



VARME- REKORDERNE PÅ SUMMIT

Det vakte opsigt, da der på toppen af Grønlands Indlandsis blev målt flere varmerekorder i august 2019. De højest målte temperaturer viste sig dog ikke at holde vand. Meteorolog Jesper Eriksen kigger her nærmere på, hvorfor temperaturmålinger kan gå galt i byen.



Om forfatteren
Jesper Eriksen er uddannet meteorolog fra Københavns Universitet og DMI. Han har arbejdet på DMI med alt slags vejr i Rigsfælleskabet siden 2004. Denne artikel er dog skrevet helt i privat regi. jespereriksen2@hotmail.com

I starten af august 2019 blev der målt varmerekorder af flere vejrstationer på toppen af Grønlands Indlandsis (også kaldet summit). Blandt andet målte DMI's vejrstation den 2. august rekordhøje 4,7 graders varme – hvilket gav anledning til en del presseomtale. Netop denne måling blev dog få dage senere annulleret, da den ikke bestod den efterfølgende kvalitetskontrol. Men kan man stole på de øvrige rekordmålinger, hvor pålidelige er sådanne temperaturmålinger, og hvad kan forstyrre dem? Det undersøger jeg i denne artikel.

Kunstige overflader kan påvirke målinger

På Summit ligger der en amerikansk forskningsbase, som er beboet året rundt – dog kun med 4 personer om vinteren. Basen blev etableret i 1989, oprindeligt med det formål at lave iskerneboringer. Programmet er senere blevet udvidet med meget anden forskning og en masse meteorologisk udstyr.

På en menneskeskabt base er der kunstige overflader, der kan opvarmes med forskellig styrke af solens energi afhængig af, hvilket materiale de er lavet af, hvilken

farver de har, og hvordan de vender i forhold til verdenshjørnerne. Summit ligger nord for Polarcirklen og har derfor midnatssol om sommeren, men solen kommer ikke lige så højt på himlen som i Danmark. Det gør, at den maksimale globalstråling i princippet er mindre end i Danmark, men den sammenligning gælder kun, hvis man befinder sig i samme højde over havets overflade. Summit ligger lidt over 3200m over havniveau, hvor luften er noget tyndere, og desuden har sne og is en høj albedo (evne til at reflektere sollys). Derfor kan kunstige overflader på basen på Summit

← Den hvide bygning på billedet er Temporary Atmospheric Watch Observatory (TAWO). Foran bygningen ses en mast, og det er her NOAA's meteorologiske udstyr er monteret. Kilde: NASA/Cryosphere Science Research Portal

blive stærkt påvirket og opvarmet af solens stråler.

Blæser det, er der så meget omringning, at den opvarmende effekt fra de kunstige overflader hurtigt udtynnes i forhold til en temperaturmåling af luften tæt på den kunstige overflade. Men er der næsten ingen vind, kan de kunstige overflader faktisk påvirke målingen, hvis de er tæt på det sted, hvor målingen foretages.

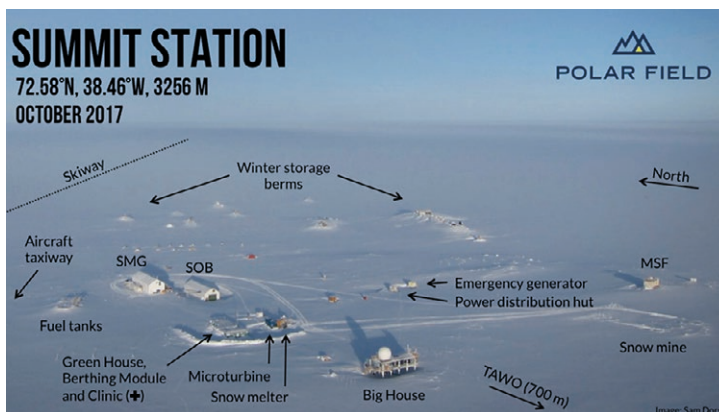
Betydningen af udstyr og placering

Kigger man generelt på, hvilket måleudstyr der er bedst egnet til klimatologiske analyser, skal man selvfølgelig se på kvaliteten af selve udstyret, men lige så vigtig er placeringen af vejrstationen. Man ønsker nemlig at måle et sted, hvor påvirkningen af lokale effekter er minimal. På Summit er terrænet ret ensartet uden lækroge, så de lokale effekter, der kan påvirke temperaturmålinger på Summit, vil være knyttet til de kunstige overflader på basen – og derudover har selve vejrstationen også sine egne kunstige overflader. En sidste ting, der har betydning for pålideligheden af målinger fra en vejrstation er, hvor gode mulighederne er for at vedligeholde og servicere vejrstationen. Her er muligheden for at yde service på det meteorologiske udstyr gode på Summit, da basen er bemannet året rundt.

