



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

VÄGLEDNING

Värmekartering

Metodbeskrivning och användarstöd

Värmekartering

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
Enhet: Enheten för arbete med naturolyckor och beslutstödssystem

Text: MSB och Metria
Produktion: Advant

Publikationsnummer: MSB2157 - januari 2024
ISBN: 978-91-7927-471-9

Innehåll

Inledning	5
Projektdeltagare	5
Syfte med värmekarteringen	7
Identifiera områden med höga temperaturer	7
Identifiera områden med svalkande effekt	7
Temperaturförändringar mellan år	8
Identifiera sårbara grupper och verksamheter	8
Riktade informationsinsatser	8
Metodbeskrivning	10
Indata	10
Metod för beräkning av markytetemperatur	11
Bearbetning av indata	12
Validering	12
Datalager i karttjänsten	13
Avgränsningar och felkällor	13
Användarstöd till karttjänst	16
Tolkningsstöd	17
Gränser mellan scener	17
Ränder på grund av sensorproblem	17
Moln och molnskuggor	18
Varma ytor	19
Kalla ytor	20
Vektorlager över varma ytor	21
Nedladdning och WMS	22
Story Map	22

| Inledning

Inledning

I och med att klimatet förändras kommer värmeböljor bli allt vanligare, både globalt och i Sverige. Vi kommer att få uppleva kraftigare och mer långvariga värmeböljor, och de kommer att förekomma oftare än vi är vana vid nu.

Värmeböljor leder till en ökad dödlighet, särskilt för utsatta grupper. Det är framförallt äldre personer, kroniskt sjuka, personer med funktionsnedsättning, små barn och gravida som löper stor risk att drabbas. Påverkan på samhällsviktiga verksamheter utanför vårdsektorn kan också bli betydande vid en värmebölja.

Samhället behöver förbereda sig inför kommande värmeböljor, både vad gäller förebyggande anpassningsåtgärder och att klara av att hantera konsekvenserna vid en pågående värmebölja.

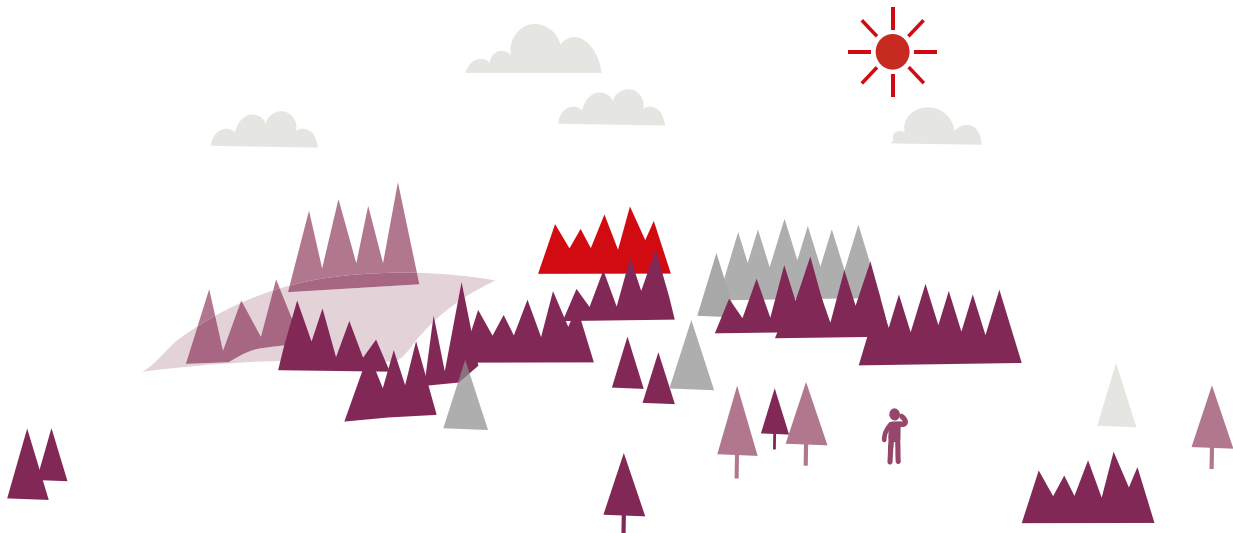
Som stöd för kommuners och länsstyrelser klimatanpassningsarbete har Metria på uppdrag av MSB, med hjälp av data från satelliter, tagit fram en värmekartering över Sverige. Karteringen visar vilka maximala marktemperaturer satelliterna mätt under sommarmånaderna under perioden 2017–2023.

Karttjänsten nås via www.msb.se/naturolyckor – under sidan värmebölja.

Projektdeltagare

Projektet har genomförts under 2022 och uppdaterades 2023. I projektet har MSB, Lantmäteriet, Rymdstyrelsen och Länsstyrelsen i Södermanlands län deltagit. Metria har anlitats som konsult och tagit fram karttjänsten.

