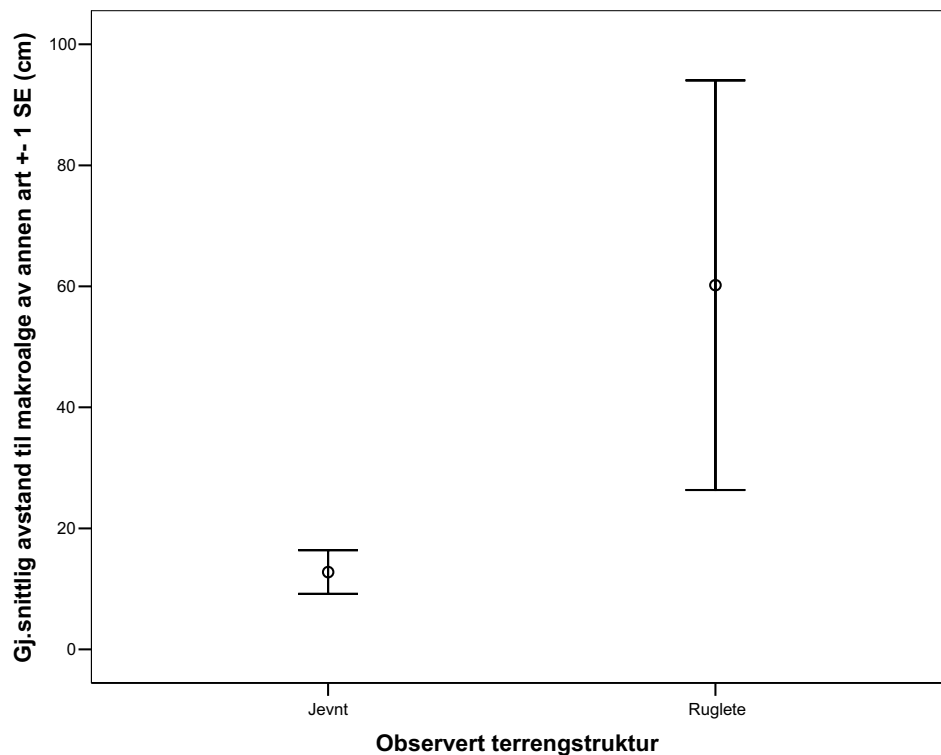
Modellert bølgeeksponering hadde betydning for nedre voksegrense for sauetangen, selv om sammenhengen ikke var signifikant ved $\alpha=0,05$ ($p=0,053$; $F=3,838$; $R^2=3,5$; $n=109$; figur 11). Analysen antyder at avstanden fra sauetang til vann øker med økende bølgeeksponering. Avstanden var ikke signifikant relatert til verken observert skråning, observert terrengstruktur, observert terrengkrumning, modellert skråning eller noen av interaksjonene (alle $p>0,910$).



Figur 11: Sauetangens nedre voksegrense (målt som avstanden fra sauetangens nedre grense til sjøkanten, korrigert for tidevann) mot modellert bølgeeksponering. Figuren viser regresjonslinje.

4.5 Avstanden fra sauetangens nedre grense til nærmeste makroalge av annen art

Hvor vidt terrenget var jevnt eller ruglete hadde betydning for avstanden fra sauetangens nedre grense til nærmeste makroalge av en annen art, selv om sammenhengen ikke var signifikant ved $\alpha=0,05$ ($p=0,059$; $F=3,640$; $R^2=3,4$; $n=105$). Figur 12 viser at avstanden var større i ruglete terreng enn i jevnt. Avstanden var ikke signifikant relatert til verken modellert eller observert skråning, observert terrengkrumning, modellert bølgeeksponering eller noen av interaksjonene (alle $p>0.953$).



Figur 12: Avstanden fra sauetangen nedre grense til nærmeste makroalge av annen art mot observert terrengstruktur (to klasser: jevnt eller ruglete terreng). Figuren viser verdi +/-1 standardfeil (SE).

4.6 Sauetangens dekningsprosent

Det var ingen signifikant sammenheng mellom sauetangens dekningsprosent og modellert eller observert skråning, observert terrengstruktur, observert terrengkrumning, modellert eksponering eller noen av interaksjonene (alle $p > 0,946$).

5 Diskusjon

5.1 Effekten av bølgeeksponering

5.1.1 Tilstedeværelse og fravær av sauetang

Som forventet var sauetang i stor grad til stede på lokaliteter med lav eksponering (både modellert eksponering på grov skala og på finere skala, målt som viker og ruglete terreng),

men hadde en tendens til å forsvinne etter som eksponeringen økte (inkludert på stasjoner i åpent terreng og i jevnt terreng). Dette støttes av resultatene til Subrahmanyam (1959), Hansen (1995) og Kvist og Lein (1999), som viser at sauetangen ikke er til stede på lokaliteter med høye eksponeringsverdier. White (2003) støtter også disse resultatene, da han har vist at sauetang vokser på steder med opp mot moderat eksponering dersom den lokale topografien gir beskyttelse mot bølger.

Effekten av eksponeringsgrad på tilstedeværelse av sauetang varierte mellom de tre skråningsklassene. Sauetang var i større grad til stede ved lav enn ved høy eksponering for både middels skrånende og bratt terreng, men denne effekten var fraværende for flatt terreng. Dette viser at flatt terreng virker beskyttende i forhold til bølgepåvirkningen, og gjør effekten av de ulike eksponeringsgradene svakere enn i brattere terreng. Dette er i overensstemmelse med tidligere undersøkelser hvor man har funnet at skråningsvinkelen påvirker effekten av bølgeeksponeringen indirekte ved at bølgene virker med større kraft på lokaliteter med brattere skråning (Carstens 1968, Druehl & Green 1982).

5.1.2 Bredden på sauetangbeltet

I motsetning til hva jeg hadde forventet, så hadde modellert bølgeeksponering ingen effekt på bredden av sauetangbeltet. Dette kan skyldes at modellert bølgeeksponering er beregnet på en relativt grov skala (50 m oppløsning) og at modellen dermed ikke fanger opp effekten av bølgeeksponering på beltebredden. Men ytterligere analyser viste at heller ikke eksponering på en finere skala, representert ved terrengets krumning og struktur, hadde effekt på bredden av sauetangbeltet. Dette kan indikere at bredden på sauetangbeltet faktisk ikke endrer seg med eksponeringsgraden. Mine resultater viser at sauetangens nedre voksegrense endret seg i forhold til modellert bølgeeksponering. Dette indikerer at hele beltet flytter seg lengre fra vann med økende bølgeeksponering uten at bredden endres.

5.1.3 Nedre voksegrense for sauetang

Sauetang flyttet seg lenger vekk fra sjøkanten med økende grad av bølgeeksponering. Dette var som forventet, og støttes av White (2003), som fant at sauetangen vokser høyere oppe på moderat eksponerte lokaliteter enn på beskyttede lokaliteter. Burrows & al (1954) og Lewis (1964) har funnet lignende resultater. Dette viser at på lokaliteter med mye bølgeeksponering vil antageligvis bølgespruten være for kraftig nær vannoverflaten til at sauetangen kan trives,

samtidig som bølgespruten forsyner alger som vokser lenger opp med næring og vann, og på denne måten hindrer uttørking.

