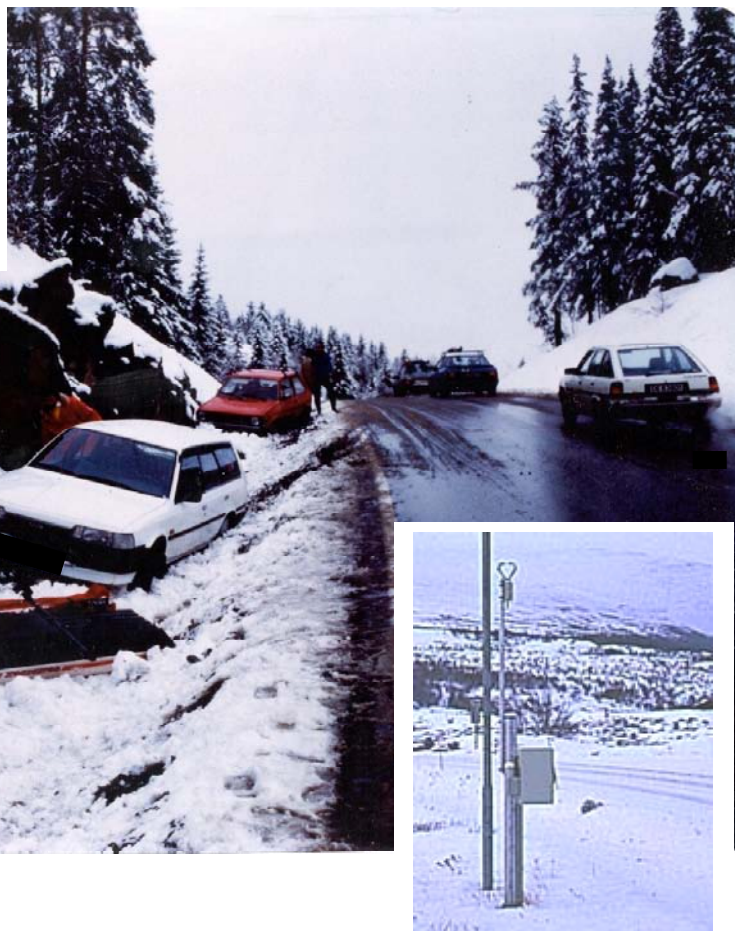
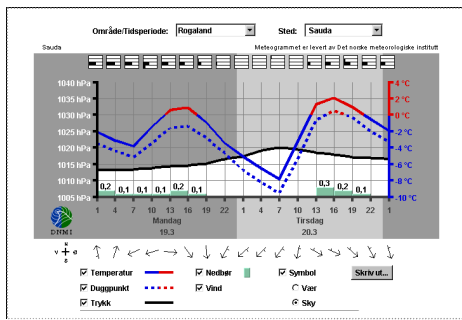




Meteorologi og klimastasjoner

Veileder i bruk av meteorologiske data i Statens vegvesen.



RAPPORT	REPORT
Tittel Meteorologi og klimastasjoner	Title Meteorology and road weather stations
Forfattere Trygve Aas, Det norske meteorologiske institutt Anette H. Mahle, Vegdirektoratet Gry Rogstad, Vegdirektoratet	Authors Trygve Aas, Norwegian meteorological Institute Anette H. Mahle, Norwegian Public Roads Administration Gry Rogstad, Norwegian Public Roads Administration
Avdeling/kontor Transport- og trafikksikkerhetsavdelingen / Kontor for transportinformatikk	Department/division Road Transport and Safety Department / Transport Informatics Division
Prosjektnr	Project number
Rapportnr TTS-3-2001	Report number TTS-3-2001
Prosjektleder Anette H. Mahle	Project manager Anette H. Mahle
Etatssatsingsområde/oppdragsgiver	Project program/employer
Emneord Meteorologi Klimastasjoner	Key words Meteorology Road Weather Stations
Sammendrag Rapporten omhandler bruk av meteorologi, meteorologiske data og klimastasjoner i Statens vegvesen. Formålet med rapporten er å gi veiledning til brukeren og å øke forståelsen for behovet av værdata som beslutningsstøtte i vintervedlikeholdet. Innholdet inkluderer definisjon 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 av det norske meteorologiske institutt. Det er sett på praktisk bruk av de ulike værdataene, særlig med tanke på vintervedlikeholdet. Til slutt i rapporten er en kort gjennomgang av hva som er gjort på dette området i noen andre land, og det blir sett på ulike behov av klimadata i andre sammenhenger enn i vedlikeholdsarbeid, som for eksempel historisk bruk og prognoseberegninger.	Summary This report discusses the use of meteorology, meteorological data and road weather stations at the Norwegian Public Roads Administration. 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 roads weather stations and different sensors associated with these are described. Different products delivered by the Norwegian Meteorological Institute are then examined. A description of how to use the different weather data is given. Finally there is a short description of what some other countries have done within this area. The use of weather data in other connections, like historical use and prognosis calculations are stated.
Språk Norsk	Language of report Norwegian
Antall sider 64	Number of pages 64
Dato Mai 2001	Date May 2001

Forord

Formålet med denne rapporten er å bidra til økt bruk av meteorologiske data, og øke generell kunnskap om meteorologi i Statens vegvesen.

Statens vegvesen kjøper stadig mer data fra Det norske meteorologiske institutt ved siden av et økende antall "egne" klimastasjoner. Bruken av de forskjellige dataene og kunnskapen hos brukeren varierer mye. Vi håper at denne veilederen skal bidra til økt forståelse og gi en bredere beslutningsstøtte.

Interessen for temaet meteorologi og vær er veldig variabel. Denne veilederen er ment å kunne være et oppslagsverk for de spesielt interesserte ved siden av å være en enkel innføring for den alminnelige brukeren.

Rapporten skal etter hvert lages som en veileder i Håndbokserien til Statens vegvesen. Før det blir gjort ønsker vi at brukeren skal få anledning til å komme med kommentarer og synspunkter slik at veilederen blir så bra som over hodet mulig og dekker de behov som brukeren har.

Prosjektgruppen som har utarbeidet veilederen har bestått av:

Trygve Aas, Statsmeteorolog, Det norske meteorologiske institutt
Anette Heiberg Mahle, Kontor for transportinformatikk, Vegdirektoratet
Cecilie Stenersen, Kontor for transportinformatikk, Vegdirektoratet
Gry Rogstad, Kontor for transportinformatikk, Vegdirektoratet

Kommentarer og tilbakemeldinger ønskes sendt til Anette H. Mahle.

Dersom flere eksemplarer ønskes tilsendt kan disse fåes ved henvendelse til Kontor for transportinformatikk.

Transport- og trafikksikkerhetsavdelingen
Med hilsen

Finn Harald Amundsen
Avdelingsdirektør

INNHOOLD

FORORD	I
INNHOOLD	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.....	3
1.2.4 Fuktighet.....	5
1.2.5 Stråling.....	6
1.3 NOEN VÆRFENOMEN.....	8
1.3.1 Fronter	8
1.3.2 Nedbør.....	9
1.3.3 Vind.....	11
1.3.4 Tåke.....	13
1.4 KLIMA	14
1.4.1 Makroklima	14
1.4.2 Lokalklima.....	14
1.4.3 Mikroklima	15
2 KLIMASTASJONER	17
2.1 GENERELT	17
2.1.1 Teknisk beskrivelse av klimastasjoner.....	17
2.1.2 Plassering av klimastasjoner.....	17
2.1.3 Leverandører.....	18
2.1.4 Presentasjonsprogram.....	18
2.2 SENSORER.....	20
2.2.1 Lufttemperatur og relativ fuktighet.....	20
2.2.2 Nedbør.....	20
2.2.3 Vegbanetemperatur og restsalt.....	21
2.2.4 Vind.....	22
2.2.5 Utstråling	22
2.3 MÅLENØYAKTIGHET.....	23
3 PRODUKTER FRA DNMI.....	25
3.1 USIKKERHETER.....	25
3.2 METEOGRAM	26
3.3 RADARBILDER	29
3.4 METEOROLOGISKE FELT / VÆRKART	31
3.5 SATELLITTBILDER.....	33
3.5.1 Geostasjonære satellitter.....	33
3.5.2 Polare satellitter.....	33
3.5.3 Visuelle satellittbilder.....	33
3.5.4 Infrarødt satellittbilde	34
3.6 TEKSTVARSLER	35
4 BRUK AV TILGJENGELIGE DATA.....	37
4.1 INNLEDNING	37
4.2 I HVILKEN REKKEFØLGE SKAL JEG TA FRAM PRODUKTENE?.....	37
4.3 TEMPERATUR.....	38

4.4	DUGGPUNKT OG FUKTIGHET PÅ VEG.....	39
4.4.1	<i>Fare for glatt vegbane</i>	39
4.4.2	<i>Saltet vegnett</i>	40
4.5	NEDBØR.....	41
4.5.1	<i>Nedbør ved kald bakke</i>	41
4.6	VIND OG FUKTIGHET.....	42
4.7	SKYER OG RELATIV FUKTIGHET.....	43
4.8	FRONTPASSASJE.....	43
4.9	ISDANNELSE VED ULIKE VÆRSITUASJONER.....	44
4.9.1	<i>Kveld og natt, stille og klart</i>	45
4.9.2	<i>Morgen, stille og klart</i>	45
4.9.3	<i>Oppklarning etter skyet periode</i>	45
4.9.4	<i>Skyet og vind</i>	46
4.9.5	<i>Frontpassasje</i>	46
5	PRAKTISKE FUNKSJONER PÅ KLIMASTASJONENE	47
5.1	STASJONER I BEREDSKAP OG ALARMER.....	47
5.2	VINDVARSLING.....	48
5.3	AUTOMATISK OPPLESNING AV VERDIER.....	48
6	BEHOV FOR KLIMADATA I ANDRE SAMMENHENGER.....	49
6.1	VINTERINDEKS.....	49
6.2	PROGNOSEMODELLER FOR VEGBANETEMPERATUREN.....	49
6.3	LUFTKVALITET OG MILJØ.....	49
6.4	SNØSKRED.....	50
6.5	DUGGPROBLEMER I TUNNELER.....	50
6.6	BRUKERE UTENFOR STATENS VEGVESEN.....	50
7	KLIMAKARTLEGGING	51
7.1	GENERELT.....	51
7.2	BRUK AV KLIMAKART.....	52
8	HVA GJØR ANDRE LAND?	53
8.1	ANTALL STASJONER.....	53
8.2	HVORDAN BRUKES STASJONENE I ANDRE LAND?.....	53
8.2.1	<i>Sverige</i>	53
8.2.2	<i>Danmark</i>	53
8.2.3	<i>Finland</i>	53
	VEDLEGG	i
1.	PLASSERING OG VEDLIKEHOLD AV SENSORER.....	ii
2.	LITTERATUR.....	iv
3.	FIGURLISTE.....	v
4.	TABELLISTE.....	v
5.	VINDROSER.....	vi

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 tenker på det eller reflekterer over det. I Norge har vi fire årstider og været kan skape problemer som varierer fra årstid til årstid.

Kommer det varmt fuktig vær tidlig om våren kan det medføre flom i elver og bekker og vi vet alle hvilke problemer det kan resultere i. Om sommeren ønsker de som har ferie sol og varmt vær, mens jordbrukerne vil ha litt nedbør. Bli det for lite regn øker skogbrannfaren, mens om det blir varmt og høy fuktighet kan vi for eksempel få 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. Når lufttrykket synker medfører dette at vannet i havet stiger. Kombinert med vind kan dette resultere i store problemer nær kysten. Et kraftig regnvær kan skape problemer i byområder hvor bakken er asfaltert dersom dreneringssystemet ikke er dimensjonert for så store vannmengder.

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 både av den storstilte og den lokale topografien.

meteorologi 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. Meteorologi omfatter både vær og klima og tar for seg både dynamiske, fysiske og kjemiske prosesser i atmosfæren. Med vær forstår vi atmosfærens tilstand i øyeblikket. Regner det eller er det oppholdsvær, skinner solen eller 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 endrer seg innen et bestemt tidsrom og geografisk område.

normal-temperatur Om vi benytter forskjellige statistiske metoder på de forskjellige værparametre finner vi klima på et sted. Når vi sier at normaltemperaturen er 10 grader betyr det gjennomsnitts temperaturen gjennom de siste 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 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.

klima 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 nordmenn er opptatt av og mange av de ord som benyttes om været, er for de fleste velkjente. 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).