Boverket, SMHI, Länsstyrelsen Stockholm, Länsstyrelsen Västmanland och Länsstyrelsen Uppsala har deltagit i referensgruppen.





Syfte med värme- karteringen

Syfte med värmekarteringen

Syftet med värmekarteringen är att ge tillgång till ett övergripande planeringsunderlag för att identifiera var höga temperaturer är vanliga inom ett län eller kommun.

Planeringsunderlaget ska vara till hjälp för att analysera och utreda var klimatanpassningsåtgärder kan behöva genomföras, för att skydda mot höga temperaturer där behovet är som störst.

Nedan ges några exempel på hur karttjänsten kan användas.

Identifiera områden med höga temperaturer

Värmekarteringen kan användas för att identifiera vilka områden som uppvisar höga temperaturer både inom tätorter och utanför tätorter där åtgärder kan behöva vidtas.

Områden som framträder som varma ytor i karttjänsten är exempelvis flygplatser, stora byggnader och byggnader med mörka tak, stora asfaltsytor, brandytor efter större skogsbränder, åkermark, kalfjäll, myrmarker och torvtäcker.

Städer är särskilt utsatta under värmeböljor då de skapar högre temperaturer än sin omgivning genom värmelagring, så kallade urbana värmeöar. Städernas hårdgjorda ytor, exempelvis asfalt, har en bristfällig kyleffekt. Byggnader med hög värmekapacitet, till exempel av sten, värms som regel upp långsammare men de tar också längre tid för att återigen kylas ner. Detta i kombination med tät bebyggelse och mänskliga aktiviteter gör att städer blir extra sårbara vid temperaturförändring. Bebyggelsen fungerar även som element och utsöndrar värme till omgivningen nattetid.

Identifiera områden med svalkande effekt

Även områden med svalkande effekt kan identifieras i karttjänsten. Att planera för områden inom en tätort som kan fungera som svalkande områden för invånarna vid en värmebölja kan vara mycket viktigt.

Områden som framträder som svala ytor i karttjänsten är exempelvis parker, dalgångar med fuktig vegetation, vatten och kustnära områden, nordsluttningar och lövskog.

Temperaturförändringar mellan år

I karttjänsten redovisas markytetemperaturer för treårsperioderna 2017–2019, 2018–2020, 2019–2021, 2020–2022 och 2021–2023, samt ett lager för hela perioden 2017–2023. Genom att redovisa treårs löpande maxvärden blir datamängden tillräcklig för att ta fram en karta.

Genom de olika årsvisa kartorna finns möjligheten att analysera hur markytetemperaturerna har förändrats mellan olika tidsperioder. Om kunskap finns att ett visst år varit varmt i en viss kommun kan man se hur det framträder i kartan.

Identifiera sårbara grupper och verksamheter

En identifiering av områden som riskerar att utveckla höga temperaturer i en stad kan utgöra underlag för prioritering av fysiska åtgärder där sårbara grupper och samhällsviktiga verksamheter finns.

Höga temperaturer kan vara farligt för alla, men särskilt sårbara grupper är äldre, kroniskt sjuka, personer med funktionsnedsättning, små barn och gravida samt personer som tar viss medicin. Exempel på verksamheter som kan vara intressanta att analysera är sjukhus, vårdcentraler, äldreboenden och förskolor.

Även verksamheter utanför hälsosektorn kan drabbas vid en värmebölja. Verksamheter inom områden för energiförsörjning, transporter, kommunikation, hantering av livsmedel, jordbruk, kulturarv och turism kan vara intressanta att analysera hur de påverkas.

Riktade informationsinsatser

Kartläggningen kan också fungera som underlag för prioritering av riktade informationsinsatser till boende och verksamheter inom ett riskområde.





Metod- beskrivning

Metodbeskrivning

Indata

Landsat 8 rör sig runt jorden i en omlopps bana där satelliten passerar Sverige med 16-dagarsintervall. Satelliten passerar Sverige både uppåtgående och nedåtgående i sin omlopps bana. I den uppåtgående passagen passerar satelliten Sverige vid 9 CET (kl. 11 på förmiddagen lokal tid). Dessa scener är de som används till beräkning av markytetemperatur.

Satellitdata laddades ner via EarthExplorer som är ett nedladdningsverktyg som tillhandahålls av USGS (U.S. Geological Survey) (USGS, 2022)¹.

Start och stoppdatum per år varierar mellan åren beroende på datatillgång. Antalet scener från Landsat 8 med mindre än 70 % moln samt start och stoppdatum är listade i Tabell 1 nedan.

Då Landsat 8 inte kunde leverera molnfria pixlar över hela landet under åren 2017 och 2018 har de åren kompletterats med scener från Landsat 7. För år 2017 användes 27 st scener och för 2018 44 st scener från Landsat 7. För uppdateringen som gjordes 2023 användes Landsat 9 data.