Jeg fant ingen sammenheng mellom nedre voksegrense og terrengets struktur. Jeg hadde forventet at et ruglete terreng ville gi et mer heterogent habitat med småskalige beskyttede lokaliteter, og at dette ville gi sauetangen mulighet til å kunne vokse lengre ned mot vannet. En årsak til at jeg ikke får støtte for dette i mine data, kan være at en ruglete flate ikke gir tilstrekkelig beskyttelse, og at sprut og tidevann (tidevannsforskjellene i studieområdet er ganske store) hindrer sauetangen fra å vokse også her. Ruglete terreng kan også gi mange lokaliteter som ligger i skyggen deler av døgnet, og dermed ikke fremmer vekst av alger.

5.1.4 Avstanden fra sauetangens nedre grense til nærmeste makroalge av annen art

Det ble ikke påvist noen sammenheng mellom bølgeeksponering på grov og middels skala og avstanden mellom sauetangens nedre grense og nærmeste makroalge av annen art. På fin skala, representert ved terrengets struktur, fant jeg derimot at avstanden var større i beskyttet (ruglete) terreng enn i mer eksponert (jevnt) terreng. Ved utvikling av biologisk eksponeringsindeks for Midt-Norge, viste forekomstene av sauetang og spiraltang at de responderer likt på bølgeeksponering (Hansen 1995). Under feltarbeidet registrerte jeg ikke andre arter enn sauetang, så hvor vidt nærmeste makroalge var spiraltang er ukjent. Dersom den nærmeste arten i området for våre feltundersøkelser var spiraltang, ville jeg ikke forvente at bølgeeksponering skulle påvirke avstanden mellom artene, noe som stemmer overens med analysen. Men sammenhengen funnet på fin skala indikerer at småskalige terrengformasjoner skaper lokale forhold som er gunstige, og at dette gir rom for flere arter enn i et jevnt terreng. Lewis (1964) og Lobban & Harrison (1994) har tidligere påpekt at lokaltopografi påvirker effekten av bølgeeksponering og skaper heterogene utbredelsesmønstre.

5.1.5 Sautangens dekningsgrad

Jeg fant ingen sammenheng mellom dekningsgrad og grovskalig eksponering. Jeg fant heller ingen sammenheng mellom dekningsgrad og eksponering på middels og fin skala. Jeg hadde forventet en sammenheng ut i fra resultatene til Subrahmanyam (1959, studier fra Isle of Man), Hansen (1995, studier fra Nord-Vestlandet), Stige med flere (1999, studier fra Finmark) og Kvist og Lein (1999, studier fra Hordaland), som viste at dekningsgraden økte enten lineært

når eksponeringen avtok eller at sammenhengen var polynomisk med størst dekningsgrad ved middels eksponeringsgrad. Basert på tidligere undersøkelser hadde jeg forventet at også småskalig terrengstruktur skulle gi korrelasjon med dekningsgrad. Subrahmanyam (1959) viste at sauetangens vekst har sammenheng med slike småskalige terrengstrukturer, da flere individer fester seg til og overlever på en ruglete enn en jevn overflate.

En årsak til at jeg ikke fikk noen korrelasjon mellom dekningsgrad og eksponering kan være at modellert eksponering er for grov. Hansen (1995) og Kvist & Lein (1999) beregnet eksponering for hver stasjon, mens jeg beregnet eksponering arealdekkene med en oppløsning på 50 m. På en annen side ville jeg da forvente at de andre målene for eksponering, som er på finere skala, ville gi utslag på sauetangens dekningsgrad. Dette diskuteres i mer detalj i kapittel 5.4.

5.2 Effekten av terreng

Sauetangbeltet var smalere i bratt enn i flattere terreng. Dette er logisk ut fra at littoralsonen generelt blir bredere jo slakere strandsonen er (Kvist & Lein 1999), og at sauetangbeltet dermed også skal være bredere i et flatt terreng. Dette viser at skråningsvinkelen på stranden er viktig for bredden på littoralsonen, i samsvar med Lalli & Parsons (1997).

5.3 Effekten av skala

Skala er et viktig aspekt ved økologiske studier og tidligere undersøkelser har vist at effekten av abiotiske faktorer på littoral samfunnsstruktur varierer med skala (Eriksson & Bergström 2004). For noen av faktorene analysert i denne oppgaven, fikk jeg ikke resultater som forventet. Dette behøver ikke å bety at antagelsene jeg hadde på forhånd, basert på tidligere undersøkelser, er feil. Det kan være en effekt av skala. Hvis vi tar utgangspunkt i bølgeeksponering kan enkelte aspekter ved sauetangens utbredelse være styrt av eksponering på en annen skala enn det jeg benyttet i mine undersøkelser. 50 m oppløsning kan være uegnet til å fange opp faktorer som styrer utbredelsen. Ved undersøkelse av bølgeeksponeringens effekt på hardbunnssamfunn i Finnmark fant Stige & *al* (1999) variasjoner som ble forklart av data på ulik skala. Jeg fant at bredden på tangbeltet varierte med feltobservert skråning, men ikke med modellert skråning. Dette indikerer en skalaeffekt, og at modellert skråning er for grov til å gi noen effekt.

5.4 Feilkilder

I tillegg til effekten av skala diskutert i kapittel 5.3, kan mangel på sammenhenger skyldes andre faktorer som er med på å bestemme en arts utbredelse på en lokalitet, både abiotiske og biotiske, og som ikke har vært med i mine analyser. Denne oppgaven omfatter ingen målinger av f. eks næringstilgang, lysinnstråling, beitetrykk eller konkurranse, som alle er viktige for utbredelse av sauetang. Sjøtemperatur og saltholdighet er også to faktorer av betydning for utbredelsen av alger (Lewis 1964, Lüning 1990, Lobban & Harrison 1994). Dette er faktorer som ikke ble registrert som en del av denne oppgaven. Generelt er dette storskalige faktorer som sannsynligvis ikke vil gi utslag størrelse på det skalanivået jeg har jobbet på i denne oppgaven. Men disse faktorene kan ha effekt på mindre skala også, da saltholdigheten i vannet kan være lavere på lokaliteter i nærheten av elveutløp og sjøtemperaturen kan være høyere i beskyttede viker (Stige & *al* 1999). I forhold til uttørking og varmemstress, er det tidligere funnet økende grad av uttørking og varmemstress på beskyttede lokaliteter (Lewis 1964, Connell 1972, Menge 1976, Hawkins & Harkin 1985).

Mangel på sammenhenger mellom dekningsgrad og de ulike faktorene kan skyldes måten dekningsgraden ble registrert på (se beskrivelse i metodekapittelet). Metoden for registrering av dekningsgrad har en svakhet ved at den ikke sier noe om hvor tett sauetangen vokser innen hver av de 25 rutene, kun tilstedeværelse blir registrert. Dette resulterer i at to lokaliteter kan bli registrert med samme dekningsgrad selv om dekningsgraden egentlig er forskjellig (f. eks. at rutene er tette på den ene lokaliteten og glisne på den andre).

