

# SNØ OG TELE

Er det sol eller regn som bidrar mest til opptining?

Av

Arnor Njøs,

Norges Landbrukshøgskole, Ås—NLH.

Spørsmålet virker unødvendig. For det er nokså selvsagt at både sol og regn smelter snø og tiner tele. Når vi likevel har tatt det opp, er det fordi det er vanlig, til og med i landbrukskretser, å komme med utsagn som: «Nå trenger vi regn, så telen kan gå».

## Opptining av tele.

Et regneeksempel vil klargjøre forskjellen mellom sol og regn som varmekilder. Vi kan ta utgangspunkt i året 1976 med dyp tele i mange flatbygder på Østlandet. I regneeksemplet vil vi holde oss til et areal på 1 dekar. Vi setter opp følgende forutsetninger:

1. Smeltevarme for is:  $336 \text{ kJ/kg} = 80 \text{ kcal/kg} = 93 \text{ kWh/tonn}$ .
2. Vannets egenvarme:  $4,2 \text{ kJ/kg grad} = 1 \text{ kcal/kg grad} = 1,16 \text{ kWh/tonn grad}$ .
3. Smeltevannet varmes ikke opp over  $0^\circ\text{C}$ .
4. Jordart: Leirjord med 80 cm djup tele og feltkapasitet 40 volumprosent (dreneringslikevekt). Innhold av vann pr. dekar før frysing:  $1000 \text{ m}^2 : 0,8 \text{ m} : 0,4 = 320 \text{ m}^3$  tilsv. 320 tonn.
5. Ingen begrensninger i varmeledningsevne.
6. Jordoverflaten har slik farge, ujamnhet og form at 50 prosent av innstrålt energi går til jorda, resten til refleksjon og langbølget utstråling,

## Eksempel I.

Opptining av tele bare ved solenergi:

$$\text{Antall dager} = \frac{\text{Totalt energibehov}}{\text{Energi til jord pr. dag}} = \frac{93 \text{ (kWh/tonn)} \cdot 320 \text{ (tonn/dekar)}}{2000 \text{ (kWh/(dekar dag))}} = \text{ca. 15 dager.}$$

men at det ikke foregår noen fordampning. Vi går videre ut fra at brutto solenergi (globalstråling) i Sør-Norge utgjør 4000 kWh/dekar dag. Dette er et tilnærmet middel for april i Ås etter målinger ved Fysisk Institutt (1958—1976). Energi til jord: 4000 kWh/dekar dag  $\cdot 0,5 = 2000 \text{ kWh/dekar dag}$ .

7. Nedbøren kommer som regn med  $+5^\circ\text{C}$  eller  $+10^\circ\text{C}$ . Ingenting renner av på overflaten. Regnet kjøles ned til  $0^\circ\text{C}$  og hele den avgitte varmemengden går til opptining av tele.
8. Is i jord smelter ved  $0^\circ\text{C}$ . Dette stemmer ikke, da oppløste salter senker frysepunktet. Frysepunktet er også avhengig av porestørrelsen. Vann som er i så små porer at røtene ikke greier å ta det opp (ca.  $0,0002 \text{ mm}$ ) fryser ved en temperatur som er ca.  $-1,2^\circ\text{C}$ .
9. Andre forutsetninger: Jorda forutsettes å være i åker (svart). Døgnsvingninger i innstråling og temperatur blir ikke vurdert. Jordtemperaturen forutsettes å være  $0^\circ\text{C}$  i hele teledybden.

— Ved beregning som gjelder smelting på grunn av regn, er det nyttig å ha et mål for energimengden avgitt pr. mm nedbør og grad avkjøling:  $1 \text{ mm regn} = 1 \text{ m}^3 \text{ vann pr. dekar} = 1 \text{ tonn vann pr. dekar}$ .  
Kjølevarme:  $4200 \text{ kJ/mm grad} = 1000 \text{ kcal/mm grad} = 1,16 \text{ kWh/mm grad}$ .

## Eksempel II.

Opptining av tele bare ved regn:

a. Temperatur for regn = +5°C.

$$\text{Antall mm: } \frac{\text{Totalt energibehov}}{\text{Energi til jord pr. mm}} = \frac{93 \text{ (kWh/tonn)} \cdot 320 \text{ (tonn)}}{1,16 \text{ (kWh/(mm grad))} \cdot 5 \text{ (grader)}} = \text{ca. 5100 mm}$$

b. Temperatur for regn = +10°C.

$$\text{Antall mm: } \frac{93 \text{ (kWh/tonn)} \cdot 320 \text{ (tonn)}}{1,16 \text{ (kWh/(mm grad))} \cdot 10 \text{ (grader)}} = \text{ca. 2600 mm}$$

Normal månedsnedbør for april er 48 mm.

Svarene er ganske interessante:

Ved 50 prosent utnyttning av solenergien og ingen nedbør ville det under de gitte forutsetninger ta 2 uker å tine opp teledaget. Hadde det vært 25 prosent utnyttning ville det gått med en måned. Hvis telen skulle tines opp bare

av regn med +5°C, ville det gå med ca. 5100 mm, og av regn med +10°C, ca. 2600 mm. Det er ingen tvil om at innstrålingen er den viktigste faktoren for opptining av tele.

Vi kunne for så vidt regne ut nedbørens bidrag på en mye enklere måte:

$$\text{Smeltevarme (kWh/tonn} = 80 \cdot \text{Egenvarme (kWh/(tonn grad))}$$

Av dette ser vi at hvis temperaturen i regnet er +5°C, går det med til opptining 16 mm nedbør pr. mm vann frosset som is (ca. 1,1 mm is!). Er temperaturen i regnet +10°C går det med 8 mm nedbør pr. mm vann frosset som is. Regner vi om til avsmeltet teletykkelse (4 mm vann pr. cm jordtykkelse), får vi at det trengs 64 mm med +5°C eller 32 mm med +10°C for å tine opp et teledag av 1 cm tykkelse. Til å tine opp et teledag med 80 cm tykkelse ville det gå med ca. 5100 mm eller ca. 2600 mm regn med henholdsvis +5°C eller +10°C.

I sandjord som har mye mindre vanninnhold ved dreneringslikevekt (feltkapasitet) går det med tilsvarende mindre nedbør, f.eks.  $\frac{1}{3}$  til  $\frac{1}{2}$  av de mengdene som er nevnt. I ei siltjord trekkes det vann til telesonen under

frysing, og de øvre lagene tiner derfor langsommere enn i ei leirjord.

Når mesteparten av telen går nedenfra, på grunn av varmemestrømmen nedenfra og et tykt snødekke som isolerer mot varmetap oppover, vil jorda virke tørr og luftig om våren. Dette gjelder særlig leirjorda. Her fryser vanet først i de grove porene, sprekke, og det blir konsentrasjon av is her. Jorda mellom sprekke tørker ut noe, og saltkonsentrasjonen øker. Forholdene ligger da til rette for danning av grynstruktur i ploglaget. Ved opptining nedenfra vil det ikke bli vannmetning i noe lag, fordi smeltet vannet hele tida har avløp nedover. Særlig i topplaget vil det bli en gunstig struktur, og overflaten vil tørke fort ut, slik at det kan bli tidlig jordarbeiding.

Hvis telen hovedsakelig går ovenfra, får ikke smeltevannet i den øverste delen avløp, og topplaget blir vannmettet. Det vil ofte stå vann på overflaten inn til teleglaget blir gjennomhullet. Strukturen i topplaget blir tett. Hvis det i tillegg er mye gråvær, blir det vanskelig å komme i gang med jordarbeiding.

Under opptining hender det også at det øvre laget tørker ut slik at refleksjonen øker på grunn av lys farge, og varmeledningsevnen minker på grunn av mye luft i jorda. Da kan et regnvær påskynde opptiningen ved at energinntaket og varmeledningsevnen øker.

Like etter at telen er gått, kan vi oppleve at vannet begynner å renne i grøftene, selv om det ikke er kommet regn. Forklaringen er for det meste å finne i temperaturforholdene. Ved en brå stigning i jordtemperaturen på grunn av stor innstråling, minker jordas evne til å holde fast vannet (overflatespenningen i grenseflaten vann — luft avtar). Derfor faller det ut en vannmengde, som finner veien

til dreneringssystemet. Dette påskynder opptørkingen.

### Smelting av snø

Resonnementet for snøsmelting blir omtrent det samme som for opptining av tele, bortsett fra at refleksjonen fra snøoverflaten varierer så sterkt med fargen. Oppstikkende busker, gras, halmstubb fører dessuten til raskere smelting enn en ren snøoverflate.

Som eksempel kan vi ta et snølag av 80 cm tykkelse. Vi regner med at 30 % av innstrålt energi går til snøsmelting og forutsetter at smeltevannet beholder temperaturen 0°, ikke fordamper, men renner ned i jorda under snøen. Vi kan regne samme innstråling som i eksemplet med tele (slutten av april) og en gjennomsnittlig tetthet for snøen på 0,3 tonn/m<sup>3</sup>, dvs. en snømengde på 240 kg/m<sup>2</sup>. Dette gir en større snøtyngde enn forutsatt for dimensjonering av hustak i bygningsforskriftene.

$$\text{Snømengde pr. dekar: } 0,3 \text{ tonn/m}^3 \cdot 1000 \text{ m}^2 \cdot 0,8 \text{ m} = 240 \text{ tonn.}$$

$$\text{Total energimengde til smelting: } 93 \text{ (kWh/tonn)} \cdot 240 \text{ (tonn/dekar)} = 22320 \text{ (kWh/dekar).}$$

$$\text{Effektiv innstråling til smelting: } 4000 \text{ kWh/(dekar dag)} \cdot 0,3 = 1200 \text{ (kWh/(dekar dag)).}$$

### Eksempel I. Snøsmelting ved innstråling:

$$\text{Antall dager: } \frac{\text{Totalt energibehov}}{\text{Effektiv innstråling pr. dag}} = \frac{22320 \text{ (kWh/dekar)}}{1200 \text{ (kWh/(dekar dag))}} = \text{ca. 19 dager.}$$

### Eksempel II. Avsmelting ved regn:

#### a. Regn med +5°C.

$$\text{Antall mm: } \frac{\text{Totalt energibehov}}{\text{Energi til snø pr. mm}} = \frac{22320 \text{ kWh}}{1,16 \text{ (kWh/(mm grad))} \cdot 5 \text{ (grader)}} = 3800 \text{ mm.}$$

#### b. Regn med +10°C.

$$\text{Antall mm: } \frac{22320 \text{ kWh}}{1,16 \text{ (kWh/(mm grad))} \cdot 10 \text{ (grader)}} = \text{ca. 1900 mm.}$$

Det er tydelig at innstrålingen gir en størrelsesorden som svarer til den avsmeltingstiden en observerer i praksis. Vi kan som jamføring nevne målin-

ger av avsmeltingstiden for et 73 cm snølag i Ås (pr. 19. april) i 1966. Det tok 15 dager (Njøs, 1968). Tettheten for snøen var i dette tilfelle litt større

enn 0,3 tonn/m<sup>3</sup>, og innstrålingen (globalstråling) ca. 4500 kWh/dekar dag. Dette gir vel 30 % av bruttoenergien til snøsmelting.

#### *Virkning av vind.*

Hvis det kommer varmluft fra andre områder, kan det føre til en betydelig økning i avsmeltingen ved at energi transporteres til smelteområdet. Imidlertid kan tørr vind ved opptining av tele på snøbar mark føre til så rask uttørking at jordoverflaten tørker og kvitner, noe som gir større refleksjon av innkommende stråling, nedgang i varmeledningsevnen i det øvre jordlaget og dermed mindre energi til oppviningssonen. Stille, klart vær er sannsynligvis mest effektivt for opptining av tele.

I alle år går en del av telen nedenfra, noe som fører med seg mindre snøavrenning på overflaten, men samtidig større utvasking av næringsstoffer fra jorda.

#### *Energibehov ved fordamping.*

Fordamping av vann er en energikrevende prosess. Ved 20°C er energibehovet 2450 kJ/kg = 585 kcal/kg = 680 kWh/tonn.

Siden 1 tonn svarer til 1 mm vann på 1 dekar overflate er energibehovet 680 kWh/dekar mm. En fordamping på 4 mm krever 2720 kWh/dekar eller ca. halvparten av totalinnstrålingen pr. dag i juni.

#### *Merknad om enheter.*

Det er mange som i det senere har stusset ved de nye måleenhetene som er innført i skoleverket og næringslivet. Er det ugrent å være nordmann, så er det enda verre å være engelskman. Vi får da heldigvis beholde m og kg som mål for lengde og masse, mens engelskmennene må skifte ut mile, yard, fot, tommer, pund og unse med «våre» enheter. I 1960 ble SI-systemet vedtatt

som målesystem, men det har tatt mange år å få det i vanlig bruk. Vi har sett i det senere at motoreffekt oppgis i kW (kilowatt) istedenfor hestekrefter, at kraft oppgis i N (newton) istedenfor kp og at trykk oppgis i kPa (kilopascal) istedenfor kp/cm<sup>2</sup> for å nevne noen eksempler.

Kraftenheten kp kjenner vi, fordi vi vet av erfaring hvor mye muskelkraft som må til for å løfte et kg-lodd rett opp med jamn hastighet. Energienheten kpm er vi også fortrolig med etter å ha løftet et kg-lodd 1 m rett til værs. Det er verre å bli fortrolig med 1 N. Kraft er masseakselerasjon, og forskjellen mellom 1N og 1 kp er at i første tilfelle er akselerasjonen eller hastighetsforandringen 1 m/s pr. sekund, mens i siste tilfelle er akselerasjonen den samme som tyngdeakselerasjonen ved fritt fall, nemlig 9,8 m/s pr. sekund. 1 N er altså egentlig en greiere enhet for kraft enn 1 kp og har den fordel at den ikke diskriminerer mellom jordboere og marsboere. — Som et praktisk mål for 1 N kan vi si det svarer til å løfte 0,102 kg rett opp, her på jorda.

Enhetene i SI-systemet bygger på 7 grunnenheter:

Lengde: m (meter).

Masse: kg (kilogram).

Tid: s (sekund).

Strømstyrke: A (ampère).

Lysstyrke: cd (candela).

Temperatur: K (kelvin = 273,15 + °C), (1 kelvin = 1°C).

Stoffmengde: mol (mol).

Energienheten (joule, J) er avledet, akkurat som enhetene for kraft (newton, N), trykk (pascal, Pa), effekt (watt, W).

1 N = 0,102 kp.

1 J = 1 Nm = 1 Ws = 0,24 cal.

1 kWh (kilwatt-time) = 3600 kJ  
(kilojoule) = 860 kcal.

Siden SI-enhetene vil bli mer og mer brukt, er det like godt å bli fortrolig med dem. Det er imidlertid et aber ved mange av enhetene at de virker ukjennelige. Enkelte av dem er mindre ukjennelige enn andre. Det gjelder f.eks. energienheten kWh, som vi kjenner både fra husholdning og næringsvirksomhet. Når det gjelder trykk, ser det ut til at vi blir nødt til å finne oss i enheten kPa (kilopascal) = 1000 Pa = 0,01 bar = ca. 0,01 kp/cm<sup>2</sup>. Det ville nok her være å foretrekke at pro-

ducenter av gass, traktor- og bilgummi, trykkluftutstyr kunne bruke enheten 1 bar som er 100 kPa. 1 bar = 1,02 kp/cm<sup>2</sup>.

Det vi kan være ganske sikker på, er at mange av de gamle enhetene vil holde seg lang tid i folks bevissthet. Kanskje mange vil regne om i hodet for å «forstå». Å forstå er svært ofte å kjenne igjen.

Til slutt en sammenstilling av noen nyttige energimål:

Energibehov, voksent menneske:  
 Effektbehov, voksent menneske:  
 Energibehov til å varme opp 100 liter vann fra 0°C til 100°C:  
 Energiinnhold i 1 kg olje:

3,4 kWh/dag.  
 140 W (stor lyspære!).

11,6 kWh.  
 11,6 kWh.

Innstråling (globalstråling) i kWh pr. dekar og dag (omregnet fra World

Survey of Climatology, 1970, og Heldal & Kvifte, 1963):

Sted	Januar	April	Juni	August
As/Oslo	400	3700	5500	3900
Trondheim	200	3100	4800	3700
Tromsø	—	2500	4700	2800

### SAMMENDRAG

Det er vist ved noen regneeksempler at innstrålt solenergi er langt mer sannsynlig som årsak til smelting av snø og tele enn regn. Ved en teledybde på 80 cm i leirjord viste det seg at hvis halvparten av innstrålt energi ble brukt til oppptining av tele ville det det gå med ca. 2 uker i april i Ås. Hvis det ble forutsatt regn med +5°C temperatur ville det kreves over 5000 mm for å tine opp tilsvarende telelag, like mye som 104 ganger normal aprilnedbør.

Tilsvarende beregningseksempel er brukt på snø under forutsetning av 30 prosent utnyttning av solenergien til smelting. Et snølag på 80 cm dybde med tetthet 0,3 tonn/m<sup>3</sup> ville smelte i løpet av 19 dager (Ås, april). Av regn

med +5°C ville det under samme forhold gå med 3800 mm eller 79 ganger normal nedbør for april.

### LITTERATUR

- Fysisk Institutt 1958—1976*. Meteorologiske data for Ås.  
 Njøs, A. 1968. Litt om snø. Landbrukstidende nr. 14/15, 1968, og særtrykk 94, Institutt for jordkultur 1968, 1—4.  
*World Survey of Climatology*, Vol. 5. Climates of Northern and Western Europe 1970. Chapter 2 — The Climate of Scandinavia (T. W. Johannesen) Elsevier Publ. Co. Amsterdam, 23—79.  
 Heldal, B. & G. Kvifte. 1963. Ås-klimaet. II. Globalstråling. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole Vol. 42, Hefte 1, 1—18.

### SUMMARY

It has been shown by calculations based on specified assumptions and meteorological data that the sun radiation is a much more likely energy

source for melting of snow and tjäla in spring than the heat supplied by rain. For Ås, Norway (appr. 59°N, 10°E) it has been calculated that a clay soil frozen to a depth of 80 cm would thaw in about two weeks' time in April, assuming that half of the global radiation was utilized for melting of the tjäla. If, on the other hand, it was assumed that no energy was to be supplied by sun radiation and rain of +5°C (278 K) was to be the only source of energy, more than 5000 mm of precipitation, or roughly 100 times

the normal april rainfall, would be needed to melt the frozen soil layer.

A similar calculation was carried out for snow, assuming that 30 percent of the global radiation would be available for snow melting. A snow layer of 80 cm depth with an average density of 0,3 tons per cubic metre, and temperature 0°C (273 K) would melt in about 19 days in April at Ås. The necessary amount of rain of +5°C (278 K) for melting the same snow layer would be 3800 mm, or roughly 80 times the normal april precipitation at Ås.

---

## God jul og godt nytt år!

*Selskapets medlemmer og andre forbindelser ønskes en riktig god jul og et godt nytt år!*

*Det norske jord- og myrselskap vil også takke for velvilje, godt samarbeid og interesse for selskapets arbeidsoppgaver i året som nå renner ut. Et nytt år imøtesees med nye arbeidsoppgaver og forventninger.*

Ole Lie.