Tabell 1. Antal satellitscener från Landsat 8 och 9 som används i karteringen.

År	Antal (scener)	Startdatum	Stoppdatum
2017	161	2017-06-02	2017-08-30
2018	155	2018-06-01	2018-08-31
2019	138	2019-06-01	2019-08-30
2020	105	2020-06-01	2020-07-29
2021	109	2021-06-02	2021-08-30
2022	154	2022-06-05	2022-08-24
2023	333	2023-06-02	2023-08-30

1. USGS, 2022. Earth Explorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Åtkomst 2022-02-02 10:00.

Metod för beräkning av markytetemperatur

Metoden som använts för att räkna ut markytetemperaturen är framtagen av NASA (NASA, 2022)² och består av en kedja ekvationer baserade på NDVI (Normaliserat Differentierat VegetationsIndex).

1. $TOA(L) = ML * Q_{cal} + AL - O_i$
2. $BT = (K_2 / (\ln(K_1 / L) + 1)) - 273.15$
3. $NDVI = (\text{infraröd} - \text{röd}) / (\text{infraröd} + \text{röd})$
4. $P_v = \text{Square}((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))$
5. $\epsilon = 0,004 * P_v + 0.986$
6. $LST = (BT / (1 + (0,0010895 * BT / 1.4388) * \ln(\epsilon)))$

De parametrar som används för att beräkna markytetemperaturen (LST) är³:

TOA = beräknad strålning vid toppen på atmosfären
 ML = skalfaktor
 Qcal = bandet som beräknas
 AL = värde från satellitdatats metadata
 BT = Brightness Temperature
 NDVI = normaliserat vegetations index
 Pv = vegetations fraktaler
 ε = emissivitet

För att beräkna LST används konstanter för termiska värden (Band 10 – LS8), Collection 1, Level 2:

K1 = 1321,08
 K2 = 777.89
 Oi = 0.29

2. NASA, 2022. NASA Land Surface Temperature: https://trs.jpl.nasa.gov/bitstream/handle/2014/43446/11-1925_A1b.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Åtkomst 2022-02-02 10:00.

3. Mapping the LST (Land Surface Temperature) with Satellite Information and Software ArcGis <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/811/1/012045/pdf> Åtkomst 2022-02-02 10:00.

Bearbetning av indata

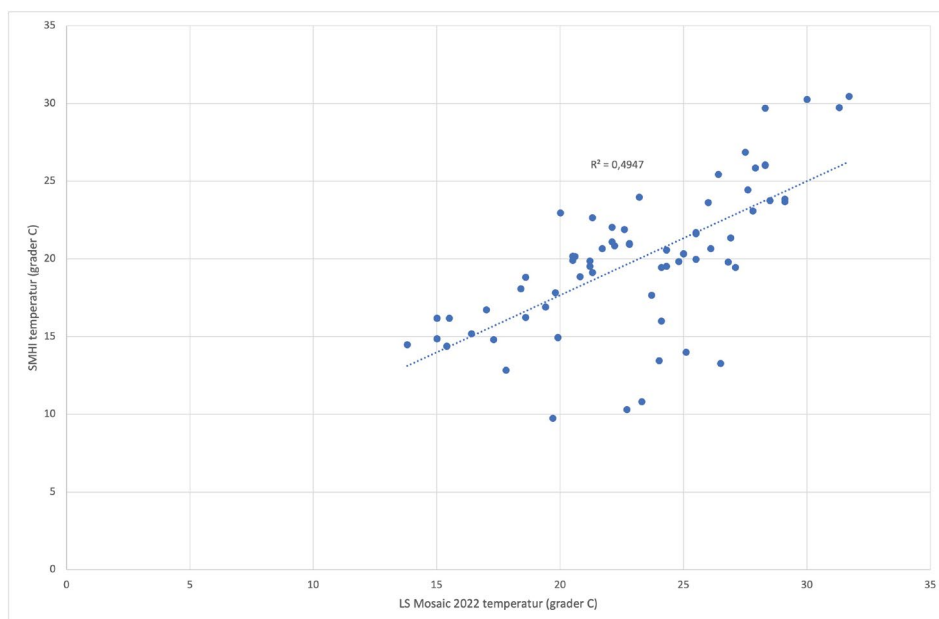
Data har laddats ner med alla scener som har pixlar inom Sveriges gränser och med mindre än 70 % moln under de aktuella tidsperioderna (Tabell 1). När täckningsgraden granskats så har ytterligare satellit-scener från Landsat 7 laddats ner och beräknats på samma sätt för att säkerställa ett nationellt täckande dataset.

När markytetemperaturen (LST) beräknats per pixel har alla nedladdade satellit-scener överlagrats och det högsta temperaturvärdet i varje pixel sparats i en mosaik som ger en nationell karta med maxtemperaturer i varje pixel över en tidsperiod.