En del av miljøfaktorene (terrengets struktur, krumning og helningsvinkel) som er med i denne oppgaven er basert på subjektive vurderingene i felt, noe som kan gi en variasjonsbredde i datasettet som kamuflere effekten jeg kanskje hadde funnet med mer objektive målemetoder.

6 Konklusjon og diskusjon om resultatenes bidrag

Denne oppgaven viser at bølgeeksponering har stor betydning for sauetangens utbredelse. Særlig informasjon om hvordan tilstedeværelsen og fravær av sauetang og sauetangens nedre voksegrense varierer med bølgeeksponering kan benyttes videre til å GIS-modellere potensiell utbredelse av sauetang. Basert på kunnskap om arters respons på økende eller minkende bølgeeksponering, kan man ut i fra eksponeringsverdien for en lokalitet predikere hvilke arter som lever der.

Funnene i denne oppgaven kan være med på å videreutvikle metodikken for modellering av bølgeeksponering ved at informasjon om sammenhenger mellom arters utbredelse og bølgeeksponering bidrar til muligheten for å kunne klassifisere bølgeeksponering i økologisk meningsfylte klasser.

Funnene fra denne oppgaven har stor overføringsverdi, og vil bidra til metodeutvikling i forbindelse med modellering av marine habitater (f. eks. tareskog, ålegras). Den ervervede kunnskapen om effekten av skala er svært sentral for annet pågående arbeid, f. eks. kommunenes arbeid med kartlegging og overvåking av marint habitater, der modellering er en sentral del, og arbeidet med å implementere EUs vannrammedirektiv, der klassifisering av eksponeringsgrad og økologisk status er viktig.

7 Litteratur

- Ballantine, W. J. 1961. A biologically defined exposure scale for the comparative description of rocky shores. *Field Studies* 1: 1.19.
- Beer, S. & Kautsky, L. 1992. The recovery of net photosynthesis during rehydration of three *Fucus* species from the Swedish west coast following exposure to air. *Botanica Marina* 35: 487-491.
- Bekkby, T., Erikstad, L., Bakkestuen, V. & Bjørge, A. 2002. A landscape ecological approach to coastal zone applications. *Sarsia* 87: 396-408.
- Bergan, K. 1989. *Livet i fjæra*. J. W. Cappelens Forlag AS, Oslo.
- Bendetti-Cecchi, L., Bulleri, F. & Cinelli, F. 2000. The interplay of physical and biological factors in maintaining mid-shore and low-shore assemblages on rocky coasts in the northwest Mediterranean. *Oecologia* 123: 406-417.
- Burrows, E. M., Conway, E., Lodge, S. M. & Powell, H. T. 1954. The raising of intertidal zones on Fair Isle. *Journal of Ecology* 42: 283-288.
- Carstens, T. 1968. Wave forces on boundaries and submerged bodies. *Sarsia* 34: 37-60.
- Chapman A. R. 1995. Functional ecology of fucoid algae: twenty-three years of progress. *Phycologia* 34: 1-32.
- Colwell, R. K. & Fuentes, E. R. 1975. Experimental studies of niche. *Annual Reviews of Ecological Systems* 6: 281-310.
- Connell, J. H. 1961. Effects of competition, predation by *Thais lapillus*, and other factors on natural populations of the barnacle *Balanus balanoides*. *Ecological Monographs* 31: 61-104.
- Connell, J. H. 1972. Community interactions on marine rocky intertidal shores. *Annual Reviews of Ecological Systems* 3: 169-192.
- Crothers, J. H. 1976. On the distribution of some common animals and plants along the rocky shores of West Somerset. *Field Studies* 4: 469-489.
- Dalby, D. H., Cowell, E. B., Syrratt, W. J. & Crothers, J. H. 1978. An exposure scale for marine shores in western Norway. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 58: 975-994.

- Davies, C. E. & Moss, D. 2003. EUNIS Habitat Classification. European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, Paris (<http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>).
- Davison, I. R., Dudgeon, S. R & Ruan, H. M. 1989. Effects of freezing on seaweed photosynthesis. *Marine Ecology Progress Series* 58: 123-131.
- Dayton, P. K. 1971. Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecological Monographs* 41: 351-389.
- Denny, M. W. 1988. *Biology and the mechanics of the wave-swept environment*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Direktoratet for Naturforvaltnings håndbok nr 19, 2001. Kartlegging av marint biologisk mangfold. Se mer på <http://www.dirnat.no/archive/attachments/01/16/Hndbo075.pdf>
- Druehl, L. D. & Green, J. M. 1982. Vertical distribution of intertidal seaweeds as related to patterns of submersion and emersion. *Marine Ecology Progress Series* 9: 163-170.
- Eriksson, B. K. & Bergström, L. 2005. Local distribution patterns of macroalgae in relation to environmental variables in the northern Baltic Proper. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62: 109-117.
- ESRI. 2002. ArcView GIS. Redlands: ESRI Inc.
- Fish, J. D & Fish, S. 1996. *A student's guide to the seashore*. Cambridge University Press, New York.
- Forman, R. T. T. and Godron, M. 1986. *Landscape ecology*. New York: Wiley.
- Goda, Y. 1985. *Random seas and design of maritime structures*. University of Tokyo Press.
- Hansen, E. 1995. Utvikling av biologisk eksponeringsskala på Nord-Vestlandet. Hovedfagsoppgave i marinbiologi til graden Cand. Scient, Institutt for fiskeri- og Marinbiologi, Universitetet i Bergen.
- Hansen, J. R. & Ingolfsson, A. 1993. Patterns in species composition of rocky shore communities in sub-arctic fjords of eastern Iceland. *Marine Biology* 117: 469-481.
- Hawkins, J. R. & Harkin, E. 1985. Preliminary canopy removal experiments in algal dominated communities low on the shore and in the shallow subtidal on the Isle of Man. *Botanica Marina* 28: 223-230.
- Hawkins, S. J & Hartnoll, R. G. 1985. Factors determining the upper limits of intertidal canopy-forming algae. *Marine Ecology Progress Series* 20: 265-271.