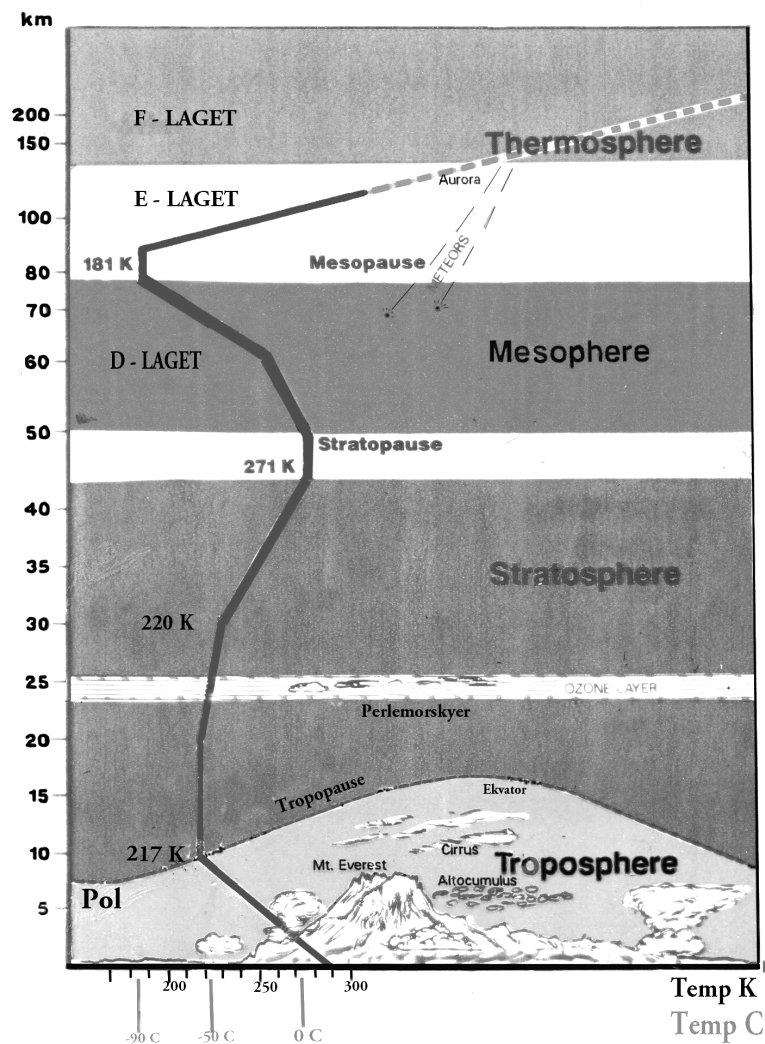
- troposfæren** Det nederste laget kalles troposfæren. Tykkelsen på dette laget av atmosfæren varierer med breddegraden. På 60°N er den ca. 11 km tykk og på ca. 70°N er den ca. 8 km tykk. I troposfæren synker temperaturen med ca. 1°C per 100 m og det er innenfor disse 11 km vi i praksis finner alt det vi kaller vær. I troposfæren
- stratosfæren** finner vi ca. 80% av atmosfærens masse. Over troposfæren ligger stratosfæren som strekker seg fra ca. 11 til ca. 50 km.
- ozonlaget** 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. ($\text{N/m}^2 = \text{Pa}$)

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

normaltrykk $p = 1013.2 \text{ mb (millibar)} = 1013.2 \text{ hPa}$ kaller vi normaltrykket.



Figur 1: Temperaturfordeling i atmosfæren

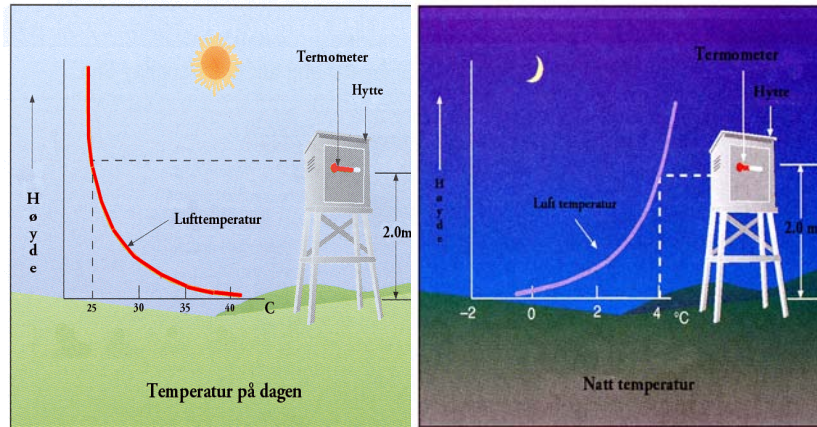
1.2.3 Temperatur

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

Celsius/
Kelvin

I Norge brukes vanligvis benevningen grader Celsius ($^{\circ}\text{C}$). I de fleste beregninger hvor temperatur inngår, benyttes grader Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) som er definert ut fra det absolutte nullpunkt ($-273,16^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{K}$). Forholdet mellom temperatur i Celsius (t) og Kelvin (T) kan skrives: $t = T - 273,16^{\circ}\text{C}$.

Når temperatur oppgis som observert eller varslet, er det i 2 meters høyde over bakken, dersom ikke annet er presisert (se Figur 2).



Figur 2: 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

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

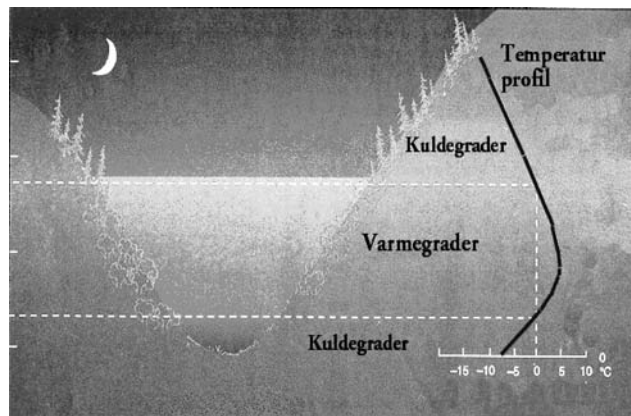
Ut fra likningen kan vi se at dersom lufttrykket holdes konstant vil temperaturen synke når tettheten (vekten) øker. Sagt på en annen måte betyr dette at *ved samme trykk vil luften bli tyngre når temperaturen avtar*. Dette er et velkjent fenomen som blant annet utnyttes i varmluftsballonger. Ved å varme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

kuldegrop

I spesielle vær-situasjoner om vinteren, når det er lite vind, vil den kaldeste luften samle seg i de laveste områdene, kuldegroper. I dalfører vil den kaldeste luften ligge i bunnen av dalen mens temperaturen stiger når vi beveger oss oppover i dalsidene. Dette at temperaturen stiger med høyden kalles en inversjon (se Figur 3).

inversjon

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.



Figur 3: Temperaturens variasjon med høyden

1.2.4 Fuktighet

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

mettet luft

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 og fuktighet vil falle ut. Luft med maksimal fuktighet ved en 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 absolutte 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 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 vi får 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 $\text{g(vanndamp)/kg(luft)}$.

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 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% Td	80% Td	70% Td	60% Td	50% 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

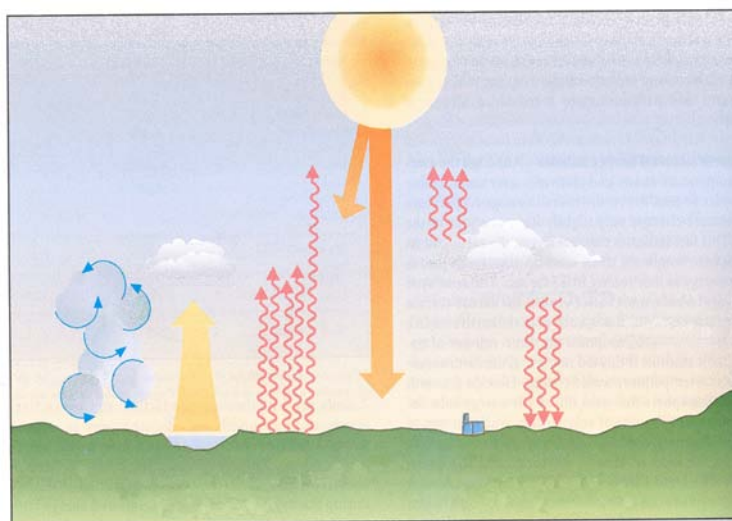
1.2.4.4 Frysepunkt

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/m³).

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

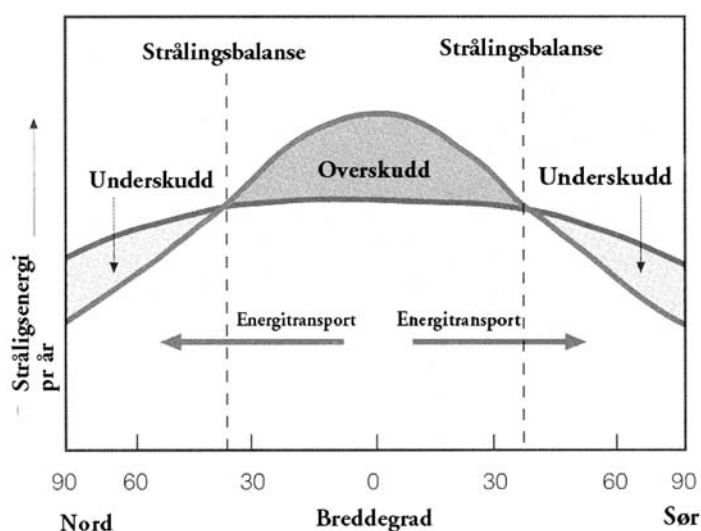
Mørke områder på jordoverflaten (f.eks. fjell, jord, asfalt) absorberer nesten all solenergi som faller på dem og blir derfor raskt varme (og raskt kaldere). Lyse felter derimot, som snø, reflekterer nesten all innkommende solenergi, og temperaturen endrer seg langsomt.

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.

**drivhus-
effekten**

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. (Værsystemene forsøker å utjevne forskjellen).



Figur 5: Jordens strålingsbalanse

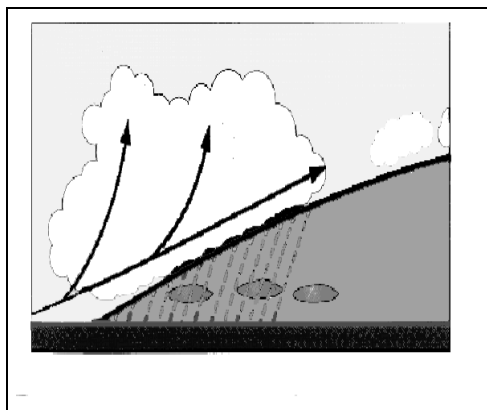
1.3 Noen værphenomen

1.3.1 Fronter

En front er et skille mellom to luftmasser. Disse to luftmassen 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

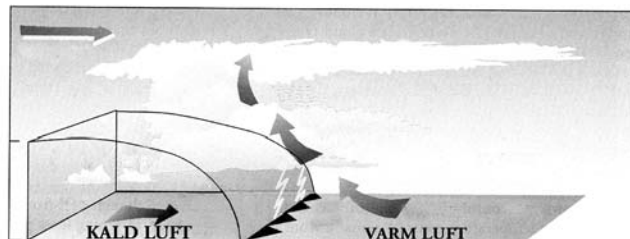
La oss først se litt på en varmfront. Den varme luftmassen skyver den kalde luftmasse foran seg (se Figur 6). En luftmasse blir tyngre jo kaldere den er, og derfor vil den varme luften skli over den kalde luften¹. Siden den varme luften sklir over den kalde luften vil den avkjøles og det dannes skyer. 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 og etter hvert som skylaget tykner, vil det komme nedbør. Men fortsatt er det lenge før fronten passerer. Et uttrykk som brukes 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.

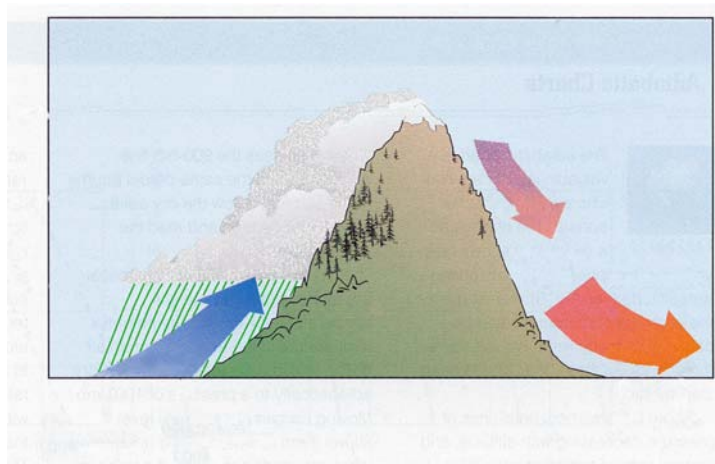


Figur 7: Kaldfront

¹ Når vi her snakker om varme og kalde luftmasser, kan den varme luftmassen for eksempel ha en temperatur på -10°C , mens den kalde luftmassen har -20°C . Det er altså den relative temperaturforskjellen vi ser på.

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.



Figur 8: Orografisk nedbør

**orografisk
nedbør**

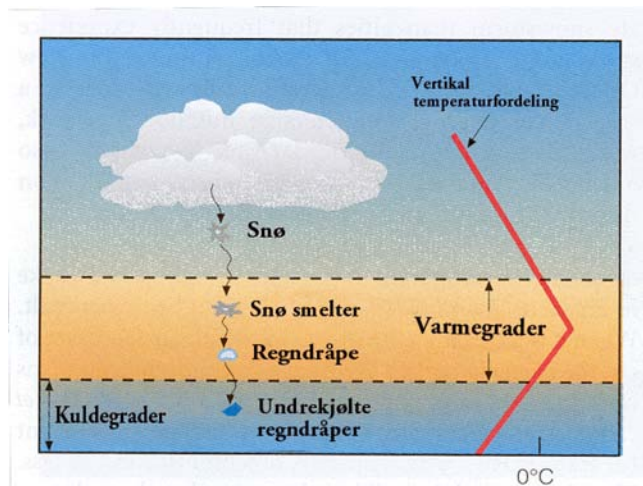
Nedbør dannes ikke bare i forbindelse med fronter. En fuktig luftmasse som møter en fjellkjede vil bli presset oppover. Den blir avkjølt, luften blir mettet og det begynner å falle ut nedbør. Svært mye av vannet faller ut på losiden av fjellet, og dette kalles orografisk nedbør. Når luften kommer på lesiden synker den, den 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 (se Figur 8).

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 side 3).

La oss si at temperaturen ved bakken er -8°C , mens den i 1000 m er $+5^{\circ}\text{C}$. 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°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°C , men det er ikke alltid tilfelle. I laboratorier har man underkjølt vann helt ned til -47°C .



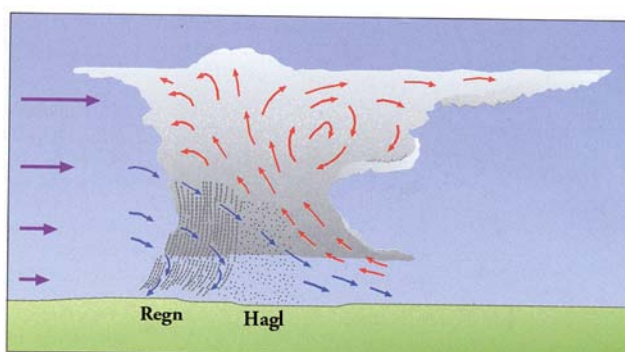
Figur 9: Temperaturfordeling som gir mulighet for underkjølt regn

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°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°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 side 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°C nivået og fryser til is igjen på vei oppover. Dette kan gjenta seg mange før de til slutt faller ut som hagl.



Figur 10: Hagl og tordenvær. Luftbevegelse i bygesky

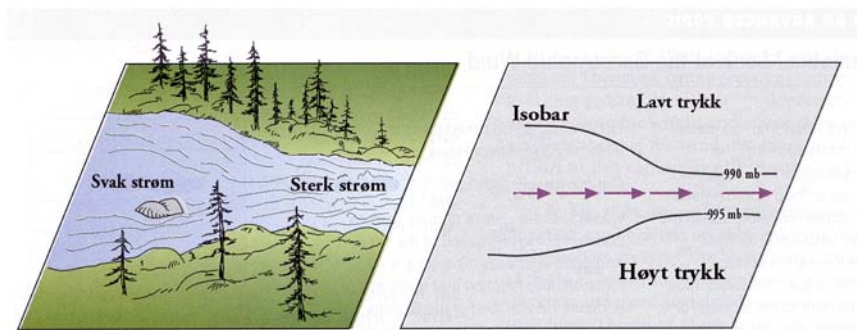
Tordenvær er et annet fenomen som kan oppstå når det er sterke oppadgående luftstrømmer. Vi kan si at hagl og tordenvær er beslektede fenomener. Kommer det hagl er det mulighet for torden, og har vi torden er det ganske sikkert en haglbyge i området.

1.3.3 Vind

isobar

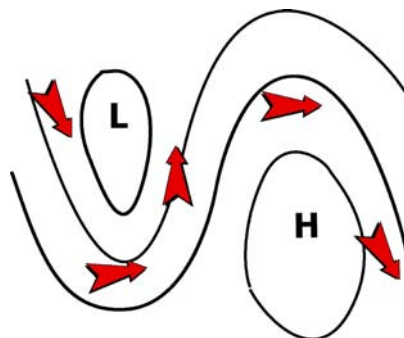
Vind er forflytning av luft. Vind dannes fordi det er trykkforskjeller i atmosfæren. På et værkart blir det tegnet isobarer (linjer gjennom punkter med samme trykk) for å finne ut hvor det er høytrykk og hvor det er lavtrykk. Der hvor isobarene ligger tett blåser det mye, mens der hvor det er stor avstand 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 (se Tabell 2).

	Beaufort	M/s	Knop	Kjennetegn på vindstyrken
0	Stille		0-1	Røyk stiger rett opp
1	Flau vind		1-3	Vindretning kan sees på røyken
2	Svak vind	2	4-6	Vinden kjennes så vidt i ansiktet
3	Lett bris	5	7-10	Løv og lette vimpler settes i bevegelse
4	Laber bris	7	11-16	Strekker flagg og vimpler, små kvister settes i bevegelse.
5	Frisk bris	10	17-21	Små trær begynner å svaie
6	Liten kuling	12	22-27	Store greiner og mindre stammer settes i bevegelse, det hviner i telefontråder
7	Stiv kuling	15	28-33	Hele trær rører seg
8	Sterk kuling	20	34-40	Kvister brekkes av trærne, tungt å gå mot vinden
9	Liten storm	22	41-47	Store trær svaier og kaster på seg, takstein kan blåse av
10	Full storm	25	48-55	Sjelden inne i landet. Trær velter, store skader på hus
11	Sterk storm	30	56-63	Forekommer sjelden. Store ødeleggelser
12	Orkan	33-	64-	Forekommer meget sjelden. Uvanlige store ødeleggelser.

Tabell 2: Beauforts vindskala

1.3.3.1 Friksjon

vindkast

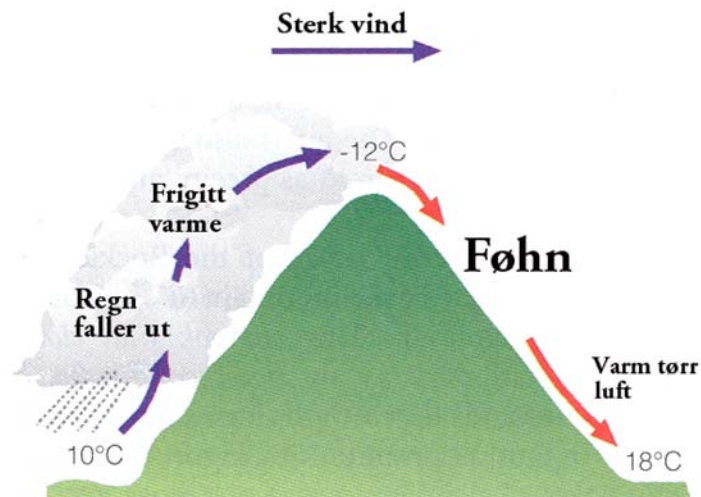
I overgangen mellom bakken og atmosfæren fører friksjonen til at vinden påvirkes (kan merkes opp til en høyde på 1 km) og det dannes turbulens. Den turbulente luften merker vi ved at vindhastigheten øker og avtar og retningen endrer seg raskt. Det er dette som kalles vindkast eller Gust på engelsk.

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 Føhnvind

Føhn 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.



Figur 13: Føhnvind

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 den bli liggende i mange dager.

1.3.4.3 Frostrøyk

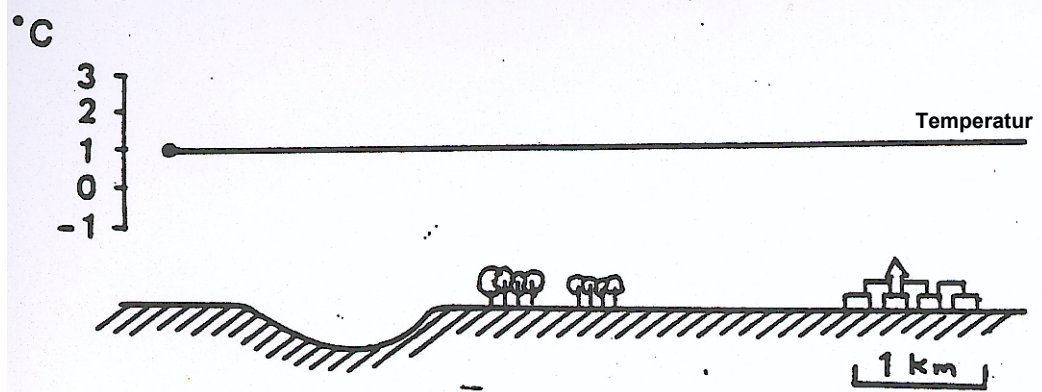
Frostrøyk dannes om høsten og vinteren over en åpen innsjø eller fjord. Luft over land kan bli avkjølt så mye at temperaturen i luften er lavere enn temperaturen i vannet. Når denne kalde luften strømmer ut over åpent vann, vil den luften som ligger over sjøen og som er varmere og fuktigere, avkjøles 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.

1.4 Klima

Været over en lengre periode kan beskrives med statiske 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

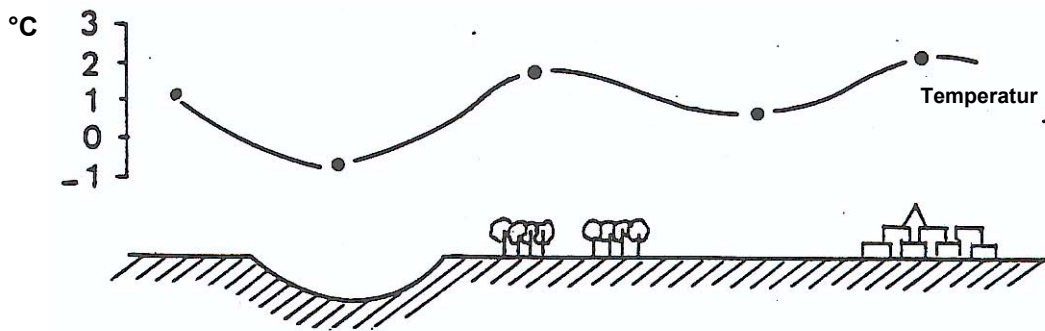
Makroklima er betegnelsen av klima på stor skala, f.eks. Nord-Norges klima eller Norges klima. Når man i dagligtale benytter ordet klima, er det makroklimaet man mener. DNMI's målestasjoner er satt opp for å registrere makroklimaet og gir dermed et så generelt bilde som mulig uten å ta hensyn til variasjoner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



Figur 15: Makroklima

1.4.2 Lokalklima

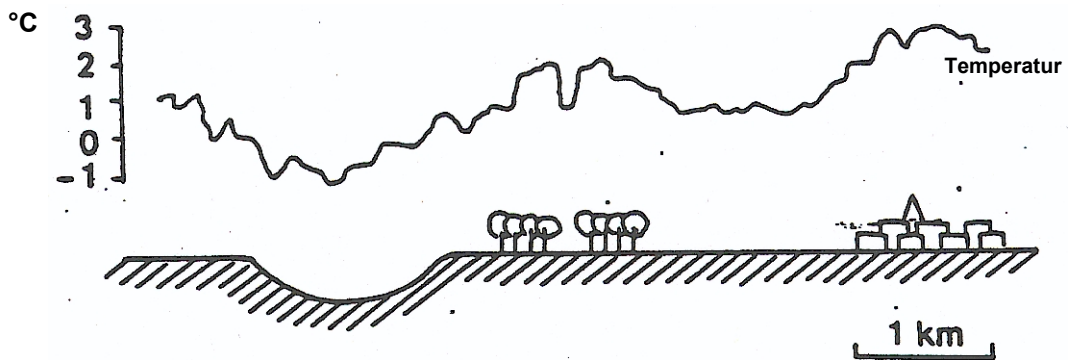
Lokalklima preges av lokale faktorer i landskapet, som f.eks. type vegetasjon, topografi og bebyggelse. Klimaet i en dalgang, en by eller en skog er eksempler på lokalklima (se Figur 16). Et annet eksempel på lokalklima er en bro. Her vil for eksempel vegbanetemperaturen synke raskere enn på andre deler 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 7). 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 klima og værforholdene i og ved vegen kalles klimastasjoner. Statens vegvesen etablerte de første klimastasjonene i Telemark i 1987. I 2000 har Statens vegvesen ca. 180 slike stasjoner.

En av hensiktene 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 i vegbanen. De plasseres eksempelvis på avsidesliggende fjelloverganger. Informasjon fra stasjonene kan hentes fra PC og behovet for å reise ut og selv sjekke tilstanden på vegen reduseres. Klimastasjonene gir informasjon om forholdene i det punktet hvor stasjonen er plassert. Ved å supplere med værinformasjon og værprognoser fra Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har man gode hjelpemidler for beslutningsstøtte i vintervedlikeholdet.

Hensikten med automatiske registreringer er ikke å umyndiggjøre eget personell på vegen, men å gi et ekstra hjelpemiddel til dem som skal ta avgjørelsen i kritiske øyeblikk: Skal veien saltes 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 billistene? Dette kan 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 klimastasjonen hentes inn til PC/database vha modem (evt fiberoptikk).

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 klimakartlegging (se kapittel 7, side 51), mens man andre steder har basert plasseringen på lokal erfaring. Noen klimastasjoner er også plassert på stedet av praktiske årsaker (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.



Figur 18: Eksempel på en klimastasjon

WMO

Per i dag eksisterer det 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. DNMI følger denne standarden ved plassering av sine værstasjoner. Plasseringen av klimastasjoner i Statens vegvesen avviker imidlertid ofte fra denne standarden. Dette kan være hensiktsmessig da forskjellig bruk av stasjonene også fordrer forskjellig plassering.

2.1.3 Leverandører

Fra starten i 1987 har det vært opp til hvert enkelt vegkontor hvilken leverandør 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. I tillegg kommer BiTaD systemet der det opprinnelig var snakk om bildeoverføring fra videokamera, men hvor de i senere tid også har knyttet værsensorer til stasjonene. Aanderaa har også levert noen stasjoner.