Validering

För att validera beräkningarna av markytetemperatur har beräkningarna jämförts med uppmätt lufttemperatur från SMHI. Korrelationen har beräknats på 200 datapunkter över hela landet under 2022 där väderstationens maxtemperatur mellan kl. 08 och 20 jämförts mot den uppmätta markytetemperaturen från satellitdata. Korrelationen (R^2) är: 0,49 exklusive outliers (Figur 1). Identifierade outliers är stationer på flygplatser där markytetemperaturen är högre än omgivande ytor samt pixlar nära där molnmasken har klippt ut pixlar.

Figur 1. Korrelation mellan SMHIs väderstationstemperatur och markytetemperatur under 2022.



Datalager i karttjänsten

Följande lager visas i karttjänsten:

1. Ett heltäckande raster (30m cellstorlek) med maxtemperatur mellan 2017-06-01 och 2019-08-31
2. Ett heltäckande raster (30m cellstorlek) med maxtemperatur mellan 2018-06-01 och 2020-08-31
3. Ett heltäckande raster (30m cellstorlek) med maxtemperatur mellan 2019-06-01 och 2021-08-31
4. Ett heltäckande raster (30m cellstorlek) med maxtemperatur mellan 2020-06-01 och 2022-08-31
5. Ett heltäckande raster (30m cellstorlek) med maxtemperatur mellan 2021-06-01 och 2023-08-31
6. Ett heltäckande raster (30m cellstorlek) med maxtemperatur mellan 2017-06-01 och 2023-08-31
7. Ett vektorlager med varma temperaturer i 5 klasser; <35, 35-40, 40-45, 45-50, >35 grader C (2017-2023)

Lagren har klippts efter Sveriges gränser och symbolsatts med 2-gradersintervaller (C) med en samlingsklass för temperaturer < 0 och en samlingsklass för temperaturer > 50.

Avgränsningar och felkällor

Data som ingår i karttjänsten sträcker sig över perioden 2017–2023 och är avgränsat till sommarperioden (1 juni–31 augusti) när temperaturerna är som högst.

Karttjänsten använder indata från satelliterna Landsat 7, 8 och 9. Data från satelliten Sentinel har inte använts då skillnaden i upplösning och även en systematisk avvikelse i temperatur gjort att beslutet föll på att bara använda Landsatdata.

Produkten presenteras med 30 meters upplösning. Det termiska bandet har en ursprunglig upplösning på 100 meter men har omsamlats vid leverans från USGS till 30 meter.

Resultatet har inte filtrerats eller medelvärdesbildats för att inte tappa information om faktiska uppmätta temperaturer. Detta till kostnaden att vissa artefakter på grund av bland annat skuggor och moln finns i produkten men är väl beskrivet i användarstödet.

Det finns flera olika felkällor som är beskrivna i tolkningsstödet. Den största felkällan är molnmasken, nämligen att den kan missa tunna moln (som är temperatursänkande) samt skuggor.

Produkten är även helt beroende av tidpunkterna på satellitpassagen. De allra högsta temperaturerna kan missas på grund av att satelliten inte har någon passage över Sverige vid den tidpunkten.

Pixlar i närheten av varandra kan komma från olika satellitscener. Variationer kan därmed uppstå baserat på registreringstidpunkt och inte bara av markytetyp.

Vissa företeelser som inträffat kan ha kraftigt genomslag i den samlade filen (2017-2023), till exempel brandytor från bränderna 2018 eller avverkade ytor.

År 2023 har ett kraftigt genomslag i analysen på grund av den goda tillgången till data på grund av den molnfria starten på perioden.




Användarstöd till karttjänst

Användarstöd till karttjänst

För att presentera data har det tagits fram en kartvisningstjänst som visar lagren med markyttemperaturer. I karttjänsten finns ett enklare analysverktyg.

Vid användandet av karttjänsten ska markyttemperaturen inte förväxlas med lufttemperatur. Markyttemperaturen skiljer sig från lufttemperaturer, framförallt beroende av vilken höjd ovanför marken som avses.

I karttjänsten kan man titta på de olika kartlagren mot ortofoto eller lantmäteriets topo10-karta, vanlig eller nedtonad. I tjänsten finns funktionalitet för överlagring, platsök och att identifiera markyttemperaturens värde per pixel. Opaciteten (genomskinligheten) kan justeras genom att trycka på figuren  till höger i menyn. Se Figur 3.

Figur 2. Karttjänst för värmekartering.



Figur 3. Karttjänsten där opaciteten ändrats och ortofoto används som bakgrund.



Tolkningsstöd

Varje lager i karttjänsten är en mosaik över flera års temperaturvärden och består av flera satellitscener. Beslutet att inte filtrera eller medelvärldesbilda indata innebär att vissa artefakter (mätstörningar) kan uppstå i kartmaterialet. Exempel på denna typ av artefakter presenteras i figurerna nedan. Detta för att stödja användaren i tolkning av produkten. Dessutom presenteras exempel från hur olika objekt i och utanför tätorter kan framträda i kartan.