- Hawkins, S. J., Hartnoll, R. G., Kain, J. M. & Norton, T. A. 1992. Plant-animal interactions on hard substrata in the north-east Atlantic. I: John, D. M., Hawkins, S. J. & Price, J. H (reds.). Plant-animal interactions in the marine benthos. Systematics Association Special 46: 1-32.
- Holling, C. S. 1992. Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems. Ecological Monographs 62: 447-452.
- Holtedahl, H. 1998. The Norwegian strandflat - a geomorphological puzzle. Norsk Geologisk Tidsskrift 78(1): 47-66.
- Hurd, C. L. 2000. Water motion, marine macroalgal physiology, and production. Journal of Phycology 36: 453-472.
- Isæus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Ph.D Thesis. Print Center, Frescati, Stockholm.
- Johnson, M. P., Hawkins, S. J., Hartnoll, R. G. & Norton T. A. 1998. The establishment of *fucoid* zonation on algal-dominated rocky shores: hypotheses derived from a simulation model. Functional Ecology 12: 259-269.
- Jones, N. S. 1946. Browsing of *Patella*. Nature 158: 557
- Lalli, C. M & Parsons, T. R. 1997. Biological oceanography- An introduction. Butterworth-Heinemann, Oxford, England.
- Leigh, E. G., Paine, J. F., Quinn & Suchanek, T. H. 1987. Wave energy and intertidal productivity. Proceedings of the National Academy of Science (USA) 84: 1314-1318.
- Lewis, J. R. 1964. The ecology of rocky shores. English University Press, London.
- Lewis, J. R. 1968. Water movements and their role in rocky shore ecology. Sarsia 34: 13-36.
- Lobban, C. S. & Harrison, P. J. 1994. Seaweeds ecology and physiology. Cambridge Univarsity Press. Cambridge, New York, Melbourne.
- Koehl, M. A. R. 1984. How do benthic organisms withstand moving water? American Zoologist 25: 57-70.
- Kruskopf, M. & Lein, T. E. 1997. IFM-rapport nr. 7: Biological exposure scale for Sogn og Fjordane in Southwestern Norway.
- Kruskopf, M. & Lein, T. E. 1998. IFM-rapport nr 8: Biological Exposure Scale – Methodology.
- Kvist, M. & Lein, T. E. 1999. IFM-rapport nr. 2: Sammenheng mellom biologisk og fysiske mål på bølgeeksponering i Hordaland.

- Levin, S. A. 1992. The problem of patterns and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943-1967.
- Lubchenco, J. 1978. Plant species diversity in a marine intertidal community: importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *American Naturalist* 112: 23-39.
- Lubchenco, J. & Menge, B. A. 1978. Community development and persistence in a low rocky intertidal zone. *Biological Monographs* 59: 67-94.
- Menge, J. L. 1975. Effects of herbivores on community structure of the New England rocky intertidal region: distribution and diversity of algae. Ph.D Thesis, Harvard University, Cambridge, Mass.
- Menge, B. A. 1976. Organization of the New England rocky intertidal community: Role of predation, competition, and environmental heterogeneity. *Ecological Monographs* 46: 355-393.
- Menge, B. A. 1978. Predation intensity in a rocky intertidal community: Effect of an algal canopy, wave action and dessication on predator feeding rates. *Oecologia* 34: 17-35.
- Meteorologisk Institutt. Vannstand. <http://met.no/cgi-bin/vannstand-tabell.cgi>
- Newell, G. E. 1958. The behavior of *Littorina littorea* (L.) under natural conditions and its relation to position on the shore. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 37: 229-239.
- Norton, T. A, Ebling, F. J & Kitching, J. A. 1971. Light and the distribution of organisms in the sea cave. *Proceedings from the 4th European Marine Biology Symposium*, edited by Crisp, D. J., Cambridge University Press, Cambridge.
- Osland, E. 1985. Utvikling av en biologisk basert eksponeringsskala til praktisk bruk for bedømmelse av hardbunnslittoral på Sør-Vestlandet. Cand. real. oppgave. Universitetet i Bergen.
- Oug, E., Lein, T. E., Holte, B., Ormerod, K. & Næs, K. 1985. Basisundersøkelse i Tromsø Sund og Nordbotn 1983. Bløtbunnsundersøkelser, fjæreundersøkelser og bakterilogi. NIVA rapport nr 173b.
- Paine, R. T. 1974. Intertidal community structure. Experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principal predator. *Oecologia* 15: 93-120.

- Paine, R. T. & Levin, S. A. 1981. Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of pattern. *Ecological Monographs* 51: 145-178.
- Raffaelli, D. & Hawkins, S. 1996. *Intertidal ecology*. Chapman & Hall.
- Rinde, E., Storeid, S-E., Bakkestuen, V., Bekkby, T., Erikstad, L. & Longva, O. 2004. Modellering av utvalgte marine naturtyper og EUNIS klasser. To delprosjekter under det nasjonale programmet for kartlegging og overvåkning av biologisk mangfold. NINA Oppdragsmelding 807.
- Rueness, J. 1998. *Alger i farger. En felthåndbok om kystens makroalger*. Almater Forlag AS, Oslo.
- Rugg, D. A. & Norton T. A. 1987. *Pelvetia canaliculata*, a high-shore species that shuns the sea. I Crawford, R. M. M (ed.) *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Blackwell, Oxford: 347-358.
- Russel, G. 1973. Phytosociological studies on a two-zone shore. II. Community structure. *Journal of Ecology* 61: 509-523.
- Ruuskanen, A. T. & Nappu, N. P. 2005. Morphological differences in *Fucus gardneri* between two shores with equal cartographic exposure values but different levels of wave action. *Annales Botanici Fennici* 42: 27-33.
- Schonbeck, M. & Norton, T. 1978. Factors controlling the upper limits of *furoid* algae on the shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 31: 303-313.
- Schonbeck, M. & Norton, T. 1979. Drought-hardening in the upper-shore seaweeds *Fucus spiralis* and *Pelvetia canaliculata*. *Journal of Ecology* 67: 687-696.
- Schonbeck, M. & Norton, T. 1980. Factors controlling the lower limits of *furoid* algae on the shore. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 43: 131-150.
- Severinsen, R. 1997. Utvikling av en biologisk basert eksponeringsskala for Vesterålen. Cand. scient oppgave. Universitetet i Bergen.
- Sheperd, S. A. & Womersley, H. B. S. 1981. The algal and seagrass ecology of Waterloo Bay, South Australia. *Aquatic Botany* 11: 305-371.
- Sousa, W. P. 1979. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecological Monographs* 49: 227-254.
- Stige, L. C., Lein, T. E., Moe, K. A. & Brude, O. W. 1999. IFM-rapport nr 16: Models on the distribution of hard-bottom littoral organisms in Finmark, Norway, based on wave-exposure.

- Strømngren, T. 1994. Apical elongation of *furoid* algae exposed to low salinities. *Aquatic Botany* 49: 67-74.
- Subrahmanyam, R. 1959. Ecological studies on the *Fucales*. 1. *Pelvetia canaliculata* Dcne. et Thur. Edited for publication from part of the Thesis accepted for Ph. D of the University of Liverpool, UK.
- Thomas, M. L. H. 1986. A physically derived exposure index for marine shorelines. *Ophelia* 25 (1): 1-13.
- Underwood, A. J. & Chapman, M. G. 1996. Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia* 107: 212-224.
- White, N. *Pelvetia canaliculata*. Channelled wrack. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme [online]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [Cited 29/11/2004]. Tilgjengelig fra: <http://www.marlin.ac.uk/species/Pelvetiacanaliculata.htm>
- Wiens, J. A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Ecology* 3: 385-397.
- Wiens, J. A., Stenseth, N. C., Van Horne, B. & Ims, R. A. 1993. Ecological mechanisms and landscape ecology. *Oikos* 66: 369-380.
- World Meteorological Organization 1998. Guide to wave analysis and forecasting. WMO-rapport nr. 702.
- Zaneveld, J. S. 1937. The littoral zonation of some *fucaceae* in relation to desiccation. *Journal of Ecology* 25: 431-468.
- Årrestad, K. & Lein, T. E. 1993. IFM-rapport nr. 5: A computer program (EXPON) for calculation of a biologically based exposure scale.

8 Appendiks

8.1 Appendiks A – Vinddata brukt i bølgeeksponeringsmodellen

Appendiks A: Vinddata for 16 himmelretninger brukt i bølgeeksponeringsmodelleringen.

Dataene er basert på målinger utført av Meteorologisk institutt på Ona fyr (Møre og Romsdal) i perioden 1978 til 2003.

Himmelretning	Himmelretning (°)	Gjennomsnittlig vindstyrke (m/s)	Relativ vindfrekvens
N	0	6,50	6,60
NNE	26,6	6,92	8,42
NE	45	7,10	10,20
ENE	63,4	5,81	9,40
E	90	5,25	7,10
ESE	116,6	5,35	5,84
SE	135	5,10	6,70
SSE	153,4	6,51	9,28
S	180	8,75	9,10
SSW	206,6	10,49	11,36
SW	225	11,10	17,80
WSW	243,4	9,63	13,20
W	270	8,30	6,30
WNW	296,6	7,71	3,54
NW	315	7,40	5,50
NNW	333,4	6,66	5,75

8.2 Appendix B – Georefererte rådata

Forklaring til forkortelser:

- Skr.obs: observert skråning, 1=flatt, 2=middels skrånende, 3=bratt.
- Struktur: observert terrengstruktur, 1=jevnt, 2=ruglete.
- Krumn.: observert terrengkrumning, 1=åpent, 2= vik.
- Skr.mod: modellert skråning, 0-90°.
- FWM: modellert bølgeeksponering.
- AlgeAvst: avstand fra sauetangens nedre voksegrense til nærmeste makroalge av annen art, gitt i cm.
- VannAvst: avstand fra sauetangens nedre voksegrense til sjøkanten, gitt i cm.
- Blt.bred: bredde på sauetangbeltet, gitt i cm.
- Dekn%: sauetangens dekningsprosent, omregnet fra ruteanalyse gjennomført i felt.
- Til stede: tilstedeværelse og fravær av sauetang, 1=til stede, 0=fraværende.

X-koordinater	Y-koordinater	Nr	Dato	Tid	Skr.obs	struktur	Krumn.	Skr.mod	FWM	EUNIS-klasse	AlgeAvst	VannAvst	Blt.bred	Dekn%	Til stede
375542,156285	6967032,085491	13	26/5/04	09:55	2	1	1	0,2026	59201,1094	Beskyttet	0	629	73	0,62	1
375703,677074	6967906,129009	14	26/5/04	10:10	2	1	2	1,3586	199395,7813	Moderat eksponert	0	259	120	0,72	1
375533,618538	6967195,912519	15	26/5/04	11:03	2	1	2	3,8004	300348,3438	Moderat eksponert	0	325	109	0,56	1
375461,431406	6967132,846610	16	26/5/04	11:19	2	1	1	10,9685	342744,5625	Moderat eksponert					0
375477,330245	6967126,265918	17	26/5/04	11:23	2	1	2	7,6937	308623,4375	Moderat eksponert	0	508	100	0,38	1
375493,188237	6967089,767256	18	26/5/04	11:35	3	1	1	5,9603	300682,0000	Moderat eksponert		58			1
375517,104023	6967085,268980	19	26/5/04	11:46	2	1	2	5,9603	300682,0000	Moderat eksponert	0	282	118	0,33	1
375508,815755	6967076,015432	20	26/5/04	11:46	1	2	1	5,9603	300682,0000	Moderat eksponert	124	251	1	0,04	1
380361,513909	6962742,370898	21	26/5/04	13:21	2	1	1	1,4604	139969,0000	Moderat eksponert					0
380391,063958	6962763,429757	22	26/5/04	13:27	2	2	1	2,6316	141976,8906	Moderat eksponert	0	279,5	126	0,4	1
380358,073684	6962753,267700	23	26/5/04	13:41	3	2	1	0,7303	138195,8906	Moderat eksponert	0	69,5	1	0,04	1
380358,412911	6962755,050611	24	26/5/04	13:45	3	1	1	0,7303	138195,8906	Moderat eksponert	12	316	60	0,24	1
381174,463728	6963587,995802	25	26/5/04	14:13	2	1	1	4,7141	130249,7813	Moderat eksponert					1
381203,220836	6963595,329908	26	26/5/04	14:16	2	2	1	4,7141	130249,7813	Moderat eksponert	22	180,5	45	0,32	1
381258,027230	6963618,470797	27	26/5/04	14:32	2	1	1	4,4522	165437,5625	Moderat eksponert	32	310,5	61	0,16	1
381266,472155	6963647,469258	28	26/5/04	14:41	2	1	1	4,4522	165437,5625	Moderat eksponert	0	264,5	66	0,36	1
381167,112411	6963604,407732	29	26/5/04	14:57	2	1	2	1,2969	136728,5625	Moderat eksponert	130	254	30	0,2	1