2.1.4 Presentasjonsprogram

Per år 2000 finnes like mange systemer for innsamling og presentasjon av klimadata som leverandører til stasjonene. Hvilke program som blir benyttet er

avhengig av hvilken leverandør vegkontorene har brukt til klimastasjonene. Kort sagt kan man si at hver leverandør har hver sin form å samle inn og presentere dataene på.

Under er en kort beskrivelse av de forskjellige presentasjonsprogram som brukes per juni 2000. Ytterligere informasjon finnes i brukerdokumentasjonen til de enkelte programmene.

Veg94 er et system for innsamling, lagring og presentasjon av klima-, trafikk- og miljødata fra vegnettet. Data fra klimastasjonene hentes inn til en database og grafiske arbeidsstasjoner (pc'er) presenterer de innsamlede data på en kartbasert bakgrunn. Systemet ble, som navnet tilsier, laget i 1994 til OL på Lillehammer. VEG94 fungerte bra under lekene, men har siden ikke fungert etter hensikten. Dårlig kommunikasjon med stasjonene, generelle tekniske problemer med program og innsamling og for lite brukervennlighet er noen av problemene. I dag benyttes kun innsamlingsdelen og databasen til Veg94 på enkelte Vegtrafikksentraler. Presentasjonsdelen som ble utviklet i Veg94 benyttes ikke, men det er utviklet en enkel webpresentasjon for klima- og trafikkdata som henter data fra Veg94-databasen. Veg94 brukes heller ikke for miljødata.

I Veg94 er det implementert stasjoner levert av Datainstrument og Scan-Matic.

Veg90PC er laget for stasjoner levert av Scan-Matic. Det fungerer med oppringt samband (modem eller fast linje) og krever ingen kobling til Vegvesenets nettverk. Det vil si at programmet kan installeres på pc'en hjemme dersom man har et modem tilgjengelig. Programmet ser ut til å fungere bra til sitt formål for overvåkning og å gi statusmeldinger. Men Veg90PC gir ingen mulighet for å se på historiske data som er mer enn 24 timer gamle. Det finns imidlertid en mulighet for å lagre historiske data til fil.

IceCast er programmet som benyttes i Rogaland og Oslo. Systemet er laget av Vaisala TMI og er i utgangspunktet beregnet på stasjoner levert av samme firma. I tillegg til registrerte verdier fra stasjonene inneholder systemet prognoser utarbeidet ved DNMI. Ved hjelp av klimakartlegging kan IceCast vise fordelingen av blant annet temperaturprognosene langs vegene. Det er også lagt inn mulighet for at meteorologen ved DNMI kan gi skriftlige beskjeder ut til brukeren gjennom systemet.

Traffic er et program knyttet til Datarec som i utgangspunktet er utviklet for trafikkdata, men som også kan benyttes til innsamling og presentasjon av klimadata på lik linje med Veg90PC. Traffic er et enbrukersystem som ringer opp stasjonene ved hjelp av modem og lagrer dataene til fil.

2.2 Sensorer

I dette kapitlet gir vi en oversikt over de mest brukte sensorene i Vegvesenet. Nærmere beskrivelse av plassering av sensorer og vedlikehold av disse finnes i vedlegg side ii.

2.2.1 Lufttemperatur og relativ fuktighet

Det er i hovedsak brukt tre forskjellige fabrikater av lufttemperatur- og relativ fuktighetssensorer:

Rotronic, Tyskland
Aanderaa, Norge
Vaisala, Finland

Rotronic og Vaisala (HMP45D) har kombinerte sensorer som registrerer lufttemperatur i den ene enden og relativ fuktighet i den andre. Aanderaa har to sensorer; en for temperatur og en for relativ fuktighet.

2.2.2 Nedbør

I Vegvesenet har vi stort sett benyttet tre typer nedbørssensorer, nemlig Telubs Optic Eye, Vaisalas nedbørsdetektor DRD11A (“ja/nei sensor”) og Vaisalas Present Weather Detector PWD11. Den nedbørssensoren som benyttes mest er Optic Eye. Både Optic Eye og Present Weather Detector skiller på type nedbør. Det er imidlertid usikkert om de klarer å detektere regn ved minusgrader og snø ved plussgrader.

Optic Eye

Sensoren registrerer nedbørsintensitet og mengde, og skiller mellom regn, sludd, snø og snøfokk.

Sensoren består av to stykker sender/mottager (lysdiode/fotodetektor) som er plassert 90° i forhold til hverandre. Respektive mottagere registrerer kortvarige endringer i lysstrålens intensitet som skyldes snøfnugg eller regndråper. Så lenge mottageren registrerer et slikt avvik i intensiteten sendes pulser til målestasjonens registreringsenhet. Antallet pulser er proporsjonalt med tiden snøfnugget eller regndråpen befinner seg i lysstrålen. Tiden i lysstrålen er i sin tur avhengig av størrelsen på nedbøren og fallhastigheten. Målestasjonen registrerer slike pulser når det er nedbør. Antallet pulser er proporsjonalt med mengden nedbør. Proporsjonaliteten er ulik for regn og snø. For å kunne bestemme nedbørstype må sensoren i tillegg ha informasjon om vindhastighet, lufttemperatur og luftfuktighet.

Når nedbør registreres som snø, beregnes snødybden i mm. Dette er en forskjell fra praksis ved DNMI der mengden snø måles i antall mm smeltet snø (vann).

“Ja/nei sensor” (DRD11A)

Denne sensoren registrerer antall minutter nedbør i løpet av et tidsrom (time). Sensoren har innebygget et varmeelement. Dette gjør at snø smelter på

overflaten og registreres som nedbør. På denne måten hindrer en at tåke registreres som nedbør. Den nyeste typen gir antydning om nedbørens intensitet ved å angi lav, middels eller kraftig intensitet.

Grenseverdiene er satt ved:

Lav: < 2 mm/time
Middels: 2 - 8 mm/time
Kraftig: 7 - 8 mm/time

Type nedbør registreres ikke av denne sensoren.

Present weather detector PWD11

Denne sensoren måler sikt, nedbørstype, nedbørsintensitet og akkumulert nedbør (både regn og snø). Sensoren kan skille mellom tåke og støvpartikler i luften, og kan også måle lave intensiteter av regn og snø. PWD11 kombinerer informasjon fra optiske målinger og målinger av nedbørsmengde ved å benytte signalanalyse og algoritmer basert på kunstig intelligens. Instrumentet består av en sender og en mottaker/kontroller. I tillegg er det en sensor som registrerer mengde nedbør.

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.

- sensorfarge** 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.
- punktmåling** En ulempe med vegbanesensorer generelt er at det kun er en punktmåling. Frysepunktet er svært avhengig av konsentrasjonen til væsken over detektoren.
- saltkonsentrasjon** 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.
- frysepunkt**

Road temperature sensor 3304, Aanderaa

Aanderaa-sensoren er en enkel temperatursensor. Sensoren registrerer vegbanens temperatur ved hjelp av en kobberstav i toppen av sensoren som leder varmen ned til temperaturelementet 3 cm under overflaten. Elementet ligger såpass langt nede under overflaten slik at den kan slites av trafikken uten at det ødelegger sensoren. Aanderaa-sensoren har slitemerker slik at det er mulig å følge med når sensoren er utslitt og må skiftes ut.

Road condition sensor 3565, Aanderaa

- vegtilstand** Dette er en vegtilstandsensor som i tillegg til å måle vegbanetemperaturen i overflaten, sier om vegbanen er våt eller tørr og om det er snø på sensoren.

Sensoren måler også saltinnholdet i fuktigheten på overflaten (og derav beregner frysepunktet).

Saltmålingene baserer seg på å måle den elektriske ledningsevnen til væsken på sensoren. Det vil si at hvis sensoren er tørr vil den ikke kunne foreta noen saltmåling. Tilsvarende teknikk benyttes for å avgjøre om overflaten er tørr eller våt. For avgjøre om det er snø eller ikke på sensoren benyttes optisk deteksjon av transmittert lys.

DRS50 Road/Runway Sensor, Vaisala

Vaisala sensoren er også en vegtilstandsensor. Sensoren registrerer temperaturen i overflaten, temperaturen ca. 5 cm under overflaten og kan kobles til en sensor som også registrerer temperaturen 30 cm under overflaten. Temperaturmålinger foretas i flere nivåer for å få kjennskap til eventuell varmelagring i bakken. I tillegg til temperaturmålingene gir sensoren informasjon om vegbanens tilstand (tørr, fuktig, fuktig med salt, våt, våt med salt, frost, snø, is).

2.2.4 Vind

Hastighet og styrke

Sensorene som registrerer vindhastighet er av type anemometer og laget av Vaisala eller Aanderaa.

Vindhastighetssensoren består av et roterende kors med skåler, som gir et pulsslag til stasjonen som tolker det. Måleverdien presenteres, delvis som en middelværdi 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**.

Sensoren for registrering av vindretning er av samme fabrikat. Vindretningen måles med en vindfane, som gir puls til målestasjonen og som igjen tolker disse. Måleverdien 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 Utstråling

Utstrålingssensoren som benyttes er laget av Aanderaa Instruments (Net Radiation Sensor 2811). Sensoren måler differansen mellom innstrålt sollys og utstrålt infrarødt lys for å indikere varmetap.

Med denne sensoren er det mulig å skille mellom klart/overskyet vær (se kapittel 1.2.5 side 6 om stråling). Dette vil kunne være nyttig i forbindelse med oppklaring og eventuell 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 3 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"> minutter nedbør intensitet i form av “ikke”, “litt”, “middels” eller “mye” nedbør
Optic eye	Ant. mm og type nedbør		±25%	Måler: <ul style="list-style-type: none"> millimeter nedbør type nedbør (snø, regn eller blandet)
PWD11	m mm/h mm	10-2000 m	0,10 mm/h ±30%	Måler: <ul style="list-style-type: none"> sikt nedbørstype nedbørsintensitet akkumulert nedbør
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"> frysepunkt saltmengde og konsentrasjon Maksimum konsentrasjon er ca. 26%.
Utstråling	W/m ²	± 2000 W/m ²	± 1%	Måler differansen mellom inn og utstrålt sollys og infrarødt lys. Oppløsning: 4 W/m ²

Tabell 3: Måleusikkerhet, måleområde og parametre som måles av hver enkelt sensor

3 Produkter fra DNMI

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) 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. Allerede i 1996 begynte DNMI å distribuere data via satellitt. Fordelen for brukeren er at han ikke behøver å gjøre noe aktivt. Nye data kommer raskt frem til det dataanlegget som benyttes på det enkelte stedet og dataene blir automatisk oppdatert. En annen måte som benyttes mer og mer er å distribuere data via internett. En del data blir også lagt ut på mobiltelefonnettet. Alle dataene kan i dag leses i en nettleser.

De neste avsnittene beskriver produkter som distribueres fra DNMI og som bl. a. er beregnet som støtte i vintervedlikeholdet.

3.1 Usikkerheter

De fleste produktene som Vegvesenet mottar fra DNMI er utviklet fra en atmosfæremodell. DNMI benytter flere atmosfæremodeller. To som er mye brukt mot Vegvesenet er: HIRLAM, som blant annet gir meteogrammer opp til 48 timer, og ECMWF som gir meteogrammer opp til 120 eller 168 timer.

Atmosfæremodellene, og dermed også de produktene Vegvesenet mottar fra DNMI, har noen usikkerhetsmomenter som det er viktig å være klar over.

**utjevnet
terreng**

Atmosfæremodellene simulerer luftstrømmen over et utjevnet terreng, dvs. at topografien i modellen er mye grovere enn det virkelige terrenget og høydevariasjonene gattes 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.

**bruker-
erfaring**

Som tidligere nevnt er topografien i modellen svært utjevnet. Det kan blant annet nevnes at høyeste punktet i 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 DNMI.

felter

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 der brukes. Værsystemenes utstrekning (skala) bedømmes best ved å se på oversiktskart (felter) av f.eks. vind, lufttrykk og nedbør. Det er en fordel for tolkningen av for eksempel meteogrammene også å ha tilgang på slike meteorologiske felter eller værkart (se kapittel 7.4).

bygenedbør 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. Nedbørmengder over 20-30 mm per døgn blir ofte underestimert; nedbørmengder mindre enn 20-30 mm overestimert.

Vind 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 feltet som gir prognose for vinden i 1500 moh.

Solgangsvind er et fenomen som det heller ikke er tatt hensyn til i de helautomatiske prognosene fra DNMI.

3.2 Meteogram

Meteogrammet er det mest kjente og brukte produktet fra DNMI. Meteogrammet er en grafisk fremstilling av værprognosen for et mindre område.

De første 48 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 48 timer 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 konferere med øvrige tekstvarsler fra DNMI eller med vakthavende meteorolog.

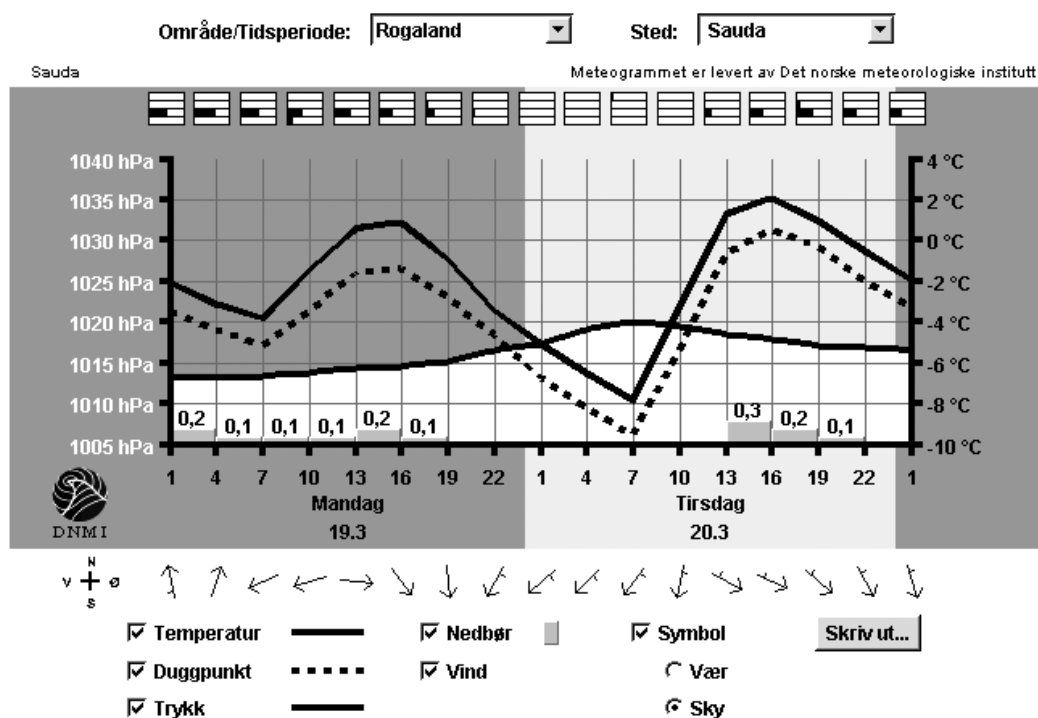
Meteogrammene angir trykk, temperatur, duggpunkt, nedbør, vindretning og vindstyrke på et geografisk sted hver 3. time på 48-timers meteogrammet og hver 6. time på 120-timers meteogrammet. Mellom de beregnede tidspunktene trekkes kurven som en rett linje. Den atmosfæremodellen som benyttes for å finne ut hvordan været vil utvikle seg de neste 48 timer, beregnes 4 ganger i døgnet kl 00, 06, 12 og 18 UTC. 120- og 168-timers meteogrammer oppdateres kun en gang i døgnet.

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 på meteogrammet. Siden temperaturen varierer med høyden (se for eksempel Figur 1) vil virkelig temperatur avvike en del fra modellens temperatur som i utgangspunktet er beregnet på grunnlag av stedets modellhøyde.

Kalmanfilter 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

høydefilter

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 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.*



Figur 19: 48 timers meteogram for Sauda i Rogaland

Et eksempel på meteogrammet kan sees på Figur 19. Dato og klokkeslett er angitt nederst i meteogrammet. Alle parametrene er gitt i 3 timers intervaller, dvs. at den nedbør som er antydnet 20/3 mellom kl 13 og 16 (0.3 mm) kan for eksempel komme de første 5 minutter i denne tidsperioden eller fordelt over den siste timen.

Meteogrammet viser følgende parametre:

- nedbør i millimeter (søylor)
- skymengde i % (bokser helt øverst),
- lufttrykk i hPa (heltrukken svart kurve) ,
- Lufttemperatur (°C) i to meters høyde (grå kurve),
- duggpunkt (°C) i to meters høyde (stiplet kurve)
- vindretning og vindstyrke i 10 meters høyde (pil under diagrammet).

Vindretningen som angis, er den retningen vinden blåser fra. Nordavind vil si at det blåser fra nord (360 grader). Forholdet mellom vindpiler og vindstyrke er gitt i Figur 20. Se dessuten Tabell 2, side 12 for forholdet mellom knop og m/s.



Figur 20: Vindstyrke angis med haker og vindretning med pil

I tillegg til å få det grafiske bilde av meteogrammet på skjerm eller papir, er det mulig å få et forenklet meteogram som sms-melding på mobiltelefon (se Figur 21). Dette meteogrammet vises på tabellform og inneholder klokkeslett, temperatur, nedbørmengde, vindretning og vindstyrke.

```

ARENDAL 1-10-99
KL: C<mm>R, m/s
11:12<1>V, 6
14:12<2>V, 10
17:12<0>V, 9
20:11<1>SV, 7
23:10<2>S, 5
02:11<0>S, 5
05:11<0>SV, 7
08:10<0>SV, 7
11:11<0>SV, 6
DNMI

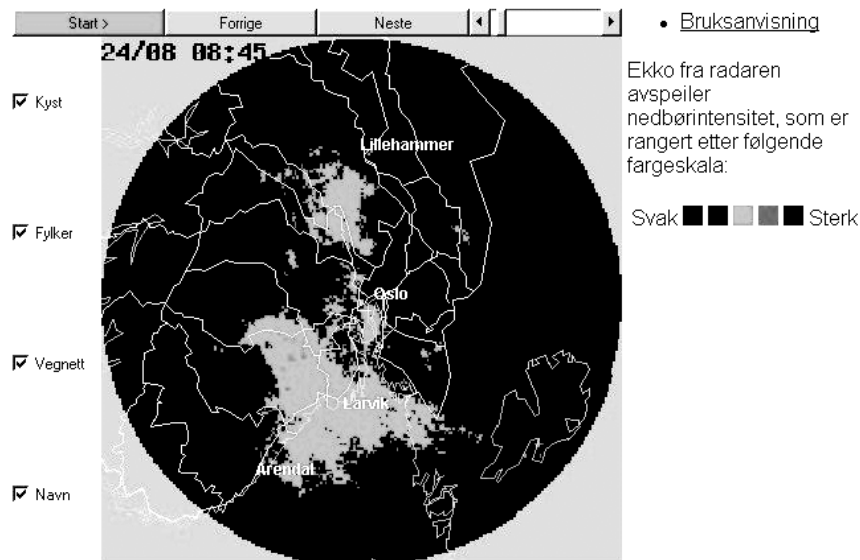
```

Figur 21: Meteogram på mobiltelefon

3.3 Radarbilder

radarekko Radarbilder viser hvor det finnes nedbør. Radaren sender ut et signal. Når dette signalet treffer nedbør sendes et ekko tilbake til radaren. Styrken av ekko er delt inn i klasser fra svakt til kraftig ekko (se Figur 22). 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. Det er ikke mulig å skille mellom forskjellige typer nedbør (snø, sludd og regn). Radaren er kalibrert slik at den skal vise både starten og slutten av nedbørsområdet. Radaren oppdateres hvert 15. minutt og har en rekkevidde (radius) på 240 km.

nye bilder



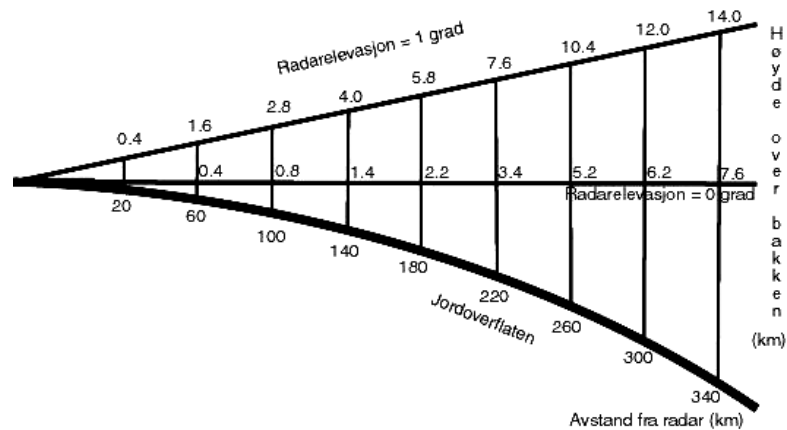
Figur 22: Radarbilde fra radaren i Asker

Radarstrålene går omtrent "rett frem" under normale temperaturfordelinger i atmosfæren, dvs. de følger ikke jordkrumningen. Det betyr at det ekko vi får fra ytterkant av radarbildet er i en høyde av ca. 4000 m eller høyere, og vi kan med andre ord ikke se hva som skjer nærmest bakken

Figur 23 viser tilnærmet hvor høyt over bakken radarstrålene er i en gitt avstand fra radaren i kilometer. Høyden vil bl. a. avhenge av temperaturfordelingen oppover i atmosfæren.

1. Radaren sender ut strålene horisontalt (Radarelevasjon = 0 grader)
2. Radaren sender ut strålene med en vinkel på 1 grad over horisontalen. (radarelevasjon = 1 grad)

Ser vi et ekko på radaren som er i en avstand på 180 km vil det si at det fenomen som gir ekko i denne avstand er 2200 m over bakken når radaren har en elevasjon på 0 grader.



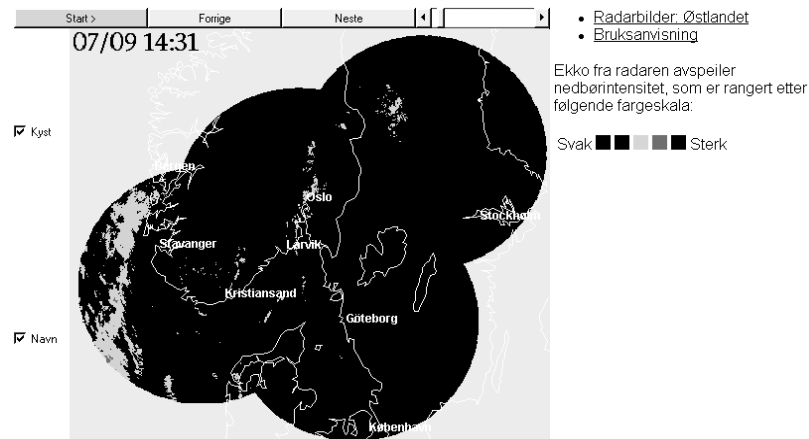
Figur 23: Radarstrålens avbøyning pga. jordkrumningen

I august 2000 var det offisiell åpning av Norges andre værradar. Den første ligger i Asker kommune (Akershus) og dekker store deler av østlandet, mens den nye ligger i Hægebostad kommune (Vest-Agder) og dekker sørlandet og litt oppover kysten på vestlandet.

Radarsamarbeidet mellom Finland, Sverige og Norge er godt, og vi har en kontinuerlig oppdatering av data på tvers av landegrensene. Figur 24 viser et eksempel hvor radarbilder fra Hægebostad og Asker er koblet sammen med bilder fra to radarer i Sverige (Leksand og Gøteborg).

kløkkeslett Kløkkeslettene som vises på radarbildet er alltid norsk lokaltid.

Radarbilder: Skagerrak m/Hægebostad



Sist oppdatert: 2. mai 2000 kl. 10:20
 verbulikken@dnmi.no © DNMI

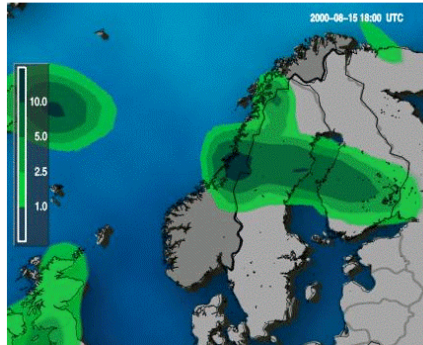
Figur 24: Radarbilde: Skagerrak med Hægebostad

bruk av radarbilder 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.

3.4 Meteorologiske felt / Værkart

Et felt eller et værkart som det også kalles, 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 Figur 25)

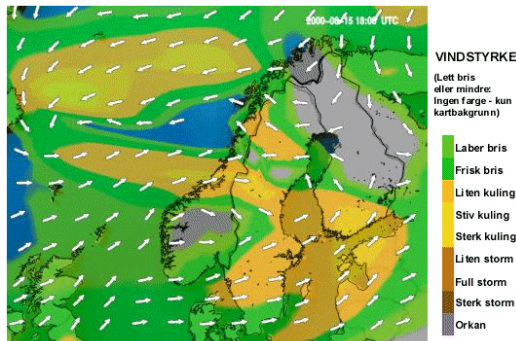
Nedbør tirsdag 15. august 2000 kl. 20:00



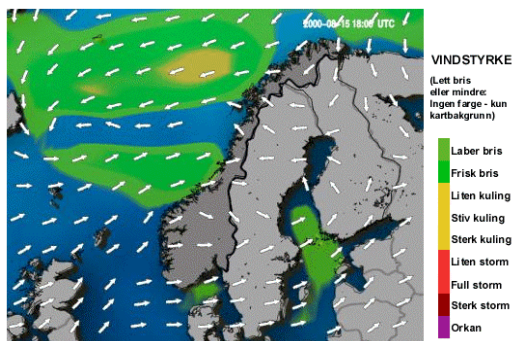
Figur 25: Nedbørsfelt angir hvor det ventes nedbør og hvor mye

I atmosfæremodellen som benyttes av DNMI beregnes ikke bare feltene i bakkenivå, men i 31 forskjellige nivåer oppover i atmosfæren. Figur 26 viser felter for vind 10 og 1500 meter over havets overflate.