Gränser mellan scener

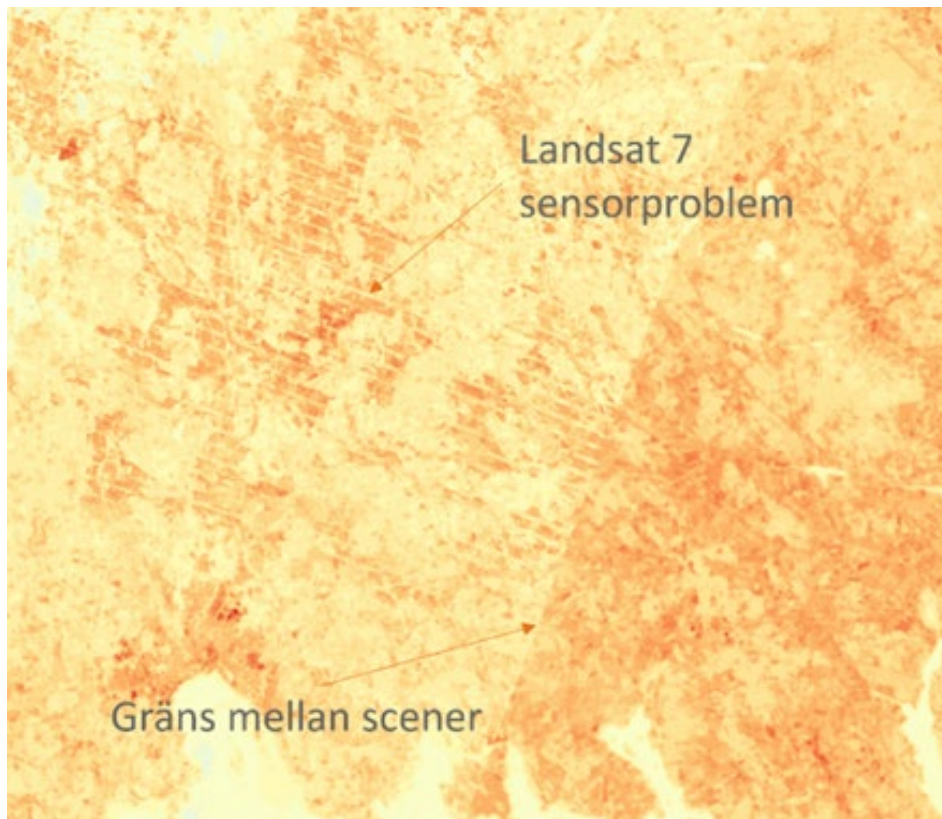
I kartan uppstår i vissa fall en rak gräns som sträcker sig över en längre sträcka.

Detta beror på att alla granuler (ytor som en satellitscen täcker) inte har samma täckningsgrad. De passerar och registreras inte vid samma tidpunkt och ibland är de helt eller delvis täckta av moln. Ibland har temperaturen förändrats mellan två intilliggande granuler och då uppstår en kant mellan dessa satellitscener (Figur 4).

Ränder på grund av sensorproblem

Då Landsat 8 inte kunde leverera molnfria pixlar över hela landet under åren 2017 och 2018 har de åren kompletterats med scener från Landsat 7, 27 st 2017 och 44 st 2018. Landsat 7 har tyvärr ett sensorfel i en av sina scanlinjer vilket gör att scenen blir randig (rader utan data) (Figur 4). Dessa artefakter har ej filterats bort utan kvarstår, detta för att ej tvätta bort och jämna ut information.

Figur 4. Exempel på artefakter i karttjänsten som visar en gräns mellan scener samt hur ränder uppstår på grund av sensorproblem för Landsat 7.



Moln och molnskuggor

När man arbetar med molnfria pixlar använder man en molnmask som klipper bort alla pixlar som är moln eller molnskuggor (ibland även snö och is). Dessa pixlar kan ge bilden av ett ihåligt utseende och lägger man flera bilder på varandra för att finna maxtemperaturen kan en svalare bild lysa igenom en varmare. Det ser då ut som en yta som är svalare men är i själva verket bara bortklippta pixlar på grund av moln, se exempel i Figur 5. Det finns dock svalare ytor i marktemperatursignalen som ser liknande ut som bortklippta moln, se exempel Aitikgruvan i Figur 5. För att kunna tolka varmare och svalare ytor är det viktigt att ha en bakgrundskarta som tolkningsstöd för att analysera markytetemperaturen.

Figur 5. Exempel på bortklippt moln, gräns mellan scener samt hur Aitikgruvan syns i karttjänsten.