På en forskningsbase som den på Summit må det forventes, at måleudstyret generelt har en ret høj kvalitet. Listen over meteorologisk udstyr på Summit er for lang til at komme ind på her, men man kan finde den på hjemmesiden: www.geosummit.org/instruments

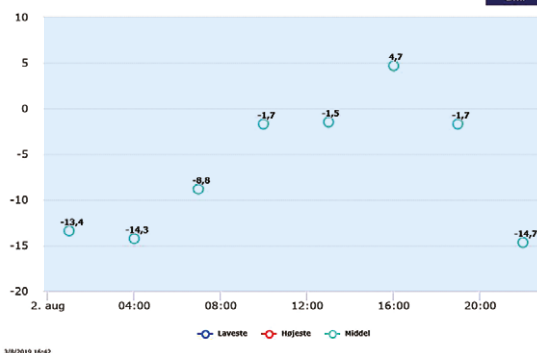
Ser man på, hvilken temperaturmåler der er mindst påvirket af lokale forhold, må det ud fra min personlige vurdering være den fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), af for mig lidt overraskende grunde, der vil blive belyst nærmere i næste afsnit.

NOAA's temperaturmåler på Sum-



Oversigtskort over forskningsbasen på Summit. I bunden ses en pil, der angiver, at der er 700 m til et sted kaldet "TAWO". Det er her NOAA's officielle vejrstation er placeret. Kilde: www.geosummit.org

Summit 2. august 2019 Temperatur (°C)



Målinger fra DMI's vejrstation (04416) på Summit den 2. august 2019. Stationen registrerer en værdi hver 3. time. Det fremgår, at der blev målt 4,7 graders varme kl. 16.00 lokal tid, men denne måling bestod ikke en efterfølgende kvalitetskontrol. Kilde: dmi.dk

mit er placeret i et tårn ved siden af en bygning, der udelukkende bruges til forskning kaldet The Temporary Atmospheric Watch Observatory (TAWO). Bygningen ligger lidt under 1 km syd for selve basen og er lavet af specielle materialer for at minimere indflydelsen på de målinger, der laves. TAWO blev flyttet til sin nuværende placering tilbage i 2010 og har derfor ikke ligget det samme sted hele tiden. Temperaturcensoren på tårnet er placeret 2 meter over sneoverfladen, som er den anbefalede højde for temperaturmålinger, og temperaturen måles hvert minut.

Jeg har været i kontakt med NOAA, som fortæller, at de én gang årligt justerer temperaturmåleren i forhold til den nye sneoverflade. Der kommer nemlig, ifølge Sam Dorsi, der er Summit Station Science Project Manager, i gennemsnit 0,65 m sne om året på Summit.

Ventilation er vigtigt for en temperaturmåling

Har man et termometer, er det selvfølgelig luftens temperatur, man vil måle. Derfor har man en strålings-skærm til at beskytte termometeret mod direkte sollys. Man er heller ikke interesseret i, at luften får lov at stå stille inde i strålingsskærmen. Derfor er de bygget, så luften kan passere igennem dem. Der findes mange forskellige strålings-skærme af forskellige kvalitet og pris, og det samme kan siges om selve termometrene, men det vil jeg ikke komme nærmere ind på i denne artikel.

Aftager den naturlige vind næsten helt en sommerdag, hvor solen skinner for fuldt blus på Summit, kan luften stå næsten stille inde i strålingsskærmene. Den samme situation ville i Danmark give anledning til lodrette luftbevægelser i form af termik og dermed ud-



Billede af vejrstationen på Summit, der er en del af Greenland Climate (GC) netværket. Billedet er taget af Konrad Steffen, og manden på billedet er hans søn. Sønnen er også klimaforsker.

skiftning af luften, men på toppen af Indlandsisen dannes der ikke termik. Termik kræver nemlig en uens solopvarmning af overfladen, hvorved luftbobler bestående af den varmeste luft i området kan opstå og drives til vejrs, ligesom sæbebobler undertiden gør på en varm sommerdag i Danmark. Men en iskappe er en ret ensartet overflade, der reflekterer det meste af solens lys, så derfor dannes der ikke termik over den.

Selvom strålingsskærmene er hvide/eller grå, så de absorberer mindst muligt varme, gør de specielle forhold med den tynde luft og den reflekterende overflade af sne og is, at mængden af sollys, der når strålingsskærmen, er så stor, at man ikke kan undgå, at den opvarmes lidt. Herved opnås en ekstra opvarmning af den lille lufttomme inde i strålingsskærmen. Er der nok naturlig vind, fortyndes effekten, og man kan se bort fra den. Men det kan man ikke, når det er næsten vindstille.

Derfor har NOAA's temperatur-måleudstyr på Summit tilknyttet en kunstig ventilation, så der til stadighed er omrøring på de næsten vindstille dage. Det er kun NOAA's vejrstationer, der har kunstig ventilation på Summit.

I en artikel i tidsskriftet JTECH sammenligner Leeper og kolleger kunstigt ventilerede temperaturmålinger med målinger, der kun har vindens naturlige ventilation. De finder, at de kunstige ventilerede vejrstationer i middel giver en lavere maksimumtemperatur og en højere minimumtemperatur, dog med stor variabilitet i forskellen afhængigt af hvilke vejrstationer (lokalområder), man kigger på. Der nævnes i middel kun forskelle på en $0,48^{\circ}\text{C}$ højere maksimumtemperatur og en $0,36^{\circ}\text{C}$ lavere minimumtemperatur. Disse tal gælder for USA, og man skal huske på, at der for Summit gælder helt specielle meteorologiske forhold.

En anden vejrstation på Summit, der er relevant for denne artikel, er en fra Greenland Climate Network (GC-nettet), som også er drevet af amerikanerne. Vejrstationen står ligesom NOAA's vejrstation lidt væk fra selve basen. Jeg har kommunikeret på email om denne vejrstation med Konrad Steffen, professor i Geografi med speciale inden for glaciologi. Han står for driften af de 20 vejrstationer, der er i GC-nettet, og han fortæller, at vejrstationen på Summit ikke har kunstig ventilation, og temperaturmålingen laves 3,4m over sneens overflade. Den foreta-

ger en måling af temperaturen hver 15. sekund, og hver time registreres den maksimale temperatur inden for den seneste time.

DMI har også en vejrstation på Summit (WMO nr. 04416). Den har ikke kunstig ventilation, og den registrerer en måling hver 3. time.

7 graders forskel mellem vejrstationer

Som nævnt målte DMI's vejrstation hele $4,7$ graders varme den 2. august 2019. Da målingen senere blev annulleret ved en kvalitetskontrol, var årsagen ifølge DMI, at målingen var kommet for tæt på sneoverfladen og derfor ikke var tilstrækkeligt ventileret. En overflade virker nemlig opbremsende på luftens bevægelse, og jo tættere, man kommer på overfladen, desto større bliver effekten.

Til sammenligning viste NOAA's temperaturmåling fra samme dag 2 graders frost som dagens højeste temperatur, altså en forskel på næsten 7 grader.

Men faktisk var der andre vejrstationer på Summit, der målte temperaturer over frysepunktet den 2. august – for eksempel vejrstationen "Greenhouse", der drives af Natio-

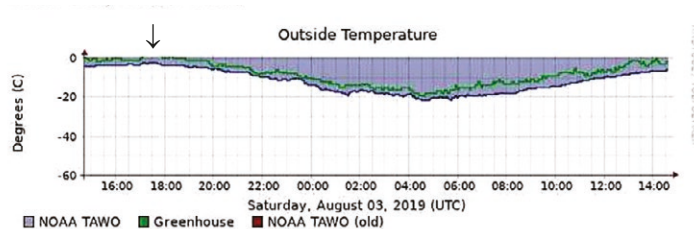
nal Science Foundation/Polar Field Services og som ikke har noget med NOAA at gøre. Temperaturkurven for denne vejrstation forsvinder således opad og ud af skalaen den 2. august, men da skalaen kun går op til frysepunktet, kan man ikke se, hvor meget over frysepunktet vejrstationen målte. Da målingen foretages lige uden for en gruppe bygninger, kan den være påvirket af solopvarmningen af de kunstige overflader.

Professor Konrad Steffen oplyser i en email, at den højeste temperatur opgivet fra stationen fra GC-nettet d. 2. august 2019 var på hele 3,6 graders varme. Dette er ifølge ham en ny varmere rekord for denne station. De 3,6 grader har været igennem et autokorrektionsfilter, fordi den reelle måling var helt oppe på omkring 5 grader. Man har lavet dette filter, fordi man erkender, at disse vejrstationer kan have problemer og derfor kan give for høje temperaturer, når vindstyrken er for lav, og der er masser af sollys. Og det var faktisk næsten vindstille den dag, hvor varmere rekorden blev målt. Så selvom DMI-stationen havde haft en bedre afstand til sneoverfladen, havde der stadigvæk ikke været meget ventilation. DMI-Vejrstation og den ufiltrerede måling fra GC-vejrstationen havde faktisk næsten samme værdi for den højest målte temperatur.

Ikke et generelt problem

NOAA's måling på omkring 2 graders frost må som sagt betragtes som det bedste bud på en officiel temperatur for den 2. august 2019 til brug i en klimatologisk database, fordi NOAA's målestation havde kunstig ventilation. Et faktum, der yderligere understøtter dette, er, at der ikke var registreret smeltning af overfladesneen på Summit den 2. august 2019 – det blev der derimod gjort flere gange tidligere på sommeren.

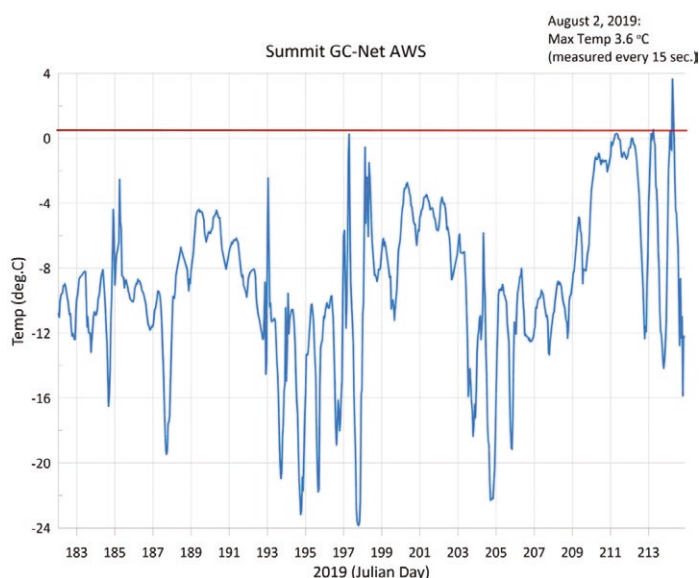
Det betyder dog ikke, at målinger fra DMI og GC-nettet var decideret forkerte. De bittesmå luftlommer fanget i strålingsskærmene på grund af manglen på ventilation er sikkert



Temperaturmålinger fra Summit for perioden 2. til 3. august 2019. Den sorte linje er NOAA's måling, og denne kom kun op på 2 graders frost den 2. august. Den grønne linje er en måling foretaget lige ved siden af en lille samling bygninger kaldet Greenhouse. Det fremgår, at den grønne linje hopper ud af skalaen den 2. august om eftermiddagen og derfor må have været over frysepunktet. Grafik: Screenshot.



Billedet af bygningerne, hvis kælenavn er "Greenhouse". Temperaturmålinger tæt ved disse bygninger kan forstyrres af de kunstige overflader. Kilde: www.geosummit.org



Temperaturmåling fra GC-vejrstationen på Summit. På x-aksen opgives dagens nummer på året, og på y-aksen temperaturen. Den 2. august er 3,6 grader opgivet som den højeste temperatur. De viste målinger har været gennem et autokorrektionsfilter – de rå målinger viste mere end 5 graders varme som højeste temperatur. Vejrstationen måler temperaturen hvert 15. sekund.

nået op på 4-5 graders varme, mens luften uden for skærmene generelt har været frostkold. Den store forskel i den målte temperatur mellem et termometer med og uden kunstig ventilation, må antageligt tilskrives de helt specielle forhold, der er på en iskappe, der rager op i tynd luft. Forskellen forventes endvidere kun at optræde i helt særlige vejrsvitu-

ationer om sommeren, hvor der er fuld solskin og det samtidigt er vindstille. Derfor er det ikke et generelt problem, hvis et termometer ikke har kunstig ventilation. Jeg var faktisk ikke selv klar over, at fænomenet fandtes, før jeg skrev denne artikel. Stærk kulde kan i øvrigt også være drilsk at måle på, men det er en anden historie.

Kilder

Om basen og forskningen på Summit: www.geosummit.org

Liste over instrumenter på basen på Summit: www.geosummit.org/instruments

<https://neptune.gsfc.nasa.gov/csb/index.php?section=49>

Leeper et al, JTECH, 2015: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JTECH-D-14-00172.1>

Om overfladesmeltning på Summit 2019: www.geosummit.org/news/highlights-2019-summit

Om udfordringerne ved at måle stærke kuldegrader: Jesper Eriksen: Drilske kulderekorder. *Aktuel Naturvidenskab* nr. 4/2014.