8 Appendixs

379183,478954	6963280,767066	30	26/5/04	15:54	1	2	1	1,0328	116197,2188	Moderat eksponert	1100	1235	292	0,26	1
379166,921741	6963299,919834	31	26/5/04	16:16	1	2	1	1,6327	156791,4375	Moderat eksponert	0	301	163	0,46	1
379012,758894	6963778,748339	32	26/5/04	16:51	2	1	1	3,6189	331273,1250	Moderat eksponert					1
373543,783600	6969849,800732	33	27/5/04	09:39	2	1	1	2,7157	1381364,3750	Veldig eksponert					0
373543,783600	6969849,800732	33	27/5/04	09:39	2	1	1								0
373543,783600	6969849,800732	33	27/5/04	09:39	2	1	1								0
373543,783600	6969849,800732	33	27/5/04	09:39	2	1	1								0
374320,406670	6971365,747381	34	27/5/04	10:44	1	1	2	0,453	1065761,8750	Veldig eksponert	81	979,5	143	0,33	1
374290,526569	6971320,836927	35	27/5/04	10:56	3	1	1	0,5729	1107278,1250	Veldig eksponert					0
374662,098596	6972122,573582	36	27/5/04	13:02	2	1	2	0,5729	441485,2188	Moderat eksponert	0	192	86	0,56	1
374532,028061	6971887,668266	37	27/5/04	13:25	2	1	1	1,0907	528899,5625	Eksponert	0	777,5	47	0,44	1
374419,042292	6971813,635102	38	27/5/04	13:37	1	1	2	0,453	918296,8750	Eksponert	44	600,5	1	0,04	1
374257,348223	6971859,316872	39	27/5/04	13:56	1	1	1	2,7157	1251213,7500	Veldig eksponert					0
374284,913247	6971858,258615	40	27/5/04	13:59	1	1	1	2,1139	1124481,1250	Veldig eksponert	0	784	249	0,37	1
374393,401874	6971864,868514	41	27/5/04	14:11	2	1	2	0,2865	712287,0000	Eksponert	114	216	59	0,22	1
374261,712720	6971923,160896	42	27/5/04	14:21	1	1	2	0,2865	1202732,6250	Veldig eksponert	10	802,5	144	0,24	1
374267,717433	6971994,123739	43	27/5/04	14:42	2	1	2	0,5729	1165227,1250	Veldig eksponert		87,5			0
374296,259661	6971997,209944	44	27/5/04	14:45	2	1	2	0,453	1003448,8750	Veldig eksponert	0	304	59	0,46	1
374514,254217	6972115,678856	45	27/5/04	14:57	2	1	1	0,453	423120,1250	Moderat eksponert	0	735	29	0,6	1
374428,727351	6972215,866796	46	27/5/04	15:10	2	1	2	0,453	587879,0000	Eksponert	0	557	1	0,04	1
374292,585778	6972100,851240	47	27/5/04	15:26	1	1	2	0,5729	807981,4375	Eksponert	0	188,5	46		1
374282,632946	6972055,165049	48	27/5/04	15:35	2	1	2	0,2865	836950,1250	Eksponert	0	345,5	39	0,72	1
374243,169847	6972244,522144	49	27/5/04	15:58	2	1	2	0,6077	1264018,8750	Veldig eksponert					0
374254,350011	6972286,570199	50	27/5/04	16:02	1	1	2	0,2026	1347951,2500	Veldig eksponert	0	241	85	0,52	1
374213,060006	6972371,315556	51	27/5/04	16:16	2	2	1	3,4632	1613004,7500	Veldig eksponert					0
374245,927732	6972330,564323	52	27/5/04	16:19	3	1	2	0,2865	1429045,5000	Veldig eksponert					0
374669,995205	6972792,884295	53	27/5/04	16:31	2	1	1	0,8594	1299053,5000	Veldig eksponert					0
374640,014555	6972830,532043	54	27/5/04	16:36	1	2	2	0,2865	1328763,0000	Veldig eksponert	43	439,5	65	0,34	1
374678,992364	6972863,732939	55	27/5/04	16:49	2	1	2	1,5817	1194568,8750	Veldig eksponert	0	190	66	0,44	1
374654,577394	6972882,610925	56	27/5/04	16:56	2	1	2	2,3084	1339012,3750	Veldig eksponert					0
375049,122339	6973111,605994	57	27/5/04	17:14	2	1	1	3,539	976461,7500	Eksponert					0
375277,555799	6973040,678800	58	27/5/04	17:27	1	2	1	6,703	574422,0000	Eksponert	0	205,5	38	0,52	1
375268,167946	6973066,763489	59	27/5/04	17:33	1	1	2	0,7303	773417,3125	Eksponert	0	287,5	1600	0,21	1
375250,165594	6973132,062516	60	27/5/04	17:43	2	1	1	5,0027	1002457,8750	Veldig eksponert					0
375248,775572	6973081,263696	61	27/5/04	17:52					773417,3125	Eksponert					

8 Appendixs

375201,462854	6973058,533388	62	28/5/04	11:09	2	1	1	1	1,867	883877,3125	Eksponert	0	148	32	0,28	1
372166,873230	6971171,496372	63	28/5/04	11:09	2	1	1	1	6,2547	1765338,5000	Veldig eksponert					0
372166,873230	6971171,496372	63	28/5/04	11:09	2	1	1	1								0
372166,873230	6971171,496372	63	28/5/04	11:09	2	1	1	1								0
372166,873230	6971171,496372	63	28/5/04	11:30	2	1	1	1								0
372694,093406	6975150,844310	64	28/5/04	11:30			1	1	5,4566	1969690,3750	Veldig eksponert					0
372694,093406	6975150,844310	64	28/5/04	11:30			1	1								0
372694,093406	6975150,844310	64	28/5/04	11:30			1	1								0
372694,093406	6975150,844310	64	28/5/04	11:48			1	1								0
375075,138387	6974622,935781	65	28/5/04	11:53	2	1	1	1	5,1742	1521796,3750	Veldig eksponert					0
375016,939378	6974607,806552	66	28/5/04	12:38	2	1	1	1	2,9882	1629146,7500	Veldig eksponert					0
376853,372874	6974556,106199	67	28/5/04	12:44	2	1	2	2	0,6406	963143,8750	Eksponert					0
376913,779179	6974543,071765	68	28/5/04	12:54	2	1	2	2	1,7184	816707,7500	Eksponert	0	205,5	49	0,68	1
376985,436131	6974524,218103	69	28/5/04	13:06	2	1	2	2	3,4926	866651,4375	Eksponert	0	493	76	0,32	1
376945,210368	6974587,353886	70	28/5/04	13:09	2	2	2	2	0,8594	831841,3125	Eksponert		53			0
376961,187378	6974634,603884	71	28/5/04	13:23	2	2	2	1	2,8979	983284,6875	Eksponert					0
376670,589681	6974597,092982	72	28/5/04	13:55	2	1	1	1	0,453	1506426,6250	Veldig eksponert					0
376885,537415	6975040,642883	73	28/5/04	13:55	2	1	1	1	2,5924	1661766,0000	Veldig eksponert					0
376885,537415	6975040,642883	73	28/5/04	13:55	2	1	1	1								0
376885,537415	6975040,642883	73	28/5/04	13:55	2	1	1	1								0
376885,537415	6975040,642883	73	28/5/04	14:00	2	1	1	1								0
376232,763936	6975309,353004	74	28/5/04	14:00	2	1	1	1	7,1475	1737236,6250	Veldig eksponert					0
376232,763936	6975309,353004	74	28/5/04	14:00	2	1	1	1								0
376232,763936	6975309,353004	74	28/5/04	14:00	2	1	1	1								0
376232,763936	6975309,353004	74	28/5/04	14:08	2	1	1	1								0
378129,364466	6974927,668137	75	28/5/04	14:08	2	1	1	1	6,1275	1277079,7500	Veldig eksponert					0
378129,364466	6974927,668137	75	28/5/04	14:08	2	1	1	1								0
378129,364466	6974927,668137	75	28/5/04	14:08	2	1	1	1								0
378129,364466	6974927,668137	75	28/5/04	14:22	2	1	1	1								0
381165,443278	6974078,415341	76	28/5/04	14:41	3	2	2	2	0,7303	1110764,5000	Veldig eksponert					0
381316,211646	6974101,656474	77	28/5/04	14:57	1	2	2	2	0,7303	604997,2500	Eksponert	0	2066	72	0,7	1
381259,985746	6974245,456169	78	28/5/04	15:27	2	1	2	2	1,0328	1087383,0000	Veldig eksponert					0
380628,301192	6973824,592581	79	28/5/04	15:27	2	1	1	1	6,1275	1291803,0000	Veldig eksponert					0
380628,301192	6973824,592581	79	28/5/04	15:27	2	1	1	1								0
380628,301192	6973824,592581	79	28/5/04	15:27	2	1	1	1								0

8 Appendixs

369303,530883	6965761,839258	105	29/5/04	13:06	3	1	1	1	2,1139	1503922,5000	Veldig eksponert						0
369391,741183	6965803,797310	106	29/5/04	13:48	3	2	1	1	0,6077	1380090,3750	Veldig eksponert						0
367796,668739	6966685,508796	107	29/5/04	14:03	2	1	2	2	0,5729	1124182,6250	Veldig eksponert						0
367964,618046	6966919,847671	108	29/5/04	14:24	3	1	1	1	0,6406	1242792,0000	Veldig eksponert						0
367726,902798	6966822,923429	109	29/5/04	15:45	2	2	2	2	0,453	1454316,3750	Veldig eksponert	0	2049	139	0,75	1	1
367581,624388	6965556,231395	110	29/5/04	15:53	2	1	1	1	2,8979	1616330,5000	Veldig eksponert						0
367630,414700	6965618,281033	111	29/5/04	15:58	2	1	2	2	1,1458	1573101,5000	Veldig eksponert	137	268	50	0,48	1	1
367694,142668	6965622,894468	112	30/5/04	10:23	3	1	1	1	3,0891	1546918,2500	Veldig eksponert						0
368237,819573	6963968,410484	113	30/5/04	10:38	1	2	2	2	0,453	1355845,8750	Veldig eksponert	0	354,5	800	0,38	1	1
368229,613915	6963916,606970	114	30/5/04	10:47	1	2	1	1	1,867	1378531,7500	Veldig eksponert	44	283,5	36	0,28	1	1
368207,135741	6963848,105485	115	30/5/04	11:20	2	2	1	1	1,7302	1374374,3750	Veldig eksponert						0
367271,867844	6966748,572460	116	30/5/04	11:26	2	1	1	1	0,2865	1772642,6250	Veldig eksponert						0
367238,487313	6966755,900778	117	30/5/04	11:33	2	1	1	1	0,8594	1775109,5000	Veldig eksponert						0
367209,513919	6966865,368068	118	30/5/04	11:36	2	1	1	1	4,9208	1789281,3750	Veldig eksponert						0
367236,317280	6966871,454804	119	30/5/04	11:49	2	1	1	1	2,035	1779837,7500	Veldig eksponert						0
366884,639107	6967752,034204	120	30/5/04	11:59	3	1	1	1	1,3586	1690186,5000	Veldig eksponert						0
366914,099126	6967803,492112	121	30/5/04	12:07	3	2	1	1	3,0891	1762424,0000	Veldig eksponert						0
366655,475727	6967514,848696	122	30/5/04	12:07	2	1	1	1	9,3143	1869428,1250	Veldig eksponert						0
366655,475727	6967514,848696	122	30/5/04	12:07	2	1	1	1									0
366655,475727	6967514,848696	122	30/5/04	12:07	2	1	1	1									0
366655,475727	6967514,848696	122	30/5/04	12:24	2	1	1	1									0
364386,969115	6965043,463744	123	30/5/04	12:27	3	1	1	1	6,2321	1657669,2500	Veldig eksponert						0
364365,436887	6965092,814156	124	30/5/04	13:07	2	1	1	1	3,7299	1773830,1250	Veldig eksponert						0
361377,331747	6964659,955576	125	30/5/04	13:11	2	1	1	1	4,8877	1994599,8750	Veldig eksponert						0
361424,746848	6964692,654325	126	30/5/04	13:42	2	1	1	1	3,4926	1947797,0000	Veldig eksponert						0
363583,280371	6960992,025266	127	30/5/04	13:49	3	2	1	1	1,0907	1588142,7500	Veldig eksponert						0
363596,108387	6961076,448918	128	30/5/04	14:08	3	2	1	1	5,7459	1637616,5000	Veldig eksponert						0
363345,615599	6959489,928532	129	30/5/04	14:20	2	1	1	1	2,3084	1274497,3750	Veldig eksponert						0
363383,037278	6959551,804317	130	30/5/04	14:43	2	1	1	1	4,9905	1315264,5000	Veldig eksponert						0
364654,975646	6959878,574764	131	30/5/04	14:51	3		1	1	4,8877	1014311,5625	Veldig eksponert						0
364706,162255	6959942,284659	132	30/5/04	15:01	2	2	2	2	1,281	903922,5625	Eksponert	15	558	57	0,12	1	1
364610,079239	6959874,432667	133	30/5/04	15:47	3	1	1	1	4,8877	1117130,0000	Veldig eksponert						0
365138,333888	6959996,334123	134	30/5/04	15:50	2	1	1	1	2,1523	490139,6563	Moderat eksponert						0
365124,408435	6960004,678720	135	30/5/04	16:15	1	2	2	2	0,453	385462,1250	Moderat eksponert	0	471	273	0,42	1	1
365669,537712	6960084,091743	136	30/5/04	16:19	2	1	1	1	2,4462	354883,2188	Moderat eksponert						0

8 Appendixs

365643,420686	6960109,683817	137	30/5/04	16:38	2	2	2	1,742	321303,2188	Moderat eksponert	0	415	173	0,31	1
366470,980356	6960382,316709	138	30/5/04	16:58	2	1	1	0,2865	50665,4453	Beskyttet	65	504	250	0,24	1
366947,751400	6960734,532532	139	30/5/04	17:13	2	2	1	2,4378	81544,2188	Beskyttet	107	472	90	0,44	1
367593,204397	6961055,491600	140	30/5/04	17:26	2	1	1	1,67	95288,7813	Beskyttet	0	196	97	0,82	1
367987,022798	6961328,022897	141	30/5/04	17:32	2	1	1	10,229	135462,6719	Moderat eksponert	0	283	39	0,6	1
367999,269953	6961359,840545	142	31/5/04	09:35	3	2	1	8,9983	153333,2188	Moderat eksponert	0	572	88	0,38	1
373144,273261	6966625,775065	143	31/5/04	09:49	1	1	1	0,453	407612,6563	Moderat eksponert	0	169,5	646	0,5	1
373289,898147	6966703,308548	144	31/5/04	10:11	2	1	2	1,6201	208866,3281	Moderat eksponert	18	186	95	0,5	1
372990,911753	6966815,368637	145	31/5/04	10:17	2	1	1	0,2865	700728,6875	Eksponert	0	188	150	0,69	1
373141,822720	6966817,314876	146	31/5/04	10:33	1	2	1	0,2026	415807,8750	Moderat eksponert	0	174	368	0,75	1
372972,623949	6967134,933312	147	31/5/04	10:36	2	1	1	0,8352	464982,4375	Moderat eksponert					0
373023,240654	6967106,064309	148	31/5/04	10:49	1	1	1	0,5729	388502,7813	Moderat eksponert	0	198	60	0,52	1
373226,519123	6967231,011682	149	31/5/04	10:51	1	1	1	1,0128	366788,1250	Moderat eksponert					0
373180,876978	6967232,775668	150	31/5/04	11:00	1	2	2	0,453	268124,8750	Moderat eksponert	0	218	320	0,69	1
373052,789420	6967360,367417	151	31/5/04	11:13	1	2	2	0,453	727731,0000	Eksponert	0	208	245	0,5	1
372823,551074	6967278,903800	152	31/5/04	12:15	1	2	1	1,4604	792399,4375	Eksponert	0	260	366	0,18	1
373607,769127	6967301,245613	153	31/5/04	12:31	2	1	1	3,4809	644417,1250	Eksponert	0	282	81	0,52	1
373963,730111	6967005,789864	154	31/5/04	12:34	2	1	1	1,742	352634,4375	Moderat eksponert	0	302	30	0,2	1
373964,097116	6967015,344006	155	31/5/04	12:58	1	1	2	1,742	352634,4375	Moderat eksponert	0	418	433	0,76	1
374520,547663	6967071,788170	156	31/5/04	13:02	1	2	1	2,2636	89783,1094	Beskyttet	27	595	5	0,04	1
374511,394133	6967097,263050	157	31/5/04	13:22	1	2	2	2,2636	89783,1094	Beskyttet	0	572	342	0,27	1
374663,401196	6967364,836199	158	31/5/04	13:27	2	1	1	6,4204	289963,6563	Moderat eksponert					0
374620,674353	6967342,537336	159	31/5/04	13:33	1	1	2	0,9059	138830,7813	Moderat eksponert	0	426	38	0,4	1
374614,907066	6967284,735490	160	31/5/04	13:49	1	1	2	1,8225	129907,3359	Moderat eksponert	0	453	50	0,12	1
375322,349506	6967815,910950	161	31/5/04	13:58	2	1	1	3,9271	106700,8906	Moderat eksponert					0
375419,867636	6967732,048126	162	31/5/04	14:11	3	2	1	1,181	178531,4375	Moderat eksponert	30	222	64	0,42	1
375455,384020	6967629,599314	163	31/5/04	14:15	2	1	1	0,2865	214939,0000	Moderat eksponert					0
375458,374283	6967585,816262	164	31/5/04	14:29	3	2	2	4,8918	231207,2188	Moderat eksponert	0	673	76	0,56	1
375492,833783	6967556,383919	165	31/5/04	14:29	2	1	1	5,9365	187257,2188	Moderat eksponert	0	265	77	0,18	1
375523,119893	6967568,404521	166	31/5/04	15:10	2	1	1	6,258	167094,1094	Moderat eksponert	39	512	15	0,12	1
374334,011992	6965945,878883	167	31/5/04	15:23	2	1	1	1,281	199533,3281	Moderat eksponert	10	477	31	0,08	1
374097,586401	6965985,461254	168	31/5/04	15:36	1	1	1	0	190952,8906	Moderat eksponert	0	575	185	0,52	1
374003,893486	6966062,635769	169	1/6/04	10:19	2	1	1	0,453	223516,5625	Moderat eksponert	0	760	142	0,39	1
380147,586987	6964899,994893	170	1/6/04	10:24	2	2	1	1,232	289946,7813	Moderat eksponert	0	168,5	55	0,76	1
380142,771443	6964918,123389	171	1/6/04	10:36	1	2	1	2,0249	318388,8750	Moderat eksponert	0	128,5	175	0,44	1

8 Appendixs

380291,274386	6965062,839810	172	1/6/04	10:43	1	1	2	1,181	302268,0000	Moderat eksponert	0	128,5	100	0,72	1
380315,476136	6965103,237591	173	1/6/04	11:00	2	1	2	0,8352	361093,0000	Moderat eksponert	0	208,5	87	0,52	1
380325,284352	6965124,412161	175	1/6/04	11:11	2	2	1	0,6406	349534,7813	Moderat eksponert					0
380290,168439	6965205,252831	176	1/6/04	11:19	2	1	2	0,4051	405875,5625	Moderat eksponert	0	215	120	0,47	1
380296,447559	6965264,825345	177	1/6/04	11:26	1	2	1	2,919	415346,0000	Moderat eksponert	0	363,5	110	0,26	1
380350,267350	6965253,898370	178	1/6/04	11:40	1	1	1	2,9469	413259,4375	Moderat eksponert					0
380811,320859	6965093,575149	179	1/6/04	11:46	2	1	1	7,8406	202778,2188	Moderat eksponert	54	203,5	43	0,64	1
380895,547716	6965165,886040	180	1/6/04	12:02	2	1	1	12,1371	358242,3438	Moderat eksponert					0
380681,450277	6965144,355492	181	1/6/04	12:08	1	1	1	2,3084	324546,8750	Moderat eksponert					0
380769,500955	6965095,695614	182	1/6/04	12:32	3	1	1	7,1222	211131,8906	Moderat eksponert					0
379925,504271	6964825,570102	183	1/6/04	12:37	3	1	2	0,6077	322444,0000	Moderat eksponert	8	215,5	80	0,34	1
379948,645748	6964934,180171	184	1/6/04	12:47	1	1	1	3,1611	386474,4375	Moderat eksponert	0	234,5	373	0,77	1
380053,322371	6964763,472319	185	1/6/04	12:51	1	2	1	0,4051	267644,5625	Moderat eksponert					0
379950,387541	6964742,111018	186	1/6/04	14:48	2	1	1	0,7303	242811,3281	Moderat eksponert	0	275	125	0,33	1
375507,857179	6968009,860584	187	1/6/04	14:53	2	2	1	0,453	207903,3281	Moderat eksponert	0	566	139	0,68	1
375510,364952	6967989,424947	188	1/6/04	15:01	2	1	1	0,5729	157848,7813	Moderat eksponert	0	268	95	0,74	1
375480,884566	6968099,427958	189	1/6/04	15:05	2	1	2	0,2026	264617,6563	Moderat eksponert	0	560	50	0,68	1
375490,150331	6968105,655603	190	1/6/04	15:20	3	1	1	0	346504,8750	Moderat eksponert	0	396	67	0,56	1
375695,073512	6967686,312743	191	1/6/04	15:22	3	1	1	2,2636	222282,1094	Moderat eksponert					0
375707,501038	6967710,966202	192	1/6/04	15:29	2	2	1	1,0328	229183,8906	Moderat eksponert	0	172	100	0,58	1
375806,437606	6967649,788508	193	1/6/04	15:48	2	1	1	5,7424	183843,2188	Moderat eksponert					0
375793,240302	6967785,477964	194	1/6/04	15:54	2	1	1	1,9943	265531,3438	Moderat eksponert	0	516	22	0,24	1
375826,754992	6967803,356167	195	1/6/04	16:15	2	1	1	7,5198	283236,0000	Moderat eksponert	0	495	45	0,44	1
376200,512053	6967403,388194	196	1/6/04	16:21	2	2	1	7,5411	189484,6719	Moderat eksponert	85	493	12	0,04	1
376286,051329	6967400,161277	197	1/6/04	16:47	2	2	1	3,7626	162743,0000	Moderat eksponert	0	542	100	0,68	1
376350,691261	6967539,492202	198	1/6/04	16:52	3	1	1	4,2222	160993,0000	Moderat eksponert	0	296	48	0,88	1
376323,367878	6967584,191203	199	1/6/04	17:07	3	1	1	3,719	169397,3281	Moderat eksponert	0	223	38	0,68	1
376550,455447	6967350,111698	200	1/6/04	17:12	2	1	1	0,2026	119496,5547	Moderat eksponert	40	350	100	0,28	1
376555,584501	6967340,952986	201			3	1	1	0,2865	124092,7813	Moderat eksponert	46	263	60	0,38	