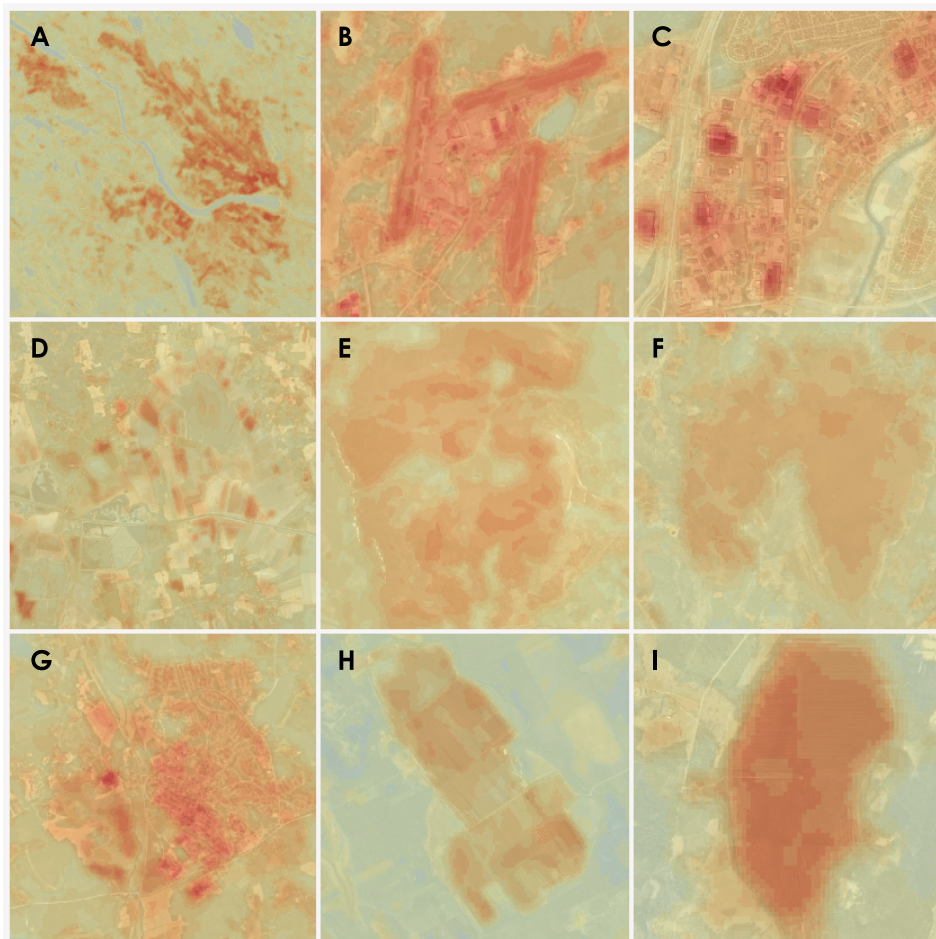


Varma ytor

Exempel på objekt (se Figur 6) som kan framträda som varma ytor i kartan är:

- A. Brandytter efter större skogsbränder, både under pågående brand och efter då avbrända ytor är mörka och har mindre vegetation.
- B. Flygplaster som har lite vegetation och stora asfalterade ytor och byggnader.
- C. Stora byggnader och byggnader med mörka tak samt mycket kringliggande asfaltsytor absorberar värme.
- D. Åkermark som inte är odlad, exempel bar jord som är sådd eller harvad men utan vegetation.
- E. Kalfjäll ger en varmare signal än omgivande dalar med vegetation.
- F. Myrmarker med låg vegetation är varmare än omgivande ytor.
- G. Tätorter är generellt varmare än omgivningen då infrastruktur absorberar värme.
- H. Torvtäkt som absorberar värme mer än omgivningen.
- I. Torvtäkt som absorberar värme mer än omgivningen.

Figur 6. Exempel på ytor som är varmare än omgivningen som är beskrivna i detalj i listan ovan.