Vind (1500 moh.) tirsdag 15. august 2000 kl. 20:00



Vind (10m) tirsdag 15. august 2000 kl. 20:00



Figur 26: Felter for vindstyrke og -retning i 1500 moh. (øverst) og 10 moh. (nederst).

**vind i 10
meters
høyde**

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 til å være 0 m/s. Friksjonen vil derfor på grunn av bakken ha mest innvirkning på vindhastighet og retning i de laveste nivåene.

**vind 1500
moh.**

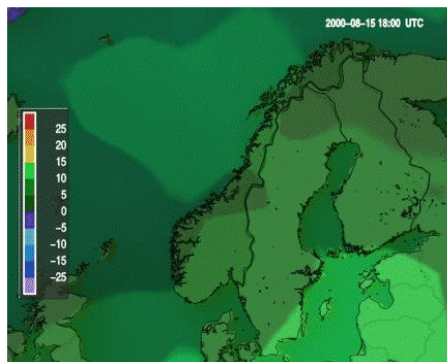
Vinden på kartene som er beregnet for høyden 1500 meter over havets overflate er derfor lite påvirket av bakkefriksjonen. For et punkt som ligger 1500 meter over havet i henhold til modellens topografi, vil derfor meteogrammet og feltet vise forskjellig vindstyrke. Generelt vil vindstyrken på feltet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

**temperatur
1500 moh.**

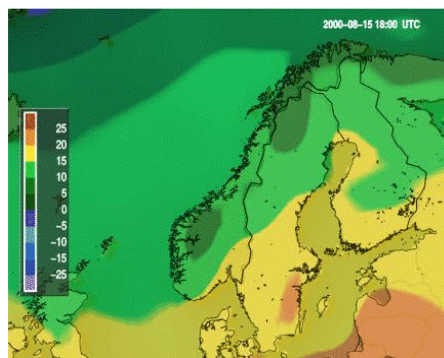
Temperatur i 1500 moh., er den temperatur som er beregnet i den frie atmosfæren (se Figur 27). Den vil gi en indikasjon på hvilken temperatur som kan forventes i fjellet. Denne temperatur vil være svært lik temperaturen (2 m) for et meteogrampunkt som ligger 1500 moh. i henhold til modellens topografi.

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 i feltet og på meteogrammet kan være like.

Temperatur (1500 moh.) tirsdag 15. august 2000 kl. 20:00



Temperatur (2m) tirsdag 15. august 2000 kl. 20:00



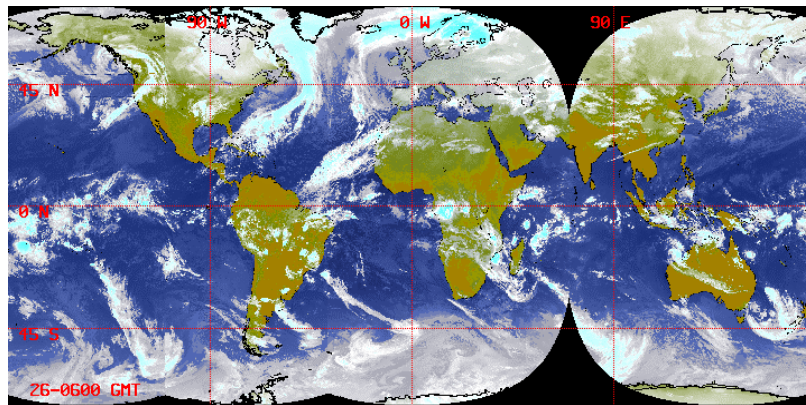
Figur 27: Felter for temperaturer i høydene 1500 m (øverst) og 2 m (nederst)

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. Ved å plassere satellittene med visse mellomrom langs ekvator tar de "bilder" av hele jordkloden til samme tid (se Figur 28). 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.



Figur 28: S sammensatt satellittbilde fra fire satellitter over ekvator

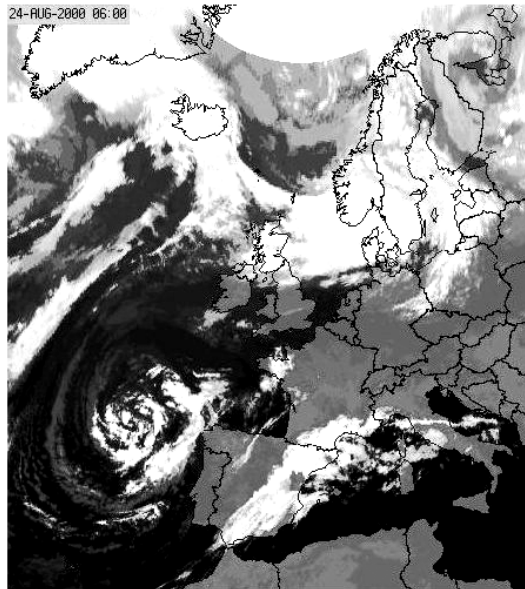
3.5.2 Polare satellitter

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 tilnærmet 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.

3.5.3 Visuelle satellittbilder

Et visuelt bilde tilsvarer et vanlig svart-hvitt bilde. Bildet viser reflektert eller spredt lys fra jorden eller atmosfæren (se Figur 29). Intensiteten i bildet er avhengig av hvor mye lys som blir reflektert opp til satellitten. 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).

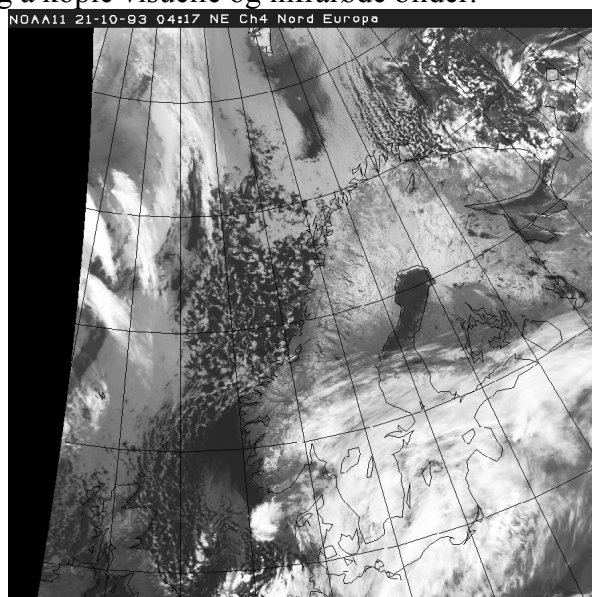


Figur 29: Visuelt satellittbilde

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 svarthvitt bilder (se Figur 30). 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.

Det er også mulig å kople visuelle og infrarøde bilder.



Figur 30: Infrarødt satellittbilde fra en satellitt i polar bane

3.6 Tekstvarsler

DNMI lager offisielle tekstvarsler i Tromsø, Bergen og 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. Her har meteorologen muligheten til å varsle om for eksempel nedbøren vil komme som snø eller regn. Dette kommer ikke fram i de maskinelle produktene fra DNMI.

I tekstvarslene benytter DNMI 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 DNMI varsler for eksempel bris, kuling, storm og orkan finner du i Tabell 2, side 12.

Nedbør varierer mye lokalt og er vanskelig å varsle. Ikke minst gjelder det 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 under. 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 endel stasjoner de neste 24 timene
Regn, sludd, snø, til dels store eller betydelige nedbørmengder	Over 20 mm på endel 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 skyte 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

4 Bruk av tilgjengelige data

4.1 Innledning

Organisering av vintervedlikeholdet varierer fra vegkontor til vegkontor og medfører store variasjoner i bruken av meteorologiske data. Eksempelvis benyttes denne type informasjon av Produksjonsavdelingene i planleggings- og beredskapssituasjoner, og av Trafikkavdelingene i forbindelse med oppfølging av kontrakter.

Vegtrafikksentraler og vaktentraler benytter informasjonen til trafikantinformasjon, men også til rådgivning til eget mannskap på vegen, og noen steder også til direkte utkalling av brøyte- og strøberedskapen. På fjelloverganger brukes stasjonene dessuten til vindvarsling i forbindelse med kolonnekjøring og vinterstengte veger.

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.

klimastasjon 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 prognosene fra DNMI og data fra klimastasjoner.

meteogram 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. Klimastasjonen gir data for et punkt langs vegen, mens meteogrammet gjelder for et området på 50x50 km. For mer informasjon se nærmere forklaring av meteogrammet kapittel 3.2 side 26.

**måle-
nøyaktighet** Treffsikkerheten og nøyaktigheten til både klimastasjoner og produktene fra meteorologisk institutt kan variere. Ved tilfeller der man er interessert i om temperaturen er -0.5°C eller $+0.5^{\circ}\text{C}$ 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 kapittel 2.3).

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.

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

4.2 I hvilken rekkefølge skal jeg ta fram 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 variere, både fra situasjon til situasjon, men også 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 meteorologiske felt . /Værkart
(nedbør, temperatur, vind.)
2. Meteogram /tekstvarsel
- (3. Radar)
4. Klimastasjoner

Meteorologiske felt og meteogrammer er prognoser utarbeidet av en maskin. Tekstvarselet er det eneste produktet Statens vegvesen mottar fra DNMI 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 nedbørsfelt (se kapittel 3.4 side 31) for å få en oversikt over nedbørssituasjonen. Nedbørsfeltet 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/de aktuelle meteogram(mer). 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” og hvor fort den beveger seg (se kapittel 3.3 side 29). 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 20).

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 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 må tas som et middel for stedet/området det er ment å gjelde for og stemmer derfor ikke alltid like godt.

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 (Skyene legger seg som et lokk som

“hindrer” at varmen forsvinner ut i rommet). Se kapittel 1.2.5 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 det stedet. Men, vær oppmerksom på at vinden både styres av topografien i nærheten (se nærmere beskrivelse i kapittel 3.1) 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 relative 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** og motsatt.

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 kan ved svært fuktig luft være tilnærmet lik.

Kurve for duggpunktstemperatur finnes både på meteogrammet (48 timer) og fra 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 grader vil fuktigheten fryse på veggen.

Alternativt har vi om når det ligger fuktighet på veggen som resultat av smeltet snø eller tidligere regn. Isen som dannes ved synkende temperaturer da, 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 6). Hva den eksakt er, vil avhenge av saltkonsentrasjonen, og saltkonsentrasjonen kan igjen variere på tvers og på langs av veggen.

Ved saltet vegnett vil regelen over bli modifisert til:

OBS

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.

restsalt

Noen klimastasjoner har tilkoblet frysepunktsensor og vi kan få presentert kurver for frysepunkt og restsaltmengde på veggen. 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 21).

Eksempel 1

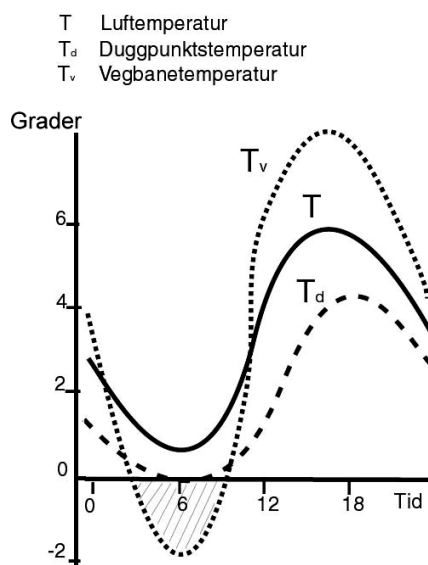
I løpet av en klar natt utpå høsten synker lufttemperaturen ganske mye. Vann har stor varmekapasitet, det vil si at temperaturvariasjonene i luften er mye større enn i vannet. La oss anta at vannet har en temperatur på 10°C, mens temperaturen i luften synker til -5°C. Det fordampes vann fra overflaten av sjøen hele tiden og denne vanndampen som nær overflaten har temperatur på 10°C blander seg med den omliggende luft som har en temperatur på -5°C. Den kalde luften over sjøen blir mett av fuktighet og det danner seg frostrøyk over sjøen (se Figur 14). Siden lufttemperaturen er under 0°C vil vanndråpene underkjøles, dvs. temperaturen i vanndråpene blir også lavere enn 0°C. Om disse vanndråpene driver inn over land og treffer bakken, et tre, et hus eller en vegbane vil de øyeblikkelig fryse til is.

Eksempel 2

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

Lufttemperatur $T = 3^{\circ}\text{C}$ og duggpunkt $T_d = 1^{\circ}\text{C}$, 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°C i løpet av natten. Dette er illustrert i Figur 31. Om natten er vegbanetemperaturen lavere enn duggpunktstemperaturen, noe som betyr at det vil falle ut dugg. Når vegbanetemperaturen i tillegg er under 0°C , vil denne duggen etter all sannsynlighet fryse (se kapittel 4.4 side 39).



Figur 31: Døgnvariasjoner i temperatur

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 nedbørsfeltet 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? (Se kapittel 2.3 for måleusikkerheter på sensorene).

Områder som er dekket av værradar har et meget godt hjelpemiddel for å se avgrensning av nedbørsområder og intensiteten på nedbøren. Spesielt ved bygesituasjoner 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/stasjoner) 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/i veien. (Se kapittel 1.3.2 side 9 for forklaring av underkjølt regn og regn som fryser på bakken). Dette er fenomenet 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. De er som kjent alle observasjoner tatt mer eller mindre i bakkenivå. Tipset her er å bruke tekstvarslene som er tilgjengelig.

Underkjølt regn og regn som fryser på bakken kan være meldt fra DNMI selv om dette ikke er beskrevet på 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 35).

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 22).

vindretning
og styrke

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 minutters middel beregnet for 10 meters høyde.

I forbindelse med konsekvensanalyser benyttes det ofte vindroser. Vindroser er en grafisk fremstilling av vindens variasjoner midlet over lange tidsperioder, for eksempel 15 år. Se vedlegg 5 for mer informasjon.

vind på
fjellovergang

videokamera

Vind kan være meget kritisk på enkelte fjelloverganger. Flere og flere steder settes det opp vindmålere 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.

vindvarsling

Vindregistrering på bruene benyttes på samme måten. Programvaren tillater online-kontakt med stasjonen og kan registrere kraftige vindkast og dermed gi beskjed dersom bruene må stenges, og når den kan åpnes igjen (se kapittel 5.2 side 48).

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 39). 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.

tåke

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.

oppklarning

På samme måte kan man oppdage oppklarning ved at den relative fuktigheten avtar på stedet. Dette sammen med en utstrålingssensor (se kapittel 2.2.5 side 22) kan gi et forvarsel på at det kan oppstå mulig isdannelse ved fuktig vegbane. En utstrålingssensor viser av erfaring, en endring i utstråling 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 oppklarning på denne måten kreves det at sensoren er plassert der hvor skydekket sprekker opp!

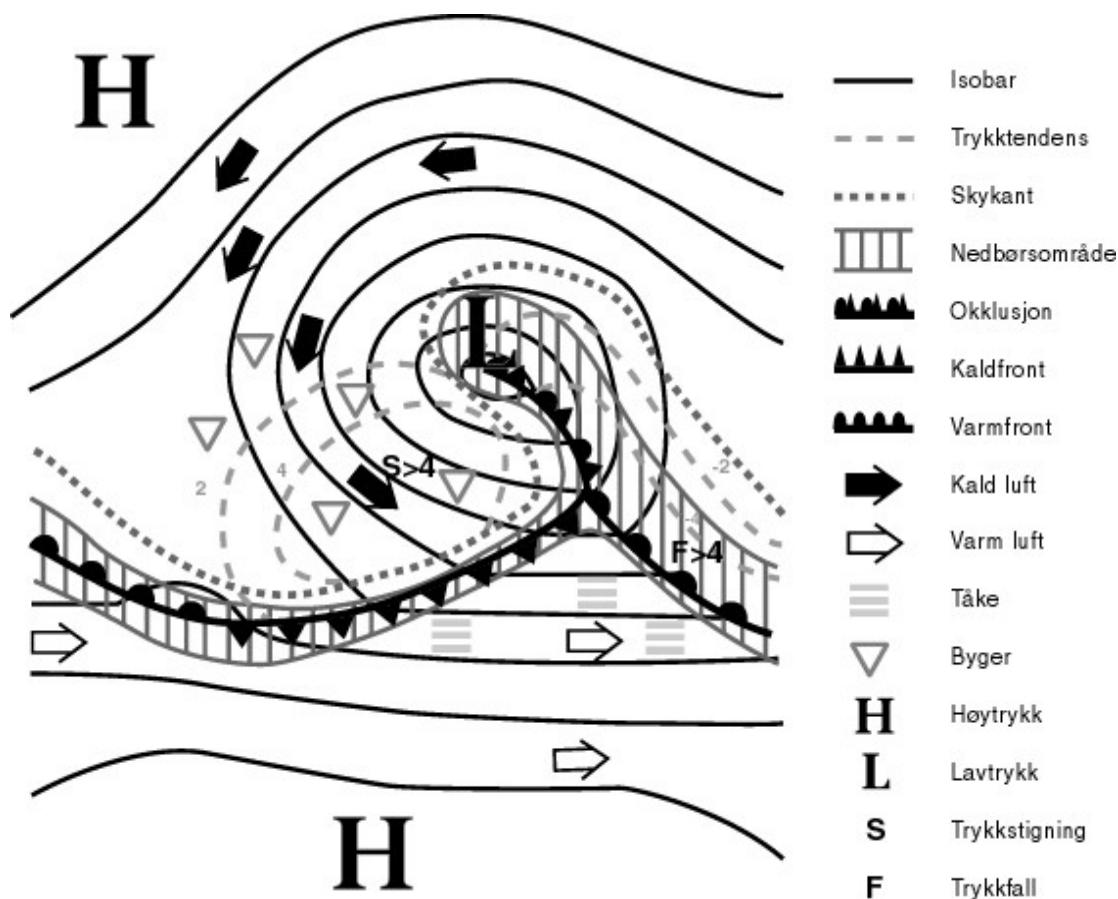
4.8 Frontpassasje

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 32. En nærmere beskrivelse av hendelser knyttet til fronter finns i kapittel 1.3.1 side 8.

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 fra 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 bygeskyer, og vinden er variabel i styrke. Trykket stiger igjen.



Figur 32: 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 vær-situasjoner

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). Ved å sammenstille prognoser fra DNMI med lokalkunnskap 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 vær-situasjoner som kan føre til forskjellige typer glatt vegbane.

4.9.1 Kveld og natt, stille og klart

Ved temperatur rett over frysepunktet er denne vær-situasjonen 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 kurvene 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 13). 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 ofte avkjøler vegbanen 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 den forholdsvis fuktige luften komme i kontakt med vegbanens kalde overflate og medføre hurtig isdannelse. Det er viktig å ha i tankene at også trafikken kan ha innvirkning på denne bevegelsen (vegen kjøres tørr av trafikken).

Igjen 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.

4.9.3 Oppklarning etter skyet periode

Ved oppklarning etter en skyet periode med temperaturer omkring 0°C øker faren for tilfrysning. 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 22). Fra denne kan man oppdage om skydekket sprekker opp før en tilfrysning 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 8 om fronter).

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 43).

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 melding på GSM/SMS til en angitt bruker dersom stasjonen går i beredskap. Spesielt ved overvåkning nattetid har denne muligheten vært benyttet.

beredskaps- kriterier

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 gal på stasjonen som ligger 2 km unna. En slik bruk av stasjonene krever lokalkunnskap og nøye oppfølging (spesielt i begynnelsen) og det vil også sette enda større krav til sensorenes målenøyaktighet og dermed også vedlikeholdet av stasjonene.

For eksempel er det i forbindelse med Scan-Matic klimastasjoner benyttet følgende kriterier for når stasjoner har gått i beredskapstilstand: (teksten i kursiv forklarer hvilke forhold de forskjellige alarmene beskriver)

1. Kombinasjon av lufttemperatur og nedbør

Når lufttemperatur er lavere enn 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 grenseverdi OG
- lufttemperaturen er lavere enn en 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 før evt. lokal tilpasning er:

Lufttemperatur: 2°C

Vegbanetemperatur: 1°C

Nedbør: 5 min. eller 0.2 mm

Vind: 20 m/s (ca. liten storm)

Vaisala-systemet har også muligheten til at stasjonen selv gir beskjed ved kritiske situasjoner. Kriteriene inkluderer Scan-Matic sine, men er i tillegg flere og mer kompliserte.

5.2 Vindvarsling

**automatisk
aktivering
av skilt**

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 varsler Vegtrafikksentralen/Vegstasjonen når skiltene er aktivert. Skiltene tilbakestilles når vinden er kommet under en grenseverdi og har vært der en definert tid.

Til systemet kan det også monteres automatiske vegbommer.

5.3 Automatisk opplesning av verdier

Ved hjelp av et lydkort med telefongrensesnitt koblet til pc'n kan man ringe opp stasjonene og få avlest de sist registrerte verdiene. Dette er en nyttig funksjon dersom man f.eks. sitter i bilen og lurer på hvordan forholdene er et annet sted. Kanskje lurer 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 den meget grove kvalitetssikringen 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.

6 Behov for klimadata i andre sammenhenger

funksjons-avtaler

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 vegen. Indeksen skal i første omgang brukes av Trafikkavdelingene ved vegkontorene 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 klimastasjonene gi. Temperatur, 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 vil også bli benyttet 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 DNMI 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 måle luftforurensning er man avhengig av "vanlige" værparametre i tillegg til registreringer av NO_x, CO₂ osv. Målinger av vind, temperatur og fuktighet er nødvendig for å få oversikt over forurensningen, og er også nødvendig for å kunne beregne hvordan forurensningen vil forflytte og utvikle seg over tid.

Informasjon om forurensning, og da spesielt i forbindelse med vinter og piggdekk, er blitt veldig viktig i de store byene. Statens vegvesen har anskaffet stasjoner med miljøsensorer i tillegg til de tradisjonelle klimastasjonene for å kunne møte de krav som settes av styrende organer.

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 er det nødvendig med kontinuerlige observasjoner av været og forholdene på vegen. Spesielt er parametre som vind og nedbør viktig. Klimastasjoner plassert på utsatte steder kan gi beslutningsstøtte til personer som skal ta de avgjørende beslutningene. Se ellers *Håndbok nr. 167 "Snøvern"* for mer informasjon om dette temaet.

6.5 Duggproblemer i tunneler

Norge har hatt noen trafikkulykker i tunneler som muligens kan knyttes til værforhold og duggdannelse. Spesielt gjelder dette Holmestrandtunnelen i Vestfold, men fenomenet med duggdannelse på bilruten er også kjent fra Hordaland. I Research Report No. 74 fra DNMI beskrives mulig årsak til en slik plutselig duggdannelse, under hvilke værforhold man kan forvente at den kan oppstå og mulig målemetode for å kunne varsle trafikantene.

6.6 Brukere utenfor Statens vegvesen

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 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.

historiske data

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 og også hvordan vegtilstanden var på denne gitte tiden.

trafikkant informasjon

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.

7 Klimakartlegging

7.1 Generelt

Klimakartlegging er registrering av hvordan vegbanetemperaturen, og dermed faren for isdannelse, varierer langs vegnettet. 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.

14 av fylkene har klimakartlagt hele eller deler av riks- og/eller fylkesvegnettet. Kartleggingen ble utført fra midten av 80-tallet og frem til 1994. Omtrent 8% av riks- og fylkesvegnettet i Norge er klimakartlagt.

Det er to forskjellige firmaer som har utført klimakartlegging for Statens vegvesen, disse er Bergab og Vaisala/Symek. I de fleste fylkene er det Vaisala som har foretatt registreringene.

Fra de målingene Vaisala har utført er det utarbeidet klimakart som viser forventet variasjon i vegbanetemperatur ved ulike vær-situasjoner. Det blir utarbeidet et kart for hver vær-situasjon. De aktuelle situasjoner er:

- * EKSTREM: Vindstille, klare netter, typisk for et høytrykksystem med maksimal variasjon i vegoverflatens temperatur. Stor utstråling.
- * MIDDELS: Netter med vind eller vindstille, med totalt eller middels skydekke. Slike forhold gir normalt lignende, om enn mindre utpregede forhold som en ekstremmåling, bortsett fra frostlommer som under slike forhold kan være enten sterkt reduserte eller helt fraværende.
- * FUKTIG: Netter med vind, helt overskyet med lavt skydekke og muligens nedbør som er typisk for lavtrykksystemer. Under slike forhold flates variasjonen i vegbanetemperaturen ut. Lav utstråling.

Det er ikke utarbeidet klimakart fra klimakartleggingen foretatt av Bergab, men det eksisterer såkalte "fingertrykk" som viser hvordan temperaturen varierer langs rutene som vegnettet ble delt opp i. Her er det også avmerket bruer, skog, vann og annet som kan ha påvirkning på temperaturen langs vegbanen.

Bergab har lagt vekt på å finne steder det først vil oppstå is og glatte veier. Her er det tatt mer hensyn til innstråling og skygge effekter. Firmaet har utført registreringer ved to tilfeller. Den ene er utført under overgangsforhold på høsten og den andre midtvinters med representative vinterforhold. Kartene som er utarbeidet etter denne kartleggingen viser strekninger som vil fryse samtidig med beskrivelse av vegetasjon og topografi som skaper denne faren.

7.2 Bruk av klimakart

Ved å kombinere klimakartleggingen med målte data på stasjonene har man grunnlaget som skal til for å beregne hvordan temperaturen langs vegen vil være strekningsvis. Strekningen som kan beregnes ut fra målinger fra én stasjon vil avhenge av faktorer som omgivelser og klimatiske forhold, men også fra værtype til værtype (klimakart til klimakart).

Dersom man har en prognosemodell tilgjengelig kan f.eks. varslet vegbanetemperatur vises på kart dersom klimakartlegging av det aktuelle vegnettet er tilgjengelig og integrert i systemet.

8 HVA GJØR ANDRE LAND?

8.1 Antall stasjoner

Som vi ser av Tabell 6 er det store variasjoner i antallet klimastasjoner fra land til land. Norge ligger relativt langt bak hva antallet angår, men til vårt forsvar startet vi ca. 10 år etter de andre. I år 2000 viser tendensen at stasjonene brukes mer og mer, og dermed øker også behovet for flere stasjoner og mer data.

	1987	1997	1998	2000
Norge	9	140	165	180
Sverige		633	650	650
Danmark	30	230	250	250
Finland			250	252

Tabell 6: Klimastasjonenes utvikling

8.2 Hvordan brukes stasjonene i andre land?

8.2.1 Sverige

Sverige har ca. 650 stasjoner og bruker systemet aktivt i vintervedlikeholdet. Data fra det svenske meteorologiske institutt, data fra klimastasjoner og prognoser på vegbanetemperatur gir den informasjonen de trenger for et mer effektivt beredskapsopplegg.

I Sverige inngår data fra klimastasjonene i vegmeldingstjenesten i større grad enn i Norge. Det samles inn data automatisk 2 ganger i timen og registreringene blir lagt inn i det som tilsvarer vår vegmeldingsdatabase. Utvalgte data fra klimastasjoner er tilgjengelig på internett.

8.2.2 Danmark

Danmark har ca. 250 stasjoner. Disse brukes aktivt i vintervedlikeholdet gjennom et system der data fra klimastasjoner, klimakartlegging og diverse prognoser fra det danske meteorologiske institutt integreres sammen. I Danmark danner klimastasjoner og prognoser grunnlaget for utkalling av brøyte- og strøbiler. Danmark har organisert systemene sine slik at data fra vegværsystemet går inn i samme systemet som inn- og utkalling av mannskap. I dette systemet inngår også registreringer av personell som er ute på vegen, hvem som er kalt ut og hvem som gjør hva hvor. Også fra Danmark er et utvalg av data tilgjengelig på internett.

8.2.3 Finland

Finland har ca. 250 klimastasjoner. Finland mottar også prognoser fra sitt meteorologiske institutt. På noenlunde samme måte som de andre nordiske land,

brukes stasjonene til overvåkning både som informasjon til trafikantene og til oppfølging av vedlikeholdet.

I Finland har de over noen år testet ut fartsgrense endringer initialisert ved at klimastasjoner registrerer spesielle forhold som krever endret fartsgrense. Dette gjelder både sommer og vinter. En sentral enhet i vegværsystemet analyserer de automatisk innsamlede dataene og gir hastighetsanbefalingen på variable skilt langs vegen. Det har vært positive erfaringer både fra vegholdere og trafikanter. En liknende teststrekning ble opprettet i Sverige i 1999.

Vedlegg

- 1) Plassering og vedlikehold av sensorer
- 2) Litteraturliste
- 3) Figurliste
- 4) Tabelliste
- 5) Vindroser

1. Plassering og vedlikehold av sensorer

1) Lufttemperatur og relativ fuktighet

Plassering

Sensoren(e) bør stå fritt i 2 meters høyde slik at ingenting hindrer luftstrømmen rundt denne.

Scan-Matic har anbefalt å plassere sensorene på sine stasjoner rett bak skapet slik at de blir skjermet for støv fra trafikken. Det er mulig at dette har negativ påvirkning på registreringene, men dette er hittil ikke dokumentert.

Vedlikehold

Sensorene trenger oppfølging og vedlikehold for å gi tilfredsstillende måleresultater. Sensorene for lufttemperatur og relativ fuktighet må sendes inn til egnet laboratorium for kalibrering med jevne mellomrom. Foruten denne årlige kontrollen bør sensorene kontrolleres i løpet av vintersesongen med såkalte “reisenormaler”² eller evt. et håndtermometer, slik at man ikke risikerer registrering av feilaktige verdier uten at man er klar over det. Det er også nødvendig å kontrollere at kappen innvendig er fri for snø og is.

Riktige verdier av lufttemperatur og fuktighet er også viktig for at duggpunktstemperaturen skal bli beregnet riktig (se kapittel 1.2.4.3 side 5).

2) Nedbør

Plassering

Nedbørssensorer bør normalt plasseres så høyt som mulig på en stolpe, (anslått 5 m over vegbanen). Sensoren bør plasseres slik at den skjerms så godt som mulig fra sprut o.l. fra trafikken. En del steder har det vært nødvendig å sette opp en skjerm rundt nedbørsdetektoren DRD11A, slik at det kun er “væske” ovenfra som treffer registreringsenheten. Samtidig må ikke sensoren skjerms av vegetasjonen (trær og lignende).

Vedlikehold

Både Optic Eye og “ja/nei sensoren” krever jevnlig rengjøring. I vintersesongen bør de vaskes minst en gang i måneden, og gjerne oftere dersom sensoren er plassert nær saltet veg. For rengjøring av Optic Eye kan man f.eks. bruke vindusspylervæske og Q-tips. I sammenheng med rengjøring av optikken bør også det ytre vaskes på enkelt vis (bruk ikke sterke løsningsmidler). Dersom “ja/nei sensoren” ikke rengjøres jevnlig vil man oppleve at registreringene fra sensoren viser kontinuerlig nedbør (spesielt ved saltet vegnett). Sensoren må derfor vaskes jevnlig med teknisk sprit.

De optiske enhetene i Vaisalas PWD11 peker nedover og hetter holder linsene fri ved nedbør, sprøyt og støv. Tilsussing og blokad av linsen skal oppdages automatisk.

² Reisenormaler er kalibrert utstyr man tar med ut til stasjonen for å sjekke sensoravlesningen.

3) Vegbanetemperatur og restsalt

Plassering

Toppflaten av sensoren skal være i flukt med vegbanen. Sensoren må være ordentlig festet slik at den ikke utsettes for mekanisk påkjenning fra trafikken. Dersom sensoren ikke sitter helt fast, men beveger seg noe ved belastning, vil målefeilen øke og registreringene bli mindre nyttige. En sensor som i tillegg registrerer saltmengde, og evt. overflatevann, må ikke ligge i helning da dette fører til avrenning fra sensoren.

Det er foretatt få dokumenterte undersøkelser ang. plassering av disse sensorene. Det eksisterer en del teorier om den beste plasseringen er i hjulsporet, mellom hjulsporene eller på siden. Inntil noe annet er bevist er leverandørens anbefalinger det beste vi kan gjøre.

Vedlikehold

Vegbanesensorene må rengjøres i løpet av vintersesongen med f.eks. Isopropanol. Hvor hyppig dette må gjøres avhenger av trafikkmengde, og hvor ofte og hvor mye det saltes. Man rengjør fordi gummi fra bildekkene og salt danner en hinne på sensorene som kan hindre riktige registreringer.

4) Vind

Plassering

Både vindhastighetsmåleren og vindretningssensoren plasseres fritt på stolpe fortrinnsvis 10 m over bakken (WMO standard). Målerne bør også plasseres i en gitt avstand fra veggen slik at de ikke påvirkes av andre elementer (f.eks. forbi passerende trailere).

Vedlikehold

Man må kontrollere at skålene på hastighetsmåleren roterer fritt, og på sensoren for registrering av vindretning må man kontrollere at halefinnen roterer fritt. Begge sensorene må være fri for isdannelse.

På steder med mye vind hender det at lageret i sensoren går i stykker og må byttes. Dette bør kontrolleres en gang i året og da gjerne ved en total gjennomgang av stasjonen før vintersesongen starter.

5) Utstråling

Plassering

Utstrålingssensoren plasseres ca. 4 m over bakken. Det er viktig at det er åpent rundt sensoren.

Vedlikehold

Plastkuppelen må rengjøres forsiktig med såpevann og skylles godt når den er skitten. Den må ikke åpnes og må behandles med forsiktighet (ikke legg trykk på den!). Sjekk også om plastkuppelen er slitt og har mange riper. Hvis den har det må sensoren sendes inn til overhaling, og plastkuppelen må skiftes.

2. 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

Håndbok 167, Statens vegvesen Snøvern

3. Figurliste

FIGUR 1: TEMPERATURFORDELING I ATMOSFÆREN	3
FIGUR 2: TEMPERATURVARIASJON MELLOM OBSERVERT HØYDE (2M) OG BAKKEN OM DAGEN (TIL VENSTRE) OG OM NATTEN (TIL HØYRE).....	4
FIGUR 3: TEMPERATURENS VARIASJON MED HØYDEN	4
FIGUR 4: ENERGIUTVEKSLING MELLOM JORDEN OG ATMOSFÆREN	6
FIGUR 5: JORDENS STRÅLINGSBALANSE	7
FIGUR 6: VARMFRONT	8
FIGUR 7: KALDFRONT	8
FIGUR 8: OROGRAFISK NEDBØR	9
FIGUR 9: TEMPERATURFORDELING SOM GIR MULIGHET FOR UNDERKJØLT REGN	10
FIGUR 10: HAGL OG TORDENVÆR. LUFTBEVEGELSE I BYGESKY	10
FIGUR 11: VINDSTYRKE MELLOM ISOBARER I RELASJON TIL STRØMMEN I EN ELV	11
FIGUR 12: VINDRETNING RUNDT TRYKKSISTEM.....	11
FIGUR 13: FØHNVIND	13
FIGUR 14: STRÅLINGSTÅKE.....	13
FIGUR 15: MAKROKLIMA	14
FIGUR 16: LOKALKLIMA	15
FIGUR 17: MIKROKLIMA	15
FIGUR 18: EKSEMPEL PÅ EN KLIMASTASJON	18
FIGUR 19: 48 TIMERS METEOGRAM FOR SAUDA I ROGALAND	27
FIGUR 20: VINDSTYRKE ANGIS MED HAKER OG VINDRETNING MED PIL.....	28
FIGUR 21: METEOGRAM PÅ MOBILTELEFON	28
FIGUR 22: RADARBILDE FRA RADAREN I ASKER	29
FIGUR 23: RADARSTRÅLENS AVBØYNING PGA. JORDKRUMNINGEN.....	30
FIGUR 24: RADARBILDE: SKAGERAK MED HÆGEBOSTAD	30
FIGUR 25: NEDBØRSFELT ANGIR HVOR DET VENTES NEDBØR OG HVOR MYE.....	31
FIGUR 26: FELTER FOR VINDSTYRKE OG -RETNING I 1500 MOH. (ØVERST) OG 10 MOH. (NEDERST).....	31
FIGUR 27: FELTER FOR TEMPERATURER I HØYDENE 1500 M (ØVERST) OG 2 M (NEDERST).....	32
FIGUR 28: SAMMENSATT SATELITTBILDE FRA FIRE SATELLITTER OVER EKVATOR	33
FIGUR 29: VISUELT SATELITTBILDE	34
FIGUR 30: INFRARØDT SATELITTBILDE FRA EN SATELLITT I POLAR BANE.....	34
FIGUR 31: DØGNVARIASJONER I TEMPERATUR	41
FIGUR 32: FRONTSYSTEM.....	44

4. Tabelliste

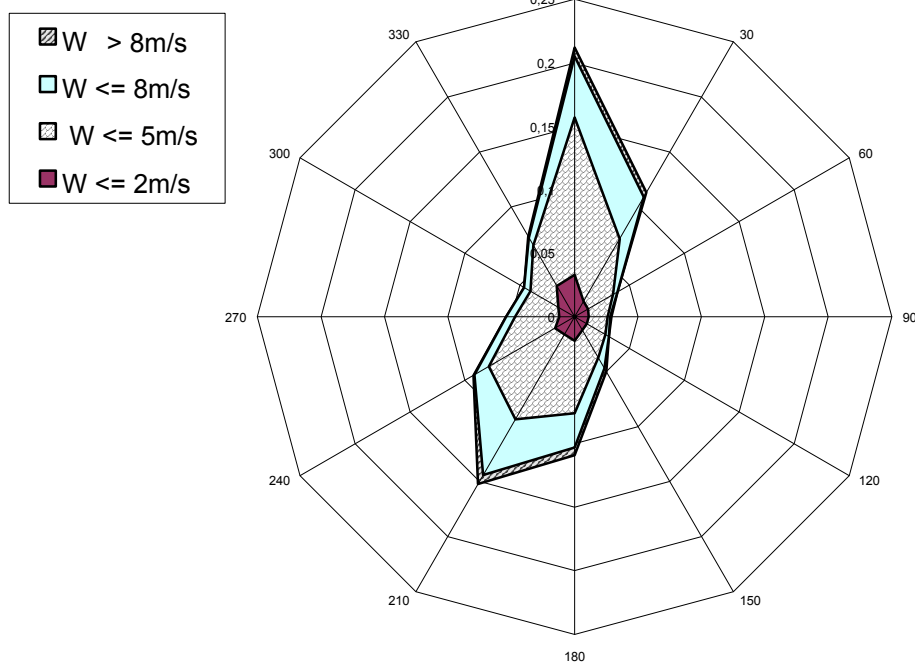
TABELL 1: FORHOLDET MELLOM DUGGPUNKT, TEMPERATUR OG RELATIV FUKTIGHET	6
TABELL 2: BEAUFORTS VINDSKALA	12
TABELL 3: MÅLEUSIKKERHET, MÅLEOMRÅDE OG PARAMETRE SOM MÅLES AV HVER ENKELT SENSOR	23
TABELL 4: TIDSANGIVELSE I TEKSTVARSLET	35
TABELL 5: FASTE ORD OG UTTRYKK I VÆRMELDINGEN.....	35
TABELL 6: KLIMASTASJONENES UTVIKLING.....	53

5. 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. Figuren under viser et eksempel på en vindrose. Vindretning 0° , 90° , 180° og 270° 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.

Total Time ratios: 1,000



Eksempel på vindrose.

Vindroser benyttes bl. a. i forbindelse med risikoanalyse. Et eksempel kan være i studier av tunnelbrann der vindhastighet og -retning har stor betydning med tanke på spredning av røyk og eventuelle giftige gasser.

Nødvendige data for å lage vindroser kan bestilles fra DNMI.