



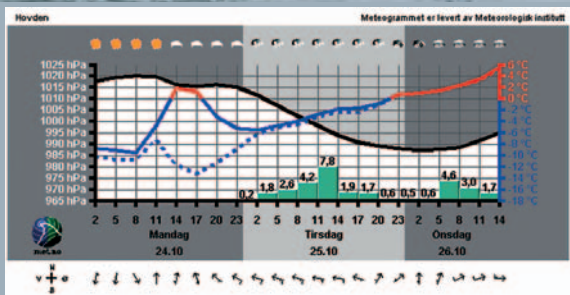
Statens vegvesen

# Meteorologi og klimastasjoner

RAPPORT

Veg- og trafikkavdelingen

nr: 4/2005



Trafikksikkerhetsseksjonen

<b>RAPPORT</b>	<b>REPORT</b>
<b>Tittel</b> Meteorologi og klimastasjoner	<b>Title</b> Meteorology and road weather stations
<b>Forfattere</b> Jostein Mamen, Meteorologisk institutt (met.no) Arne Kristensen, met.no Gry Rogstad, Vegdirektoratet Anette H. Mahle, Vegdirektoratet	<b>Autors</b> Jostein Mamen, Meteorological institute (met.no) Arne Kristensen, met.no Gry Rogstad, NPRA Anette H. Mahle, NPRA
<b>Avdeling/kontor</b> Veg- og trafikkavdelingen Trafikksikkerhetsseksjonen	<b>Department/division</b> Roads and Traffic Department Traffic Safety Section
<b>Prosjektnr</b>	<b>Project number</b>
<b>Rapportnr</b> 04/2005	<b>Report number</b> 04/2005
<b>Prosjektleder</b> Gry Rogstad	<b>Project manager</b> Gry Rogstad
<b>Etatssatsingsområde/oppdragsgiver</b>	<b>Project program/employer</b>
<b>Emneord</b> Meteorologi Klimastasjoner Værvarsel	<b>Key words</b> Meteorology Road Weather Stations Weather forecast
<b>Sammendrag</b> Rapporten omhandler bruk av meteorologi, meteorologisk informasjon og klimastasjoner knyttet til veger og vegvedlikehold. Formålet med rapporten er å gi veiledning til brukeren og å øke forståelsen for behovet for værdato som beslutningsstøtte i vintervedlikeholdet.  Innholdet inkluderer definisjoner og beskrivelse av en del grunnleggende begreper innenfor fagfeltet meteorologi. Dessuten gis en generell beskrivelse av vegvesenets klimastasjoner og sensorer knyttet til disse, og en gjennomgang av de ulike produktene som leveres fra Meteorologiske institutt. Det er sett på praktisk bruk av de ulike værdatoene, særlig med tanke på vintervedlikeholdet.	<b>Summary</b> This report discusses the use of meteorology, meteorological information and road weather stations. The purpose of this report is to be a guidance for its users. This to increase the understanding of weather data, and the advantages of such when decisions have to be made in the winter maintenance schedule.  A general introduction to meteorology is given. The road weather stations and different sensors associated with these are described. The different products delivered by the Meteorological Institute are then examined and a description of how to use the different weather data is given.
<b>Språk</b> Norsk	<b>Language of report</b> Norwegian
<b>Antall sider</b> 54	<b>Number of pages</b> 54
<b>Dato</b> Oktober 2005	<b>Date</b> October 2005
<b>ISSN 1503-5743</b>	<b>ISSN 1503-5743</b>

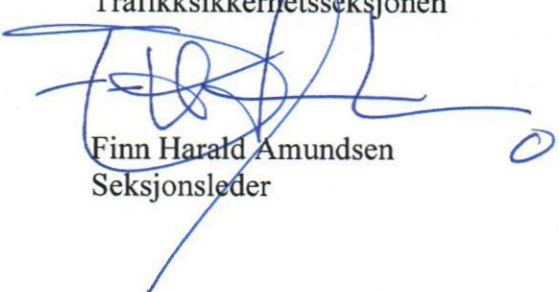
## Forord

Første versjon av "Meteorologi og klimastasjoner" ble utgitt i 2001 (internrapport TTS-3-2001), og var ment som en veileder i bruk av meteorologiske data for Statens vegvesen. Formålet med rapporten var å bidra til økt bruk av meteorologiske data, og øke generell kunnskap om meteorologi i Statens vegvesen. På grunn av omorganisering i etaten samt justeringer av tilgjengelige meteorologiske hjelpemidler ser vi et behov for oppdatering av denne veilederen. En av de største brukerne av meteorologisk sanntidsinformasjon er nå eksterne aktører som har ansvaret for drifting av vegene gjennom funksjonskontrakter. I denne oppdaterte veilederen har vi satt hovedfokus på denne brukergruppen, men håper den kan være til hjelp og glede også for tilsatte i Statens vegvesen.

Ved siden av et økende antall "egne" klimastasjoner kjøper Statens vegvesen mye data og mange produkter fra Markedsavdelingen ved Meteorologisk institutt. Bruken av de forskjellige dataene og kunnskapen hos brukeren varierer mye. Vi håper at denne veilederen skal bidra til økt forståelse av vegmeteorologi, og at den vil være et godt hjelpemiddel i forbindelse med drifting av veger.

Prosjektgruppen som har arbeidet med revisjon av veilederen har bestått av:  
Jostein Mamen, Markedsavdelingen ved Meteorologisk institutt  
Arne Kristensen, Markedsavdelingen ved Meteorologisk institutt  
Gry Rogstad, Veg- og trafikkavdelingen, Vegdirektoratet  
Anette Heiberg Mahle, Veg- og trafikkavdelingen, Vegdirektoratet

Oslo, oktober 2005  
Veg- og trafikkavdelingen  
Trafikksikkerhetsseksjonen



Finn Harald Amundsen  
Seksjonsleder

## Innhold

Forord .....	i
Innhold .....	ii
1 Meteorologi .....	1
1.1 Innledning .....	1
1.2 Grunnleggende begreper og definisjoner .....	2
1.2.1 Atmosfæren .....	2
1.2.2 Trykk .....	2
1.2.3 Temperatur .....	2
1.2.4 Fuktighet .....	4
1.2.5 Stråling .....	5
1.3 Noen værphenomen .....	7
1.3.1 Fronter .....	7
1.3.2 Nedbør .....	8
1.3.3 Vind .....	10
1.3.4 Tåke .....	13
1.4 Klima .....	14
1.4.1 Makroklima .....	14
1.4.2 Lokalklima .....	15
1.4.3 Mikroklima .....	15
2 Klimastasjoner .....	16
2.1 Generelt .....	16
2.1.1 Teknisk beskrivelse av klimastasjoner .....	16
2.1.2 Plassering av klimastasjoner .....	16
2.1.3 Leverandører .....	17
2.1.4 Presentasjonsprogram .....	18
2.2 Sensorer .....	18
2.2.1 Lufttemperatur og relativ fuktighet .....	18
2.2.2 Nedbør .....	18
2.2.3 Vegbanetemperatur og restsalt .....	18
2.2.4 Vind .....	19
2.2.5 Stråling .....	19
2.3 Målenøyaktighet .....	19
3 Produkter fra marked.met.no .....	20
3.1 Usikkerheter .....	20
3.2 Meteogram .....	21
3.3 Radarbilder .....	23
3.4 Værkart .....	24
3.5 Satellittbilder .....	27
3.5.1 Geostasjonære satellitter .....	27
3.5.2 Polare satellitter .....	27
3.5.3 Visuelle satellittbilder .....	27
3.5.4 Infrarødt satellittbilde .....	28
3.6 Tekstvarsler .....	29

## IV

3.7	Vindprognose for fjellet .....	30
3.8	Subjektive analyser og prognoser .....	30
4	Bruk av tilgjengelige data .....	31
4.1	Innledning.....	31
4.2	I hvilken rekkefølge skal jeg bruke produktene? .....	32
4.3	Temperatur .....	32
4.4	Duggpunkt og fuktighet på veg.....	33
4.4.1	Fare for glatt vegbane.....	34
4.4.2	Saltet vegnett.....	34
4.5	Nedbør.....	35
4.5.1	Nedbør ved kald bakke.....	36
4.6	Vind og fuktighet .....	36
4.7	Skyer og relativ fuktighet.....	37
4.8	Frontpassasje .....	37
4.9	Isdannelse ved ulike vær-situasjoner .....	38
4.9.1	Kveld og natt, stille og klart .....	38
4.9.2	Morgen, stille og klart .....	39
4.9.3	Oppklaring etter skyet periode .....	39
4.9.4	Skyet og vind.....	39
4.9.5	Frontpassasje .....	40
5	Praktiske funksjoner på klimastasjonene .....	41
5.1	Stasjoner i beredskap og alarmer .....	41
5.2	Vindobservasjoner.....	42
5.3	Automatisk opplesning av verdier.....	42
5.4	SMS-melding .....	42
6	Behov for klimadata i andre sammenhenger.....	43
6.1	Vinterindeks .....	43
6.2	Prognosemodeller for vegbanetemperaturen.....	44
6.3	Luftkvalitet og miljø.....	44
6.4	Snøskred.....	44
6.5	Duggproblemer i tunneler .....	45
6.6	Vindroser.....	45
	Vedlegg .....	I
	Litteratur.....	II
	FIGURLISTE .....	III
	TABELLISTE .....	III
	Målenøyaktighet.....	IV

# 1 Meteorologi

## 1.1 Innledning

Vi har alle et forhold til været, og været griper inn i mange av våre daglige gjøremål. Dette skjer ofte uten at vi reflekterer over det. I Norge har vi fire forskjellige årstider, og været kan skape problemer som varierer fra årstid til årstid.

Om våren kan varmt og fuktig vær føre til flom i elver og bekker. En stor vårflom kan gi store ødeleggelser. Om sommeren vil for lite regn øke skogbrannfaren, mens varmt og fuktig vær kan gi tørråte på poteter. Om høsten kan de første frostnettene ødelegge avlingene som ikke er i hus, og trafikantene kan uventet komme ut for is i vegbanen. Om vinteren er det mange steder snøen som gir de største problemene, men også vinden kan forårsake trøbbel.

Det er en stor utfordring å forsøke å varsle været mest mulig riktig og besvare alle værrelaterte spørsmål. Det er ikke mulig å varsle været riktig alle steder til alle tider, fordi været varierer mye over små avstander, og er svært avhengig av både den storstilte og den lokale topografien.

I et engelsk leksikon fra 1754 har meteorologi fått følgende definisjon: "*Beskrivelse av sådanne selsomme ting som undertiden sees i luften*".

Meteorologi er læren om atmosfæren. Faget omfatter både vær og klima, og tar for seg dynamiske, fysiske og kjemiske prosesser i atmosfæren. Med vær forstår vi atmosfærens tilstand i øyeblikket. Regner det? Er det oppholdsvær? Skinner sola? Er det overskyet? Hva er temperaturen? Hvor høy fuktighet er det? Hvor blåser det fra, og hvor mye blåser det? Alt dette og mer til, kaller vi *vær*.

Et *værvarsel* sier noe om hvorledes været ventes å endre seg innen et bestemt tidsrom og geografisk område.

Litt forenklet kan vi si at *klimaet* er gjennomsnittsværet på et sted over en lengre periode. Når vi sier at *normaltemperaturen* i mai er 10 grader på et sted, betyr det gjennomsnittet av alle temperaturmålingene på dette stedet i mai over en periode på 30 år. Normalperioden som nå benyttes av Meteorologisk Institutt er 1961-1990. I byggeforskriftene står det at hustak skal være dimensjonert for en snølast som i gjennomsnitt bare overskrides en gang hvert 5. år. I og med at vi kjenner temperatur- og nedbørfordelingen over landet kan vi anslå hvor mye snø som kommer i de forskjellige områdene. Det samme gjelder for vind: En hengebru må være bygget slik at den ikke har egensvingninger som passer med vindkastene der hvor bruene skal settes opp.

Klimaet varierer med breddegrad, plassering i forhold til havet og lokal topografi. Klimaet gir deg mulighet til å planlegge virksomhet på lang sikt. Et værvarsel forteller deg hvorledes været vil variere innenfor et begrenset tidsrom.

## 1.2 Grunnleggende begreper og definisjoner

Været er noe folk i Norge er opptatt av, og mange av de ordene som benyttes om været, er velkjente for de fleste. Men hva ligger egentlig bak? I dette kapitlet beskrives kort noen av de begrepene som benyttes i forbindelse med været.

### 1.2.1 Atmosfæren

Luften som omgir jorden kalles atmosfæren. Atmosfæren strekker seg opp til ca. 120 km. Over dette nivået er atmosfæren så "tynn" at det er vanskelig å kalle den en atmosfære. Atmosfæren deles opp i flere lag (se Figur 1), hovedsakelig etter hvordan temperaturen endrer seg med høyden.

Det nederste laget kalles *troposfæren*. Tykkelsen på dette laget varierer med breddegraden. På 60°N er den ca. 11 km tykk og på ca. 70°N er den ca. 8 km tykk. I troposfæren synker temperaturen med ca. 1 °C per 100 m. Det er innenfor troposfæren vi i praksis finner alt det vi kaller *vær*. I troposfæren finner vi ca. 80 % av atmosfærens masse. Over troposfæren ligger stratosfæren som strekker seg fra ca. 11 til ca. 50 km.

*Ozonlaget* er en del av stratosfæren og ligger i ca. 25 km høyde. I stratosfæren stiger temperaturen med høyden til ca. 0 °C.

### 1.2.2 Trykk

Trykk er kraft per flateenhet, og enheten blir følgelig Newton per kvadratmeter (N/m<sup>2</sup>). Dette defineres igjen som Pascal (Pa = N/m<sup>2</sup>).

Luftrykket ved bakken er den kraft som vekten av luften fra bakken og opp til toppen av atmosfæren yter mot bakken.

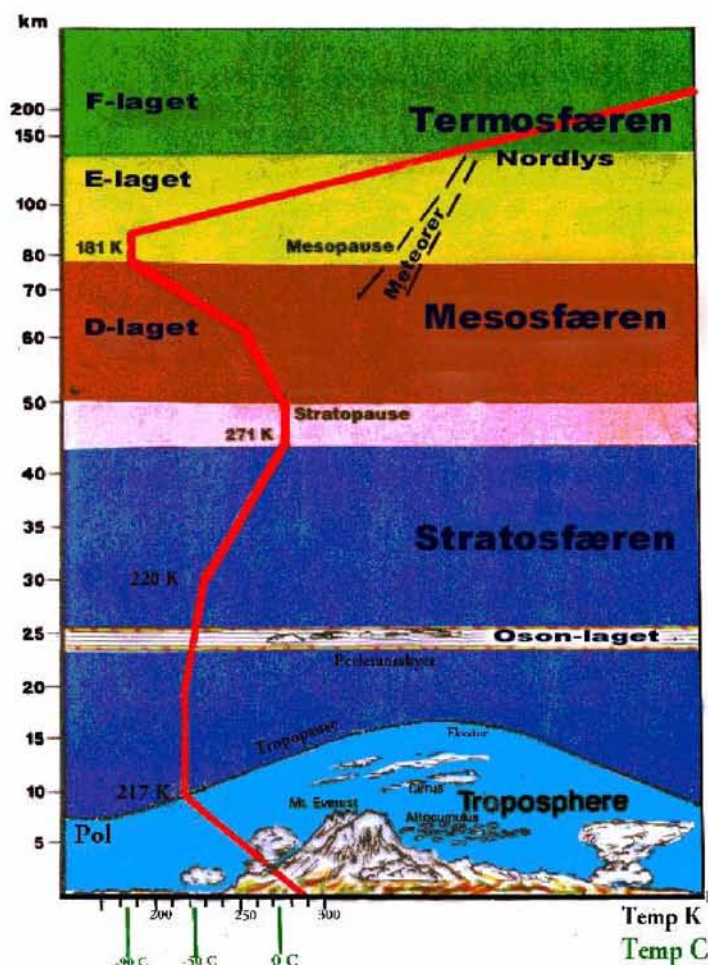
*Normaltrykket* på jordoverflaten er 1013.2 hPa. Meteorologene bruker av og til fortsatt den identiske enheten mb (millibar).

### 1.2.3 Temperatur

Temperatur er mål for molekylenes midlere bevegelser (molekylenes bevegelsesenergi). Jo fortere molekylene beveger seg, jo høyere er temperaturen.

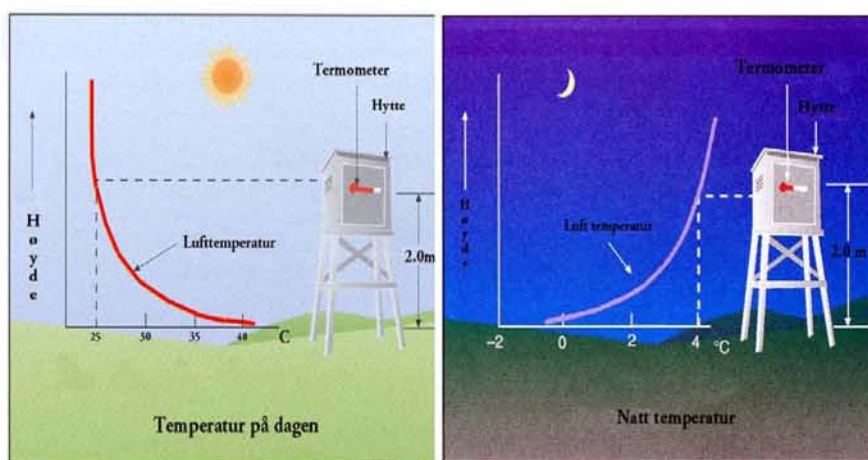
I Norge brukes vanligvis benevnningen grader Celsius (°C). I de fleste beregninger hvor temperatur inngår, benyttes grader Kelvin (K) som er definert ut fra det absolutte nullpunkt (0 K = -273,16 °C). Forholdet mellom temperatur i Celsius (c) og Kelvin (K) er:

$$c = K - 273,16 \text{ °C.}$$



Figur 1: Temperaturfordeling i atmosfæren

Meteorologene har strenge regler for hvordan lufttemperaturen skal måles. Noen av kravene som må være oppfylt er skygge, 2 meters høyde og grasdekket bakke. Vanligvis plasseres instrumentene inn i hvitmalt observasjonshytter med sjalusivegger, slik at luften fritt kan sirkulere. Når temperaturen oppgis som observert eller varslet, er det derfor 2 meter-temperaturen det er snakk om, hvis ikke annet er presisert (se Figur 2).



Figur 2: Eksempel på temperaturvariasjon mellom observert høyde (2m) og bakken om dagen (til venstre) og om natten (til høyre)



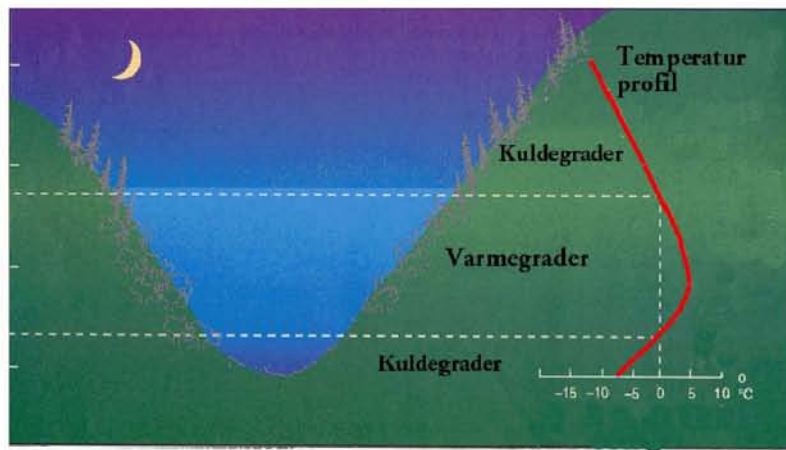
Forholdet mellom trykk (p), tetthet (d) og temperatur (T) i luften kan skrives

$$p = \text{konstant} \cdot d \cdot T$$

Ut fra likningen kan vi se at dersom lufttrykket holdes konstant vil temperaturen synke når tettheten (vekten) øker. Sagt på en annen måte betyr dette at *ved samme trykk vil luften bli tyngre når temperaturen avtar*. Dette er et velkjent fenomen som blant annet utnyttes i varmluftsballonger. Ved å varme opp luften inne i ballongen blir ballongen lettere enn den omkringliggende luften, og ballongen vil stige og holde seg svevende.

I spesielle vær-situasjoner om vinteren, når det er lite vind, vil den kaldeste (og tyngste) luften samle seg i de laveste områdene. I slike *kuldegroper* kan det være betydelig kaldere enn i området ellers. I dalfører vil den kaldeste luften ligge i bunnen av dalen, mens temperaturen stiger når vi beveger oss oppover i dalsidene. Det at temperaturen stiger med høyden kalles en *inversjon* (se Figur 3).

I situasjoner hvor vi har en inversjon er luften svært stabil. Det er derfor viktig å følge med på slike situasjoner i forbindelse med forurensing fordi inversjonen legger et "lokk" på de nederste lagene. All forurensing som slippes ut vil bli i området inntil vær-situasjonen endrer seg. Dette er et vanlig fenomen i mange større byer vinterstid.



**Figur 3:** Temperatures variasjon med høyden ved en inversjon

## 1.2.4 Fuktighet

Vann finnes i tre former i atmosfæren: Fast form (iskrystaller), flytende vann (dråper) og som gass (vanndamp).

Ved en gitt temperatur kan luft maksimalt inneholde en viss mengde vanndamp. Hvis vi forsøker å tilføre denne luften mer vanndamp, vil det dannes dråper. Luft med maksimal fuktighet ved en bestemt temperatur er *mettet*, og den relative fuktigheten er 100 %.

Jo høyere temperaturen er, jo mer fuktighet kan luften inneholde.

### 1.2.4.1 Absolutt fuktighet

Absolutt fuktighet er den maksimale mengde vanndamp luften kan ta opp ved en bestemt temperatur og trykk. Den absolute fuktigheten øker ved høyere temperatur. Når luften ikke kan ta opp mer vanndamp ved en gitt temperatur, sier vi at luften er mettet.

Benevning er  $\text{g/m}^3$ .

### 1.2.4.2 Relativ fuktighet

Forholdet mellom den fuktigheten (vanndamp) som er i luften ved en gitt temperatur, og den fuktighet som ville ha vært der om luften hadde vært mettet, kalles relativ fuktighet. Det er den relative fuktighet som oppgis fra sensorene på klimastasjonene.

Eks: Hvis temperaturen i den mettede luften øker uten at det tilføres fuktighet, vil den relative fuktighet synke fordi luften da er i stand til å motta mer fuktighet. Hvis derimot temperaturen i den mettede luften synker, vil det dannes flytende vann som faller ut som dugg, regn eller snø, og luften vil holde seg mettet så lenge temperaturen synker.

Benevning er % eller g(vanndamp)/kg(luft).

### 1.2.4.3 Duggpunkt

Duggpunktstemperatur, eller bare duggpunktet, er definert som den temperatur fuktig luft må avkjøles til ved konstant trykk for å nå metning. Dette vil si at når vi får dugg eller rim er luften avkjølt så mye at temperaturen og duggpunktet er like og den relative fuktigheten 100 %. Duggpunktstemperaturen kan aldri bli høyere enn lufttemperaturen.

Duggpunktet er en størrelse som må beregnes, og som både er avhengig av lufttemperaturen og den relative fuktigheten (se Tabell 1).

Temp °C	90%	80%	70%	60%	50%
	Td	Td	Td	Td	Td
10	8,4	6,8	4,7	2,5	0,1
5	3,4	1,8	0,0	-2,1	-4,6
0	-1,4	-3,0	-4,8	-6,8	-9,2
-5	-6,4	-7,9	-9,7	-11,4	-13,7
-10	-11,3	-12,8	-14,4	-16,3	-18,4
-15	-16,3	-17,7	-19,2	-21,0	-23,0
-20	-21,2	-22,5	-24,1	-25,8	-27,8

Tabell 1: Forholdet mellom duggpunkt, temperatur og relativ fuktighet

### 1.2.4.4 Frysepunkt

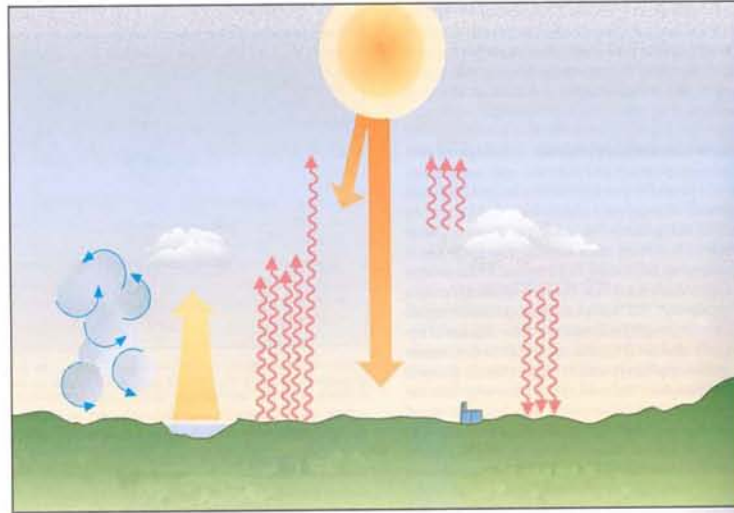
Frysepunktet definerer vi som den temperaturen en væske må ha for å gå over fra flytende til fast form. For ferskvann er frysepunktet 0 °C, mens saltvann fryser ved -9 °C (saltholdighet 0,025 g/m<sup>3</sup>).

## 1.2.5 Stråling

Den energien som opprettholder varme og liv på jorden kommer fra solen i form av stråling. Det er også solstrålingen som danner grunnlaget for værforholdene på jorden. Halvparten av solenergien kommer i form av synlig lys. Resten er for det meste langbølget infrarød stråling som vi ikke kan se, men som vi føler som varme. I tillegg er det kortbølget ultrafiolett (UV-) stråling som også er usynlig, og som er skadelig for de fleste former for liv. Mye av den UV-strålingen som gjør oss brune absorberes i ozonlaget.

Varmeoverføring i atmosfæren ved hjelp av stråling er vist i Figur 4. Ca. 30 % av den innkommende solenergien blir reflektert tilbake til verdensrommet av atmosfæren, skyer og

jordoverflaten. Ca. 20 % fanges opp i atmosfæren mens de resterende 50 % fanges opp av land og hav. Solenergien som fanges opp går over til varmeenergi.



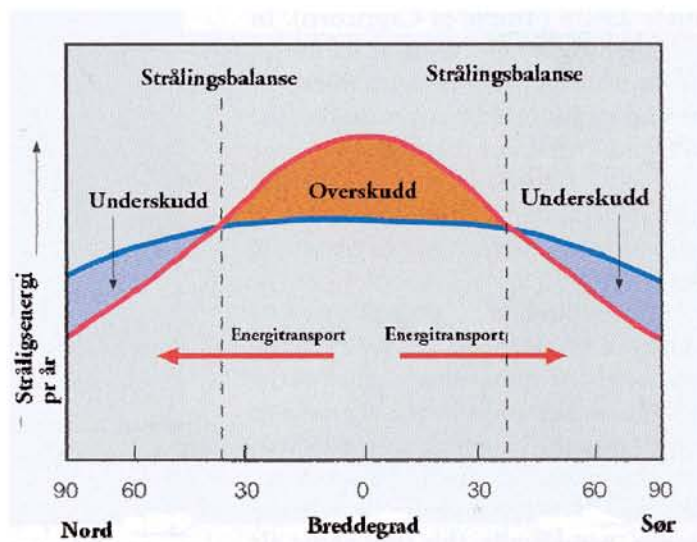
**Figur 4:** Energiutveksling mellom jorden og atmosfæren

Mørke områder på jordoverflaten (f.eks. fjell, jord, asfalt) absorberer nesten all solenergi som faller på dem og blir derfor raskt varme (og raskt kaldere). Lyse felter derimot, som snø, reflekterer nesten all innkommende solenergi, og temperaturen endrer seg langsomt.

For å opprettholde *energibalansen* på jordoverflaten, må varme som kommer av absorbert solenergi returnere til rommet i form av langbølget strålingsenergi. Hvordan denne langbølgede strålingsenergien beveger seg gjennom atmosfæren avhenger av sammensetningen av gasser, partikler og skyer. Generelt er denne sammensetningen slik at atmosfæren effektivt fanger opp og sender fra seg langbølget strålingsenergi. Det vil si at den langbølgede strålingsenergien varmer opp atmosfæren.

Jorda avgir altså strålingsenergi til rommet hele tiden. På en klar natt vil jorda tape strålingsenergi (siden den ikke mottar noe solenergi), og temperaturen vil synke. Hvis det er overskyet vil jorda fortsatt tape strålingsenergi til rommet, men mye av energitapet vil fanges opp i skyene og sendes tilbake til jorda. Hvor mye stråling som fanges opp av skyene vil avhenge av type skyer (lave, midlere eller høye). I og med at atmosfæren effektivt fanger opp langbølget strålingsenergi samtidig som den slipper gjennom mye solenergi, vil jordoverflaten være mye varmere enn den ville ha vært om jorden ikke hadde hatt en atmosfære. Det er dette som kalles *drivhuseffekten*.

Områdene rundt ekvator (ca. 38°N - ca. 38°S) mottar mer strålingsenergi fra solen enn den langbølgede strålingen de avgir. I disse områdene er det overskudd av energi. Lenger nord eller sør er det underskudd av strålingsenergi fordi jordoverflaten avgir mer energi enn den mottar (se Figur 5). Det er disse energiforskjellene (temperaturforskjellene) nord-sør som driver værsystemene ved å forsøke å utjevne forskjellene: varm luft fraktes nordover, og kald luft sørover.



Figur 5: Jordens strålingsbalanse

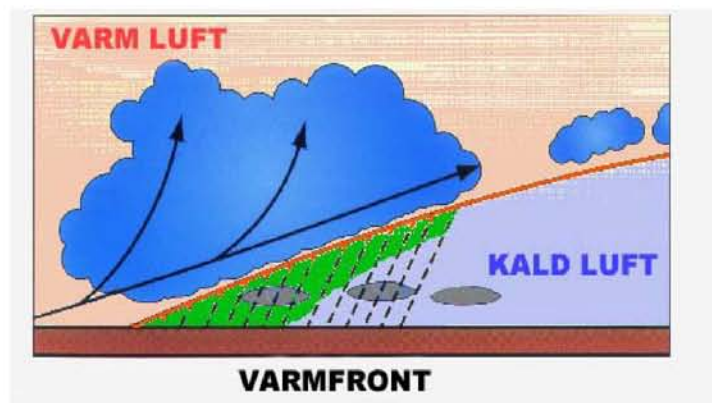
## 1.3 Noen værfenomen

### 1.3.1 Fronter

En front er et skille mellom to luftmasser. Disse to luftmassene har blant annet forskjellig temperatur og fuktighet. Der hvor en varm luftmasse skyver vekk en kald luftmasse har vi en varmfront, mens en kaldfront er der hvor en kald luftmasse skyver vekk en varmere luftmasse.

#### 1.3.1.1 Varmfront

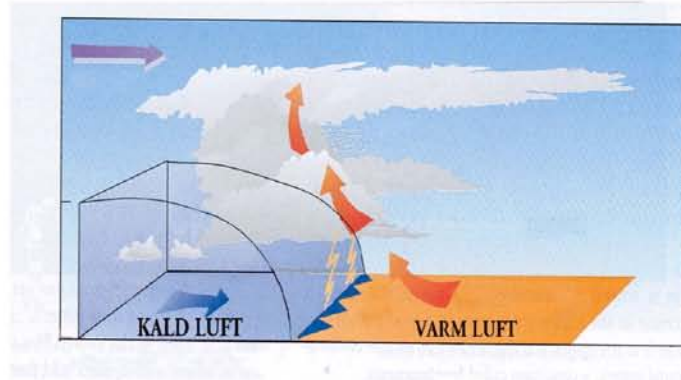
La oss først se litt på en varmfront. Den varme luftmassen skyver den kalde luftmassen foran seg som vist i Figur 6. En luftmasse blir tyngre jo kaldere den er, og derfor vil den varme luften skli over den kalde luften. Når vi her snakker om varme og kalde luftmasser er det den relative temperaturforskjellen vi ser på. Den varme luftmassen for eksempel ha en temperatur på  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mens den kalde luftmassen har  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Siden den varme luften sklir over den kalde luften, vil den avkjøles og det dannes skyer. Etter hvert vil det også komme nedbør. Vi vil med andre ord kunne oppdage en varmfront lenge før den kommer ved at det skyer til. Etter hvert som skylaget tykner, vil det komme nedbør. Men fortsatt er det lenge før fronten passerer. Et uttrykk som brukes i værmeldingen i dette tilfelle er ”tiltykning til regn (snø)”.



Figur 6: Varmfront

### 1.3.1.2 Kaldfront

En kaldfront er et skille der en kald luftmasse ”dytter” vekk en varmere luftmasse (se Figur 7). I dette tilfelle vil den kalde luften presse seg under den varmere, og lettere, luften. Vi får ikke noe synlig varsel i god tid om at en kaldfront er på vei. En rask tilskyning og ofte en kortvarig, intens nedbør (byger) før det klarer opp, er tegn på en kaldfront.

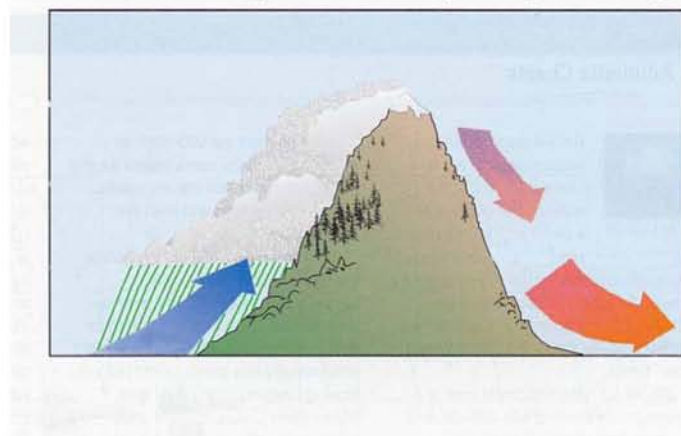


Figur 7: Kaldfront

### 1.3.2 Nedbør

De fleste typer nedbør dannes i skyer. Unntaket er iskrystaller, som kan dannes i klar og svært kald luft dersom det er tilstrekkelig med fuktighet tilgjengelig. Skyer som gir nedbør består stort sett alltid av flytende vann og iskrystaller. Iskrystaller eller små vanndråper (skydråper) trekker til seg fuktighet, og dråpene/iskrystallene vokser. Temperaturforholdet i atmosfæren vil så avgjøre om nedbøren faller ut som regn eller snø.

Nedbør dannes ikke bare i forbindelse med fronter. En fuktig luftmasse som møter en fjellkjede vil bli presset oppover. Den blir avkjølt, luften blir mettet og det begynner å falle ut nedbør. Svært mye av vannet faller ut på losiden av fjellet. Dette kalles *orografisk nedbør* (se Figur 8). Når luften kommer på lesiden synker den og blir oppvarmet, og siden vannet har falt ut på andre siden av fjellet får lesiden ofte tørt, pent vær. Dette kjenner vi bl.a. fra Sør-Norge, der vind mellom sørvest og nordvest gir nedbør i Vest-Norge og tørt vær Østafjells. Vind mellom nordøst og sørøst kan derimot gi nedbør Østafjells og tørt vær på Vestlandet.



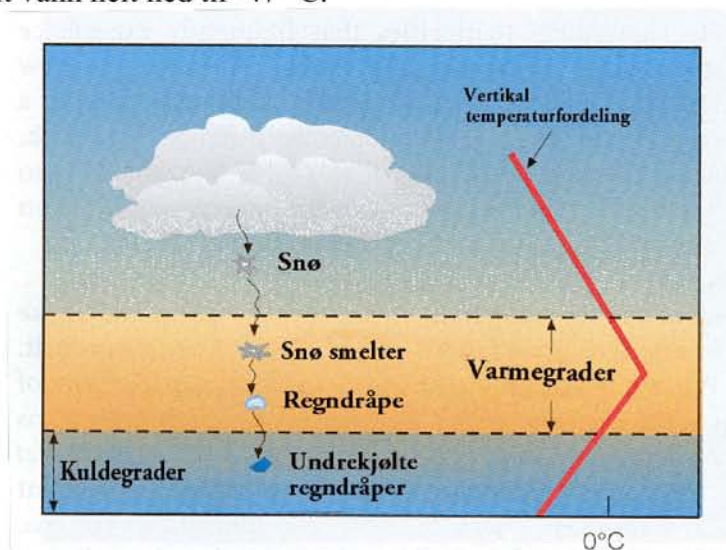
Figur 8: Orografisk nedbør

#### 1.3.2.1 Underkjølt regn

Det er to tilfeller av nedbør som skal nevnes spesielt, nemlig underkjølt regn og regn som fryser på bakken. I enkelte tilfelle har vi en temperaturinversjon, dvs. temperaturen stiger med høyden (se kapittel 1.2.3).

La oss si at temperaturen ved bakken er  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mens den i 1000 m er  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Når det dannes regn i det varme sjiktet eller høyere oppe, så vil regndråpene underkjøles når de kommer ned i det kalde bakkesjiktet. At regndråpene underkjøles vil si at temperaturen i dråpene synker til under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  uten at de fryser til is. Når underkjølte dråper treffer bakken, et tre eller noe annet, fryser de momentant og det dannes en isskorpe (se Figur 9).

Vanligvis regner vi med at vann fryser ved  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , men det er ikke alltid tilfelle. I laboratorier har man underkjølt vann helt ned til  $-47\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



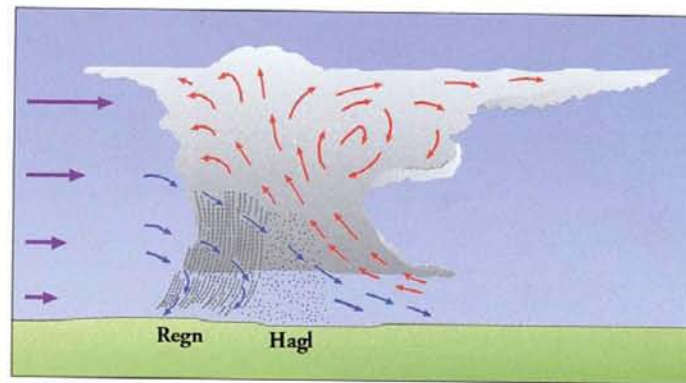
Figur 9: Temperaturfordeling som gir mulighet for underkjølt regn

### 1.3.2.2 Regn som fryser på bakken

Et annet tilfelle hvor det kan dannes en isskorpe på bakken, er når det har vært en periode med kaldt vær i lang tid, slik at bakken har temperatur under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Om det nå kommer inn et nedbørsområde og det begynner å regne, vil regndråpene fryse til is når de treffer bakken. Dråpene fryser ikke til is fordi de er underkjølte, men fordi bakken har temperatur under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 1.3.2.3 Hagl og tordenvær

Det er tidligere sagt at ved samme trykk er varm luft lettere enn kald luft (se kapittel 1.2.3). Ved bestemte temperaturfordelinger i atmosfæren kan en oppvarmet bakke føre til at luften stiger raskt oppover. I en slik atmosfære med store oppadgående hastigheter kan det dannes dråper/iskrystaller som vokser inntil de blir så tunge at de ikke lenger følger med luftstrømmen oppover, men begynner å falle. På vegen nedover kolliderer de med andre dråper og/eller krystaller og vokser enda mer. I skyer som gir hagl og torden er de vertikale luftstrømmene så sterke at dråpene går opp og ned mange ganger som illustrert i Figur 10. Iskrystallene (eller iskrystallenes overflate) smelter når de på vei nedover krysser  $0^{\circ}\text{C}$  nivået og fryser til is igjen på vei oppover. Dette kan gjenta seg mange ganger før de til slutt faller ut som hagl.



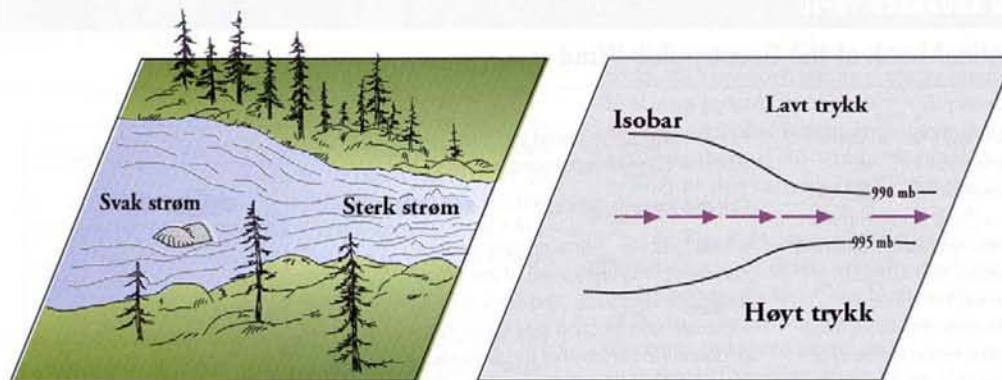
**Figur 10:** Hagl og tordenvær. Luftbevegelse i bygesky

Tordenvær er et annet fenomen som kan oppstå når det er sterke oppadgående luftstrømmer. Vi kan si at hagl og tordenvær er beslektede fenomener. Kommer det hagl er det mulighet for torden, og har vi torden er det ganske sikkert en haglbyge i området.

### 1.3.3 Vind

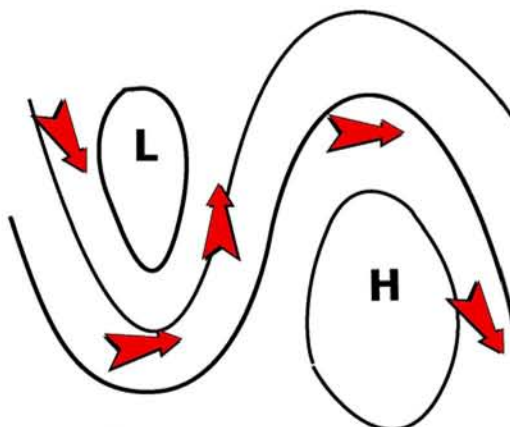
Vind er forflytning av luft. Vind dannes fordi det er trykkforskjeller i atmosfæren. På et værkart blir det tegnet *isobarer* (linjer gjennom punkter med samme trykk) for å finne ut hvor det er høytrykk og hvor det er lavtrykk. Der hvor isobarene ligger tett blåser det mye, mens der hvor det er stor avstand mellom isobarene er det roligere vindforhold.

Dette kan sammenliknes med en elv hvor isobarene tilsvarer elvebredden og bredden av elva avstanden mellom isobarene (se Figur 11). Vi vet at der elva er smal, er strømmen sterk, mens er elva bred, er strømmen svak. På samme måte – der avstanden mellom isobarene er liten, blåser det mye, mens der det er stor avstand, blåser det lite.



**Figur 11:** Vindstyrke mellom isobarer i relasjon til strømmen i en elv

Trykkforskjellene i atmosfæren kan dannes lokalt som når vi får solgangsvind, eller de kan være av stor skala som ved de store vandrende lavtrykkene vi har i Atlanterhavet. Vindretningen følger isobarene. På den nordlige halvkule dreier vinden seg mot klokka rundt et lavtrykk, mens den dreier med klokka rundt et høytrykk (se Figur 12). Er du ute på sjøen og står med ryggen mot vinden og holder armene rett ut til siden, vil venstre hånd peke mot lavere trykk. Over land behøver ikke dette være helt riktig fordi vindretningen blir påvirket av terrenget.



**Figur 12:** Vindretning rundt trykksystem

Den vindhastighet som vanligvis oppgis er en middelvind. Det vil si at vi f. eks. registrer vindhastigheten hvert 2. sekund for så å beregne middelveiden over 10 minutter.

Vindhastigheten oppgis enten i m/s eller knop. Sammenhengen kan sees i Beauforts vindskala som er vist i Tabell 2:



Beaufort		m/s	knop	Kjennetegn på vindstyrken	Virkning på fjellet
0	Stille		0-1	Røyk stiger rett opp	Snøfiller daler omtrent rett ned, gjerne i en pendlende bevegelse.
1	Flau vind		1-3	Vindretning kan sees på røyken	Så vidt følbart. Det er tydelig at snøfillene driver med vinden.
2	Svak vind	2	4-6	Vinden kjennes så vidt i ansiktet	Godt følbart i sterk kulde. Snøfillene beveger seg mer horisontalt enn vertikalt.
3	Lett bris	5	7-10	Løv og lette vimpler settes i bevegelse	Vinden merkes tydelig og kan sjenerer. Fallende snø synes å bevege seg meget raskere horisontalt enn vertikalt.
4	Laber bris	7	11-16	Strekker flagg og vimpler, små kvister settes i bevegelse.	Er ubehagelig i kaldt vær og gir merkbar motstand. Fallende snø virvler av sted med vinden. Snødrevet mot ansiktet er meget sjenerende.
5	Frisk bris	10	17-21	Små trær begynner å svaie	Det blir tungt å gå på ski mot været. Fokksnø som driver langs bakken, virvles så høyt at synsvidden nedsettes. Snødrevet pisker i ansiktet.
6	Liten kuling	12	22-27	Store greiner og mindre stammer settes i bevegelse, det hviner i telefontråder	Det er meget slitsomt å ta seg fram mot været. Snøfokk setter ned sikten til under 1 km. Vanskelig å holde ubeskyttet ansikt mot vinden i lengre tid. Folk flest bør ikke legge ut på tur over snaufjellet ved denne og høyere vindstyrker.
7	Stiv kuling	15	28-33	Hele trær rører seg	I motvind må en lute seg fram over skiene og legge stor kraft i stavtakene, selv på flat mark. Det kan være vanskelig å holde bena i vindrossene. Snøfokk setter ned sikten til få hundre meter. Vanskelig å orientere seg i terrenget. En skitur i fjellet ved vindstyrke 7 er en stor påkjenning for de fleste.
8	Sterk kuling	20	34-40	Kvister brytes av trærne, tungt å gå mot vinden	Fjellet står i kok. Kvister og lav fra trærne driver med vinden. Meget vanskelig å gå på skiene. Nesten umulig å bære skiene på nakken. Snøfokk setter ned sikten til under 100 m. Umulig å orientere seg i terrenget. Meget vanskelig å følge selv godt kvistede løyper. Legg ikke ut på tur!
9	Liten storm	22	41-47	Store trær svaier og kaster på seg, takstein kan blåse av	Vind og snøfokk gjør det umulig å ta seg fram på ski over fjellet. Selv i klarvær og lite snøfokk kan påkjenningen bli så stor at en snøhule eller hytte er eneste redning.
10	Full storm	25	48-55	Sjelden inne i landet. Trær velter, store skader på hus	Denne og høyere vindstyrker vil de fleste aldri komme ut for. Trær velter over ledninger for telefon og strøm. Det knaker i tømmervegger. Lette småhus rives av grunnmuren.
11	Sterk storm	30	56-63	Forekommer sjelden. Store ødeleggelser	Veier og jernbanelinjer blokkeres. Det er kaos på telefon- og strømmettet. Skog blir rasert.
12	Orkan	33-	64-	Forekommer meget sjelden. Uvanlige store ødeleggelser.	Hvis bebyggelse rammes blir det en naturkatastrofe som gjerne vil kreve flere menneskeliv.

**Tabell 2: Beauforts vindskala**

### 1.3.3.1 Friksjon

I overgangen mellom bakken og atmosfæren fører friksjonen til at vinden påvirkes (kan merkes opp til en høyde på 1 km) og det dannes turbulens. Den turbulente luften merker vi ved at vindhastigheten øker og avtar, og retningen endrer seg raskt. Det er dette som kalles *vindkast* eller "gust" på engelsk.

Helt nede ved bakken er vindhastigheten lik null og så øker den gradvis inntil vi er kommet så høyt opp i atmosfæren at friksjon mot bakken ikke lenger har noen innvirkning (ca. 1000 m over land, ca. 300 m over hav). Men friksjonen har ikke bare innvirkning på vindhastigheten. Sammen med jordrotasjonen medfører den også en endring av vindretningen. Om vi kjenner vindretningen i den høyden hvor friksjonen ikke har noen innvirkning og så forflytter oss nedover mot bakken, vil vindretningen dreie mot venstre. Dette utnyttes av de som flyr varmluftsballonger. Ønsker de å drive lengre til høyre stiger de oppover, vil de lengre til venstre nærmer de seg bakken.

### 1.3.3.2 Fønvind

Føn er en varm, tørr vind som oppstår på lesiden av et fjellområde. Navnet kommer opprinnelig fra Alpene, men blir brukt som en generell betegnelse for denne type vind.

Forklaringen er at når en kraftig fuktig luftstrøm presses mot et fjellområdet dannes regndråper, samtidig som den varme som tidligere har gått med til å fordampe vannet, frigis. Når luften kommer på lesiden av fjellet og synker ned, stiger temperaturen på grunn av den frigitte fordampningsvarmen på andre siden av fjellet. Det vil si at jo mer det regner på losiden av fjellet desto høyere blir temperaturen på lesiden, som illustrert i Figur 13. De "sommerlige" temperaturene som fjordstrøkene på Nordvestlandet opplever av og til vinterstid, er alle oppnådd i føn-situasjoner. Vinden må da være sørlig eller sørøstlig. På Østlandet må vinden være vestlig eller nordvestlig for å kunne gi føn-effekt.



Figur 13: Fønvind

### 1.3.4 Tåke

Tåke er skyer som ligger på bakken. Vi skiller mellom tåke og tåkedis. Er sikten mindre enn 1000 m har vi tåke, mens tåkedis tilsier sikt mellom 1 og 10 km.

#### 1.3.4.1 Strålingståke

Strålingståke oppstår over land når det er skyfritt om natten og tidlig om morgenen. Den dannes når temperaturen nær bakken synker så mye at lufttemperaturen og duggpunkttemperaturen blir den samme. Det blir mettet luft og vi får tåke (se Figur 14). Svært ofte forsvinner denne tåken igjen når solen står opp og varmer opp luften nær bakken. Dette er et velkjent fenomen om høsten og våren.



**Figur 14:** Strålingståke

#### 1.3.4.2 Adveksjonståke

Adveksjonståke oppstår når varm, fuktig luft kommer inn over et område med kaldt land eller sjø. Det nederste laget i den varme, fuktige luften blir avkjølt av underlaget og vi får mettet luft og tåke. Denne type tåke kan være svært stabil og bli liggende i mange dager.

#### 1.3.4.3 Frostrøyk

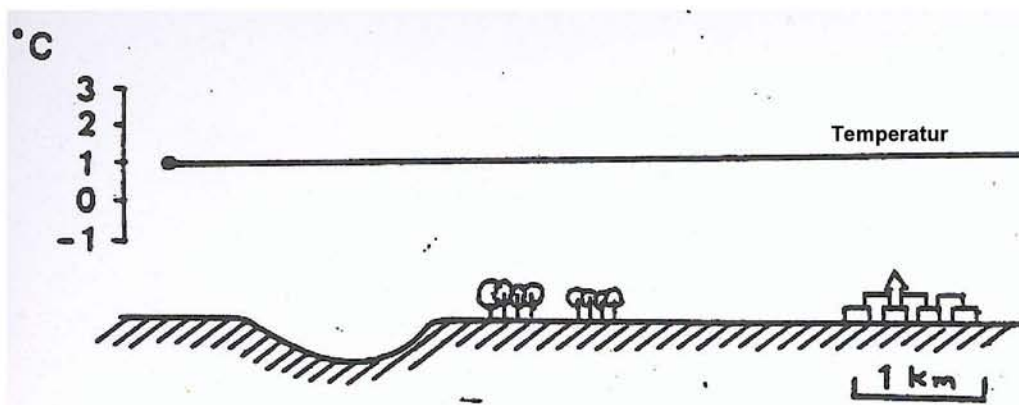
Frostrøyk dannes om høsten og vinteren over en åpen innsjø eller fjord. Luft over land kan bli avkjølt så mye at temperaturen i luften er lavere enn temperaturen i vannet. Når denne kalde luften strømmer ut over åpent vann, vil den luften som ligger over sjøen og som er varmere og fuktigere, avkjøles til metningspunktet og det dannes tåke. Denne tåken er vanligvis ikke tykk. I slike situasjoner kan man ofte se toppen av masten på båtene over tåken, men ikke selve båten. Vanligvis må det være kaldere enn 10 kuldegrader før vi får frostrøyk.

## 1.4 Klima

Været over en lengre periode kan beskrives med statistiske data. Denne beskrivelsen har fått navnet klima. Klima omfatter alt fra klimaet på små overflater (f.eks. en bro) til klimaet i en dalgang eller Norges klima. Avhengig av målestokken benytter vi betegnelsene makroklima, lokalklima og mikroklima. Klima på forskjellig målestokk reagerer forskjellig på ytre påvirkning.

### 1.4.1 Makroklima

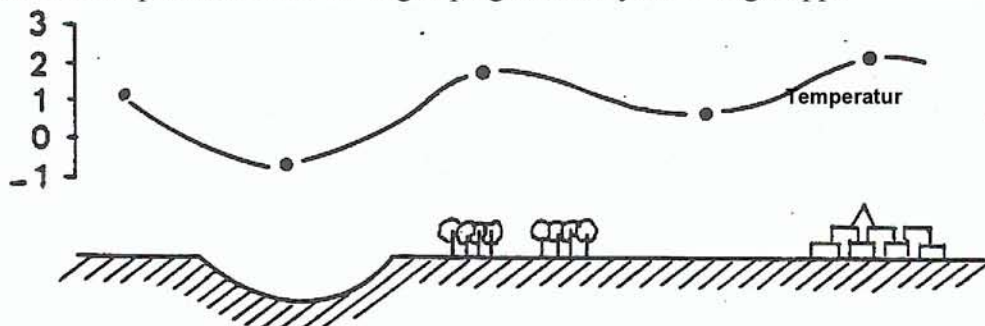
Makroklima er betegnelsen av klima på stor skala, f.eks. Nord-Norges klima eller Norges klima. Når man i dagligtale benytter ordet klima, er det makroklimaet man mener. Met.nos målestasjoner er satt opp for å registrere makroklimaet og gir dermed et så generelt bilde som mulig uten å ta hensyn til variasjoner på grunn av for eksempel vegetasjon eller topografi (se Figur 15).



Figur 15: Makroklima

### 1.4.2 Lokalklima

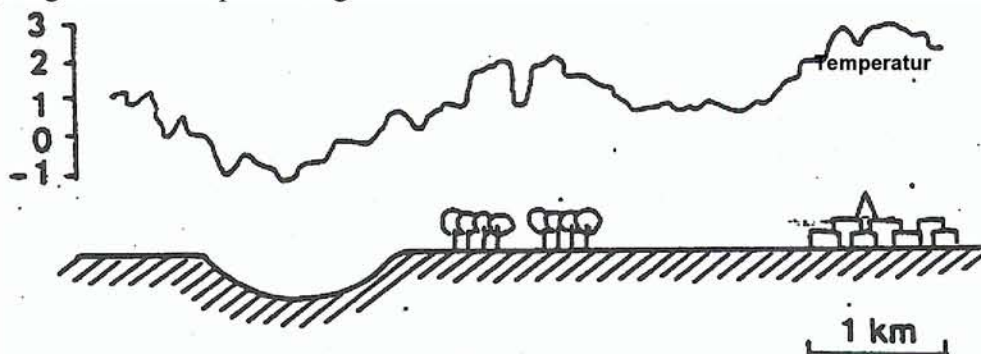
Lokalklima preges av lokale faktorer i landskapet, som f.eks. type vegetasjon, topografi og bebyggelse. Klimaet i en dalgang, en by eller en skog er eksempler på lokalklima (se Figur 16). Et annet eksempel på lokalklima er en bro. Her vil for eksempel vegbanetemperaturen synke raskere enn på andre deler av vegen på grunn av tynnere vegkropp.



Figur 16: Lokalklima

### 1.4.3 Mikroklima

Mikroklima er klima på veldig liten målestokk. Mikroklima betegner luften nær vegbanen, vegetasjonen eller bakken. Mikroklima er ofte ekstreme, dvs. at det for eksempel kan forekomme store temperaturforskjeller innenfor et lite område (se Figur 17). Kartene som er laget på bakgrunn av klimakartleggingen langs vegene viser variasjoner i mikroklimaet (se kapittel 2.1.2 side 16). Felles for mikro- og lokalklima er at de ofte er sterkt bundet av terrenget og at de er lett påvirkelige.



Figur 17: Mikroklima

## 2 Klimastasjoner

### 2.1 Generelt

Målestasjoner for registrering av klimadata og værforholdene i og ved vegen kalles klimastasjoner. Statens vegvesen etablerte de første klimastasjonene i Telemark i 1987, og per 2005 har Statens vegvesen cirka 230 slike stasjoner.

En av hovedhensiktene med klimastasjoner og automatiske registreringer er å gjøre arbeidet med styring og oppfølging av vintervedlikeholdet enklere. Stasjonene er et nyttig hjelpemiddel til å forutse når og hvor det kan dannes is eller rim på vegbanen. De plasseres eksempelvis på avsidesliggende fjelloverganger, eller steder langs vegen der man forventer at tilfrysing vil skje tidlig. Informasjon fra stasjonene kan mottas på pc eller mobiltelefon, og behovet for å reise ut og undersøke tilstanden på vegen reduseres. Klimastasjonene gir informasjon om forholdene i det punktet hvor stasjonen er plassert. Ved å supplere med værinformasjon og værprognoser har man gode hjelpemidler for beslutningsstøtte i vintervedlikeholdet.

Hensikten med automatiske registreringer er ikke å umyndiggjøre mannskapet på vegen, men å gi et ekstra hjelpemiddel til dem som skal ta avgjørelsen i kritiske øyeblikk: Skal vegen saltet nå, eller vil temperaturen endre seg slik at det ikke er nødvendig? Er vinden på Hardangervidda så sterk i dag at den skaper problemer for bilistene? Finnes det en klimastasjon i det aktuelle området kan dette lett sjekkes ved å se på dataene fra klimastasjonene.

#### 2.1.1 Teknisk beskrivelse av klimastasjoner

Hver klimastasjon består av et skap med blant annet elektronikk for overføring av målte verdier, samt et antall sensorer. Selve klimastasjonen er plassert ved siden av vegen, mens sensorene er plassert i eller ved siden av vegbanen (se Figur 18).

Data fra sensorene logges kontinuerlig og lagres midlertidig i klimastasjonen. Avhengig av type stasjon lagres det timeverdier/halvtimesverdier, (gjennomsnittsverdier over en hel time/halv time), 10-minuttsverdier (gjennomsnittsverdier over 10 minutt) og momentanverdier (siste avleste verdier midlet over siste minuttet). Dataene fra klimastasjonene gjøres tilgjengelig enten på pc, som tekstmeldinger på mobiltelefon eller ved at man ringer opp feltstasjonene og får lest opp status på stasjonen i øyeblikket.

Klimastasjonen får enten strøm fra det faste strømmettet, eller den kan benytte solcellepanel eller vindenergi som strømkilde.

#### 2.1.2 Plassering av klimastasjoner

Stasjonene er plassert på ulike steder langs vegnettet. Mange steder er klimastasjonene plassert på bakgrunn av en såkalt *klimakartlegging*, det vil si at registreringer av hvordan vegbanetemperaturen, og dermed faren for isdannelse, varierer langs vegnettet er gjennomført. Temperaturvariasjoner registreres ved hjelp av spesielt utstyrte målebiler under bestemte værforhold. Målet er å finne variasjoner i temperaturfordelingen langs vegene som er resultat av andre faktorer enn været, slik som omgivelser (skog, vann, topografi etc.) og

vegkroppens oppbygning (vegens mikroklima, jf. kapittel 1.4.3 side 15). Fra registreringene kan det så utarbeides klimakart for de værtypene det er foretatt målinger. Klimakartleggingen er et viktig grunnlag for beslutning om geografisk plassering av klimastasjoner. Andre steder har man basert plasseringen på lokal erfaring. Noen klimastasjoner er også plassert på stedet av praktiske årsaker som for eksempel enkel tilgang på strøm og telefon.

Det er forskjellig mening om hvilken plassering av klimastasjoner som er den optimale. Noen anbefaler å sette stasjonene på steder som er spesielt utsatt for vær, vind og tidlig ising, for eksempel på en bro, på en høyde, i en skyggesone, eller ved fjellskjæringer. Andre anbefaler å plassere stasjonene på steder som best mulig representerer klima og forholdene i området stasjonen står. Hva man skal velge vil til syvende og sist også avhenge av systemene rundt stasjonene og hvordan data fra dem er tenkt brukt, og det er derfor forskjell på hvordan met.no og Vegvesenet plasserer sine stasjoner.



**Figur 18:** Eksempel på en klimastasjon

Det finnes ingen internasjonal standard for plassering av klimastasjoner til bruk i vegvedlikeholdet. Det nærmeste vi kommer en standard er den the World Meteorological Organization (*WMO*) benytter for plassering av værstasjoner til bruk i værvarsling. Met.no følger denne standarden ved plassering av sine værstasjoner. Statens vegvesen har utarbeidet egne retningslinjer for plassering av klimastasjoner, *Håndbok 266 - Klimastasjoner*. Forskjellig bruk av stasjonene fordrer forskjellig plassering, men det er da en fordel om brukeren av data fra en bestemt klimastasjon kjenner til hvilke kriterier som er lagt til grunn for plasseringen. Met.no har mye av sitt fokus på lange tidsserier og makroklima, mens for Statens vegvesen og de som holder på med vegvedlikehold er det raske variasjoner over korte avstander som er viktigst.

### 2.1.3 Leverandører

Fra starten i 1987 var det opp til hvert enkelt vegkontor hvilken leverandør av klimastasjoner man har ønsket å benytte, hvor man ønsker å plassere stasjonene og hvilke sensorer som

skulle knyttes til stasjonene. Dette har medført at det i dag hovedsakelig er 3 leverandører av stasjoner: Scan-Matic, Datainstrument, og Vaisala, men vi har også noen stasjoner fra andre leverandører. En del stasjoner er også utstyrt med kamera og det finnes noe ulike systemer for bildeoverføring fra disse.

#### **2.1.4 Presentasjonsprogram**

Per i dag finnes flere systemer for innsamling og presentasjon av klimadata. Dette er en uheldig situasjon, og det jobbes derfor med å utvikle et enhetlig system for innsamling, lagring og presentasjon av disse dataene. Det vil si at brukerne på sikt vil få tilgang på data fra alle klimastasjoner på en enhetlig måte uansett hvor i landet man befinner seg og uavhengig av leverandør av klimastasjonene.

Frem til dette systemet er ferdig vil byggherre i hver region sørge for at entreprenørene gjennom avtale får tilgang på nødvendige data på en egnet måte.

## **2.2 Sensorer**

Detaljert informasjon om plassering av klimastasjoner og hvordan sensorene skal være montert er beskrevet i Håndbok 266 - Klimastasjoner.

Hvilke sensorer som er montert på den enkelte klimastasjon varierer og avhenger av bruken. I dette kapitlet ser vi på de vanligste sensorene som er i bruk i dag.

### **2.2.1 Lufttemperatur og relativ fuktighet**

Lufttemperatur og relativ fuktighet finnes så godt som på alle klimastasjonene og måles to meter over vegbanen.

### **2.2.2 Nedbør**

Klimastasjonene til Statens vegvesen er utstyrt med forskjellige typer nedbørsensorer. Den nedbørssensoren som benyttes mest kalles Optic Eye, og sammen med en sensor som heter Present Weather Detector er dette sensorer som skiller på type nedbør. Disse sensorene gir også nedbørintensitet. Det er imidlertid usikkert om de klarer å detektere regn ved minusgrader og snø ved plussgrader. Mengden nedbør kan også være noe usikker når det er sterk vind.

Ved en del stasjoner benyttes en såkalt Ja/Nei-sensor. Denne sensoren registrerer antall minutter nedbør i løpet av et tidsrom (time). Sensoren har et innebygget varmeelement som gjør at snø smelter på overflaten og registreres som nedbør. På denne måten hindrer en at tåke registreres som nedbør. Ja/Nei-sensoren angir intensiteten på nedbøren ved kraftig, middels eller lav, men sier ikke noe om type nedbør (snø/regn).

### **2.2.3 Vegbanetemperatur og restsalt**

Det finnes i hovedsak to typer vegbanesensorer. Den ene er en enkel sensor som kun måler vegbanetemperaturen. Den andre er en vegtilstandsensor som måler vegbanetemperaturen i flere nivåer i tillegg til frysepunkt og vegbanens tilstand (våt/tørr, snø/ikke snø).

Det er viktig at vegbanesensorer har tilnærmet samme farge på overflaten som vegdekket. Dette for at temperaturføleren skal reagere så likt som mulig ved temperaturendringer og nedbør. Likevel vil en metallsensor aldri kunne bli helt identisk med f.eks. asfalt, noe vi må ta med i betraktningen ved nøyaktighetsstudier av registreringene.

En ulempe med vegbanesensorer er at det kun er en *punktmåling*, og den sier ikke noe om hvordan forholdene varierer på tvers av vegbanen. Det er også viktig å være klar over at vegbanetemperaturen kan variere mye over korte avstander langs en veg.

*Frysepunktet* er svært avhengig av konsentrasjonen til væsken over detektoren. Ved en bestemt saltmengde vil mye væske gi lav *saltkonsentrasjon* og lite væske gi høy konsentrasjon. Ved tilførsel av salt vil frysepunktet endres mer hvis væskemengde er liten enn hvis den er stor. Dette vil si at hvis sensoren blir påvirket av biler som passerer slik at væsken tørker opp (mens saltmengden er uendret), vil frysepunktet synke voldsomt uten at det faktisk er tilført salt. Vi kan altså få utslag på kurven for frysepunkt som ikke er en følge av passering av saltbil.

#### 2.2.4 Vind

Vindhastighetssensoren består av et roterende kors med skåler. Måleverdien presenteres, delvis som en middelvei av vindhastigheten i løpet av en 10 minutters periode, og delvis som en maksimalverdi i løpet av samme tidsperiode (vindkast/gust). Måleenhet for vindstyrke er enten knop eller m/s. Deres innbyrdes forhold er **0,5 m/s  $\approx$  1 knop**.

Vindretningen måles med en vindfane, og oppgitt måleverdi angir den vindretning som har vært dominerende de siste 75 sekundene. Måleområdet for vindretning er 0-360°, der 360° er vind fra nord og 180° er vind fra sør.

#### 2.2.5 Stråling

Strålingssensoren måler differansen mellom innstrålt sollys og utstrålt infrarødt lys og dermed gir en indikasjon på varmetap.

Med denne sensoren er det mulig å skille mellom klart/overskyet vær (se kapittel 1.2.5 side 5). Dette vil kunne være nyttig i forbindelse med oppklaring etter regnvær og påfølgende fare for tilfrysning.

Erfaringen med denne sensoren fra brukerne er god. Kurven med utstråling synker 1-2 timer før vegbanetemperaturen reagerer og vi får en indikasjon på et temperaturfall i rimelig god tid før en evt. tilfrysning. Dette er fordi det er en treghet i bakkens reaksjon på strålingsendringer.

### 2.3 Målenøyaktighet

Klimastasjonene gir oss punktmålinger. Spesielt for vegbanetemperaturen er det viktig å være klar over hvor representativt punktet er i forhold til området rundt. I tillegg er det viktig å vite hvilken målenøyaktighet sensorene har. Uansett hvor bra vi plasserer stasjon og sensorer og hvor flinke vi er til renhold og kalibrering, vil aldri sensorene bli bedre enn det målenøyaktigheten til sensorene tilsier. Tabell 7 i vedlegg 3 angir nøyaktigheten til de mest brukte sensorene i tillegg til måleområde, hvilke parametre sensorene måler og hvilke benevninger disse parametrene har.



## 3 Produkter fra marked.met.no

Markedsavdelingen ved Meteorologisk institutt (marked.met.no) sender ut store mengder meteorologiske produkter og data til Vegvesenet flere ganger om dagen hele året. Å distribuere store mengder data krever en effektiv og sikker kommunikasjon mot brukeren. Distribusjon via Værbutikken på internett er standard for entreprenører, mens ansatte i Statens vegvesen har tilgang via intranett.

De neste avsnittene beskriver produkter som leveres fra marked.met.no og som bl.a. er beregnet som støtte i vintervedlikeholdet.

### 3.1 Usikkerheter

De fleste produktene som Vegvesenet mottar fra marked.met.no er utviklet fra en *atmosfæremodell*. Marked.met.no benytter flere atmosfæremodeller. To som er mye brukt mot Vegvesenet er: HIRLAM, som blant annet gir meteogrammer opp til 60 timer (korttidsmeteogrammer), og ECMWF (ofte kalt bare EC) som kan gi meteogrammer opp til 240 timer, men Vegvesenet får kun opp til 120 timer (langtidsmeteogrammer), altså fem døgn frem i tid.

Atmosfæremodellene, og dermed også de produktene Vegvesenet mottar fra marked.met.no, har noen usikkerhetsmomenter som det er viktig å være klar over. Atmosfæremodellene simulerer luftstrømmen over et *utjevnet terreng*, dvs. at topografien i modellen er mye grovere enn det virkelige terrenget, og høydevariasjonene gattes derfor ut. Alle værparametre blir påvirket av dette og må derfor tolkes riktig for å gi nyttig informasjon om været lokalt. En best mulig tolkning må læres ved erfaring og ved systematisk sammenlikning av prognoser med observasjoner.

Som tidligere nevnt er topografien i modellen svært utjevnet. Det kan blant annet nevnes at høyeste punktet i EC-modellen er 1600 m. Dette er en forenkling som de som tolker feltene må kjenne til. Med dagens modeller er det derfor vanskelig å beregne det været som styres av lokale terrengformasjoner. Dette er et problem i alle meteorologiske modeller, og dermed også i alle rene maskinprodukter som mottas fra marked.met.no.

Generelt kan vi si at prognosene passer best der været er lite påvirket av lokale forhold, dvs. over hav og i høyfjellet (med unntak av vinden i høyfjellet som svært ofte er underestimert i meteogrammet). Prognosene er også best når været er dominert av vandrende lavtrykk som dekker store områder. I stille vær vil forholdene være mer bestemt av helt lokale forhold (innsjøer, høydedrag, vegetasjon o.l.) som ikke er beskrevet i dagens operative modeller med den oppløsning av vær og terreng som brukes. Værsystemenes utstrekning (skala) bedømmes best ved å se på oversiktskart, såkalte *værkart*, av f.eks. vind, lufttrykk og nedbør. Det er en fordel for tolkningen av meteogrammene også å ha tilgang til slike meteorologiske produkter (se kapittel 3.4).

Prognosene for nedbør er best ved utbredt *frontnedbør*. *Bygenedbør* er ofte underestimert ved pålandsvær vest og nord i landet (f.eks. nordvestkuling og snøbyger). Lokale byger i innlandet (spesielt sommerstid) kan forekomme uten at produktene indikerer nedbør. Store nedbørmengder kommer ofte i forbindelse med større og delvis organiserte bygeværsområder, men prognosene har vanskelig for å beregne de største nedbørmengdene. Det er også en tendens til at prognosen i en del tilfeller gir litt nedbør, f.eks. 0,1 til 0,5 mm, i situasjoner der

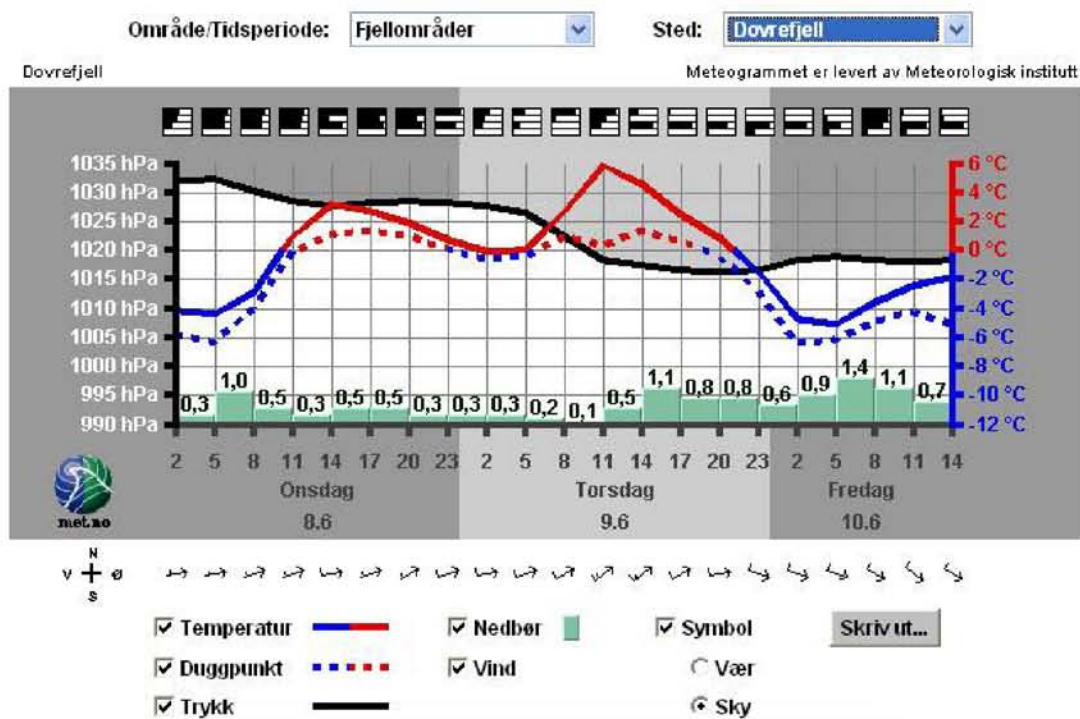
det observeres ingen eller ubetydelig nedbør. Hovedregelen er altså: nedbørmengder over 20-30 mm per døgn blir ofte underestimert; nedbørmengder mindre enn 20-30 mm overestimert.

Vinden forsterkes, dreies eller svekkes avhengig av lokale terrengformer. Vinden følger gjerne dalens retning, blåser rundt eller over åser, forsterkes på åskanter, svekkes på lo- og lesiden. Den viktigste informasjon i meteogrammet ligger i prognosevindens retning og i endringen av retning og hastighet med tiden. Modellens beskrivelse av vindhastigheten er ikke alltid bra i høyfjellet. Et hjelpemiddel kan her være å se på værkart som gir prognose for vinden i 1500 moh.

Solgangsvind er et fenomen som heller ikke de helautomatiske prognosene fra marked.met.no klarer å fange opp. Solgangsvinden oppstår gjerne i høytrykksituasjoner sommerstid, når det ellers er lite vind. Om ettermiddagen er vinden på sitt sterkeste, og blåser da parallelt med kysten, med land til *venstre*. På Sørlandskysten er det følgelig ofte sørvestlig vind om ettermiddagen om sommeren.

### 3.2 Meteogram

Meteogrammet er det mest kjente og brukte produktet fra marked.met.no. Det gir en grafisk fremstilling av værprognosen for et mindre område. Et eksempel er vist i Figur 19.



Figur 19: Korttidsmeteogram for Dovrefjell

Dato og klokkeslett er angitt nederst, og alltid oppgitt i lokal norsk tid. I korttidsmeteogrammene er alle parametrene gitt i 3 timers intervaller, dvs. at nedbøren som antydes kan for eksempel komme de første eller siste minuttene i tidsperioden eller være fordelt over alle tre timene. I langtidsmeteogrammene er tidsintervallene på 6 timer.

Meteogrammet viser følgende parametre:

- nedbør i millimeter (grønne søyler)
- skymengde, enten i % (svarte bokser helt øverst), og i hvilken høyde disse skyene ligger, eller værsymbol
- lufttrykk i hPa (heltrukken svart kurve),
- lufttemperatur (°C) i to meters høyde (heltrukken kurve, rød for plussgrader, blå for minusgrader)
- vindretning og vindstyrke i knop i 10 meters høyde (pil under diagrammet).
- eventuelt kan også duggpunkt (°C) i to meters høyde (stiplet kurve, rød for plussgrader, blå for minusgrader)

De første 60 timene dekkes av to forskjellige modeller, nemlig HIRLAM og ECMWF. I noen tilfeller vil man ved å sammenlikne meteogram fra begge modeller oppdage at været de første 60 timene beskrives som noe forskjellig. Dette skyldes at de to atmosfæremodellene ikke er helt like. Er man i tvil om hvilken modell som gir den mest korrekte prognosen, bør man sjekke øvrige tekstvarsler eller konferere med vakthavende meteorolog. Dersom de første 60 timene av langtidsmeteogrammet svarer godt overens med korttidsmeteogrammet er prognosen ganske sikker.

Korttidsmeteogrammene er basert på HIRLAM-modellen som beregnes fire ganger i døgnet basert på data fra kl 00, 06, 12 og 18 UTC<sup>1</sup>. Langtidsmeteogrammene fra ECMWF-modellen oppdateres 2 ganger i døgnet. Oversikt over når de forskjellige modellene oppdateres er vist i Tabell 3. Eksempelvis er langtidsmeteogrammene som oppdateres ca kl 22 om vinteren basert på data fra kl 12 UTC samme dag.

Datagrunnlag	HIRLAM-prognosen oppdatert		ECMWF-prognosen oppdatert	
	Vintertid	Sommertid	Vintertid	Sommertid
Kl 00 UTC	Kl 04	Kl 05	Kl 10	Kl 11
Kl 06 UTC	Kl 12	Kl 13		
Kl 12 UTC	Kl 16	Kl 17	Kl 22	Kl 23
Kl 18 UTC	Kl 00	Kl 01		

**Tabell 3:** Oppdateringstidspunkter modeller

Ved bakken kan det være store temperaturvariasjoner. Ved solskinn på barmark kan det være betydelig varmere enn det som er angitt i meteogrammet. Tilsvarende vil kalde, klare netter med snødekket mark kunne gi lavere temperaturer enn vist på meteogrammet. Siden temperaturen varierer med høyden (se for eksempel Figur 1 side 3) vil virkelig temperatur avvike en del fra modellens temperatur, som i utgangspunktet er beregnet på grunnlag av stedets modellhøyde.

For å korrigere dette avviket, er temperaturen justert til virkelig terrenghøyde med et såkalt *Kalmanfilter*. Kalmanfilteret tar hensyn til observerte temperaturer. Temperaturer justert med Kalmanfilter vil gi gode prognoseverdier så lenge værsituasjonen holder seg stabil, f.eks. i perioder med klart, stille og kaldt vær vinterstid. Ved endring av værsituasjonen stemmer ikke lenger det modellen «husker» om forholdet mellom observert og prognostisert temperatur. Typiske eksempler er overgang fra kaldt og stille vær om vinteren til skyer, vind og nedbør - eller motsatt. En annen korreksjon av temperaturen er *høydefilter*. Høydefilter gir best resultat

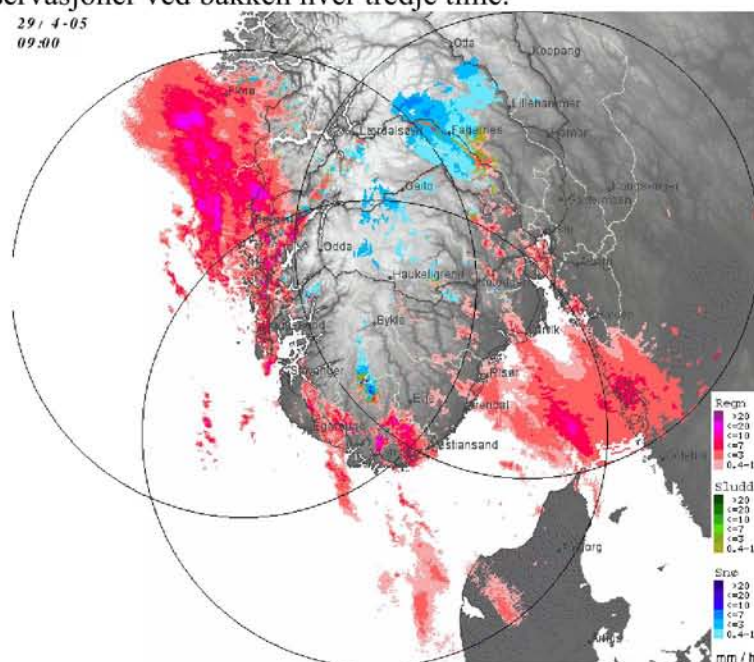
<sup>1</sup> UTC (Universal Time Coordinate), er en internasjonal tidsstandard. Tidspunktet 00UTC er midnatt i Greenwich England som ligger på lengdegrad 0.

når atmosfæren ikke ligger i ro, m.a.o. i situasjoner med vind og mye bevegelse i luftmassene. Det kan noen ganger være lurt å se på varslet endring i temperatur fremfor varslet absoluttverdi og justere hele kurven opp eller ned avhengig av den temperatur man observerer i utgangspunktet.

### 3.3 Radarbilder

Radarbilder viser hvor det finnes nedbør (se Figur 20). Radaren sender ut et signal. Når dette signalet treffer nedbør sendes et *ekko* tilbake til radaren. Styrken på ekkoet er avhengig av nedbørintensiteten. Et kraftig ekko betyr at det er kraftig nedbør, mens et svakt ekko kan bety lett regn, eller regn og yr. Radaren er kalibrert slik at den skal vise både starten og slutten av nedbørsområdet. Radaren *oppdateres* hvert 15. minutt og har en rekkevidderadius på 240 km.

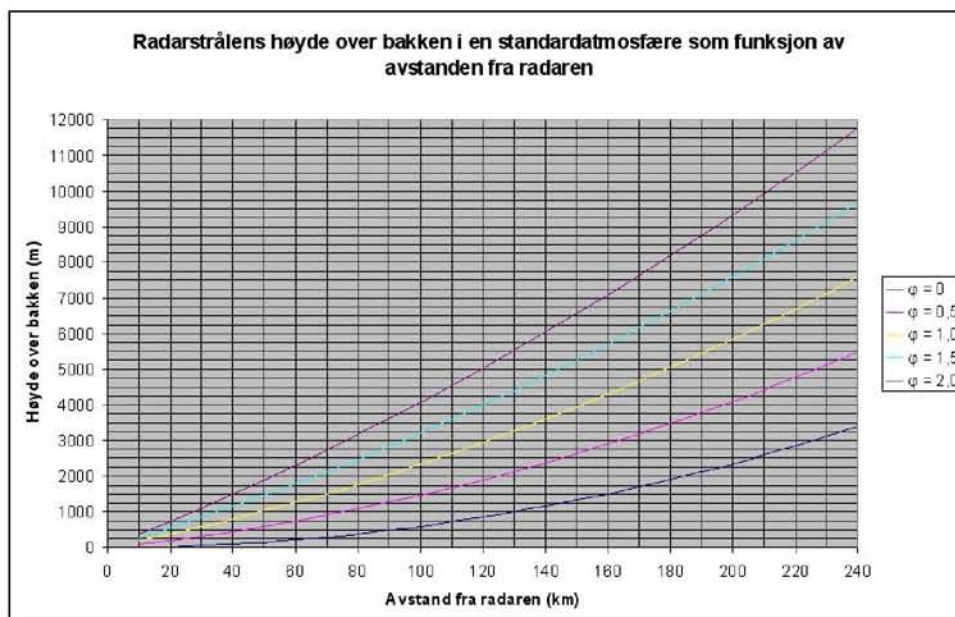
Radarbildet viser altså nedbørintensiteten angitt som mm time, og antyder også om nedbøren kommer som snø, sludd eller regn. Dette er bl.a. mulig fordi snøkrystaller og regndråper reflekterer radarsignalene svært forskjellig. Dette verifiseres også mot temperaturobservasjoner ved bakken hver tredje time.



**Figur 20:** Radarbilde fra radarene i Asker, Hægebostad og Bømlo

Radarstrålene sendes ut i forskjellig høyder, gjerne kalt elevasjoner på fagspråket. Vinkelen strålene danner med horisontalplanet varierer fra 0,5 grader og oppover. Fordi jorda krummer, vil følgelig radarstrålenes høyde over bakken øke jo lenger vekk fra radaren man beveger seg. Figur 21 viser radarstrålens høyde over bakken ved forskjellige elevasjoner. Vi ser at hvis f.eks. elevasjonen er 0,5 grader og avstanden fra radaren er 100 km, er radarstrålen ca 1350 m over radarens høyde over bakken. Dette betyr at nedbørekko man ser i ytterkanten av radaren ikke nødvendigvis er nedbør som treffer bakken. På grunn av jordkrummingen kan radarstrålen skyte over nedbør i ytterkant av bildet

Ved spesielle atmosfæriske forhold kan radarstrålene avbøyes slik at de treffer bakken. Dette gir falske nedbørekko. Et kjennetegn på falske ekko er at de flytter seg svært lite når man ser på en animasjon av radarbilder.



**Figur 21:** Radarstrålens avbøyning pga. jordkrumningen

Våren 2005 har Norge fem radarer som ligger i hhv Asker (Akershus), Hægebostad (Vest-Agder), Bømlo (Hordaland), Rissa (Sør-Trøndelag) og Røst (Nordland). For å gi landet vårt full radardekning er det behov for seks radarer til.

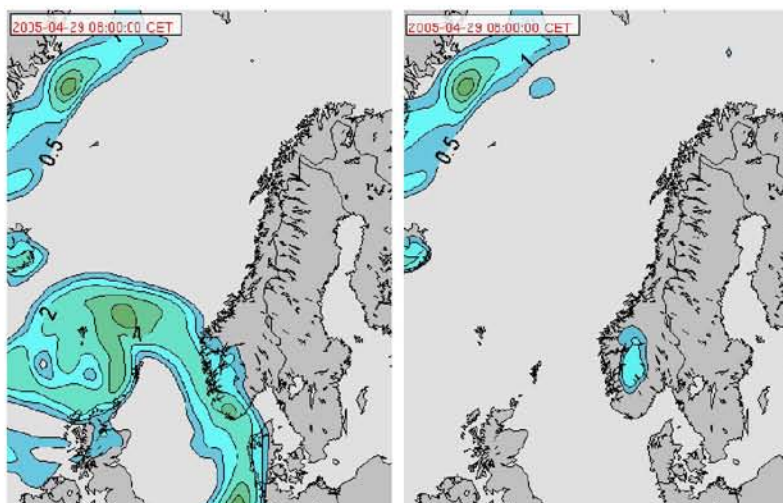
Klokkeslettene som vises på radarbildet er alltid norsk lokaltid.

De siste 8 radarbildene som er produsert er lagret slik at det er mulig å kjøre en animasjon som viser hvorledes nedbørforholdene har endret seg innen radarenes rekkevidde. Ved å se på den hastigheten og retningen et nedbørområde har hatt, og anta at dette fortsetter de nærmeste timene, kan man danne seg et bilde av hvordan situasjonen kommer til å bli de nærmeste to - tre timer. *For korttidsvarsling av nedbørsituasjoner er animasjon av radarbilder et av de beste hjelpemidlene vi har!*

### 3.4 Værkart

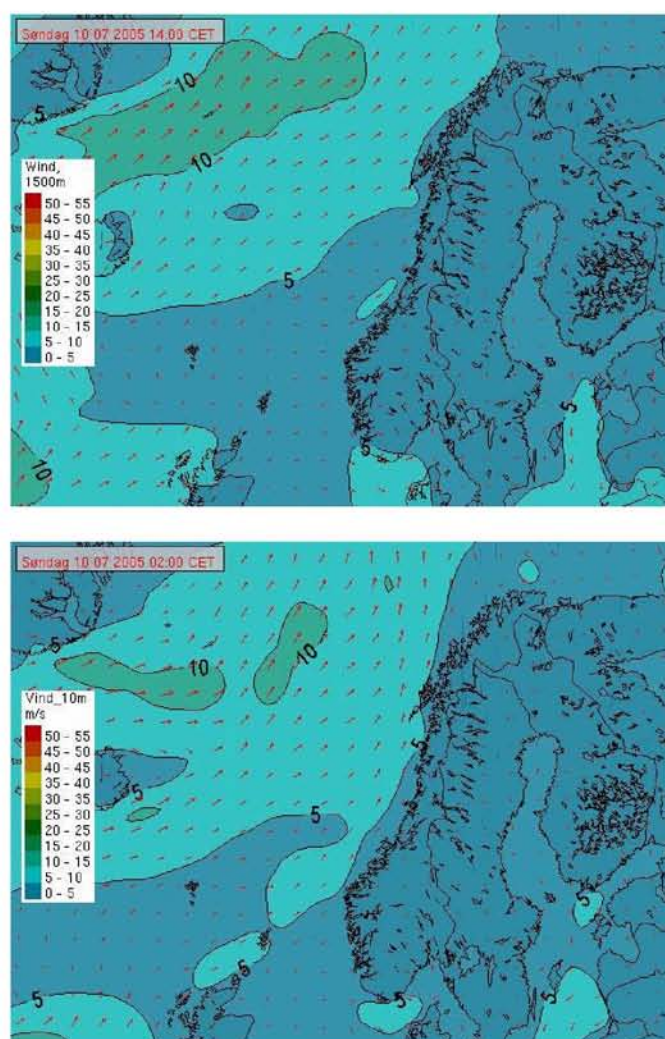
Et værkart er et grafisk bilde som viser hvordan en atmosfæremodell har beregnet den geografiske fordeling av en meteorologisk parameter til en bestemt tid, for eksempel hvorledes nedbørfordelingen er 24 timer frem i tiden. Om du ser på forskjellige tidspunkter fremover i tiden vil du f. eks. se hvor nedbørområdet flytter seg og hvor fort det beveger seg (se venstre bilde i Figur 22).

Et avledet, og forhåpentligvis nyttig produkt, er værkart som viser hvor mye av den totale nedbøren som forventes å komme som snø. Høyre bilde i Figur 22 viser mengde og geografisk fordeling av den nedbøren som forventes som snø.



**Figur 22:** Nedbørsfelt angir hvor det ventes nedbør og hvor mye (til venstre), og nedbørsfelt som angir hvor mye av nedbør som kommer som snø (til høyre).

I atmosfæremodellen som benyttes av marked.met.no beregnes ikke bare feltene i bakkenivå, men i et trettitalls forskjellige nivåer oppover i atmosfæren. Figur 23 viser værkart for vind 10 og 1500 meter over havets overflate. Vindpilene peker i den retningen det blåser, og lengden øker med økende hastighet.



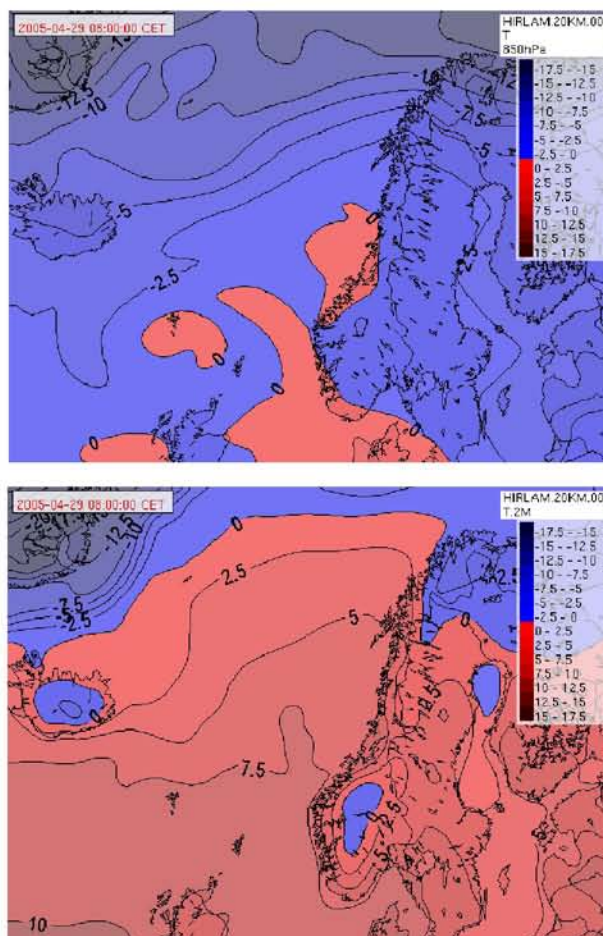
**Figur 23:** Værkart for vindstyrke og -retning i 1500 moh. (øverst) og 10 moh. (nederst).

Vindretningen i meteogrammet er beregnet for en høyde 10 meter over bakken (modellens bakke). Denne vindretningen vil være påvirket av friksjonen mellom luften og bakken. I modellen antas lufthastigheten helt nede ved bakken å være 0 m/s. Friksjonen vil derfor på grunn av bakken ha mest innvirkning på vindhastighet og retning i de laveste nivåene.

Vinden på kartene som er beregnet for høyden 1500 meter over havets overflate er derimot lite påvirket av bakkefriksjonen. For et punkt som ligger 1500 meter over havet i henhold til modellens topografi, vil derfor meteogrammet og feltet vise forskjellig vindstyrke. Generelt vil vindstyrken i værkartet være høyere enn vindstyrken i meteogrammet, og vil derfor være en bedre indikasjon på vinden i fjellet.

Temperatur i 1500 moh., er den temperatur som er beregnet i den frie atmosfæren (se Figur 24). Den vil gi en indikasjon på hvilken temperatur som kan forventes i fjellet. Denne temperatur vil være svært lik temperaturen (2 m) for et meteogrampunkt som ligger 1500 moh. i henhold til modellens topografi.

I meteogrammet er det temperaturen i 2 m som er angitt. Der er den i tillegg korrigert for høydeforskjellen mellom stedets geografiske beliggenhet og beliggenheten i modellen. Det vil bare være i de tilfeller hvor et sted har samme høyde i modellen og ute i naturen, at temperaturen på kartet og på meteogrammet kan være like.



**Figur 24:** Værkart for temperaturer i høydene 1500 m (øverst) og 2 m (nederst.)

### 3.5 Satellittbilder

Det finns to typer satellitter, geostasjonære og polare.

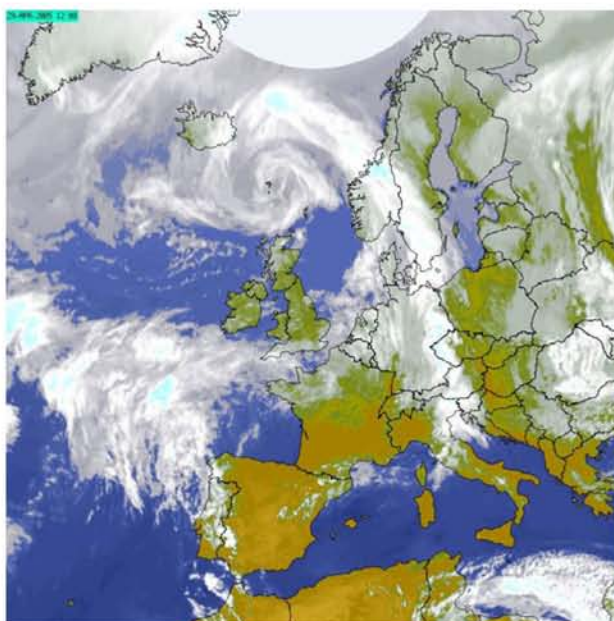
#### 3.5.1 Geostasjonære satellitter

Geostasjonære satellitter ligger i en høyde av ca. 36 000 km. De ligger over et fast punkt ved ekvator og dreier sammen med jordkloden. Figur 25 viser et bilde av Europa tatt av en europeisk geostasjonær satellitt. På grunn av sin posisjon vil jordens kuleform medføre at bildene kun dekker områdene mellom 70 grader sør og 70 grader nord. Bildene fra de geostasjonære Meteosat-satellittene har en oppløsning på ca. 4 km, dvs. det er mulig å gjenkjenne detaljer som har en størrelse på 4 x 4 km.

#### 3.5.2 Polare satellitter

Polare satellitter ligger i en høyde omkring 850 km, og går i baner som passerer i nærheten av Sør- og Nordpolen. Disse banene ligger fast mens jorda dreier seg, og det betyr at det området av jorda som dekkes av en satellitt, endrer seg fra et omløp til neste. Satellittene går cirka 14 ganger rundt jorda i døgnet, dvs. den bruker ca. 100 minutter på et omløp. Oppløsningen på bildene fra de polare satellittene er ca. 1500 m.

De vanligste satellittbildene er enten *visuelle* eller *infrarøde*, eller kombinasjon av disse.

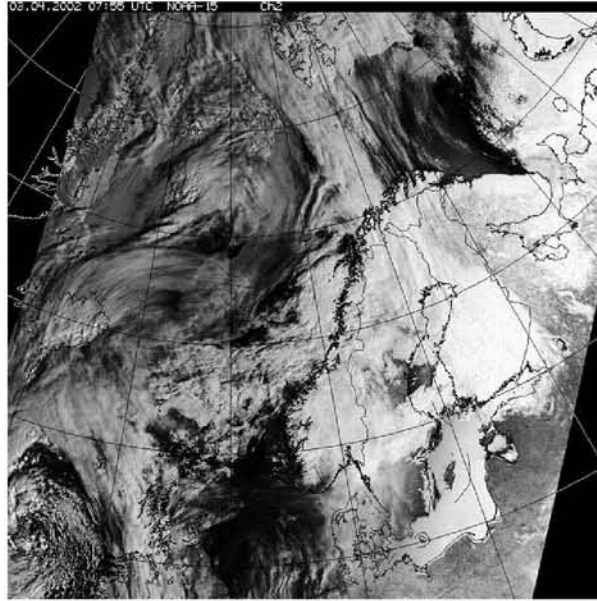


Figur 25: Bilde fra den geostasjonære METEOSAT-satellitten

#### 3.5.3 Visuelle satellittbilder

Et visuelt bilde tilsvarende et vanlig svart-hvitt bilde. Bildet viser reflektert eller spredt lys fra jorden eller atmosfæren (se Figur 26). Intensiteten i bildet er avhengig av hvor mye lys som blir reflektert opp til satellittene. De flatene som reflekterer mest lys er hvite, mens de som reflekterer minst lys er svarte. Mellom de svarte og hvite flatene er det mange gråtoner. Tykke skyer vil derfor fremstå som hvite på visuelle satellittbilder, mens tynnere skyer som ikke reflekterer så mye lys fremstår som mørkere. Disse bildene kan kun brukes når solen er over horisonten (dagslysbilder).

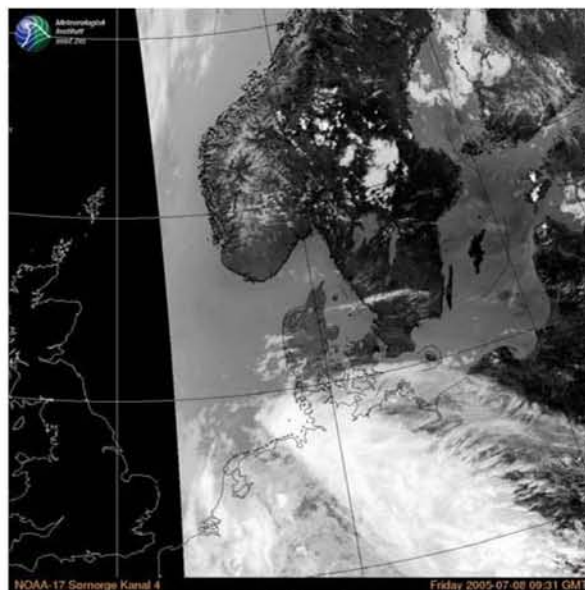




**Figur 26:** Visuelt satellittbilde

### 3.5.4 Infrarødt satellittbilde

Infrarøde bilder viser den strålingen som sendes ut fra jorda og atmosfæren. Disse bildene blir laget ut i fra et annet område i strålingsspekteret enn de visuelle bildene, og gir opplysninger om temperaturen på de flatene som sender ut stråling. Bildene blir presentert som fargebilder (se Figur 27). Flatene som er klare og hvite er de kaldeste, mens de helt svarte områdene er varmest. Mørke områder vil ofte ha tilnærmet samme temperatur som bakken og kan være vanskelig å skille fra denne. Eksempler på dette kan være lave tåkeskyer. Lyse områder kan være høye tynne skyer som er veldig kalde. Infrarøde bilder kan brukes uavhengig av tid på døgnet.



**Figur 27:** Infrarødt satellittbilde fra en satellitt i polar bane

### 3.6 Tekstvarsler

Met.no lager offisielle tekstvarsler i Tromsø, Bergen og på Blindern. Disse varslene oppdateres 3 ganger i døgnet. I tillegg lages det et langtidsvarsel (7 døgn) for hele landet hver dag. Tekstvarslene lages etter den subjektive vurderingen meteorologen foretar av vær-situasjonen og aktuelle prognoser.

I tekstvarslene benytter met.no standard uttrykk for tidsangivelse som forklart i Tabell 4.

Tidsangivelse	Klokkeslett
Morgen	06-09
Formiddag	09-12
Ettermiddag	12-18
Kveld	18-24
Natt	00-06
I morgen	etter 06

**Tabell 4:** Tidsangivelse i tekstvarslet

Meteorologene tar utgangspunkt i Beauforts vindskala når de utarbeider varslene for vind. En oversikt over hvilken styrke vinden har når met.no varsler for eksempel bris, kuling, storm og orkan finner du i Tabell 2 side 12.

Nedbør varierer mye lokalt og er vanskelig å varsle. Særlig gjelder dette mengden. Meteorologene bruker noen veiledende kriterier for varsling av nedbørmengde i korttidsvarsler, men det kan være at grensen for store nedbørmengder settes høyere i nedbørrike distrikter. Disse kriteriene er gitt i Tabell 5. I tabellen forklares også noen typiske uttrykk som benyttes i forbindelse med temperaturendringer.

Uttrykk	Forklaring
Pent vær, oppholdsvær	Høyst 0,0 mm nedbør de neste 24 timene
Stort sett oppholdsvær	Det kan bli nedbør på stasjonene, men høyst 0,4 mm de neste 24 timene
Litt nedbør. Lette byger. Enkelte byger	Det ventes 0,5-2 mm på enkelte stasjoner i distriktet de neste 24 timene
Regn, sludd, snø, byger	2-20 mm på en del stasjoner de neste 24 timene
Regn, sludd, snø, til dels store eller betydelige nedbørmengder	Over 20 mm på en del stasjoner i distriktet de neste 24 timene
Oppklarnende vær, oppklarning	Overgang til oppholdsvær med høyst 4/8 total skymengde
Kortvarig (forbigående) oppklarning	Det begynner å skye til igjen i slutten av varslingsperioden eller litt senere
Tiltykning til nedbør. Tiltyknende, tilskyende vær	Overgang fra oppholdsvær med klare partier på himmelen
Lettere vær	Det ventes fortsatt nedbør, men vesentlig mindre i denne perioden enn i foregående
Uendret temperatur, stort sett uendret temperatur	Ventet endring: 0-2 °C
Litt kaldere/ varmere/ kjøligere/ mildere. Litt høyere/ lavere temperatur	Ventet endring: 2-4 °C
Kaldere, varmere, kjøligere, mildere	Ventet endring: 4-7 °C
Betydelig kaldere/ varmere/kjøligere/Mildere	Ventet endring: mer enn 6 °C

**Tabell 5:** Faste ord og uttrykk i værmeldingen

### 3.7 Vindprognose for fjellet

Tabell 6 viser prognose for maksimal vindstyrke innenfor 12-timers intervaller. Prognosen er for 10 minutters middelvind og ikke for maksimale vindkast. Det er ikke angitt når i løpet av 12-timers-perioden maksimal middelvind vil inntreffe.

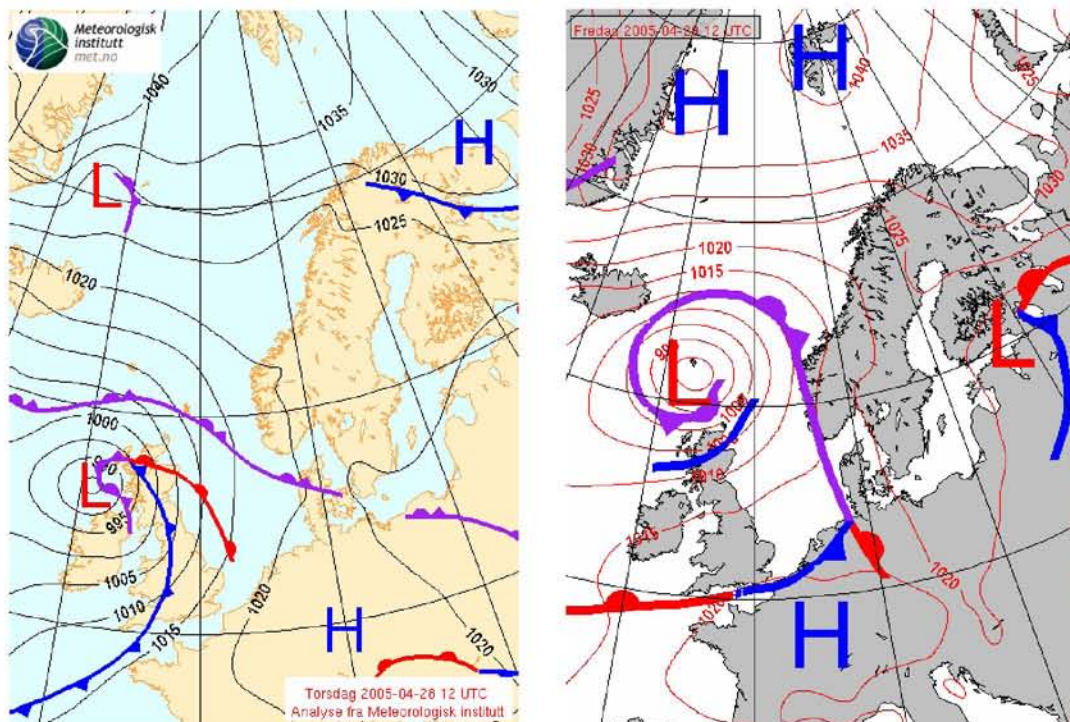
Sted	29.04 kl 12 - 30.04 kl 00	30.04 kl 00 - 30.04 kl 12	30.04 kl 12 - 01.05 kl 00	01.05 kl 00 - 01.05 kl 12
Fokstua	12 liten kuling	8 frisk bris	8 frisk bris	7 laber bris
Finsevatn	11 liten kuling	11 liten kuling	11 liten kuling	7 laber bris
Vågsli	4 lett bris	4 lett bris	4 lett bris	3 svak vind
Hovden	5 lett bris	5 lett bris	5 lett bris	3 svak vind
Midtlæger	9 frisk bris	10 frisk bris	10 frisk bris	7 laber bris
Sognefjell	11 liten kuling	9 frisk bris	9 frisk bris	7 laber bris

**Tabell 6:** Vindprognose for fjellet

Dette varslet har gjennomgått en statistisk bearbeiding, slik at det sannsynligvis har en høyere kvalitet enn vindvarslene i meteogrammene og værkartene.

### 3.8 Subjektive analyser og prognoser

Meteorologene gjør en analyse av den aktuelle vær-situasjonen kl 00 og 12 UTC hver dag. Kartet viser isobarer med høytrykk og lavtrykk inntegnet, og posisjonen for frontene. Se venstre del av Figur 28. Likeledes finnes subjektive prognoser som gjelder for kl 18 UTC samme dag, og kl 12 neste dag som vist i høyre del av Figur 28.



**Figur 28:** Subjektiv analyse av vær-situasjonen (til venstre), subjektiv prognose (til høyre).

## 4 Bruk av tilgjengelige data

### 4.1 Innledning

Organisering av vintervedlikeholdet varierer fra funksjonskontrakt til funksjonskontrakt og medfører store variasjoner i bruken av meteorologiske data. Internt i Statens vegvesen er det også stor variasjon i bruken av disse dataene. Eksempelvis benyttes denne type informasjon i forbindelse med vintervedlikeholdet til planleggings- og beredskapsoppgaver, og av byggherre i Statens vegvesen i forbindelse med oppfølging av kontrakter. Vegtrafikksentraler og vaktentraler benytter informasjonen blant annet til trafikantinformasjon. På fjelloverganger brukes stasjonene dessuten til vindvarsling i forbindelse med kolonnekjøring og stenging av veier.

Bruk av systemene må alltid gjøres med sunn fornuft. Det er viktig å ikke ta all informasjon som absolutter, men å se data fra systemene i sammenheng. *Klimastasjonene* gir informasjon om hvordan vær- og føreforholdene har vært og hvordan de er i øyeblikket. Klimastasjonen gir i seg selv ikke informasjon om hvordan det er forventet å bli. Ved å se hvordan utviklingen har vært de siste timene kan en likevel få en indikasjon på hva som kan skje i timene fremover. Det er uansett lurt å se sammenhengen mellom data fra klimastasjoner og prognosene fra [marked.met.no](http://marked.met.no).

Vi erfarer at meteogrammet ikke alltid stemmer overens med virkeligheten. Modellen som utarbeider meteogrammene gjør beregninger for store områder, og det er en av grunnene til at meteogrammet ikke er like bra over alt og til en hver tid. Klimastasjonen gir data for et punkt langs vegen, mens korttidsmeteogrammet gjelder for et område på 20x20 km. For mer informasjon om meteogrammet se kapittel 3.2 side 21.

*Nøyaktigheten* til klimastasjonene og treffsikkerheten på produktene fra [marked.met.no](http://marked.met.no) kan variere. Ved tilfeller der man er interessert i om temperaturen er - 0,5 °C eller + 0,5 °C må man være klar over at nøyaktigheten på målinger og prognoser ikke kan bli bedre enn utgangspunktet. Det vil m.a.o. si at nøyaktigheten på dataene våre avhenger av målenøyaktigheten til hver sensor (se vedlegg 3). I tillegg må man være klar over at lokale forhold kan skape store variasjoner over små avstander.

Tekstvarseler er et produkt der meteorologer har benyttet seg av all den informasjonen de har tilgjengelig for å kunne gi et mer komplett bilde av vær-situasjonen. I tekstvarslene forekommer også varler om vanskelige kjøreforhold eller fare for snøskred, og er derfor viktige å følge med på i tillegg til produktene Statens vegvesen kjøper fra [met.no](http://met.no).

Det tar tid å lære seg bruken av systemene. Hvilke data som er mest nyttige og gir de mest korrekte opplysningene på et bestemt sted må en finne ut av etter hvert. *Systemene skal ikke erstatte erfaring og lokal kunnskap, men er ment å være et supplement og hjelpemidde.*

Vi skal i det følgende forsøke å gi noen tips til brukerne av disse meteorologiske dataene. Dette er ikke ment som noen fasit, men forhåpentligvis kan det gjøre jobben som skal utføres enklere.

## 4.2 I hvilken rekkefølge skal jeg bruke produktene?

Enkelte ganger kan det være hensiktsmessig å hente frem produktene i en bestemt rekkefølge for å få et best mulig bilde av den totale vær-situasjonen. Rekkefølgen vil selvsagt avhenge av hvilke produkter som er tilgjengelige for det aktuelle området, samt variere både fra situasjon til situasjon og fra person til person, avhengig av hvordan man liker å arbeide, og hvilke erfaringer man tidligere har gjort seg. Som en tommelfingerregel kan man ta utgangspunkt i følgende rekkefølge:

1. animasjon av værkart (nedbør, temperatur, vind)
2. meteogram /tekstvarsel
3. radar
4. klimastasjoner

Værkart og meteogrammer er prognoser utarbeidet av en datamaskin. Tekstvarselet er et av produktene fra met.no hvor meteorologen har benyttet alle tilgjengelige data for å utarbeide "sitt" varsel. Klimastasjonene er den eneste datakilden som gir informasjon om den faktiske tilstanden på veien.

Et eksempel på denne arbeidsmetoden er at man starter med å ta opp et nedbørfelt (se kapittel 3.4 side 24) for å få en oversikt over nedbørssituasjonen. Nedbørfeltet gir en indikasjon på om det er ventet nedbør i dine områder, og også en antydning på når nedbøren ventes. Deretter tar man opp det aktuelle meteogrammet for området. Her får du et mer detaljert bilde av når nedbøren vil komme til ditt område, og også hvor mye nedbør som er ventet. Radarbildet kan brukes for å se hvor langt nedbøren er kommet i "virkeligheten", hvor mye nedbør som faller, hva slags type nedbør det er, og hvor fort den beveger seg (se kapittel 3.3 side 23). Til slutt tar man opp data fra klimastasjonene for nærmere å se hvor langt nedbøren er kommet, hvilken intensitet den har, og om det er nedbør i form av regn eller snø (evt. sludd). Muligheten til å se hvilken type nedbør det er, avhenger av hvilken nedbørssensor klimastasjonen er utstyrt med (se kapittel 2.2.2 side 18).

Som supplement kan man bruke den subjektive analysen og de subjektive prognosene for å se beliggenheten av fronter mm.

Avsnittene nedenfor gir flere tips og ideer om hvordan de forskjellige datakildene kan brukes. Felles for dem alle er at sunn fornuft og egen erfaring er nødvendig for at data vi kjøper og samler inn skal kunne gi oss den informasjonen vi er ute etter.

## 4.3 Temperatur

Temperaturen er en viktig parameter. Sammenlikning av temperaturen målt på klimastasjonen og den som er vist på meteogrammet kan fortelle oss en del om hvor gode prognosene på meteogrammet er for stedet der klimastasjonen står.

Det er mange faktorer som kan spille inn. Store lokale variasjoner fra stasjon til stasjon må tas i betraktning. Meteogrammet er et middel for stedet/området det gjelder for og stemmer derfor ikke alltid like godt med det som observeres.

Det er da et par ting man kan se på, for om mulig å kunne justere litt:

### 1. Skydekke

Korttidsmeteogrammet antyder mengde av lave, midlere og høye skyer. Uten spesiell kjennskap til skyer er det ikke enkelt å skille disse skytypene i virkeligheten. Tykkelsen på skylaget kan man derimot ha en formening om. Ved et tykt skylag forsvinner mindre varme fra jorda og atmosfæren ut i verdensrommet enn når det er skyfritt eller kun et tynt lag med skyer høyt oppe. Dersom meteogrammet antyder klart vær, mens virkeligheten sier en himmel dekket med skyer, vil man fort kunne få feil temperaturprognose på meteogrammet, fordi skyene legger seg som et lokk som hindrer at varmen forsvinner ut i rommet. Se også kapittel 1.2.5 side 5 om stråling.

### 2. Vind

Luft fra nord er som oftest kaldere enn luft fra sør. Dersom meteogrammet har antatt en helt annen vindretning enn det vindmåleren på klimastasjonene sier, kan store forskjeller i temperatur forklares ved at vindforholdene som modellen har beregnet ikke har blitt riktige for dette stedet. Men, vær oppmerksom på at vinden både styres av topografien i nærheten (se nærmere beskrivelse i kapittel 3.1 side 20) og at det kreves vind av en viss styrke for at den har noen betydning.

### 3. Egen erfaring

Hvis meteogram og virkelighet ikke viser store forskjeller, verken i punkt 1 eller 2, men temperaturen likevel viser noen grader feil, kan man ofte få et godt resultat ved å forskyve kurven på meteogrammet opp eller ned slik at den treffer virkelighetsverdien. Det kan også være at man etter lang tids bruk vet av erfaring at f.eks. meteogrammet ved en spesiell vær-situasjon viser noen grader feil i den ene eller andre retningen.

## **4.4 Duggpunkt og fuktighet på veg**

Duggpunktstemperaturen er beregnet ut fra lufttemperaturen og relativ fuktighet i luften.

Relativ fuktighet er et mål på mengden fuktighet i luften. **Liten relativ fuktighet er det samme som stor forskjell på lufttemperatur og duggpunkt.** Når lufta er mettet, er lufttemperaturen og duggpunktstemperaturen den samme. Den relative fuktigheten er da 100 %.

*Et eksempel er en varm sommerdag med fare for torden. Lufttemperaturen og duggpunktet vil være omtrent like, dvs. at fuktigheten i luften er veldig høy.* Se kapittel 1.2.4.3 side 5 for beskrivelse av forholdet mellom lufttemperatur, duggpunktstemperatur og relativ fuktighet.

Duggpunktstemperaturen kan ikke overstige lufttemperaturen, men vil ved svært fuktig luft være tilnærmet lik.

Kurve for duggpunktstemperatur finnes både på korttidsmeteogrammet og oppgis på de fleste klimastasjonene. Vi må alltid huske på at luftfuktigheten kan variere avhengig av topografi, avstand til vann m.m. Store variasjoner i duggpunktet beregnet av de forskjellige datakildene kan dermed forekomme. **Bruk også denne viktige parameteren med fornuft og vær klar over hvor klimastasjonen står i forhold til det området du er interessert i å vite noe om.**

#### 4.4.1 Fare for glatt vegbane

Selv om lufttemperaturen er under 0 °C behøver ikke vegbanen å bli glatt. Skal det dannes is på vegbanen må det i tillegg til temperatur under 0 °C også være tilstrekkelig med fuktighet. Her er forholdet mellom temperatur og fuktighet viktig.

**Fare for glatt vegbane oppstår når vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen og vegbanetemperaturen samtidig er lavere enn 0 °C.**

Isdannelse er ikke avhengig av temperatur alene. Det må fuktighet til.

**Forklaring:** Når vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen vil det avsettes fuktighet på vegbanen. Når vegbanetemperaturen samtidig er lavere enn 0 °C vil fuktigheten fryse på vegen.

Alternativt har vi når det ligger fuktighet på vegen som resultat av smeltet snø eller tidligere regn. Isen som dannes ved synkende temperaturer i et slikt tilfelle er ikke avhengig av fuktighetsinnholdet i luften.

#### 4.4.2 Saltet vegnett

Dersom vegnettet er saltet vil frysepunkttemperaturen ikke lenger være 0 °C, men synke (se kapittel 1.2.4.4 side 5). Hva den eksakt er, vil avhenge av saltkonsentrasjonen, og saltkonsentrasjonen kan igjen variere på tvers og på langs av vegen.

Ved saltet vegnett vil regelen over bli modifisert til:

**Fare for glatt vegbane oppstår når vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen og vegbanetemperaturen samtidig er lavere enn frysepunkttemperaturen.**

Man kan altså si noe om faren for rimdannelse i nærmeste fremtid ved å se på kurveforløpet til duggpunktet og vegbanetemperaturen. Hvis duggpunktet i utgangspunktet ligger like under vegbanetemperaturen, og kurven for duggpunktstemperaturen stiger mer enn kurven for vegbanetemperaturen, kan man anta at rim kommer til å dannes om ikke så lenge. På et sted i nærheten har det kanskje allerede skjedd. På den annen side kan man se at det tørker opp i vegbanen hvis vegbanetemperaturen stiger mens duggpunktstemperaturen er konstant eller i beste fall synker.

Noen klimastasjoner har tilkoblet frysepunktsensor og vi kan få presentert kurver for *frysepunkt og restsaltmengde* på vegen. Et problem med de fleste frysepunktsensorene vi har i dag er at de ikke registrerer restsalt når vegbanen eller sensoren er tørr, og dermed heller ikke frysepunkt (se kapittel 2.2.3 side 18).

#### Eksempler på situasjoner som krever salting:

##### 1)

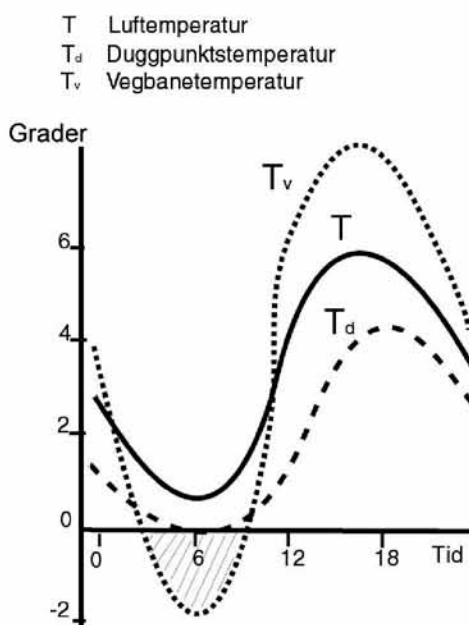
I løpet av en klar natt utpå høsten synker lufttemperaturen ganske mye. Vann har stor varmekapasitet, det vil si at temperaturvariasjonene i luften er mye større enn i vannet. La oss anta at vannet har en temperatur på 10°C, mens temperaturen i luften synker til -5 °C. Det fordampes vann fra overflaten av sjøen hele tiden og denne vanndampen som nær overflaten har temperatur på 10 °C blander seg med den omkringliggende luften som har en temperatur på -5 °C. Den kalde luften over sjøen blir mettet av fuktighet og det danner seg frostrøyk

over sjøen (se forklaring i kapittel 1.3.4.3 og Figur 14). Siden lufttemperaturen er under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  vil vanndråpene underkjøles, dvs. temperaturen i vanndråpene blir også lavere enn  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Om disse vanndråpene driver inn over land og treffer bakken, et tre, et hus eller en vegbane vil de øyeblikkelig fryse til is.

2)

La oss fortsatt anta en klar høstkveld med tørr fin asfalt.

Lufttemperatur  $T = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  og duggpunkt  $T_d = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dvs. den relative fuktighet  $U = 87\%$ . På grunn av stråling fra bakken synker temperaturen. Mørke flater (f. eks. svart asfalt) stråler mest, det vil si her synker temperaturen mest og det er ikke uvanlig at temperaturen i bakken synker til under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  i løpet av natten. Dette er illustrert i Figur 29. Om natten er vegbanetemperaturen lavere enn duggpunkttemperaturen, noe som betyr at det vil felles ut dugg. Når vegbanetemperaturen i tillegg er under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vil denne duggen etter all sannsynlighet fryse.



**Figur 29:** Variasjon av luft-, dugg- og vegbanetemperatur gjennom døgnet

## 4.5 Nedbør

Med et stort nett av klimastasjoner, og kanskje også med tilgang på nabofylkenes stasjoner, kan nedbør registreres over store områder. Ved hjelp av målinger på klimastasjonene kan man følge nedbøren fra stasjon til stasjon. Man ser når nedbøren når en spesiell stasjon og når den passerer. På denne måten kan hastigheten på nedbørfeltet anslås, og dermed også når nedbøren vil nå dine områder. Har stasjonen en sensor som også registrerer type og intensitet kan man følge med på om det er variasjoner i nedbøren. Er nedbøren som er meldt i anmarsj, og kommer den som snø eller regn? Stemmer mengden som er beregnet på meteogrammet med den mengden stasjonen registrerer?

Områder som er dekket av værradar har et meget godt hjelpemiddel for å se avgrensning av nedbørsområder samt type og intensitet på nedbøren. Spesielt ved byggesituasjoner varierer intensiteten mye både i tid og rom og radarbildene er ikke alltid like enkle å tolke og trekke slutninger fra. En kombinasjon med klimastasjoner hvor man kan konkretisere radarbildene,



både med hensyn til hvor nedbøren befinner seg og hvilken intensitet som er på stedet, er en god løsning for å trekke maksimalt ut av den tilgjengelige informasjonen.

#### 4.5.1 Nedbør ved kald bakke

Ved å sammenlike temperaturmålinger (luft/vegbane) på stasjoner som er plassert i forskjellige høyder kan man få innblikk i forholdene litt høyere opp i luften. Snø kan forekomme selv om det er et par varmegrader ved bakken. Dette er fordi temperaturen ofte avtar kraftig med høyden slik at nedbøren ikke rekker å smelte før den når bakken. Et annet tilfelle har vi når det kommer regn ved kuldegrader på bakken/vegbanen. (Se kapittel 1.3.2 side 8 for forklaring av underkjølt regn og regn som fryser på bakken). Dette er fenomen som er vanskelig å forutse med de hjelpemidler som er tilgjengelig i dag, og kan fort skape farlige forhold på vegene.

Ved temperaturer rundt null grader er det generelt vanskelig å vite om nedbøren kommer som snø eller regn. Type nedbør avhenger av forholdene høyere opp i atmosfæren, noe vi ikke kan se fra meteogrammet eller dataene fra klimastasjonene. Der er som kjent alle observasjoner tatt mer eller mindre i bakkenivå. Det beste er å kombinere informasjonene fra klimastasjonene, radarbildene og tekstvarslene.

Underkjølt regn og regn som fryser på bakken kan være meldt fra met.no selv om dette ikke er beskrevet i meteogrammet. I tillegg til de samme meteogrammene har meteorologene tilgang på informasjon om atmosfærens tilstand i flere høyder. Tekstvarslene som sendes ut er de eneste produktene som er laget manuelt. Det vil si at meteorologen har kombinert informasjonskilder og utarbeidet "sitt" værvarsel. Informasjon om værforhold som kan skape farlige situasjoner er derfor som oftest å finne på tekstvarslene (se kapittel 3.6 side 29).

## 4.6 Vind og fuktighet

Vindretningen er viktig i forhold til værtypen. Varm fuktig luft inn over kaldt land kan f.eks. føre til tåke. Ved hjelp av vindmåler på stasjonene kan man se om virkeligheten stemmer overens med det meteogrammet viser. Det er viktig å være klar over at svak vind vil kunne variere med 360 grader i løpet av kort tid uten at det vil ha noen innvirkning på været. Dette fanges ikke nødvendigvis opp i meteogrammet, men det er mulig å observere denne variasjonen i vindretningen ved svake vinder på kurven fra klimastasjonen. En lite observant bruker kan lett trekke forhastede konklusjoner med hensyn på mulige værendringer (se kapittel 2.2.4 side 19).

Det er viktig å være klar over hva slags data man ser på. Er det den aktuelle vindretning og styrke som blir registrert på stasjonen akkurat nå, eller er det et middel over f.eks. de siste 10 min? Vindstyrken meteogrammet viser er et 10 minutts middel beregnet for 10 meters høyde over bakken. Etter standarden beskrevet i HB 266 – Klimastasjoner, skal vindsensoren monteres i 10 m høyde ved klimastasjonene også, men dette er ikke tilfelle ved alle eldre klimastasjoner. Dette er viktig å kjenne til i forbindelse med sammenlikning av data mellom ulike stasjoner og mellom stasjoner og meteogram.

Vind kan være meget kritisk på enkelte fjelloverganger. Flere og flere steder settes det opp vindmåler som registrerer retning og styrke og som danner grunnlag for evt. stenging ved farlige forhold. Snø og sterk vind kan skape snøfokk. Mange steder har man satt opp et

videokamera i tilknytning til stasjonen slik at man visuelt kan følge med på forholdene. Dette fører til et mindre behov for fysisk å måtte være tilstede. I tillegg kan man se på værkart for vinden i 1500 meters høyde, og vindprognosene for fjellet.

Vindregistrering på bruene benyttes på samme måten. Noen stasjoner har programvare som tillater online-kontakt med stasjonen, og varsler om kraftige vindkast kan brukes i avgjørelser om bruene må stenges, og når den kan åpnes igjen (se kapittel 5.2 side 42).

#### **4.7 Skyer og relativ fuktighet**

Fra kurven for relativ fuktighet fra stasjonsdataene kan man ofte se om det er lave skyer/tåke. (Dette kan også gjøres ved å se på forskjellen på temperatur og duggpunkt, se kapittel 4.4 side 33). For at skyer skal kunne dannes må det være overskudd av fuktighet i luften.

Klimastasjonene synliggjør dette ved at den relative fuktigheten ved bakken øker etter hvert som skymengden øker og blir lavere/tettere.

Den relative fuktigheten kan også brukes til å identifisere lokal tåke. Tåke er som nevnt i kapittel 1.3.4 side 13 ikke annet enn skyer som ligger i bakkenivå. Ved strålingståke er det ofte klart på nærliggende steder (se kapittel 1.3.4.1). Hvis man har flere klimastasjoner som ligger i nærheten av hverandre kan man ved hjelp av kurven for relativ fuktighet få en indikasjon på om en eller flere av stasjonene ligger i områder med tåke. En stasjon som er på et sted med tåke vil ha mye høyere relativ fuktighet enn en som ligger i et tåkefritt område. Tåke kan føre til glatte vegger ved at fuktigheten avsettes på veggen og fryser.

På et meteogram vil forhold som lokal tåke sjeldent være vist.

På samme måte kan man oppdage oppklaring ved at den relative fuktigheten avtar på stedet. Dette sammen med en strålingssensor (se kapittel 2.2.5 side 19) kan gi et forvarsel på at det kan oppstå mulig isdannelse ved fuktig vegbane. En endring i nettostråling som følge av oppklaring registreres umiddelbart av sensoren, men pga. varmelagring i bakken tar det 1-2 timer før vegbanetemperaturen begynner å reagere. Det kan m.a.o. gi et lite forvarsel om at noe er i ferd med å skje. Skal man klare å observere en oppklaring på denne måten kreves det at sensoren er plassert der hvor skydekket sprekker opp!

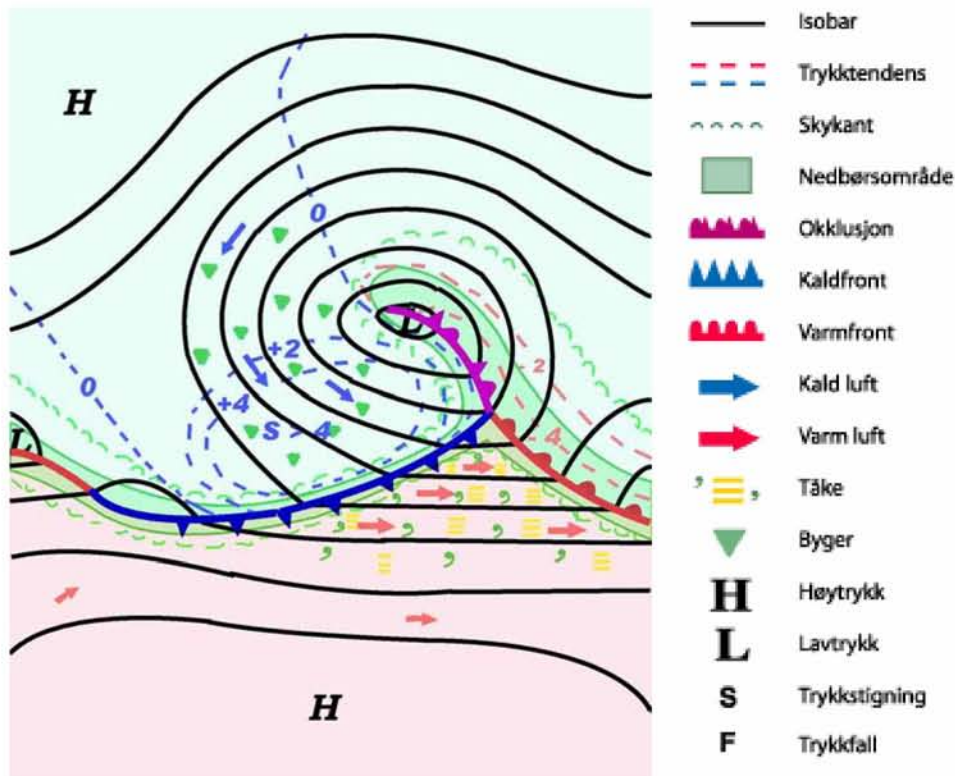
#### **4.8 Frontpassasje**

En frontpassasje fører ofte med seg nedbør og værendringer, og er derfor viktig i forbindelse med vintervedlikeholdet. I denne sammenheng er både meteogrammet og klimastasjonene viktige hjelpemidler.

Når lavtrykket passerer et sted oppstår en typisk rekke av værhendelser. Vi tenker oss en situasjon som vist i Figur 30. En nærmere beskrivelse av hendelser knyttet til fronter finns i kapittel 1.3.1 side 7.

1. Det første som skjer når en varmfront nærmer seg er at skymengden øker. Først får vi tynne og høye fjær- og meieskyer, deretter blir skydekket tykkere (*se på skyboksene i meteogrammet*). Vinden vil også øke og endre retning (*forvarsel fås i meteogrammet og den faktiske vindendringen og -økningen kan sees på klimastasjonene*). Trykket synker.

2. Videre vil det komme nedbør før varmfronten. Dette følges ofte av forholdsvis sterk vind.
3. Etter at varmfronten har passert følger en varmere luftmasse, temperaturen stiger, og forhold som dis, tåke og lave tåkeskyer forekommer. Vinden vil også dreie og avta noe. *Tåke er sjelden varslet på meteogrammene, men det kan oppdages fra klimastasjonene ved at det ofte er høy luftfuktighet ved tåke.* Trykket blir mer konstant.
4. Når kaldfronten passerer blir det ofte kraftig og kortvarig nedbør. Vindretningen endrer seg igjen og øker.
5. I den kalde luftmassen som kommer etter at kaldfronten er passert klarer det opp (*skymengden antydnet i skyboksene i meteogrammet reduseres*). Byger kan forekomme fra høye byggeskyer, og vinden er variabel i styrke. Trykket stiger igjen.



Figur 30: Frontsystem

Med utgangspunkt i meteogrammet kan man altså se hvis en værforandring/vindendring er ventet. Når denne kommer kan man få bekreftet ved å sjekke data fra klimastasjonene.

## 4.9 Isdannelse ved ulike værtilstander

Både vær og lokalklima har innvirkning på dannelse av is og tykkelsen av denne. Det bør legges til at lokalklimaet i seg selv er væravhengig (se kapittel 1.4.2 side 15). Ved å sammenstille værprognoser med kunnskap om lokalklimaet i området, kan beredskapstakeren få et bredere grunnlag til å ta en beslutning om et eventuelt tiltak. Nedenfor følger en kort oversikt over ulike værtilstander som kan føre til forskjellige typer glatt vegbane.

### 4.9.1 Kveld og natt, stille og klart

Ved temperatur rett over frysepunktet er denne værtilstanden meget vanskelig fordi plutselig tilfrysning kan forekomme. På grunn av at vegbanen hurtig avkjøles gjennom utstråling kan

rim/is dannes raskt. Hvor mye is som dannes avhenger av temperaturen og luftens fuktighetsinnhold. Denne typen glatt veg fører til mange ulykker fordi den dannes så raskt, og derfor ofte kommer uventet på bilisten.

*Registreringer av relativ fuktighet kan være et hjelpemiddel i denne situasjonen. Ved å følge med på utviklingen for duggpunktstemperatur og vegbanetemperatur kan man se om den ene synker hurtigere enn den andre.*

På stille, klare kvelder og netter forekommer også lokale tilfeller av strålingståke (se kapittel 1.3.4.1 side 14). I løpet av natten blir tåken ofte tykkere. Den kan da føre til en forsterket isdannelse på vegen pga. fuktigheten, men hindrer samtidig utstrålingen. Temperaturen avtar derfor langsommere enn hvis det hadde vært klart.

#### **4.9.2 Morgen, stille og klart**

Dersom det er stille og klart om morgenen kan tilfrysing oppstå meget raskt. Dette fordi vegbanen kan avkjøles kraftig i løpet av natten uten at det blir dannet rim (pga. at fuktighetsinnholdet i luften nær bakken er for lav). Når solen begynner å varme opp det bakkenære luftsjiktet på morgenen blir det bevegelse i luftlagene, og da kan en fuktigere luftmasse fra høyere luftlag komme i kontakt med vegbanens kalde overflate og medføre hurtig isdannelse.

*Igen er det kurvene for duggpunkt og vegbanetemperatur som gjelder. Vind med en viss styrke kan bidra til at dette fenomenet ikke skaper noen farlig situasjon.*

Denne situasjonen er vanskelig og farlig. Isdannelse skjer hurtig og kan føre til meget glatt vegbane samtidig som at trafikantene ikke er beredte på denne hurtige endringen av kjøreforholdene. For vedlikeholdsansvarlige kan det være vanskelig fordi vegen kan ha vært tørr ved inspeksjon tidligere på morgenen. En time senere kan det ha oppstått is. Økt solstråling utover dagen medfører at isen smelter og fuktigheten fordampes relativt fort. Det er viktig å ha i tankene at også trafikken kan ha innvirkning på denne bevegelsen (vegen kjøres tørr av trafikken).

#### **4.9.3 Oppklarning etter skyet periode**

Ved oppklarning etter en skyet periode med temperaturer omkring 0 °C øker faren for tilfrysing. Dersom denne situasjonen inntreffer på kvelden synker temperaturen fort. Fordi luften ofte er fuktig etter perioder med tett skydekke, kan rim dannes hurtig. Dersom det har kommet regn i løpet av tiden det var overskyet kan dette vannet fort fryse til is på vegen.

*En utstrålingssensor kan være nyttig i denne situasjonen (se kapittel 2.2.5 side 19). Fra denne kan man oppdage om skydekket sprekker opp før en tilfrysing skjer.*

#### **4.9.4 Skyet og vind**

Ved skyet vær med vind forekommer få overraskende situasjoner med isdannelse. Dersom det eksisterer vann på vegbanen fryser dette vanligvis tidligst på høytliggende områder når lufttemperaturen er nær 0 °C. Fordi skyene demper utstrålingen fra bakken og vinden gir en omrøring i luftsjiktet nær bakken er det liten sannsynlighet for at rim dannes.

#### 4.9.5 Frontpassasje

Kraftig avsetning av rim kan forekomme på kald vegbane som utsettes for fuktig, relativt varm luft. Dette inntreffer ofte i sammenheng med varmfrontpassasjer (se kapittel 1.3.1 side 7).

En helt tørr vegbane kan hurtig islegges på denne måten. Denne istypen kan forekomme i alle terreng, men er vanligst i kystnære områder der luften er fuktig. De vanligste problemene i sammenheng med frontpassasjer kommer fra nedbøren.

Kaldfronter etterfølges gjerne av kjøligere luft og byger. Innimellom bygene kan man få oppklarning som kan føre til avkjøling av vegbanen og tilfrysing (se kapittel 4.8 side 37).

*Trykket faller ofte raskt foran en varmfront. Når trykket "flater ut" har fronten passert. Når trykket stiger igjen har kaldfronten passert.*

## 5 Praktiske funksjoner på klimastasjonene

### 5.1 Stasjoner i beredskap og alarmer

En del av klimastasjonene kan gi et varsel dersom gitte kriterier slår til (beredskapsverdier overskrides). Man får da et varsel når det er noe spesielt på gang, og slipper å sitte bøyd over pc'en til enhver tid for å følge utviklingen. Alternativt kan man sette opp systemet slik at det sendes en SMS-melding på mobiltelefon til en angitt bruker dersom stasjonen går i beredskap.

Stasjoner i beredskap er en smart løsning, men krever mye av utstyr og brukere. Å sette kriterier er vanskelig. En grenseverdi som er riktig på et sted kan være mindre nøyaktig på stasjonen som ligger 2 km unna. En slik bruk av stasjonene krever lokalkunnskap og nøye oppfølging (spesielt i begynnelsen) og det setter store krav til sensorenes målenøyaktighet og dermed også vedlikeholdet av stasjonene.

Eksempler på beredskapskriterier som kan benyttes er: (teksten i kursiv forklarer hvilke forhold de forskjellige alarmene beskriver)

#### 1. Kombinasjon av lufttemperatur og nedbør

Når lufttemperatur er lavere enn en definert grenseverdi og det samtidig registreres nedbør på stasjonen (ja/nei eller mengde). *Fare for at nedbøren som kommer kan være snø, evt. sludd/regn.*

#### 2. Kombinasjon av vegbanetemperatur og nedbør

Når vegbanetemperaturen er lavere enn grenseverdi og det samtidig registreres nedbør (ja/nei eller mengde). *Fare for at nedbøren som kommer kan fryse på vegen eller legge seg dersom det er snø.*

#### 3. Duggpunktalarm

Når

- vegbanetemperaturen er lavere enn duggpunktstemperaturen OG
- vegbanetemperaturen er lavere enn en gitt grenseverdi OG
- lufttemperaturen er lavere enn en gitt grenseverdi

*Dugg /frost kan skape farlige forhold på vegbanen som krever at det utføres tiltak.*

#### 4. Vind

Dersom vinden er større enn en grenseverdi i over 10 min.

*Grenseverdien varierer noe avhengig av hva som skal skje i en slik beredskapssituasjon (skal skilt aktiveres eller skal vegen stenges?).*

*Grenseverdiene som brukes som utgangspunkt for evt. lokal tilpasning er:*

*Lufttemperatur: 2 °C*

*Vegbanetemperatur: 1 °C*

*Nedbør: 5 min. eller 0,2 mm*

*Vind: 20 m/s (sterk kuling)*

Om, og eventuelt hvilke beredskapskriterer som finnes for de enkelte klimastasjonene avhenger av type stasjon og hvilket system som brukes for presentasjon av dataene.

## **5.2 Vindobservasjoner**

Ved hjelp av vindmåler på stasjoner kan man aktivere skilt automatisk dersom gitte kriterier overstiges. Denne funksjonaliteten er i bruk på flere vindutsatte bruer. På hver side av bruene er det montert mekanisk variable skilt, mens vindmåleren er montert midt på bruene. Systemet fungerer helt automatisk på stedet samtidig som det kan varsle Vegtrafikksentralene når skiltene er aktivert. Skiltene tilbakestilles når vinden er kommet under en grenseverdi og har vært under denne grenseverdien en gitt tid, for eksempel ti minutter

Til systemet kan det også monteres automatiske vegbommer.

## **5.3 Automatisk opplesning av verdier**

Enkelte steder i landet er det mulig å ringe opp stasjonene og få avlest de sist registrerte verdiene. Dette er en nyttig funksjon dersom man f.eks. sitter i bilen og lurere på hvordan forholdene er et annet sted. Kanskje lurere man på om det nå har begynt å snø på stedet?

Ulempen med denne måten å bruke stasjonene på er at man ikke får se noen tidsutvikling i dataene. Dersom den sist avleste verdien var gal vil det også være denne som leses opp over telefon (med mindre en kvalitetskontroll luket unna feilen). Ofte er det heller ikke den sist avleste verdien som er mest interessant, men hvordan f.eks. temperaturen har endret seg på stasjonen de siste timene. Har man derimot sjekket forholdene før man reiser ut kan en slik oppdatering over telefon være meget nyttig.

## **5.4 SMS-melding**

Et alternativ til opplesninger av siste registrerte verdier ved klimastasjonen over telefon, er å få tilsendt en sms-melding med status på klimastasjonene. I likhet med en taleløsning får man da de siste registrerte verdiene ved stasjonen, og informasjonene benyttes på samme måte som nevnt over.

Det er også mulig å motta meteogram som sms-melding, da med prognose et døgn frem i tid. Dette er ikke et produkt Statens vegvesen kjøper fra [marked.met.no](http://marked.met.no), men entreprenører og andre som måtte ønske det kan inngå egen avtale med [marked.met.no](http://marked.met.no) om tilgang på slike meldinger.

## 6 Behov for klimadata i andre sammenhenger

Informasjon om værforhold er spesielt interessant for de som utarbeider prognoser av forskjellig slag. Det kan være værprognoser, prognoser på tilsig i vannreservoar, prognoser på forventet luftforurensning, prognoser om forventet reisetid osv. Felles for slike prognoser er at de blir bedre jo større observasjonsgrunnlaget er, og derfor er det interessant å få tilgang på data som andre har samlet inn.

I tillegg brukes historiske data i forskning og utvikling. Det kan være prosjekter som dreier seg om klima og værforhold, eller det kan være prosjekter om f.eks. trafikkforhold, som er avhengig av hvordan været var på et tidspunkt eller hvordan vegtilstanden var på denne gitte tiden.

De siste årene har det også vært mye snakk om at klimaet endrer seg, og mange mener vi kan forvente oss mer ekstremvær. Klimaforskere uttaler at vi på våre breddegrader kan forvente oss et varmere klima med mer nedbør og sterkere vind. Dette må man ha i bakhode når man skal dimensjonere konstruksjoner som bygninger, broer og skredsikringer. Man kan også være forberedt på at andre typer værforhold enn det man har vært vant til tidligere kan gjøre seg gjeldende på et sted.

Informasjon til publikum via forskjellige medier som radio, mobiltelefon og internett blir mer og mer etterspurt. Det er stadig etterspørsel etter mer informasjon og der kommer også de automatisk innsamlede data fra klimastasjonene inn som et alternativ.

Under kommer noen flere eksempler på områder hvor det er nødvendig med tilgang på klimadata.

### 6.1 Vinterindeks

Innføring av funksjonsavtaler har synliggjort behovet for en vinterindeks. En vinterindeks er et verktøy for summering av vær-situasjoner som fører til at tiltak må utføres på veien. Indeksen skal kunne brukes av Statens vegvesen for justering og tilpasning ved avregning av kontrakter. For å kunne beregne en slik indeks er man avhengig av registreringer av vær- og føreforhold i løpet av sesongen. Slike data kan komme fra klimastasjonene og værstasjonene til Meteorologisk institutt. Temperatur (luft- og vegbane-), nedbør og vind som registreres på stasjonene er de viktigste parametrene i en slik indeks.

Det eksisterer flere forskjellige indekser i andre land. Norge har i sitt arbeid tatt utgangspunkt i en av de allerede eksisterende indekser og tilpasset denne til norske forhold. Indeksen tar hensyn til lokale forhold.

En vinterindeks kan også benyttes som dokumentasjon overfor myndighetene ved søknad om midler til å drive vintervedlikehold.



## 6.2 Prognosemodeller for vegbanetemperaturen

Meteorologi dreier seg om forhold i luften. Meteogrammet og de andre produktene vi mottar fra marked.met.no gir oss informasjon om hvordan luftens tilstand forventes å bli den nærmeste fremtiden. Klimastasjonene gir informasjon om tilstanden på/ved vegen akkurat nå og hvordan den har vært.

Det finnes flere prognosemodeller rundt i verden som kombinerer meteorologiske data og gir prognoser på vegbanetemperatur og vegbanens tilstand. Felles for alle modellene er at det er strenge bånd mellom det respektive lands meteorologiske institutt og vegmyndigheter. Resultatet blir prognostiserte verdier fra 1-24 timer fram i tid (avhengig av modell og modelltype).

## 6.3 Luftkvalitet og miljø

For å undersøke luftforurensning er man avhengig av sentrale værparametre i tillegg til registreringer av PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub>, CO osv. Målinger av vindhastighet, vindretning, temperatur, fuktighet og nedbør er nødvendig for å få verifisere prognosemodellene for spredning og luftforurensning, og for å få simulere hvordan luftforurensningen vil endre seg som følge av tiltak. Dokumentasjon av hvordan forurensningen vil forflytte og utvikle seg over tid er et viktig beslutningsgrunnlag for vegmyndigheter og miljømyndigheter.

Det er meget sterk sammenheng mellom relativ fuktighet og mengden vegstøv i luften. Lufttemperaturen betyr mye for mengden finstøv, mens snøvær og snødekke reduserer problemene med vegstøv til et minimum. Regn fjerner NO<sub>x</sub> fra luften. Slik kan en fortsette å nevne opp sammenhenger.

Informasjon og varsel om luftforurensning, og da spesielt i forbindelse med vinter, er en viktig oppgave i de store byene. For Trondheim er det Vegtrafikksentralen i Sør-Trøndelag som lager de daglige varslene. I de andre byene er det enten de enkelte kommunene eller Meteorologisk institutt som står for denne oppgaven. Statens vegvesen har etablert målestasjoner med miljøsensorer i 10 byer i tillegg til de tradisjonelle klimastasjonene for å følge opp forurensningsforskriftens kapittel om lokal luftkvalitet. I forbindelse med denne Bedre byluft-aktiviteten driftes flere 25 meter høye meteorologimaster for å registre klimaet. I Oslo, Drammen og Stavanger står det slike master.

## 6.4 Snøskred

Snøskred og drivsnø skaper betydelige problemer for drift og vedlikehold av mange veger i Norge. For å oppnå en god og sikker trafikkavvikling i skredutsatte områder er det nødvendig med kontinuerlige observasjoner av været og forholdene i fjellområdene (løsneområdene for skred). Spesielt er det viktig å kjenne til forhold om vind og nedbør i fjellområdene for å kunne si noe om snøskredfare. Klimastasjoner står plassert langs vegen som ofte ligger i dalbunner og er derfor lite egnet for å si noe om skredfare uten at man supplerer med andre hjelpemidler. Se ellers *Håndbok nr. 167 "Snøvern"* for mer informasjon om dette temaet.

## 6.5 Duggproblemer i tunneler

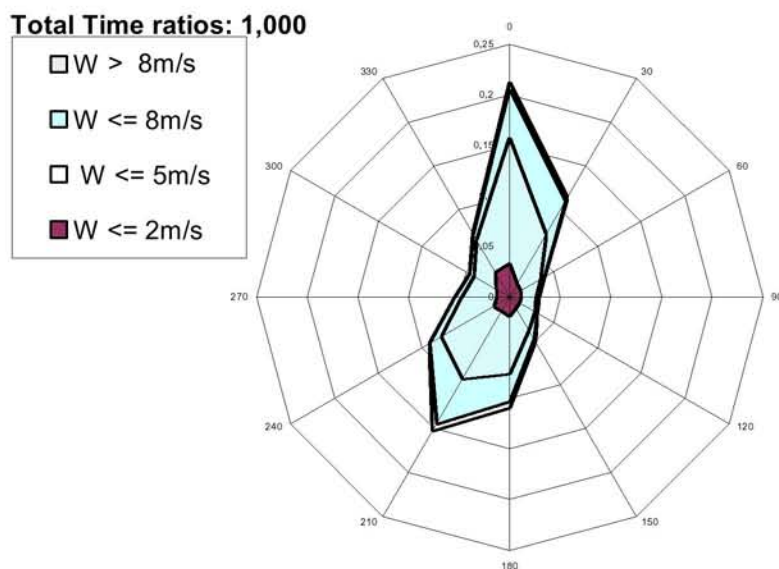
Kondensdannelse på frontrute i forbindelse med kjøring i tunnel oppstår når det er forskjell i lufttemperaturen utenfor og inne i tunnelen. Når varm fuktig luft avkjøles, vil vanddamp kondensere. Dette kan opptre som dugg (eller rim) på kalde flater som for eksempel en bilrute.

Undersøkelser gjennomført i 2004 og 2005 viser at fenomenet kan oppstå over hele landet til alle årstider - og kan oppleves svært problematisk for bilførere. Norge har hatt flere trafikkulykker i tunneler som muligens kan knyttes til værforhold og duggdannelse. Fenomenet dugg ser ut til å oppstå oftest i tunneler over 1 km med toveistrafikk. (Lervåg, 2005).

Temperatur og fuktighetsmålinger inne i og utenfor tunneler kan være et viktig hjelpemiddel i forbindelse med å si noe om hvor stor faren for kondensdannelse er.

## 6.6 Vindroser

Vindroser viser dominerende vindhastighet og retning i et bestemt geografisk punkt. Vindretning og -hastighet er midlet over en gitt tid, f. eks. 15 år. Figur 31 viser et eksempel på en vindrose. Vindretning  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  og  $270^\circ$  svarer til vind fra nord, øst, sør og vest. Fra figuren ser vi at vind fra nord og sør-sørvest dominerer på stedet denne vindrosen gjelder for. De skisserte vindhastighetene er lavest ved figursenteret og øker utover. Tallene på radialaksen (her: 0 til 0,25) viser til den andelen av tiden som vinden kommer fra de ulike retningene. I dette eksempelet ser vi at i overkant av 20 % av tiden kommer vinden fra nord, i ca. 15 % av tiden er vinden fra nord med en hastighet lavere enn 5 m/s, og i ca. 5% av tiden kommer vinden fra nord med en hastighet mellom 5 og 8 m/s.



**Figur 31: Vindrose**

Vindroser blir for eksempel benyttet i forbindelse med planlegging og bygging av veger i drivsnømråder (se kapittel 6.4 om snøskred) og i forbindelse med risikoanalyser. I begge tilfellene er det viktig med informasjon om hvilke vindretninger og hastigheter som er mest vanlig på et spesifikt sted. Vindhastighet- og retning har også stor betydning for studier av tunnelbranner med tanke på spredning av røyk og eventuelle giftige gasser.

Nødvendige data for å lage vindroser kan bestilles fra [marked.met.no](http://marked.met.no).

# Vedlegg

- 1) Litteraturliste
- 2) Figurliste / Tabelliste
- 3) Målenøyaktighet

## Vedlegg 1

### Litteratur

A.H.Perry & L.J.Symons	Highway Meteorology
J. M. Wallace & P.V. Hobbs	Atmospheric Science - an introductory survey
A.Eliassen & K. Pedersen	Meteorology- an Introductory Course, Vol. I og II.
Richard Whitaker, William J. Burroughs, Bob Crowder, Ted Robertson, Eleanor Wallier-Talbot	Meteorologi for alle, Været
C. Donald Ahrens	Meteorology Today
K. Utaaker	Mikro- og lokalmeteorologi

---

Thor Erik Nordeng, 1998:	Duggproblemer i Holmestrandtunnelen Research Report No. 74, Det norske meteorologiske institutt
Lone Lervåg, 2005:	Kartlegging av faktorer som har betydning for kondensdannelse i tunner Sintef rapport STF50 A05005
Håndbok 167, Statens vegvesen	Snøvern
Håndbok 266. Statens vegvesen	Klimastasjoner

## Vedlegg 2

### FIGURLISTE

Figur 1: Temperaturfordeling i atmosfæren .....	3
Figur 2: Eksempel på temperaturvariasjon mellom observert høyde (2m) og bakken om dagen (til venstre) og om natten (til høyre) .....	3
Figur 3: Temperaturens variasjon med høyden ved en inversjon .....	4
Figur 4: Energiutveksling mellom jorden og atmosfæren.....	6
Figur 5: Jordens strålingsbalanse .....	7
Figur 6: Varmfront .....	7
Figur 7: Kaldfront.....	8
Figur 8: Orografisk nedbør.....	8
Figur 9: Temperaturfordeling som gir mulighet for underkjølt regn .....	9
Figur 10: Hagl og tordenvær. Luftbevegelse i bygesky .....	10
Figur 11: Vindstyrke mellom isobarer i relasjon til strømmen i en elv .....	10
Figur 12: Vindretning rundt trykksystem.....	11
Figur 13: Fønvind.....	13
Figur 14: Strålingståke .....	14
Figur 15: Makroklima .....	15
Figur 16: Lokalklima.....	15
Figur 17: Mikroklima .....	15
Figur 18: Eksempel på en klimastasjon.....	17
Figur 19: Korttidsmeteogram for Dovrefjell.....	21
Figur 20: Radarbilde fra radarene i Asker, Hægebostad og Bømlo .....	23
Figur 21: Radarstrålens avbøyning pga. jordkrumningen.....	24
Figur 22: Nedbørsfelt angir hvor det ventes nedbør og hvor mye(til venstre),og nedbørsfelt som angir hvor mye av nedbør som kommer som snø (til høyre).....	25
Figur 23: Værkart for vindstyrke og -retning i 1500 moh. (øverst) og 10 moh. (nederst).....	25
Figur 24: Værkart for temperaturer i høydene 1500 m (øverst) og 2 m (nederst.) .....	26
Figur 25: Bilde fra den geostasjonære METEOSAT-satellitten .....	27
Figur 26: Visuelt satellittbilde.....	28
Figur 27: Infrarødt satellittbilde fra en satellitt i polar bane .....	28
Figur 28: Subjektiv analyse av vær-situasjonen (til venstre), subjektiv prognose (til høyre)...	30
Figur 29: Variasjon av luft-, dugg- og vegbanetemperatur gjennom døgnet.....	35
Figur 30: Frontsystem .....	38
Figur 31: Vindrose .....	45

### TABELLISTE

Tabell 1: Forholdet mellom duggpunkt, temperatur og relativ fuktighet.....	5
Tabell 2: Beauforts vindskala.....	12
Tabell 3: Oppdateringstidspunkter modeller.....	22
Tabell 4: Tidsangivelse i tekstvarslet .....	29
Tabell 5: Faste ord og uttrykk i værmeldingen .....	29
Tabell 6: Vindprognose for fjellet.....	30
Tabell 7: Måleusikkerhet, måleområde og parametre som måles av hver enkelt sensor .....	IV

## Vedlegg 3

### Målenøyaktighet

Klimastasjonene gir oss punktmålinger. Spesielt for vegbanetemperaturen er det viktig å være klar over hvor representativt punktet er i forhold til området rundt. I tillegg er det viktig å vite hvilken målenøyaktighet sensorene har. Uansett hvor bra vi plasserer stasjon og sensorer og hvor flinke vi er til renhold og kalibrering, vil aldri sensorene bli bedre enn det målenøyaktigheten til sensorene tilsier. Tabell 7 angir nøyaktigheten til de mest brukte sensorene i tillegg til måleområde, hvilke parametre sensorene måler og hvilke benevninger disse parametrene har.

Type måling	Måleenhet	Måle- område	Usikkerhet	Kommentar
Vegbanetemperatur	°C	-44 - +50°C Aanderaa	± 0,2°C	
Lufttemperatur	°C	-40 - +60°C	± 0,3°C	
Relativ fuktighet	%	0-100%	bedre enn 1%	Brukes til å beregne duggpunkts- temperaturen.
Nedbør				
Ja/nei (DRD11A)	Ant. minutter nedbør	0-60 min	±1 min	Måler: <ul style="list-style-type: none"> <li>• minutter nedbør</li> <li>• intensitet i form av "ikke", "litt", "middels" eller "mye" nedbør</li> </ul>
Optic eye	Ant. mm og type nedbør		±25%	Måler: <ul style="list-style-type: none"> <li>• millimeter nedbør</li> <li>• type nedbør (snø, regn eller blandet)</li> </ul>
PWD11	m  mm/h mm	10-2000 m	0,10 mm/h ±30%	Måler: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sikt</li> <li>• nedbørtype</li> <li>• nedbørintensitet</li> <li>• akkumulert nedbør</li> </ul>
Vindretning Vindhastighet	grader m/s	0-360° 0,4 - 75 m/s	± 3° ± 0,5 m/s	
Frysepunkt/ Restsalt	°C / %	-26 - +3°C	± 10%	Måler: <ul style="list-style-type: none"> <li>• frysepunkt</li> <li>• saltmengde og konsentrasjon</li> </ul> Maksimum konsentrasjon er ca. 26%.
Utstråling	W/m <sup>2</sup>	± 2000 W/m <sup>2</sup>	± 1%	Måler differansen mellom inn og utstrålt sollys og infrarødt lys.  Oppløsning: 4 W/m <sup>2</sup>

**Tabell 7:** Måleusikkerhet, måleområde og parametre som måles av hver enkelt sensor