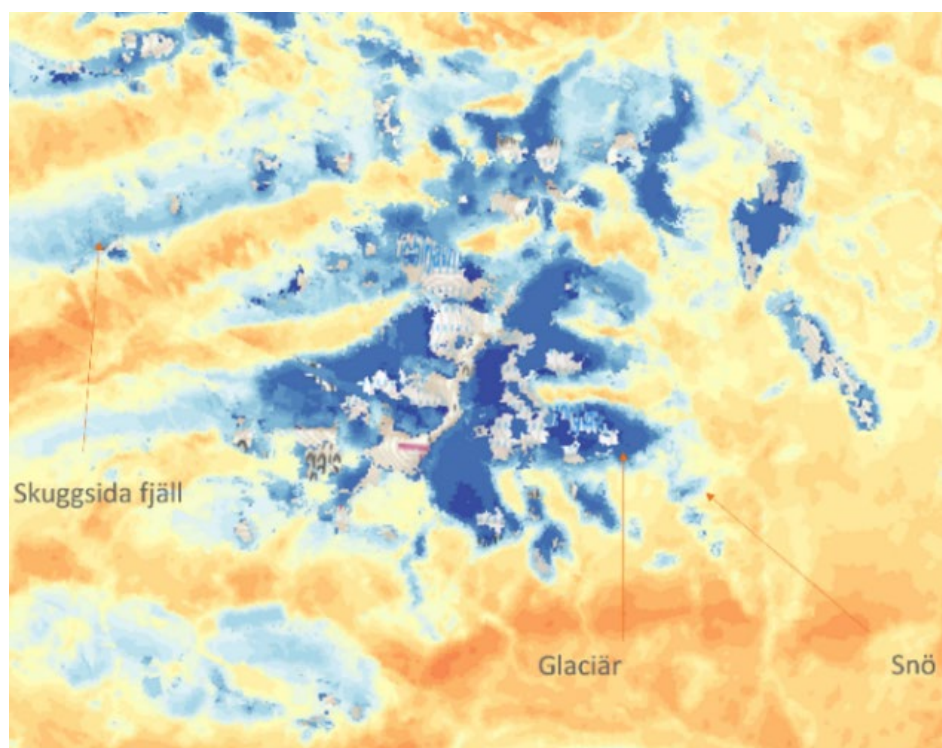


Kalla ytor

Syftet med kartmaterialet är att kartera varma ytor men den kan också användas till att studera svala och kalla ytor.

I kalla områden kan man identifiera glaciärytor, permanenta snöfält samt kalla skuggsidor. Man ser också en signal av att det är svalare i dalarna och varmare på högre höjd där det är mindre vegetation. Figur 7.

Figur 7. Exempel från Kebnekaiseområdet med svala ytor; glaciär, permanent snö och skuggsidor.

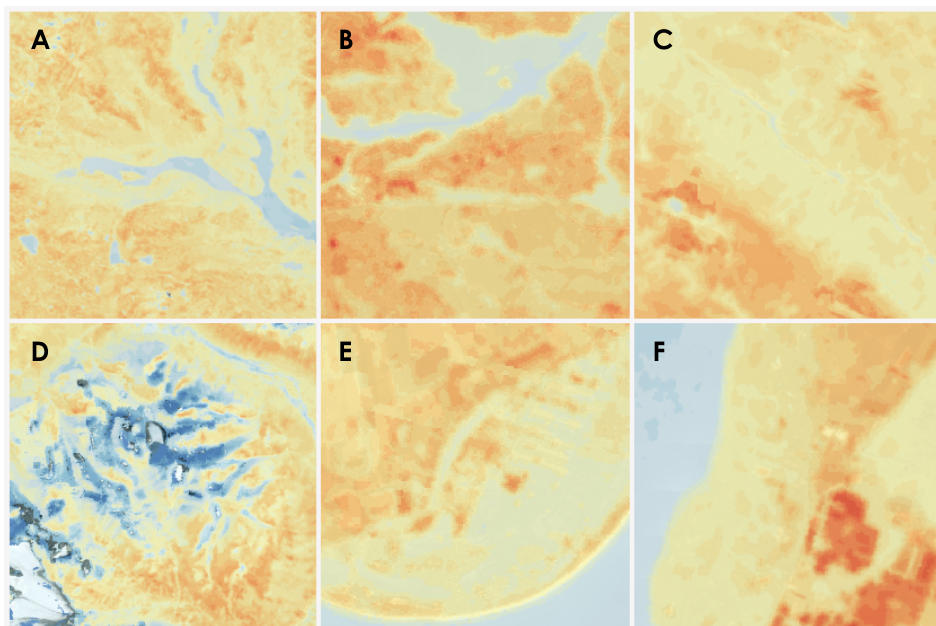


Även svala ytor kan spela roll i samhällsplanering för att identifiera ytor som kan bevaras för att hålla marktemperaturen nere.

Exempel på svala ytor i Figur 8:

- A. Dalgångar med fuktig vegetation är svalare än omgivningarna med torrare vegetation.
- B. Vatten och kustnära områden är svalare än omgivande ytor.
- C. Nordsluttningar är svalare än sydsluttningar.
- D. Snö och is ger en tydlig signal av svala ytor.
- E. Kustnära vegetation ger en sval signal.
- F. Lövskog har en tydlig svalkande effekt jämfört med omgivningen.

Figur 8. Exempel på ytor som är svalare än omgivningen som är beskrivna i detalj i listan ovan.

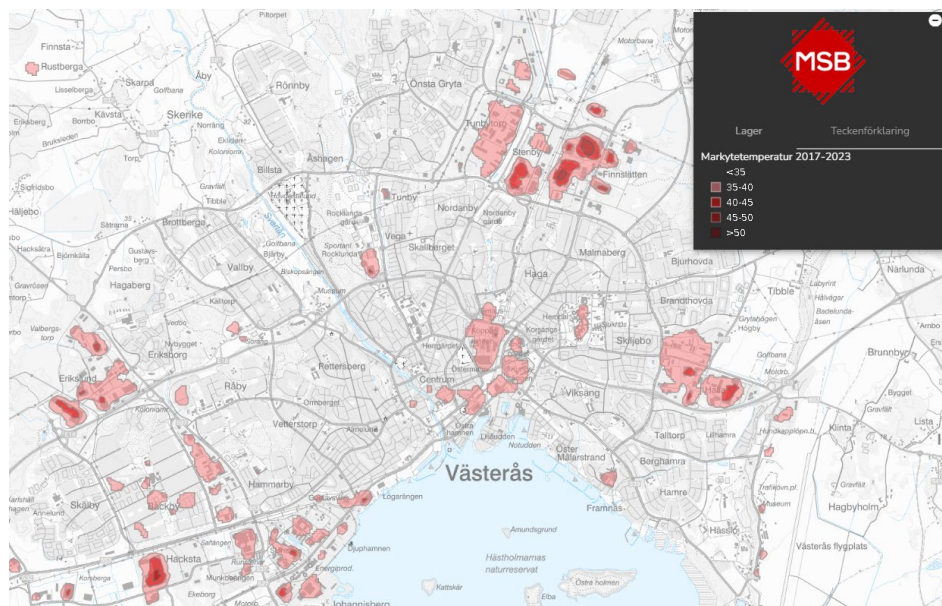


Vektorlager över varma ytor

I tjänsten finns ett vektorlager som visualiserar de varmaste ytorna under perioden 2017-2023. Detta lager har skapats genom att ta fram konturlinjer i femgradersintervaller.

Alla intervaller <35 grader lämnades oklassade. 35-40, 40-45, 45-50 och >50 grader C färgades in i en röd skala för att markera de varma ytorna. Ytorna som faller ut som varma ytor är beskrivna i detalj i figur 6 och kapitlet Varma ytor.

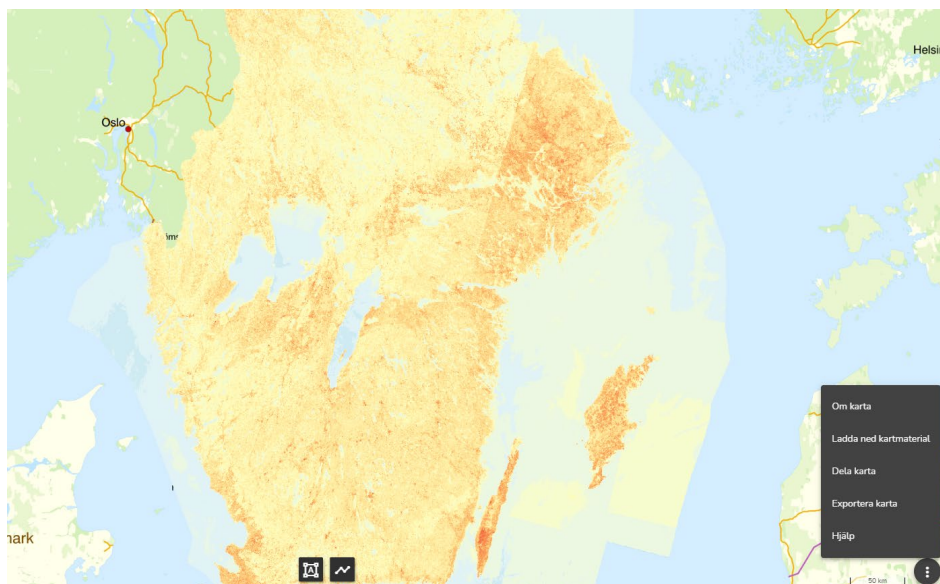
Figur 9. Karta över varma ytor som är 35 grader eller varmare under perioden 2017–2023.



Nedladdning och WMS

I karttjänsten finns möjligheten att ladda ner data, nationellt, över län eller kommun. Nedladdning nås via symbolen längst ned till höger.

Figur 10. Nedladdning av data kan göras via symbolen längst ned till höger i karttjänsten.



Rastren som finns tillgängliga för nedladdning innehåller utöver maxtemperatur per pixel även datum för maxtemperatur. I det nedladdade datat finns ett raster för samtliga fem lager som är tillgängliga i tjänsten samt stil-filer för de vanligaste GIS-programmen. Koordinatsystem SWEREF 99 TM används.

Utöver karttjänst och nedladdningsmöjlighet finns data även tillgängligt som WMS-tjänst på länken:

<https://maps-v2.metria.se/geoserver/msb/wms>

Inloggning:

Användarnamn: msb

Lösenord: qLfk4TXQ

Story Map

För att presentera karteringen har det tagits fram en presentation i form av en Story Map med tolkningsstöd och länkar till karttjänsten. Story Mappen nås via www.msb.se/naturolyckor – under sidan värmebölja.



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap