

# ***Temperaturen i Stockholm 2009–2019***

*Analyser av Stockholms värmeeffekt*

---

Michael Norman, Max Elmgren & Beatrice Säll



Projektet är finansierat av FORMAS

*SLB-analys*

SLB 49:2020



Uppdragsnummer	2020159
Daterad	2021-01-12
Handläggare	Michael Norman
Status	Granskad av Christer Johansson

## Förord

Denna rapport är en redovisning av SLB-analys uppdrag inom FORMAS projektet ”Flerskalig modellering av urbant väder på exemplet Stockholm” med projektnummer 2015-00414. Beställning av utredningen har gjorts av SMHI. Utredningen är genomförd av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Rapporten har sammanställts av Michael Norman, Max Elmgren och Beatrice Säll. Projektledare vid SLB-analys har varit Michael Norman. Kontaktperson och beställare på SHMI har varit Heiner Körnich.

# Innehåll

Sammanfattning .....	4
Syfte .....	4
Metod .....	4
Resultat .....	4
Inledning .....	5
Mätningar .....	6
Metod .....	7
Definitioner .....	7
Beräkningsmetod för skillnad mot Högdalen .....	8
Övriga beräkningar .....	8
Mätresultat .....	9
Årsmedeltemperatur .....	9
Statistisk fördelning av uppmätta temperaturer .....	11
Årsvariation.....	14
Exempel på värmeperioder.....	17
Exempel på köldperioder .....	19
Skillnad i temperatur mot Högdalen .....	22
Högsommardagar .....	23
Nollgenomgångar .....	24
Frostdygn .....	25
Tropiska dygn .....	25
Diskussion/Slutsatser .....	27
Referenser .....	29
Bilaga 1, Beskrivning av mätstationer.....	30
Hornsgatan 108, Stockholm gaturum.....	30
Sveavägen 59, Stockholm gaturum .....	31
Sankt Eriksgatan 83, Stockholm gaturum .....	33
Norrlandsgatan 29 .....	34
Torkel Knutssonsgatan tak, Södermalm taknivå .....	35
E4 Häggvik Sollentuna öppen väg .....	37
Högdalen .....	39
Observatorielunden .....	40
Bilaga 2 .....	42
Trender i temperatur.....	42
Trender i temperatur uppdelade per säsong .....	43
Bilaga 3, Temperaturskillnader .....	47



## Sammanfattning

### Syfte

Städer med sin byggnadsstruktur samt vägar kan leda till högre temperaturer på grund av en så kallad urban värmeöeffekt (eng. Urban Heat Island effect). Det finns också risk att den urbana värmeöeffekten kommer att förstärkas i samband de pågående och framtida klimatförändringarna. Hur mycket varmare Stockholms innerstad är jämfört med utanför staden, samt hur skillnaden i temperatur beror på årstid har inte tidigare studerats i någon större utsträckning. Syftet med denna studie var att använda det nätverk av temperaturmätningar som finns i och utanför Stockholms innerstad för att studera hur eventuella skillnader i temperatur beror på bl.a. stationernas placering.

### Metod

Timmedelvärden av lufttemperatur har använts från åtta mätstationer i och omkring Stockholm under perioden 2009–2019 (11 år). Vissa stationer har mätt lufttemperatur hela perioden medan andra endast mätt några år. SMHI's mätstation i Observatorielunden är en av mätstationerna i analysen. Östra Sveriges Luftvårdsförbunds meteorologiska mätstation i Högdalen har använts som jämförelse mot alla övriga mätstationer som referens utanför staden. För varje mätstation och varje timmedelvärde beräknas skillnaden mellan dess temperatur och Högdalens temperatur och sedan beräknas medelvärdet av skillnaden för hela mätperioden 2009–2019. Antalet högsomardagar, frostdagar, nollgenomgångar, tropiska dygn har beräknats för samtliga mätstationer per år. Vidare har antalet timmar då temperaturen var över 26°C respektive under -16°C beräknats och två av periodens varmaste respektive kallaste tillfällen har analyserats för att undersöka urbana värmeöeffekten när temperaturen är som högst respektive lägst.

### Resultat

Analys av mätdata visar att innerstaden i Stockholm (ett medelvärde av Norrlandsgatan, Sveavägen, Hornsgatan och S:t Eriksgatan) var i genomsnitt omkring 1,3 grader varmare än Högdalen utanför staden. Vid mätstationerna Högdalen, Hornsgatan, Sveavägen, Södermalm taknivå och Observatorielunden syns en ökande trend. Uppdelat på säsong syns att trenden med ökande temperatur enbart är statistiskt säkerställd under vintersäsongen.

Månadsmedelvärdet är i genomsnitt högre vid samtliga innerstadsstationer jämfört med motsvarande vid Högdalen under samtliga månader. Det finns en säsongsvariation i hur temperaturskillnaden mellan innerstadsstationerna och Högdalen varierar över dygnet. Under sommarhalvåret är skillnaden mellan innerstadsstationerna betydligt större nattetid jämfört med dagtid. Under vinterhalvåret varierar skillnaden mellan innerstadsstationerna mindre över dygnet jämfört med under sommarhalvåret. Årsmedelskillnaden mellan innerstaden och Högdalen har en minskande trend under perioden 2009–2019, troligen som en orsak av mildare vintrar.

Innerstaden upplevde i genomsnitt 21 färre nollgenomgångar och 31 färre frostdygn per år jämfört med Högdalen. Antalet högsomardagar och tropiska dygn var i genomsnitt 7 st respektive 3 st fler per år i innerstaden jämfört med Högdalen. För de varmaste dagarna som studerats var innerstaden nästan 2 grader varmare än Högdalen. Den kallaste dagen i mätperioden var omkring 0,5 grader varmare i innerstaden än Högdalen.

## Inledning

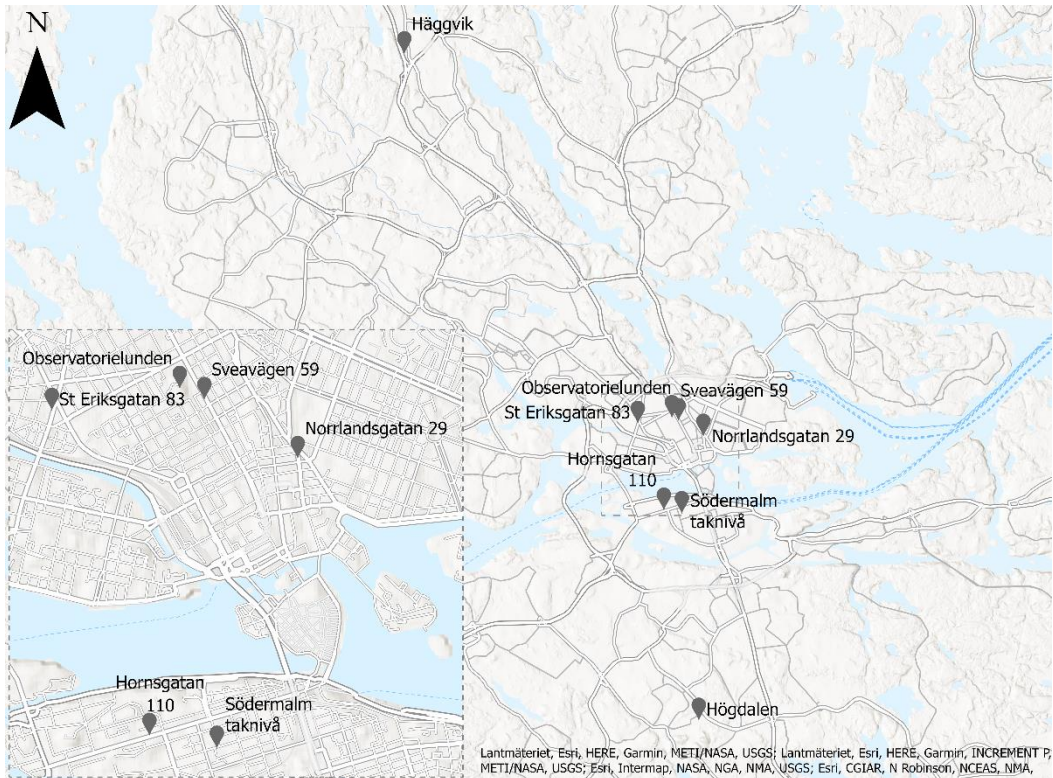
En stor del av befolkningen bor i eller i anslutning till tätorter där byggnadsstrukturer, vägar med mera bidrar till värme. Detta ger upphov till högre temperaturer inne i tätorterna jämfört med utanför, vilket benämns som en urban värmeöeffekt [1]. Temperaturskillnaden mellan stad och land benämns ibland som urbant värmeö index (eng. Urban Heat Island index). Studier har också visat att i samband med den pågående klimatförändringen så kommer temperaturökning i Skandinavien att vara större än globalt det globala genomsnittet samt att urbana värmeöeffekten kan förstärkas [2]. Städernas struktur påverkar således den lokala temperaturen. Detta kan i sin tur leda till negativ påverkan på människors hälsa och det framförallt under perioder med extremt höga temperaturer. Denna urbana värmeöeffekt på temperaturen bör tas hänsyn till i såväl nuvarande samhällsutformning som den framtida planeringen av våra tätorter. Det kan också vara viktigt för individens möjlighet att planera sina aktiviteter, framförallt under värmeböljor. Stockholmregionen är inget undantag för dessa fenomen. Till exempel är Stockholms innerstad tätbefolkad och många människor vistas där dagligen.

SLB-analys utför övervakning av luftkvaliteten i Stockholmsregionen. I det arbetet ingår ett nätverk med en stor mängd stationer för mätningar av luftkvalitet [5]. Men nätverket innefattar också meteorologiska stationer som är nödvändiga som indata till meteorologiska spridningsmodeller. Många av mätstationerna för luftkvalitet är även utrustade med temperaturmätningar. Detta ger SLB-analys en möjlighet att analysera temperaturen från flera mätstationer i och utanför innerstaden. En studie av sommartemperaturen gjordes 2011 [3] och visade på att det förekommer en urban värmeöeffekt även i Stockholm. SLB-analys gjorde även en uppföljning av de nya klimatindikatorerna för temperatur under 2019 [4] och som sedan årligen följs upp via Stockholms stads miljöbarometer [6].

SMHI har inom forskningsprojektet ”Flerskalig modellering av urbant väder på exemplet Stockholm” fått anslag för att göra en detaljerad studie över hur en stads utformning påverkar det lokala vädret och där är temperaturen en viktig del. Inom ramen för projektet fick SLB-analys uppdrag av SMHI att göra uppdaterad och utökad analys av temperaturen i Stockholm med omnejd. I denna analys har temperaturen under åren 2009 till och med 2019 analyserats.

## Mätningar

De mätstationer som har använts i analysen visas i karta i Figur 1.



**Figur 1.** Mätplatser som används i rapporten. Samtliga utom Observatorielunden (SMHI) är SLB-analys stationer.

Vid Högdalen och på Södermalm i taknivå mäts temperaturen i meteorologiska master. Observatorielunden är SMHI's station i centrala Stockholm belägen i marknivå på en kulle i en park. Övriga stationer är avsedda för luftkvalitetsmätningar, men har även temperaturmätningar i marknivå, däremot skiljer sig höjd över havsytan. Mer detaljerad beskrivning av stationerna finns i Bilaga 1 samt i SLB-rapport 3:2011 [3].



## Metod

Mätperioden för projektet valdes till att inkludera mätdata från alla aktiva stationer i och runt Stockholm någon gång under de senaste 11 åren, från 2009 t.o.m. 2019. För en del mätstationer finns inte data för hela perioden. Detta eftersom vissa stationer har startats senare eller lagts ner, eller att de bara mätt under delar av året. Datatäckning för stationerna perioden då de varit aktiva ses i Tabell 1.

**Tabell 1.** Datatäckning samt år då stationerna varit aktiva.

	Högdalen	Horns- gatan	Häggvik	S:t Eriks- gatan	Svea- vägen	Södermalm taknivå	Norrlands- gatan	Observatorie- lunden
från - till	2009 – 2019	2009 – 2017	2014 – 2019	2018 – 2019	2009 – 2019	2009 – 2019	2009 – 2016	2009 – 2019
Data- täckning	99,7%	98,5%	99,2%	99,4%	98,4%	99,9%	96,8%	99,6%

**Tabell 2.** Antal mätvärden (timmedelvärden) per år (8760 motsvarar 100% datatäckning, bortsett från skottår). På grund av databortfall är de rödmarkerade åren inte inkluderade i alla analyser.

ÅR	Högdalen	Horns- gatan	Häggvik	S:t Eriks- gatan	Svea- vägen	Södermalm taknivå	Norrlands- gatan	Observatorie- lunden
2009	8754	8671			8756	8708	8695	8754
2010	8759	8560			8735	8759	8110	8759
2011	8759	8585			8758	8727	8690	8374
2012	8783	8775			8657	8770	8465	8784
2013	8446	8751			8743	8759	5842	8760
2014	8758	8550	7226		8738	8758	8388	8759
2015	8758	8758	8752		8734	8758	8545	8759
2016	8776	8735	8741		8753	8775	8485	8763
2017	8759	8268	8759	589	7598	8759	4627	8760
2018	8759	6730	8737	8700	8574	8712		8760
2019	8758		8447	8707	8755	8759		8760

## Definitioner

I denna studie har högsommardagar, nollgenomgångar, frostdygn och tropiska dygn beräknats för kalenderdygnet (kl 00:00-00:00). Antalet av respektive parameter kan därför skilja sig något från motsvarande antal som beräknats för temperaturdygnet (19:00-1900 svensk normaltid).

Nollgenomgångar och frostdygn ska enligt definitionen beräknas för mätningar 2 m ovan mark. I denna studie har dock även mätstationen Högdalen och Södermalm taknivå tagits med, trots att mätningarna där görs 5 m ovan mark respektive 3 m ovan taknivå (>20 m ovan gatunivån).

### **Beräkningsmetod för skillnad mot Högdalen**

För att undersöka om det finns någon skillnad i temperatur mellan en mätstation utanför Stockholms innerstad (Figur 1) och mätstationer i Stockholms innerstad (Sveavägen och Hornsgatan, Figur 1), utfördes en analys av skillnaden mellan stationerna. Syftet var att dels studera skillnaden jämfört med Högdalen vilket skulle kunna jämföras med värmeö index. Men syftet är också att undersöka om skillnaden i sig varierar beroende på temperatur eller årstid, d.v.s. om skillnaden mellan innerstaden och utanför är större under väldigt varma eller väldigt kalla dagar eller olika tider på året. Skillnaden mellan Högdalen och innerstaden. För varje en-gradsintervall beräknas medelvärdet och standardavvikelsen för differensen i temperatur mellan innerstadsgatan och Högdalen.

### **Övriga beräkningar**

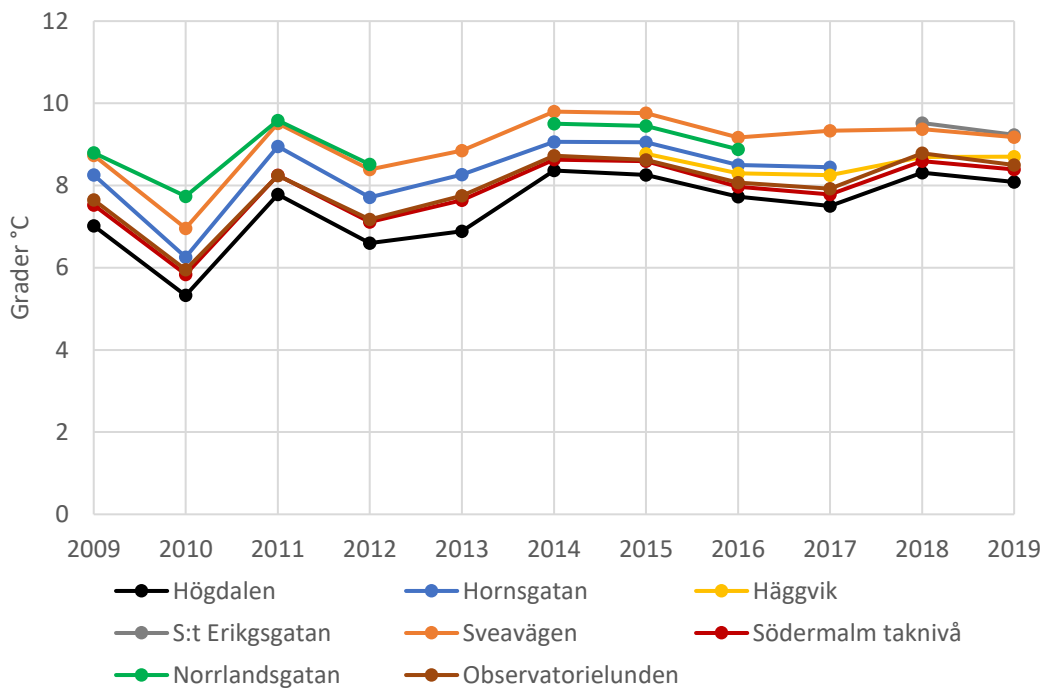
Övriga beräkningar är antingen antal dygn, timmar eller kvartar över eller under en viss gräns, aritmetiska medelvärden eller tidsserier.

## Mätresultat

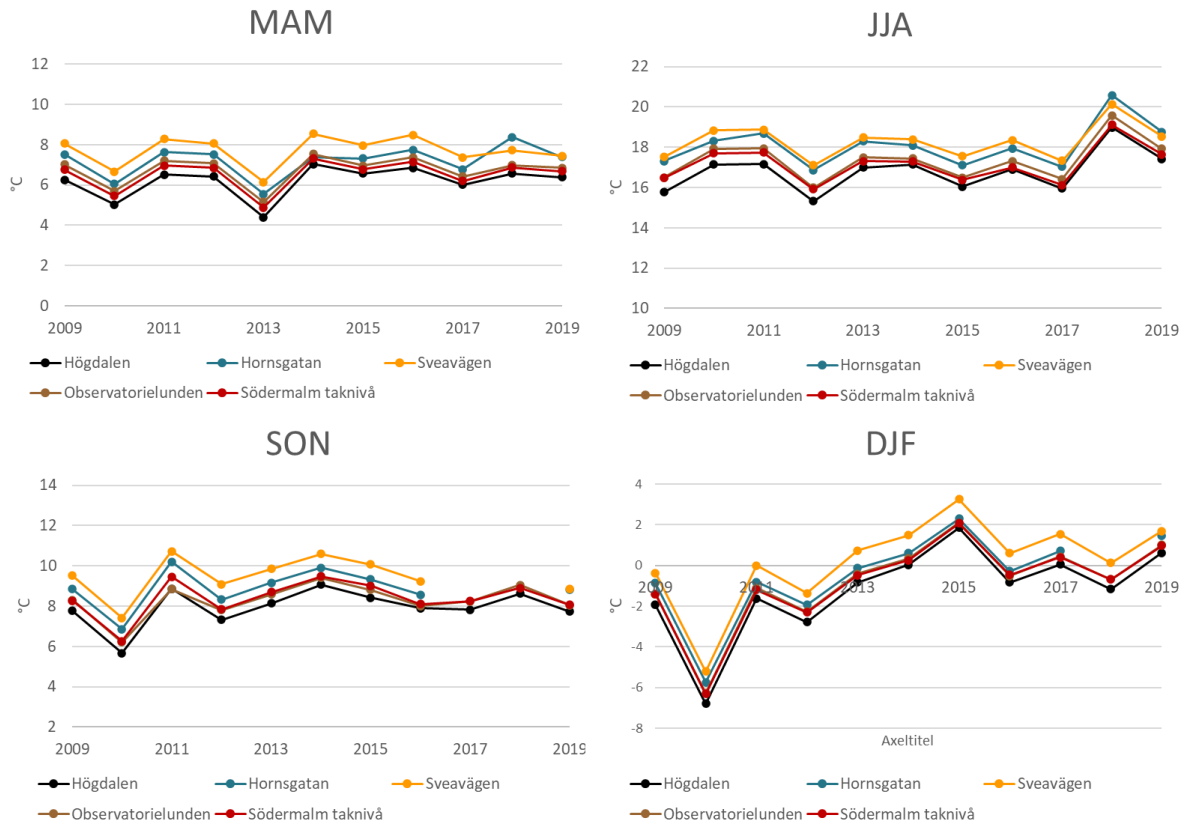
### Årsmedeltemperatur

Figur 2 redovisar årsmedeltemperaturen vid respektive mätstation mellan åren 2009 och 2019. Årsmedeltemperaturen är högre i innerstaden än vid Högdalen under samtliga undersökta år. Mellanårsvariationerna i årsmedeltemperaturen är liknade för samtliga stationer. För en del av mätstationerna är den analyserade tidsperioden för kort för att se några generella trender i utvecklingen av årsmedeltemperaturen. Men för tidsserierna med tidstäckning under hela perioden 2009–2019 (Högdalen, Hornsgatan, Sveavägen, Södermalm taknivå och Observatorielunden) syns en ökande trend om man korrigerar för säsongsvariationen (se figurer i bilaga 2). Om tidsserien delas upp per säsong syns trenden med ökande temperatur tydligast under vintersäsongen (december, januari, februari), se Figur 3. Figur 4 visar timmedelvärden för de olika stationerna uppdelat på säsong. Dygnsvariationen i temperaturen är större på sommarhalvåret jämfört med vinterhalvåret. Mätstationen Häggvik sticker ut jämfört med övriga på sommarhalvåret eftersom den har jämförelsevis hög temperatur dagtid och låg temperatur nattetid.

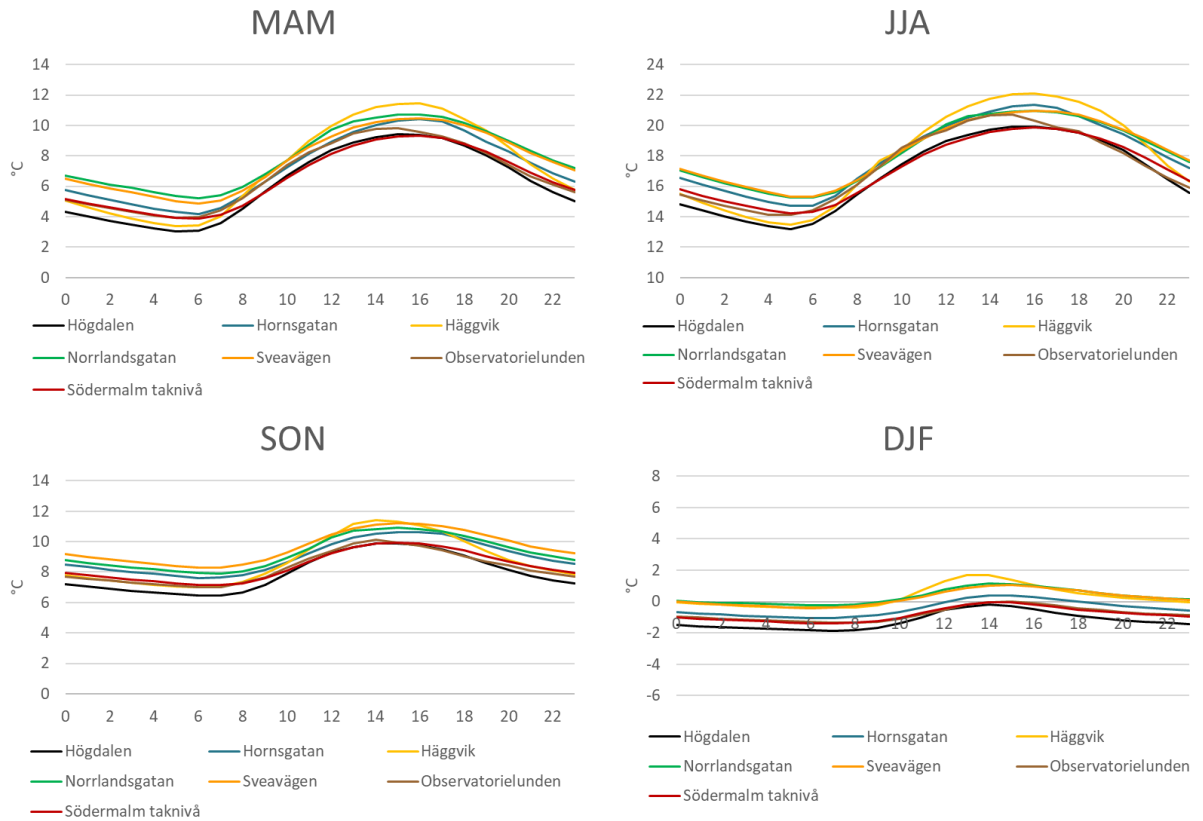
Det verkar inte som om höjden över havet är en avgörande faktor för temperaturen (se bilaga 1), men ingen djupare analys har gjorts av detta.



**Figur 2.** Årsmedeltemperatur vid mätstationerna för åren 2009–2019.



**Figur 3.** Säsongsmedelvärden för stationerna med tidstäckning hela perioden 2009–2019 uppdelade på säsong MAM (mars, april, maj), JJA (juni, juli, augusti), SON (september, oktober, november) och DJF (december, januari, februari).

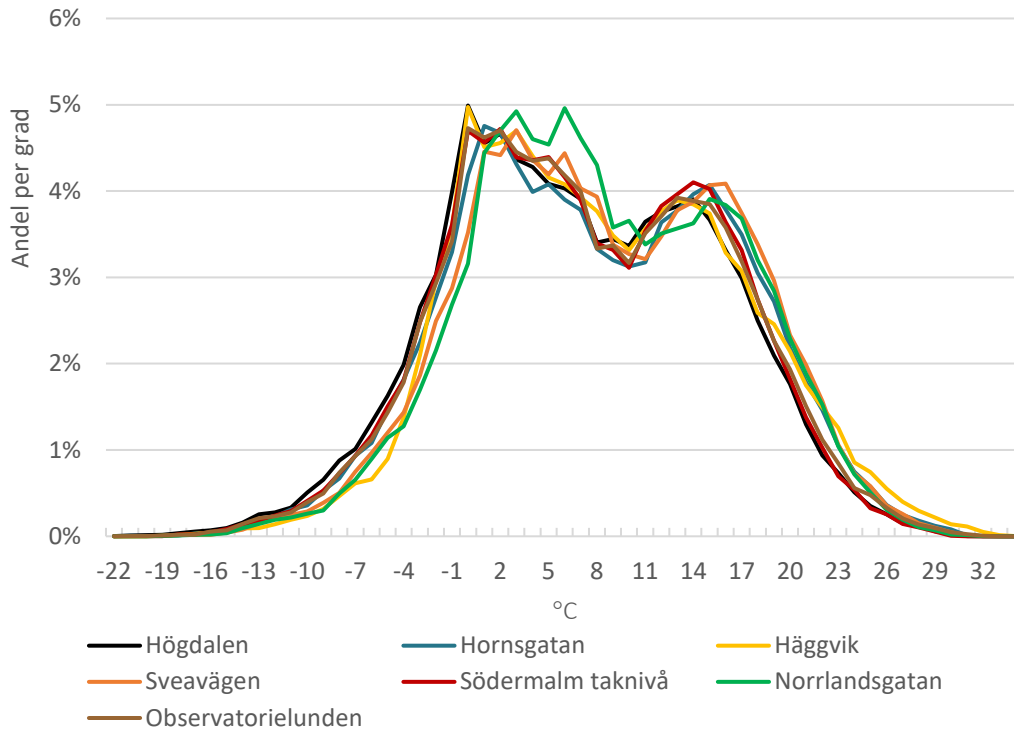


**Figur 4.** Timmedelvärden för de olika stationerna uppdelat på säsong MAM (mars, april, maj), JJA (juni, juli, augusti), SON (september, oktober, november) och DJF (december, januari, februari).

### Statistisk fördelning av uppmätta temperaturer

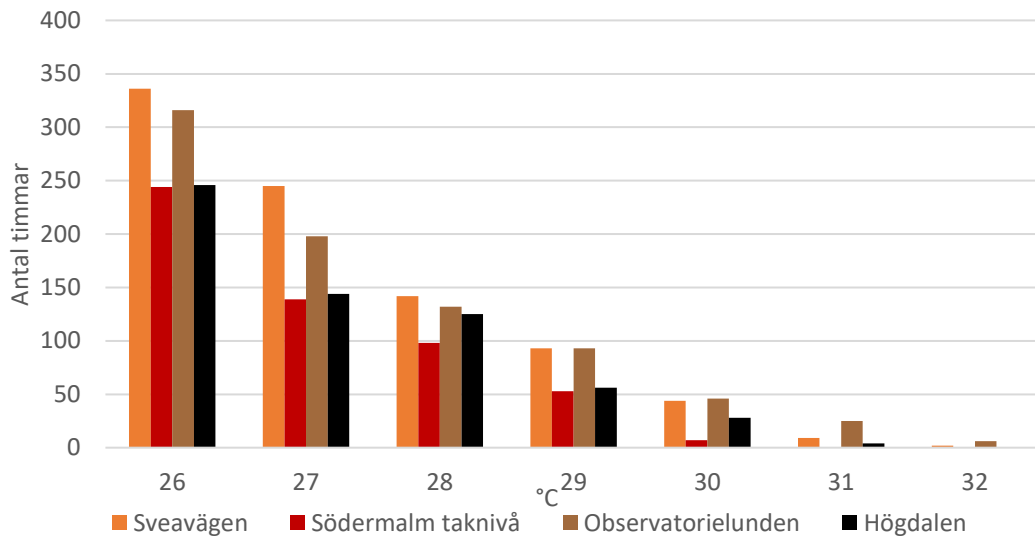
Figur 5 redovisar den statistiska fördelningen av respektive stations uppmätta temperatur. Viktigt att notera är att längden på de olika stationernas tidsserie varierar, se metodavsnittet, vilket innebär att en del av kurvorna i figuren är baserade på färre data än andra. I figuren syns dock bimodala toppar för samtliga mätstationer.

Vissa stationer är vanligare vid vissa temperaturer. Till exempel är Högdalen något mer vanligt förekommande vid låga temperaturer, mellan omkring  $-13^{\circ}\text{C}$  och  $-4^{\circ}\text{C}$ , och Sveavägen vid höga temperaturer, mellan omkring  $25^{\circ}\text{C}$  och  $28^{\circ}\text{C}$ . Värt att notera är också att Häggvik som är vanligast förekommande för höga temperaturer, mellan omkring  $23^{\circ}\text{C}$  och  $30^{\circ}\text{C}$ , endast innehåller data för åren 2015 och 2019. Mätstationen i ett skogsbryn i närheten av E4an och är således inte en innerstadsstation.



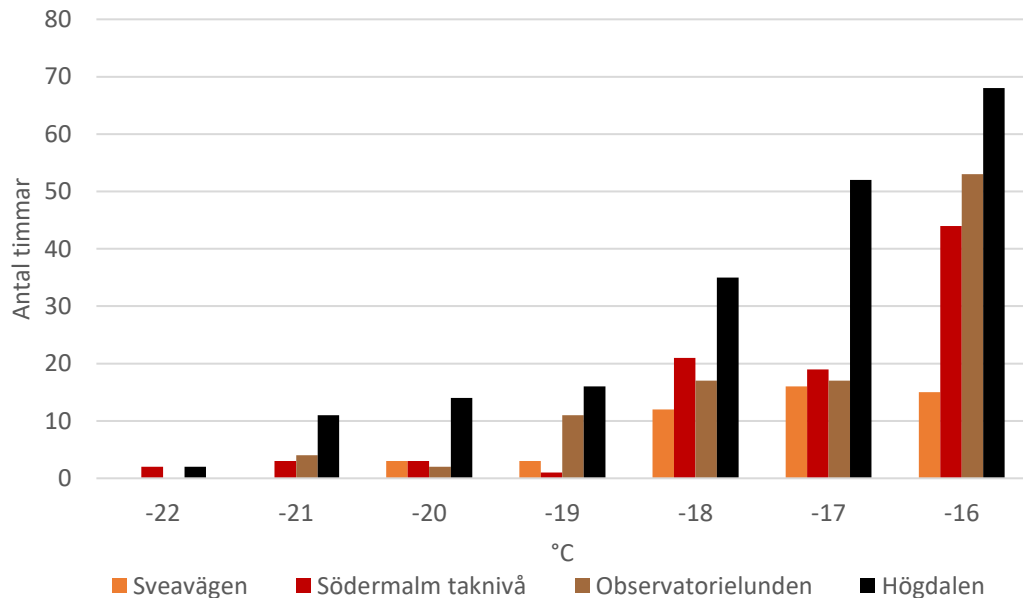
**Figur 5.** Statistisk fördelning av temperaturerna per grad för de olika mätstationerna.

Figur 6 visar antalet timmar med de högsta temperaturerna vid de fyra mätstationerna i studien som har data under samtliga undersökta år. Intervallen på x-axeln är indelade så att stapeln för respektive temperatur innehåller mätdata med intervallet en grad nedåt. Det vill säga stapeln 26°C innehåller alla timmar där temperaturen är mellan 25,01 och 26,00°C och så vidare. I figuren syns att de höga temperaturerna är fler vid Sveavägen och Observatorielunden jämfört med Södermalm taknivå och Högdalen. Vidare syns att de allra högsta temperaturerna (>31 grader) sällan förekommer och de har endast har uppmätts vid Sveavägen och Observatorielunden.



**Figur 6.** Antalet timmar med de högsta temperaturerna för mätstationerna Sveavägen, Södermalm taknivå, Observatorielunden samt Högdalen under åren 2009–2019.

Figur 7 redovisar antalet timmar med de lägsta temperaturerna vid de fyra mätstationerna som har data under samtliga undersökta år. I figuren syns att de låga temperaturerna är fler vid Södermalm taknivå och Högdalen jämfört med Sveavägen och Observatorielunden. Vidare syns att de allra lägsta temperaturerna endast förekommer enstaka timmar och de har enbart uppmätts vid Södermalm taknivå och Högdalen.



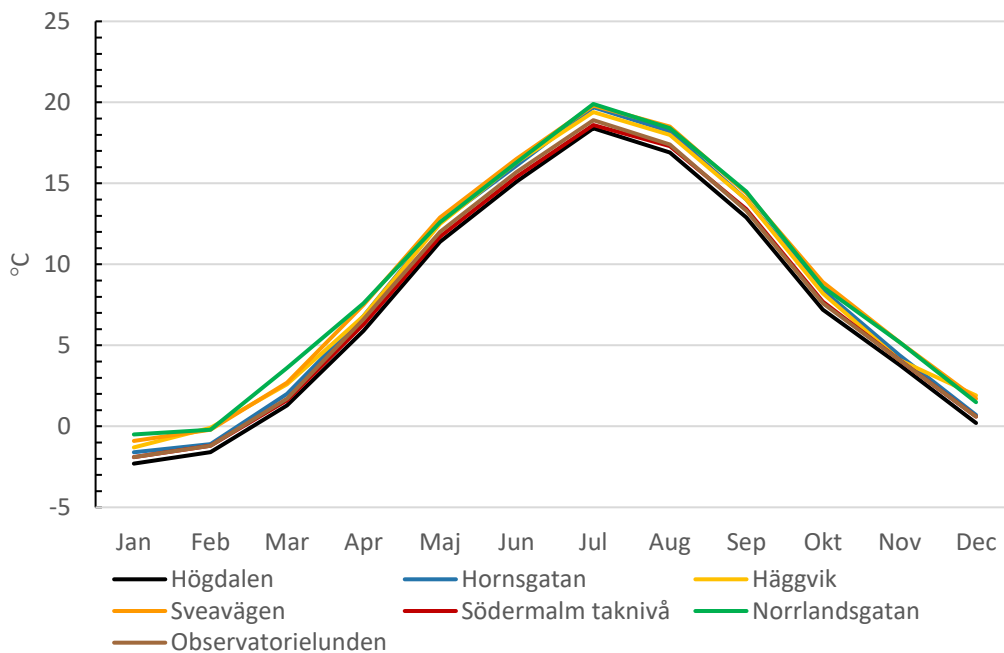
**Figur 7.** Antal timmar med de uppmätta lägsta temperaturerna för mätstationerna Sveavägen, Södermalm taknivå, Observatorielunden samt Högdalen under åren 2009–2019.

## Årsvariation

Figur 8 visar månadsmedelvärden av temperaturen för de olika mätstationerna. Månadsmedelvärdena är beräknade utifrån data med tidsupplösningen timme. Även i detta fall är tidsserierna för stationerna olika långa vilket innebär att månadsmedelvärdet för en del stationer innehåller fler datapunkter än andra.

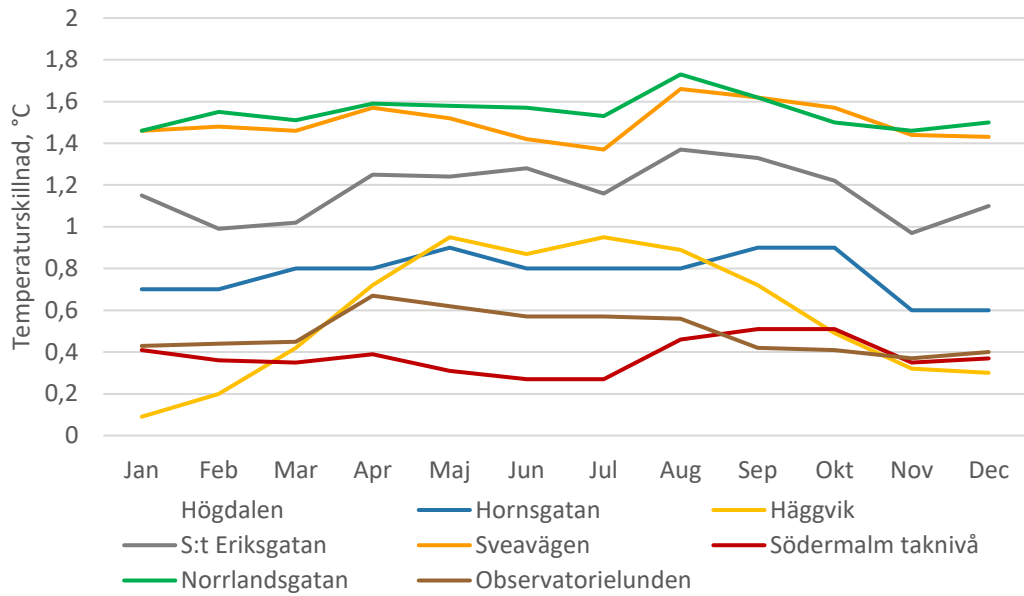
Årsvariationen är liknande vid samtliga undersökta mätstationer. Temperaturen under året är generellt lägst vid Högdalen. Även skillnaden mellan de olika stationerna varierar relativt lite över året. Detta syns även i Figur 9 som visar skillnaden i månadsmedelvärde mellan respektive station och Högdalen. Skillnaden är större än noll för alla stationer under hela året, vilket innebär att medelvärdet är högre än motsvarande vid Högdalen samtliga månader. Skillnaden i månadsmedelvärden mellan innerstadsstationerna och Högdalen varierar något över året men uppvisar ingen tydlig variation beroende på årstid. Endast skillnaden mellan Häggvik och Högdalen har en årsvariation som är klart större på sommaren är på vintern. Det denna figur inte visar är hur dygnsvariationen beror på årstid, det maskas när månadsmedelvärdet beräknas. Figur 10 visar timmedelvärden av skillnaden för de olika stationerna jämfört med Högdalen uppdelat per säsong. I figuren syns att skillnaden mellan innerstaden och Högdalen relativt liten dagtid men stor nattetid under sommarhalvåret, mars-augusti. Under vinterhalvåret, september-februari, är skillnaden större dagtid jämfört med sommarhalvåret och skillnaden nattetid är mindre. Detta gör att skillnaden i månadsmedelvärdet, som syns i Figur 9, blir relativt liten trots att det finns en säsongsvariation i hur temperaturskillnaden mellan innerstadsstationerna och Högdalen varierar över dygnet.

Årsmedelskillnaden mellan innerstaden och Högdalen har dock en minskande trend under perioden 2009–2019, se Figur 11. Skillnaden mellan innerstadsstationerna och Högdalen har inte minskat jämt över året, utan uppvisar en tydligast minskande trend för sommarmånaderna, Figur 12.

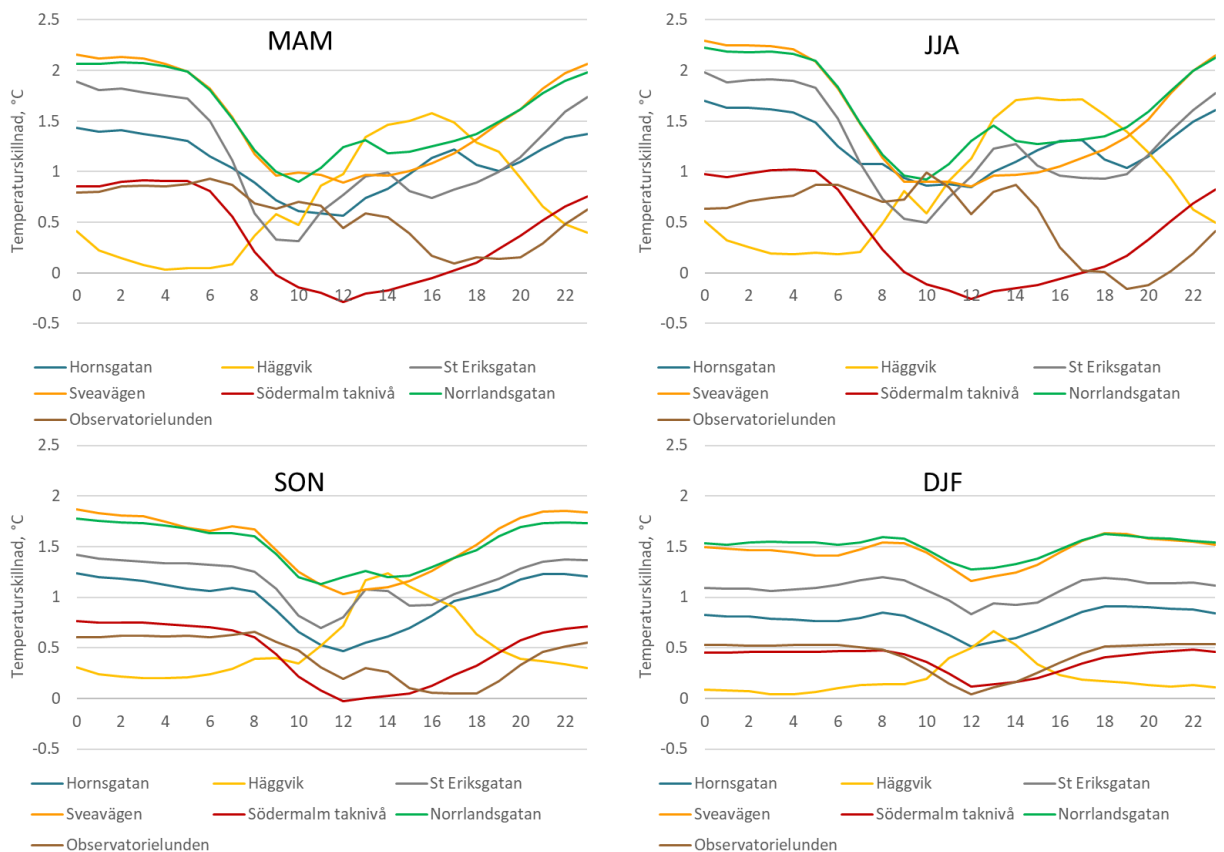


**Figur 8.** Månadsmedelvärden av temperaturen vid stationerna.

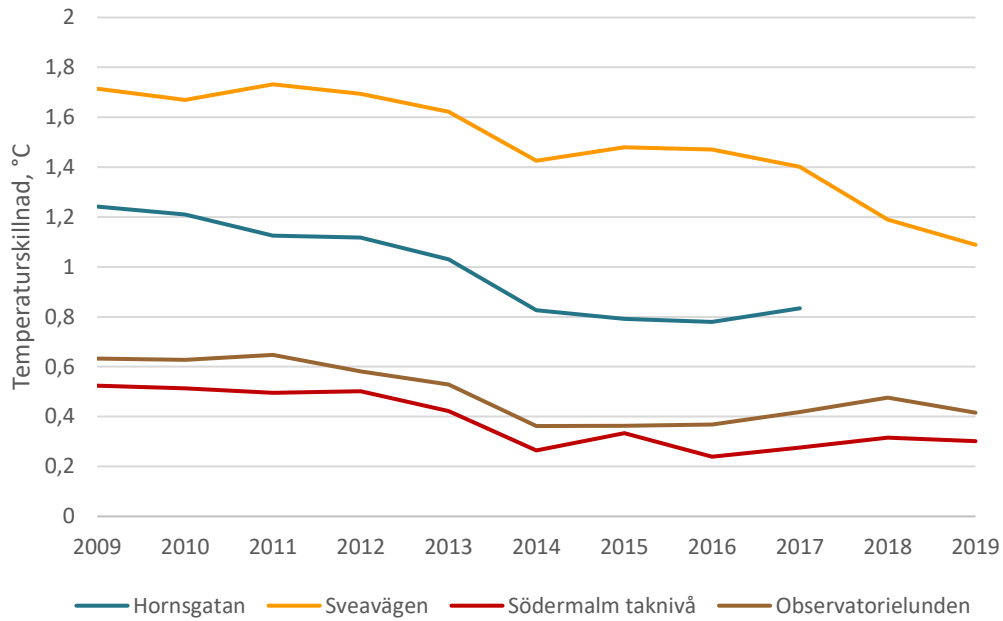




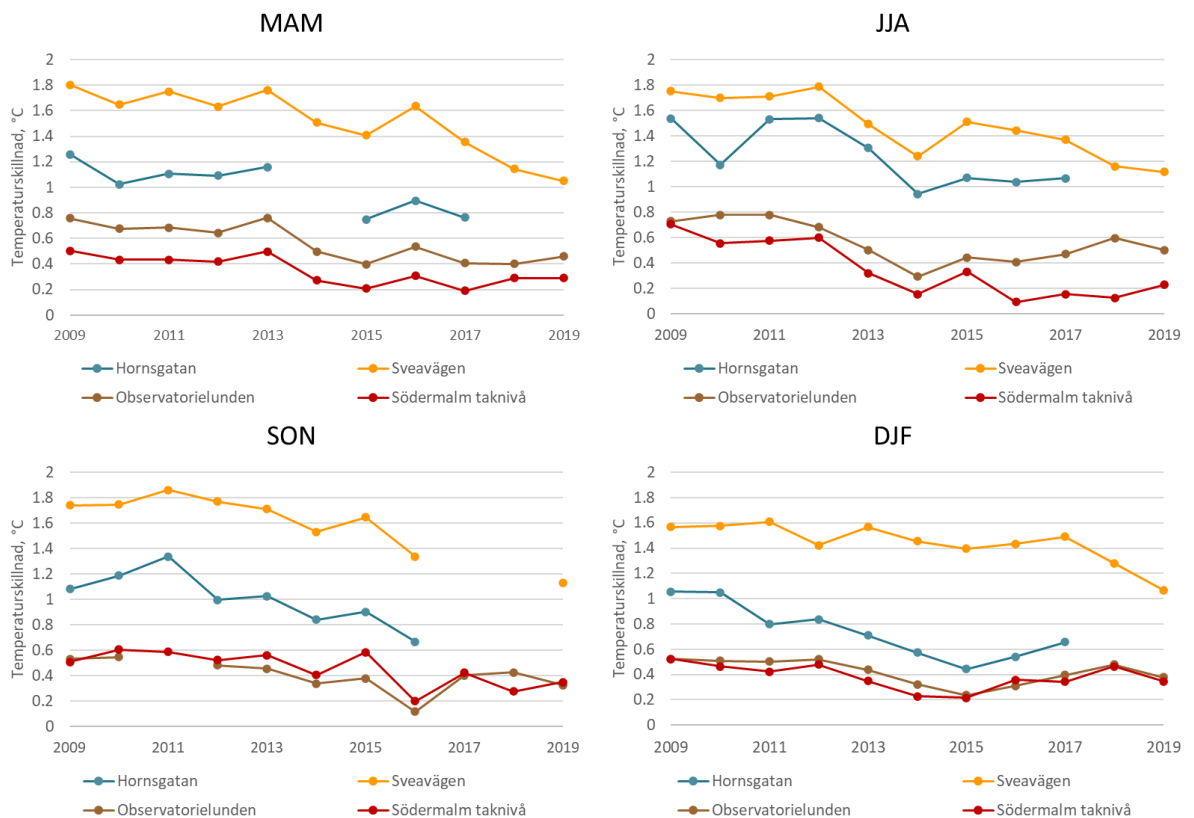
**Figur 9.** Månadsmedelvärden av skillnaden för de olika stationerna jämfört med Högdalen.



**Figur 10.** Timmedelvärden av skillnaden för de olika stationerna jämfört med Högdalen uppdelat på säsong MAM (mars, april, maj), JJA (juni, juli, augusti), SON (september, oktober, november) och DJF (december, januari, februari).



**Figur 11.** Årsmedelvärden av skillnaden för de olika stationerna med tidsstäckning under perioden 2009–2019 (2009–2017 för Hornsgatan) jämfört med Högdalen.

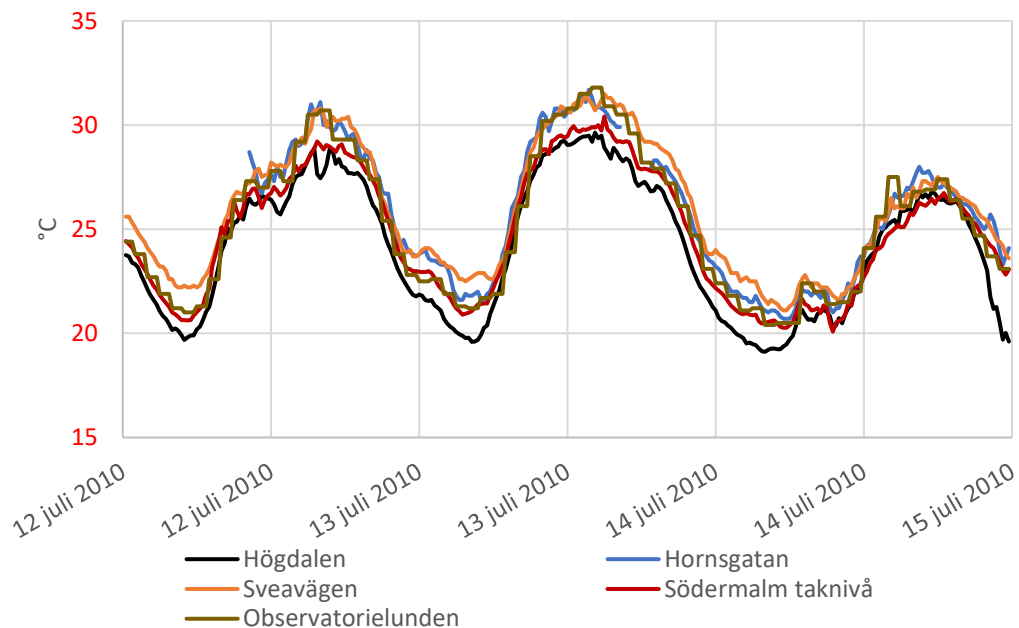


**Figur 12.** Säsongsmedelvärden av skillnaden för de olika stationerna med tidsstäckning under perioden 2009–2019 (2009–2017 för Hornsgatan) jämfört med Högdalen.

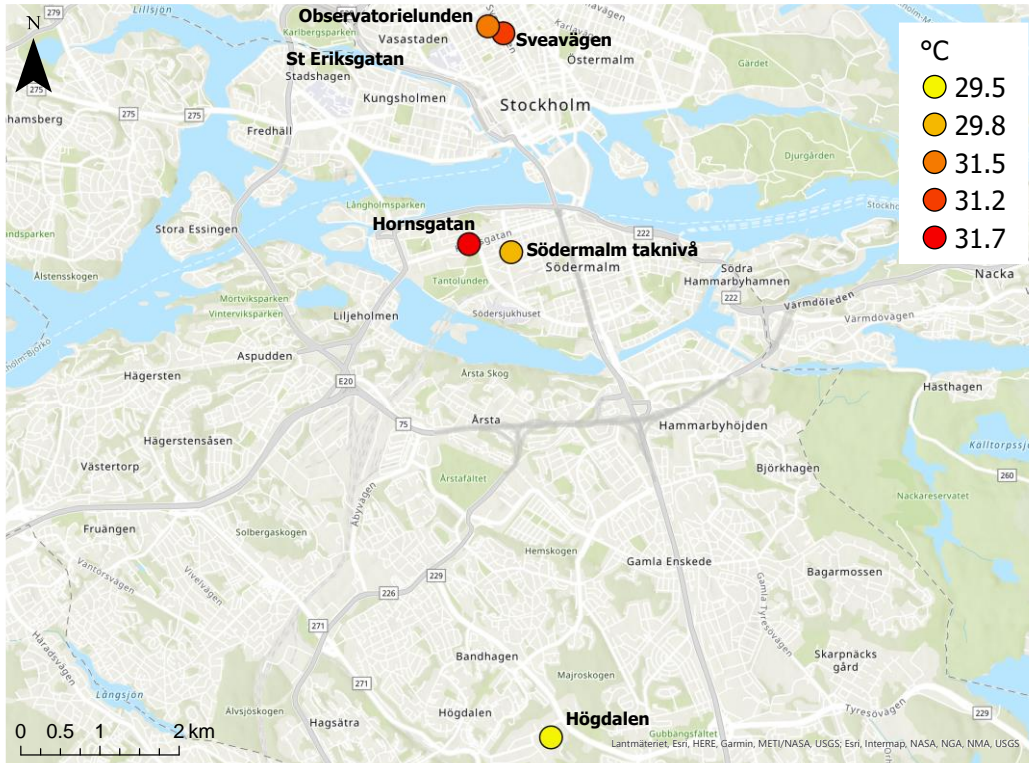
### Exempel på värmeperioder

Värmeböljor är något som bedöms bli allt vanligare i ett varmare klimat [7]. Det finns ingen internationell standard för hur en värmebölja definieras eftersom det behöver variera beroende på bland annat det regionala klimatet. I denna studie definieras en värmebölja som en sammanhängande period på minst fem dygn då dygnets högsta temperatur är minst 25°C [8].

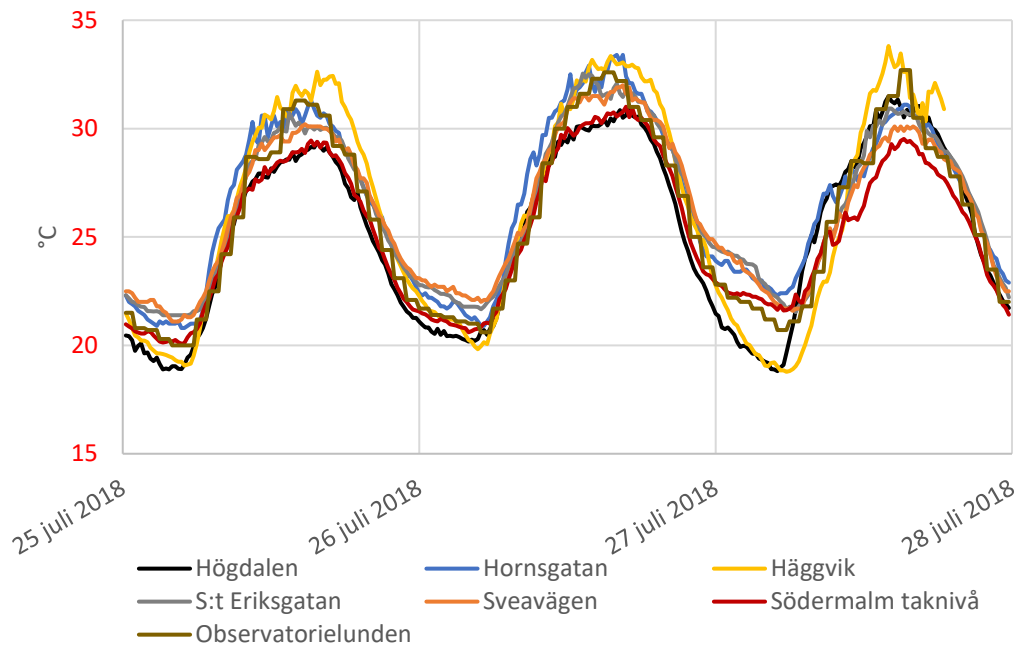
Figur 13 och Figur 15 är utsnitt ur värmeböljorna som inträffade år 2010 och 2018, två år då några av de allra högsta temperaturerna under perioden 2009–2019 inföll. Figurerna visar en tidsserie med det dygn med respektive år då den högsta maximitemperaturen uppmättes samt dygnet före och efter. Samtliga mätstationers tidsserie har tidsupplösningen kvartar utom Observatorielunden som har tidsupplösningen timme. Temperaturen är lägst vid Högdalen. Skillnaden mellan Högdalen och innerstadsstationerna är som störst omkring kl 10-18, då de högsta temperaturerna infaller, och på natten, när temperaturen är som lägst. Fler exempel på temperaturfördelningen över dygnet redovisas i bilaga 3, där som skillnad mellan stationerna och Högdalen. Figur 14 och Figur 16 visar den geografiska spridningen av mätstationerna samt temperaturen vid varje station under en av kvartarna då den uppmätta temperaturen var som högst (omkring kl 13 den 13:e juli år 2010 och kl 16 den 26:e juli år 2018). I dessa figurer syns att temperaturen är lägre vid Högdalen och Södermalm taknivå jämfört med stationerna i innerstaden.



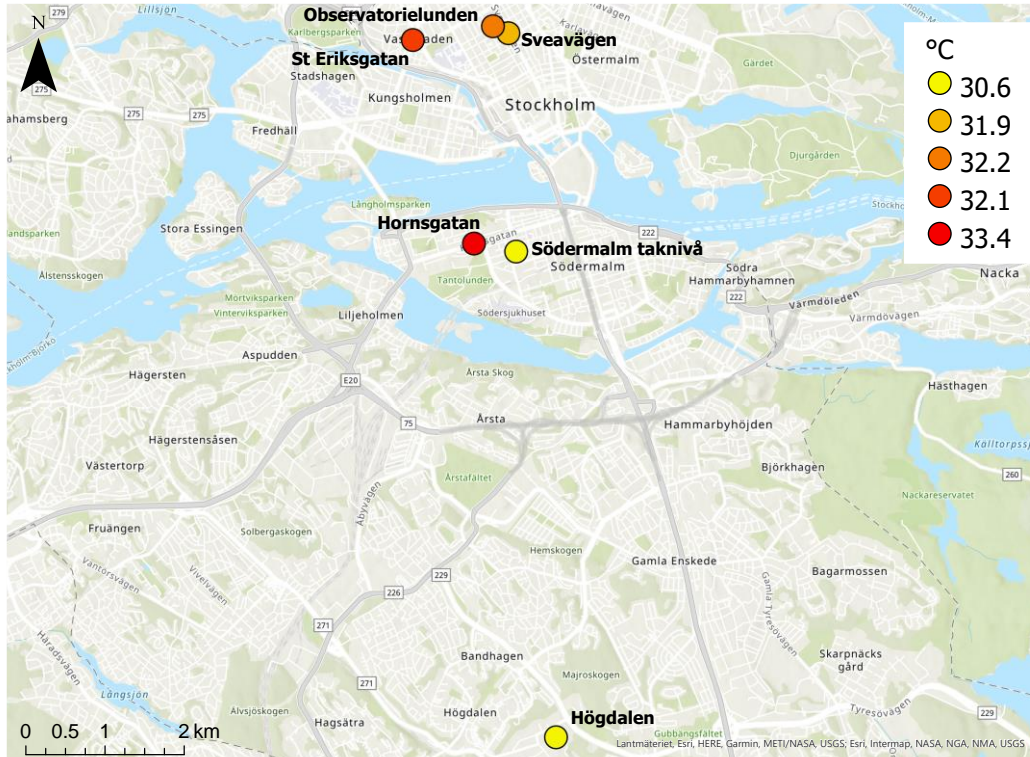
**Figur 13.** Varmaste dygnet år 2010. Inföll i juli under årets enda värmebölja som varade mellan 2010-07-10 och 2010-07-17.



**Figur 14.** Temperaturen under en av de varmaste tidpunkterna under värmeböljan år 2010. Markörerna i figuren visar temperaturen för de olika punkterna, mörkare färg är högre temperatur.



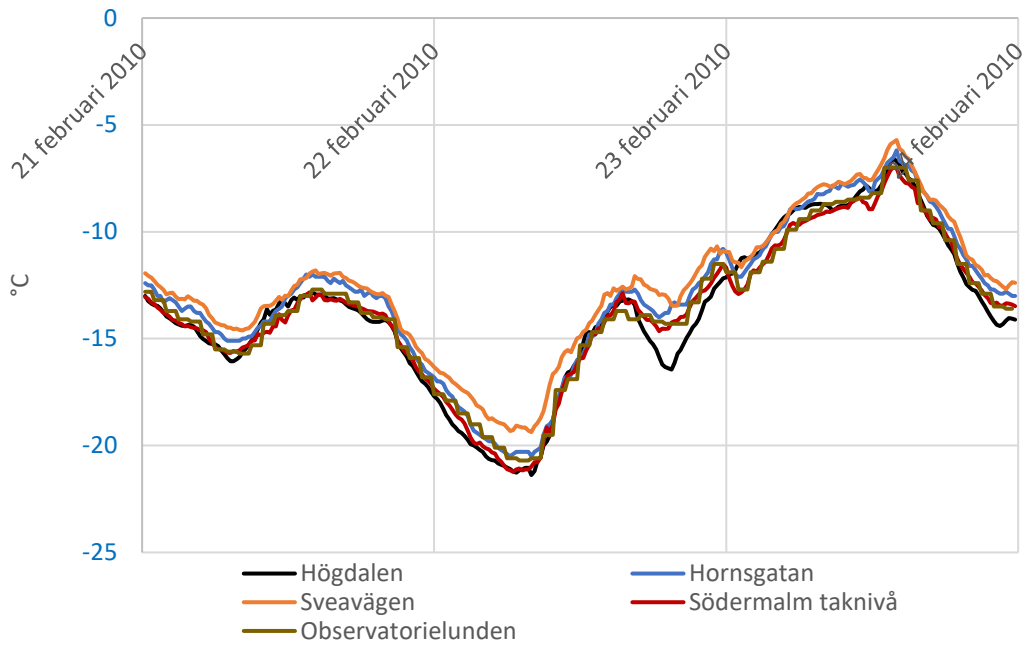
**Figur 15.** Varmaste dygnet år 2018. Inföll i juli under årets enda värmebölja som varade mellan 2018-07-13 och 2018-08-04.



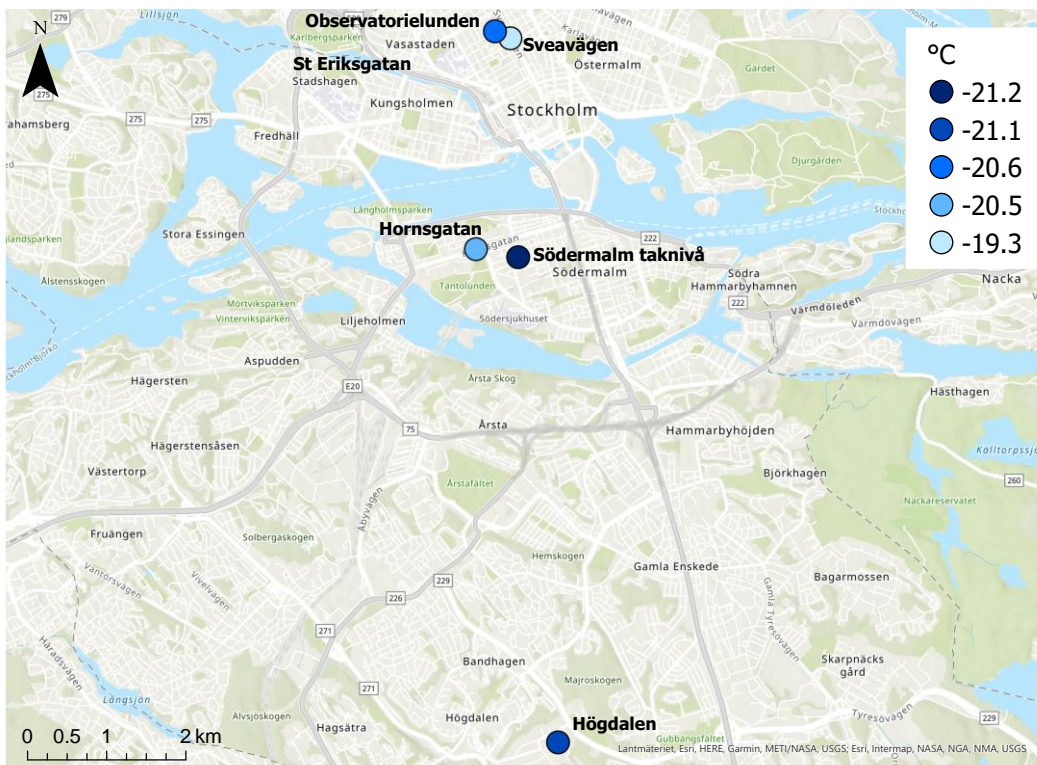
**Figur 16.** Temperaturen under en av de varmaste tidpunkterna under värmeböljan år 2018. Markörerna i figuren visar temperaturen för de olika punkterna, mörkare färg är högre temperatur.

### Exempel på köldperioder

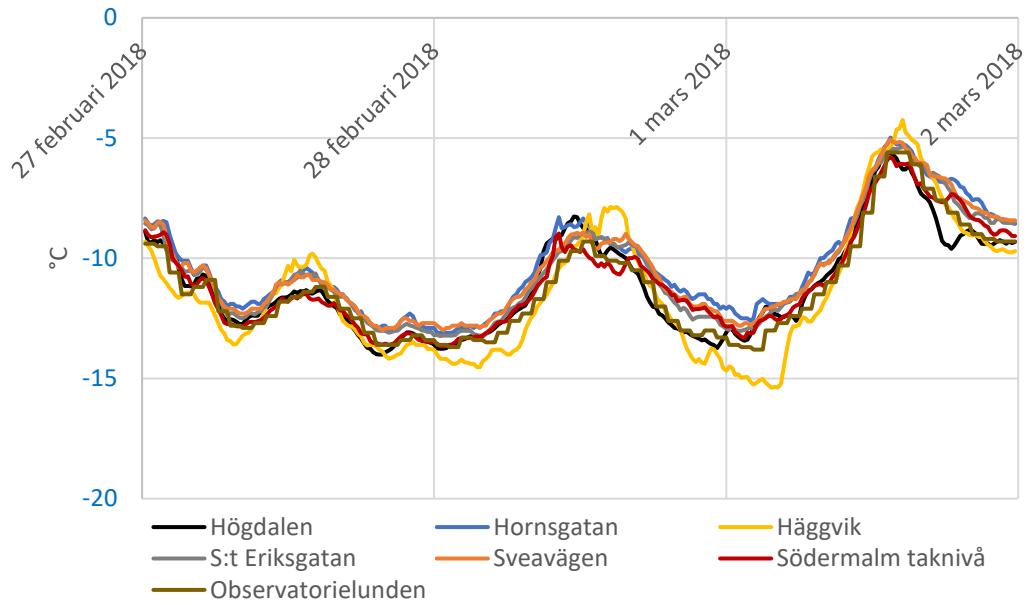
Kalla perioder har också undersökts för åren 2010 och 2018. Det förhöll sig så att även några av tidseriernas allra lägsta temperaturer inföll de åren. Figur 17 och Figur 19 är tidsserier över temperaturen under dygnet med lägst minimitemperatur under år 2010 och 2018 samt dygnet före och efter. Figur 18 och Figur 20 visar den geografiska spridningen av mätstationerna samt temperaturen vid varje station under en av kvartarna då den uppmätta temperaturen var som lägst (omkring kl 06 den 22:a februari år 2010 och kl 00 den 28:e februari år 2018). Temperaturen är lägst vid Högdalen och Södermalm taknivå år 2010. År 2018 återfinns de lägsta temperaturerna nattetid och de högsta temperaturerna dagtid vid Häggvik. Fler exempel på temperaturfördelningen över dygnet redovisas i bilaga 3, där som skillnad mellan stationerna och Högdalen. I innerstaden är temperaturen högre generellt högre än Högdalen både år 2010 och 2018.



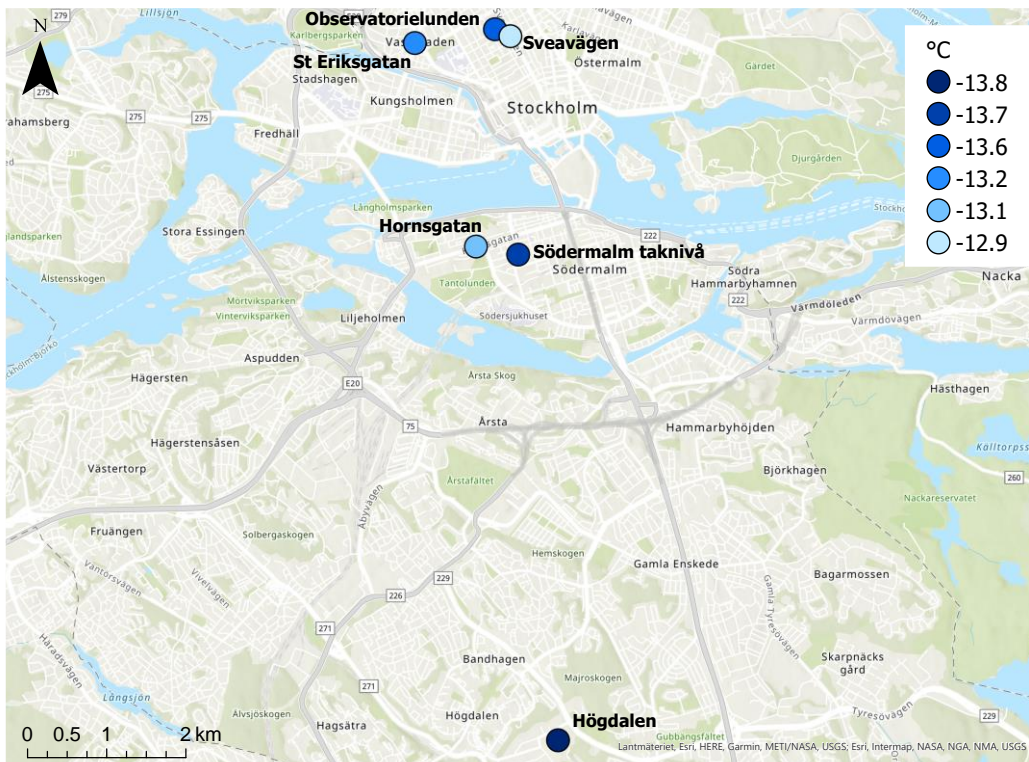
Figur 17. Kallaste dygnet år 2010, inföll under en köldperiod i februari.



Figur 18. Temperaturen under en av de kallaste tidpunkterna under år 2010. Markörerna i figuren visar temperaturen för de olika punkterna, mörkare färg är lägre temperatur.



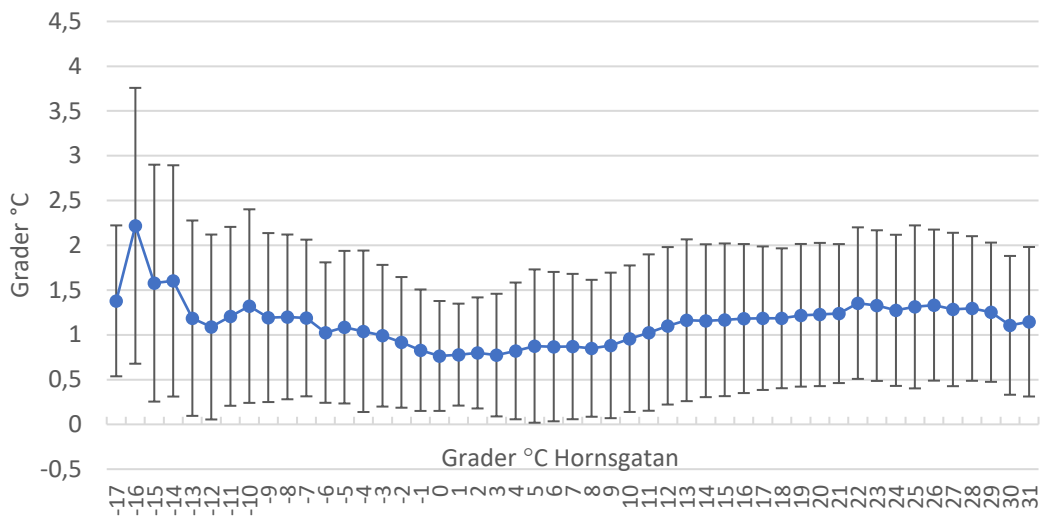
Figur 19. Kallaste dygnet år 2018, inföll under en köldperiod i februari.



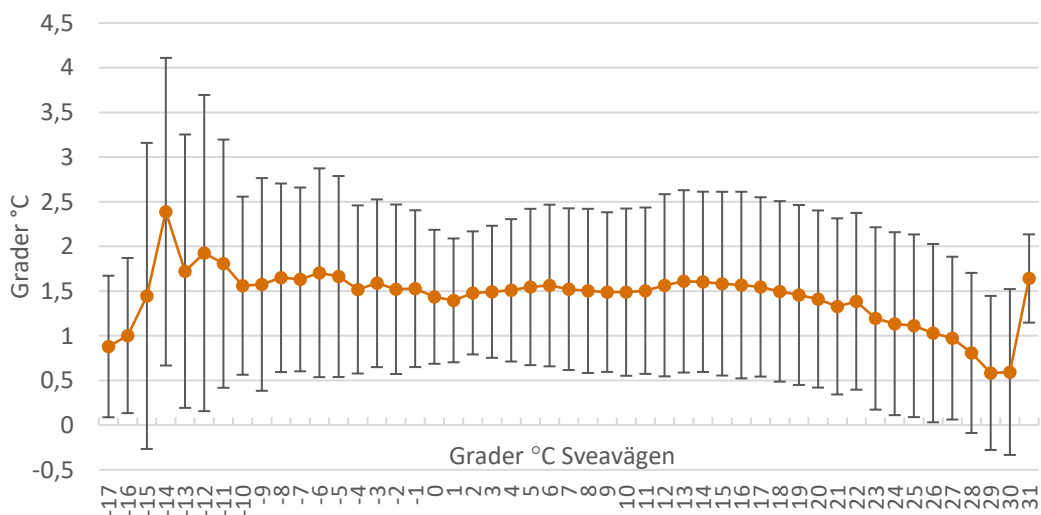
Figur 20. Temperaturen under en av de kallaste tidpunkterna under år 2018. Markörerna i figuren visar temperaturen för de olika punkterna, mörkare färg är lägre temperatur.

### Skillnad i temperatur mot Högdalen

För beräkningen av resultaten i Figur 21 och Figur 22 har mätdata för hela mätperioden för respektive station använts, se Tabell 1. Figurerna visar tydligt att oavsett uppmätt temperatur är både Hornsgatan och Sveavägen alltid varmare än Högdalen. Skillnaden varierar något beroende på temperatur, särskilt när man närmar sig extremerna. Det är dock viktigt att poängtera att antalet mätpunkter i extremerna är väldigt få och resultaten där bör tas med en nypa salt. Hornsgatan är genomsnittligen  $1,01 \pm 0,82$  grader varmare än Högdalen, och Sveavägen är  $1,5 \pm 0,94$  grader varmare än Högdalen. Norrlandsgatan, som inte redovisas i en graf, är beräknad till  $1,55 \pm 0,91$  grader varmare än Högdalen. Observatorielunden är  $0,49 \pm 0,84$  grader varmare än Högdalen. Taknivå Södermalm är i genomsnitt  $0,38 \pm 0,81$  varmare än Högdalen.



**Figur 21.** Differensen i temperatur mellan Hornsgatan-Högdalen per uppmätt grad uppmätt på Hornsgatan.



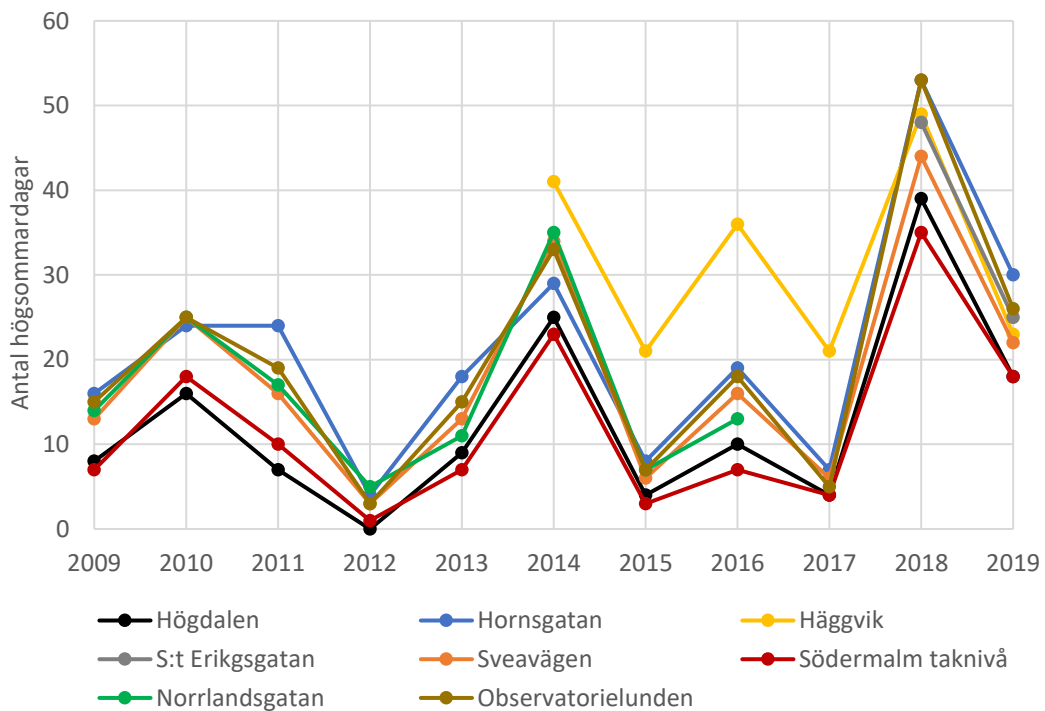
**Figur 22.** Differensen i temperatur mellan Sveavägen-Högdalen per grad uppmätt på Sveavägen.



## Högsommardagar

Högsommardagar definieras som dygn då den maximala uppmätta temperaturen är minst 25,0°C. Data med tidsupplösningen timme under respektive kalenderdygn användes för att beräkna antalet högsommardagar per år för samtliga mätstationer.

Figur 23 redovisar antalet högsommardagar vid respektive mätstation åren 2009–2019. Antalet högsommardagar per år är lägst vid mätstationerna Högdalen och Södermalm taknivå samtliga undersökta år. Hur stor skillnaden i antalet högsommardagar är mellan innerstadsstationerna och Högdalen och Södermalm taknivå varierar något från år till år, men i genomsnitt är det 7 högsommardagar fler i innerstaden. Under de år då skillnaden mellan innerstadsstationerna och Högdalen och Södermalm taknivå är som lägst (år 2012, 2015, 2017) var också medeltemperaturen under sommaren generellt svalare jämfört med åren då skillnaden är större [9]. Mätstationen Häggvik registrerar flest högsommardagar nästan samtliga år då mätningar utförts där.



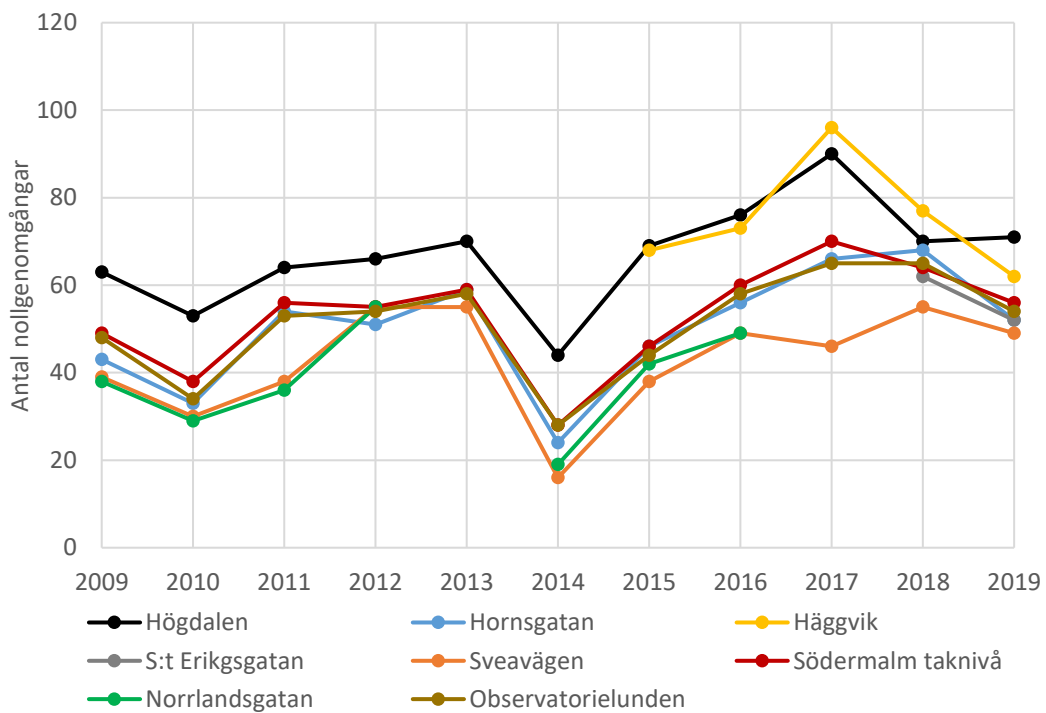
**Figur 23.** Antalet högsommardagar per år mellan 2009 och 2019 vid de olika mätstationerna.

## Nollgenomgångar

Nollgenomgångar definieras som antalet dygn då dygnets högsta uppmätta temperatur är över 0°C under samma dygn som dygnets lägsta temperatur är under 0°C. Data med tidsupplösningen timme under respektive kalenderdygn användes för att beräkna antalet nollgenomgångar per år för samtliga mätstationer.

Ett år då temperaturen ligger och pendlar runt 0°C under en längre period kommer alltså ha många nollgenomgångar. Ett år med en kall vinter, med en längre period av minusgrader får få nollgenomgångar. Detsamma gäller för år med milda vintrar med längre perioder av plusgrader. Nollgenomgångar är en viktig parameter för till exempel väghållning eftersom väglaget tenderar att vara besvärligt om temperaturen pendlar runt 0°C.

Figur 24 redovisar antalet nollgenomgångar vid respektive mätstation åren 2009–2019. Antalet nollgenomgångar är fler vid Högdalen jämfört med innerstadsstationerna samtliga undersökta år. Detta beror på att temperaturen i innerstaden generellt är högre vilket leder till färre dygn då temperaturen sjunker under 0°C. Detta bekräftas även av resultatet från beräkningen av antalet frostdygn. Mätstationen Häggvik registrerar flest nollgenomgångar nästan samtliga år då mätningar utförts där.

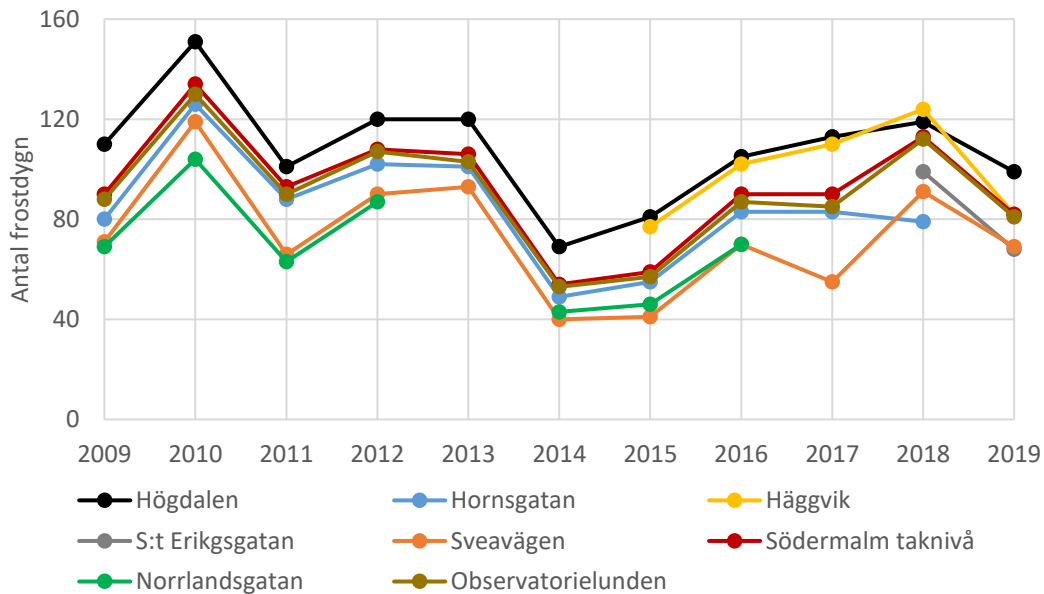


**Figur 24.** Antalet nollgenomgångar per år mellan 2009 och 2019 vid de olika mätstationerna.

## Frostdygn

Frostdygn definieras som dygn då minimitemperaturen är under 0°C. Data med tidsupplösningen timme under respektive kalenderdygn användes för att beräkna antalet frostdygn per år för samtliga mätstationer.

Figur 25 redovisar antalet frostdygn vid respektive mätstation åren 2009–2019. Antalet frostdygn är fler vid Högdalen jämfört med i innerstadsstationerna samtliga undersökta år. Mätstationen Häggvik registrerar många frostdygn under de år då mätningar utförts där.

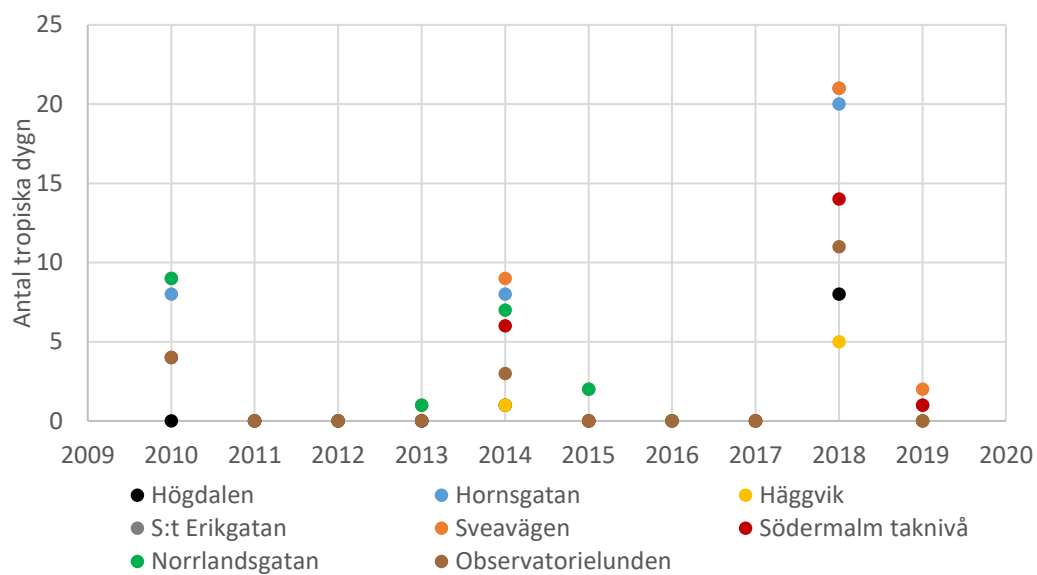


**Figur 25.** Antalet frostdygn per år mellan 2009 och 2019 vid de olika mätstationerna.

## Tropiska dygn

Tropiska dygn definieras som ett dygn då minimitemperaturen inte understiger 20,0°C. Data med tidsupplösningen timme under respektive kalenderdygn användes för att beräkna antalet tropiska dygn per år för samtliga mätstationer.

Figur 26 redovisar antalet tropiska dygn vid respektive mätstation åren 2009–2019. I figuren syns att tropiska dygn inte inträffar varje år. Stationerna i innerstaden har tropiska dygn under fler år än Högdalen. Vid Högdalen uppmättes tropiska dygn endast under 2014 (ett dygn) samt under 2018 (8 dygn). Mätstationen Häggvik registrerar tropiska dygn under de få år då mätningar utförts där. Det faktum att Häggvik registrerar många högsommardagar men få tropiska dygn är en konsekvens av att stationen har höga dygnsmaxtemperaturer men låga dygnsminimtemperaturer under sommarsäsongen. År 2018 sticker ut som ett år med jämförelsevis många tropiska dygn vid samtliga mätstationer.



**Figur 26.** Antalet tropiska dygn per år mellan 2009 och 2019 vid de olika mätstationerna. Under samtliga år utom 2018 inträffade 0 tropiska dygn på en eller flera mätstationer, i figuren syns dock endast en punkt vid 0 respektive år.

## Diskussion/Slutsatser

Elva års temperaturdata vid åtta olika stationer i och utanför Stockholms innerstad har analyserats i denna studie. Generellt har högre temperaturer observerats på innerstadsgator jämfört med utanför innerstaden samt jämfört med Observatorielunden och i taknivå. Urbana värmeöeffekten har alltså konstaterats. Effekten är som störst på Sveavägen och Norrlandsgatan i innerstaden och endast något mindre vid Hornsgatan och S:t Eriksgatan. Effekten är inte lika tydlig vid Observatorielunden (en park i innerstaden) och i taknivå på Södermalm. Detta indikerar att storleken på den urbana värmeöeffekten varierar även inom innerstaden och beror på den närliggande omgivningen. Även vid Häggvik, i nära anslutning till en motorväg utanför staden, uppmättes högre temperaturer än vid Högdalen, men lägre än vid gatustationerna i innerstaden.

Urbana värmeöeffekten syns både dagtid och nattetid och störst effekt syns nattetid. Det finns en säsongsvariation i hur temperaturskillnaden mellan innerstadsstationerna och Högdalen varierar över dygnet. Under sommarhalvåret är skillnaden mellan innerstadsstationerna betydligt större nattetid jämfört med dagtid. Under vinterhalvåret varierar skillnaden mellan innerstadsstationerna mindre över dygnet jämfört med under sommarhalvåret. Resultaten visar också att årsmedelskillnaden mellan innerstaden och Högdalen har minskat över tid, urbana värmeöeffekten tycks alltså ha minskat något över de år som har undersökts. Det kan finnas en mängd anledningar till detta och vad det beror på går inte att fastställa utan vidare studier. I en mer detaljerad analys skulle fler mätstationer, både i och utanför innerstaden, behövas. Detta eftersom Stockholms utbredning är något osymmetrisk med gröna kilar och många vattenytor.

**Tabell 3.** Genomsnittlig temperaturskillnad mellan samtliga stationer och Högdalen. Osäkerhetsmåttan anger standardavvikelsen för skillnaden.

Horns- gatan	Häggvik	S:t Eriks- gatan	Svea- vägen	Södermalm taknivå	Norrlands- gatan	Observatorie- lunden
1,0±0,8	0,6±1,0	1,2±0,9	1,5±0,9	0,4±0,8	1,5±0,9	0,5±0,8

I genomsnitt för innerstadsgatorna (medelvärde av Norrlandsgatan, Sveavägen, S:t Eriksgatan och Hornsgatan) konstateras följande:

- Temperaturen i innerstaden är omkring 1,3 grader varmare än i Högdalen.
- Innerstaden hade 31 färre frostdygn jämfört med Högdalen per år.
- Innerstaden hade i genomsnitt 7 fler högsommardagar än Högdalen per år.
- Antalet tropiska dygn är i genomsnitt 3 fler i innerstaden än i Högdalen per år. Flera år inträffade dock inga tropiska dygn vare sig i Högdalen eller i innerstaden, 2018 hade innerstaden 12 fler högsommardagar än Högdalen.
- Antal nollgenomgångar i innerstaden var 21 dygn färre jämfört med Högdalen.
- Den varmaste dagen år 2010 och år 2018 var i snitt 1,8°C respektive 2°C varmare i innerstaden än utanför.

- Den kallaste dagen år 2010 och 2018 var i snitt  $0,5^{\circ}\text{C}$  respektive  $0,6^{\circ}\text{C}$  varmare i innerstaden än utanför.

## Referenser

1. Oke, T.R. (1982), "The Energetic Basis of the Urban Heat Island", Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, No. 108, pp. 1-24.
2. Vautard, R., Gobiet, A., Sobolowski, S., Kjellström, E., Stegehuis, A., Watkiss, P., Mendlik, T., Landgren, O., Nikulin, G., Teichmann, C., Jacob, D., 2014. The European climate under a 2°C global warming. Environ. Res. Letters. Environ. Res. Lett. 9, 034006, doi:10.1088/1748-9326/9/3/034006
3. SLB-rapport 3:2011. Sommartemperaturen i Stockholm.
4. SLB-rapport 32:2019. Nya klimatindikatorer för temperatur i Stockholm. Underlag för Miljöförvaltningens övervakning av klimatförändringar och dess effekter.
5. SLB-rapport 13:2020. Mätstationer inom Östra Sveriges Luftvårdförbund. Beskrivning av mätstationer för kontroll av miljö kvalitetsnormen för luftkvalitet.
6. Stockholms miljöbarometer, <http://miljobarometern.stockholm.se/>
7. Framtidsklimat i Stockholms län- enligt RCP-scenarier. SMHI, 2015 Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist. Klimatologi Nr 21
8. Värmeböljor i Sverige. SMHI, 2011. Gunn Persson och Lennart Wern. Faktablad NR 49
9. Säsongsmedeltemperatur. Klimat- och väderstatistik, Stockholms stads Miljöbarometer. <http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/sasongsmedeltemperatur/>

## Bilaga 1, Beskrivning av mätstationer

### Hornsgatan 108, Stockholm gaturum

Mätpunkten är placerad på ett mätskåp eller tidigare mätvagn placerad i en parkeringsruta utanför Hornsgatan 108. Mätningarna sker på ca 3 m höjd och ca 3 m från fasaden. Hornsgatan sträcker sig i öst-västlig riktning och under sommarhalvåret är gatan och framförallt fasaden på den norra sidan solbelyst hela dagarna. Inga träd eller andra objekt som skuggar finns på platsen. Mätpunkten är: 3 m över gatunivå på gatans norra sida.



Stationsfakta	
Startår	1981
Slutdatum	Pågår
Koordinater (Sweref 99 TM)	E 673500 N 6579347
Typ av mätning	Gaturum, innerstadsmiljö
Omgivande bebyggelse, höjd	22 - 26 m
Höjd över havet	46 m
Avstånd mellan husfasader	24 m
Meteorologiska parametrar	Temperatur, relativ fuktighet, vägbanans fuktighet, lufttryck





*Hornsgatan 108.*

### **Sveavägen 59, Stockholm gaturum**

Mätningarna sker på ett mätskåp för luftkvalitet vid Sveavägen 59. Sveavägen går i nord-sydligt sträckning. Avståndet mellan husfasaderna är ca 33 meter. Mätningarna sker på ca 3 m höjd över gångbanan på Sveavägens västra sida och ca 5 m från husfasaden. Sveavägen har träd och mätplatsen ligger i skugga bakom större träd under i stort sett hela dagen. Mätpunkten är 3 m över gatunivå på gatans västra sida.



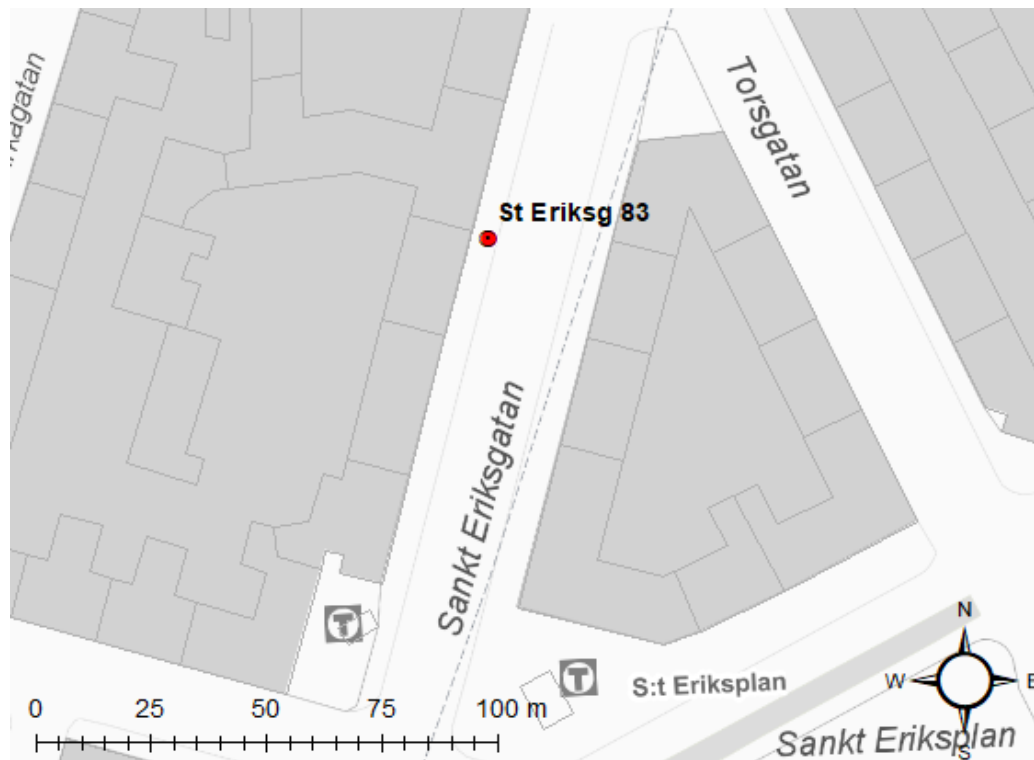
Stationsfakta	
Startår	1998
Slutdatum	Pågår
Koordinater (Sweref 99 TM)	E 673926 N 6582000
Typ av mätning	Gaturum, innerstadsmiljö
Omgivande bebyggelse höjd	26 - 27 m
Höjd över havet	32 m
Avstånd mellan husfasader	33 m
Meteorologiska parametrar	Temperatur, relativ fuktighet, vägbanans fuktighet



*Sveavägen 59*

### Sankt Eriksgatan 83, Stockholm gaturum

Mätstationen är belägen på västra sidan av S:t Eriksgatan. S:t Eriksgatan går nästan i nord-sydlig riktning. Träd finns på gatan. Mätpunkten är 3 m över gatunivå.



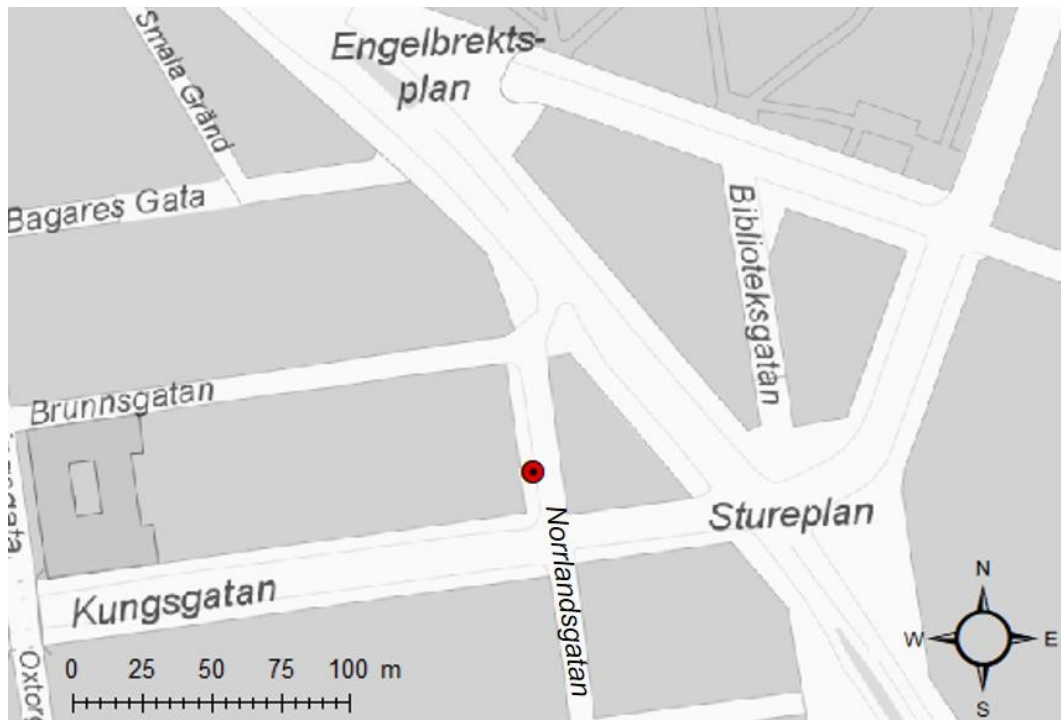
Stationsfakta	
Startår	2018
Slutdatum	Pågå
Koordinater (Sweref 99 TM)	E 672720 N 6581914
Typ av mätning	Gaturum, innerstadsmiljö
Omgivande bebyggelse höjd	23 – 25 m
Höjd över havet	35 m
Avstånd mellan husfasader	30 m
Meteorologiska parametrar	Temperatur, relativ fuktighet, lufttryck



S:t Eriksgatan 83

### Norrandsgatan 29

Mätningarna skedde på ett mätskåp för luftkvalitet som var beläget på gångbanan på västra sidan mellan Birger Jarlsgatan och Kungsgatan. Gatan går i nord-sydlig riktning. Mätningarna gjorde ca 2,5 m över markytan och ca 3 m från den västra fasaden. Norrandsgatan är en smal gata med en totalbredd av 15 m. Inga träd finns på gatan.



Stationsfakta	
Startår	2004
Slutdatum	2017
Koordinater (Sweref 99 TM)	E 674651 N 6581533
Typ av mätning	Gaturum, innerstadsmiljö
Omgivande bebyggelse höjd	20 – 25 m
Höjd över havet	28 m
Avstånd mellan husfasader	15 m
Meteorologiska parametrar	Temperatur, relativ fuktighet,



Norrandsgatan 29

### Torkel Knutssongatan tak, Södermalm taknivå

Mätstationen ligger på taket till Torkel Knutssongatan 20 på Södermalm. Taket är 20 m över markytan och temperurmätningen är 2 m över taket. Taket ligger helt fritt i samtliga väderstreck. Takbeläggningen är mörk vilket vid svaga vindhastigheter kan leda till aningen högra temperaturer än om taket hade haft en annan färg.



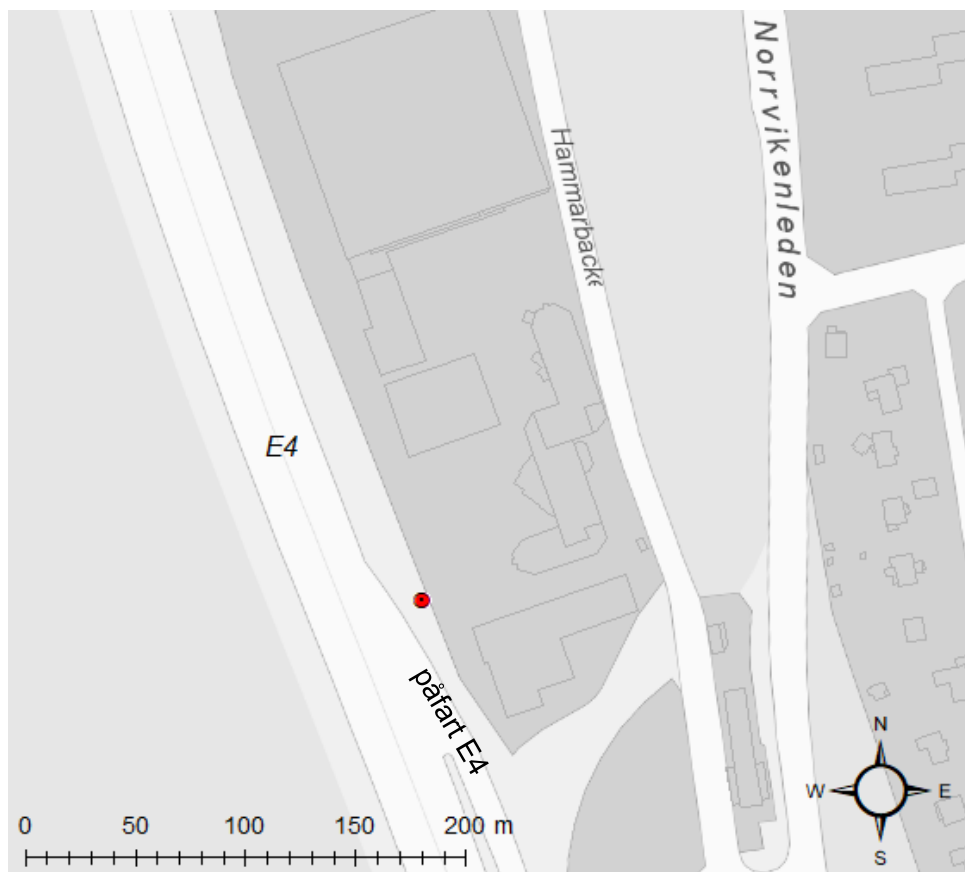
<b>Stationsfakta</b>	
Startår	1981
Slutdatum	pågår
Koordinater (Sweref 99 TM)	E 674024 N 6579241
Typ av mätning	Ovan tak i innerstadsmiljö, urban bakgrund
Omgivande bebyggelse höjd	15 - 25 m
Höjd över havet	64 m
Meteorologiska parametrar	Vindhastighet, vindriktning, temperaturgradient, temperatur, relativ fuktighet, solinstrålning, nederbörd, lufttryck



*Taknivå Södermalm*

#### **E4 Häggvik Sollentuna öppen väg**

Mätstationen är placerad i ett skogsbryn intill E4. Temperaturmätningen sker 2 m över marknivå, ca 4 - 5 m över E4:ans vägbana. Ca 10 m nordost om väggkant för påfart till E4 och ca 35 m från mitten av trafikleden E4.



<b>Stationsfakta</b>	
Startår	2007
Slutdatum	pågår
Koordinater (Sweref 99 TM)	E 665758 N 6592935
Höjd över havet	41 m
Typ av mätning	Skogsbryn intill öppen väg
Meteorologiska parametrar	Temperatur, relativ fuktighet, lufttryck

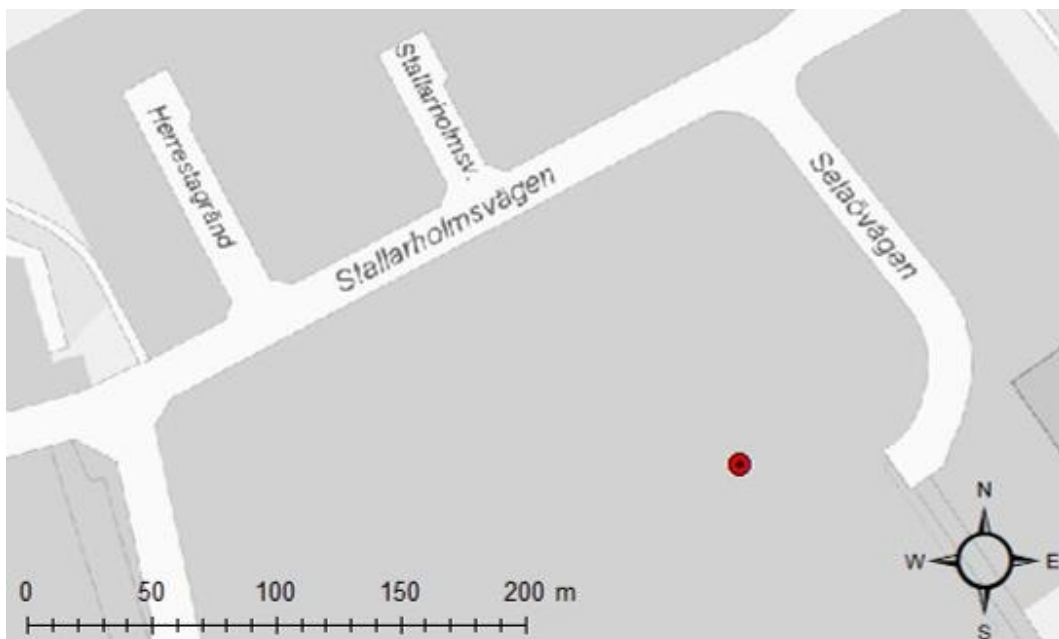




Häggvik, E4

### Högdalen

SLB's huvudmast för meteorologiska indata till beräkningsmodeller är belägen i en skogsdunge inom ett industriområde i anslutning till Högdalen avfallsanläggning. Hela masten är omgiven av skog, men inom 50 m så är det industrimark. Temperaturmätningen sker på 4 m höjd på en hög mast.



Stationsfakta	
Startår	1988
Slutdatum	pågår
Koordinater (Sweref 99)	E 674527 N 6573109
Höjd över havet	47 m
Typ av mätning	Meteorologisk mast i urban bakgrund
Meteorologiska parametrar	Temperatur, relativ fuktighet, temperaturgradient, vindhastighet och vindriktning på tre höjder, globalstrålning.



*Högdalen*

### **Observatorielunden**

Observatorielunden är SMHI's mätstation i centrala Stockholm. Observatorielunden ligger ca 35 m över Sveavägen nedanför och mätstationen är belägen högst upp i Observatorielunden. Mätplatsen är belägen på en öppen gräsyta som är omgiven av träd. Under förmiddagen ligger mätplatsen i skugga av träden, men dagtid under sommaren är den öppna platsen solbelyst. Mätningarna görs 1,5 m över marken



<b>Stationsfakta</b>	
Startår	1756
Slutdatum	pågår
Koordinater (Sweref 99 TM)	E 673731 N 6582088
Höjd över havet	45 m
Typ av mätning	SMHI's station i en park
Meteorologiska parametrar	Temperatur, relativ fuktighet, nederbörd mm

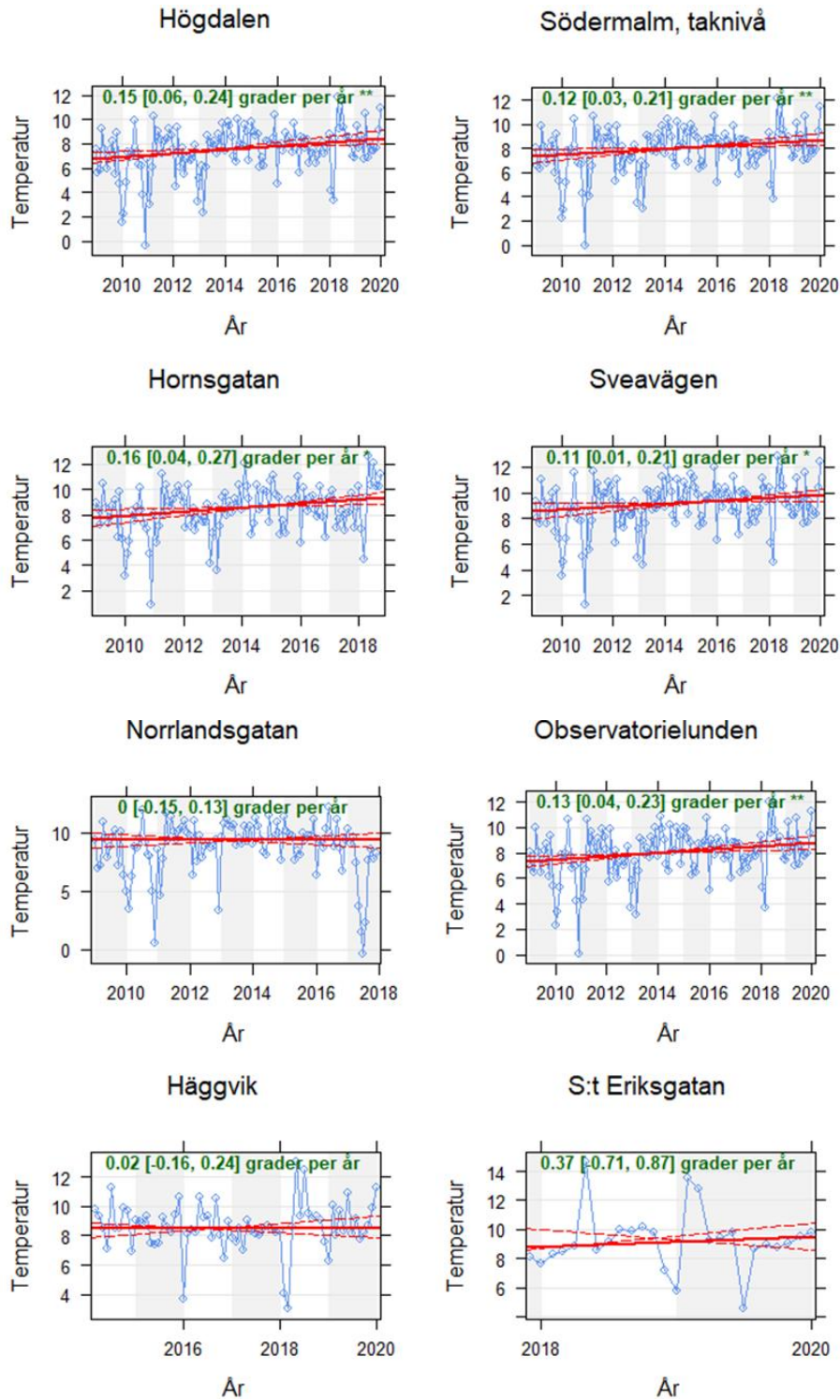


*Observatorielunden*

## Bilaga 2

### Trender i temperatur

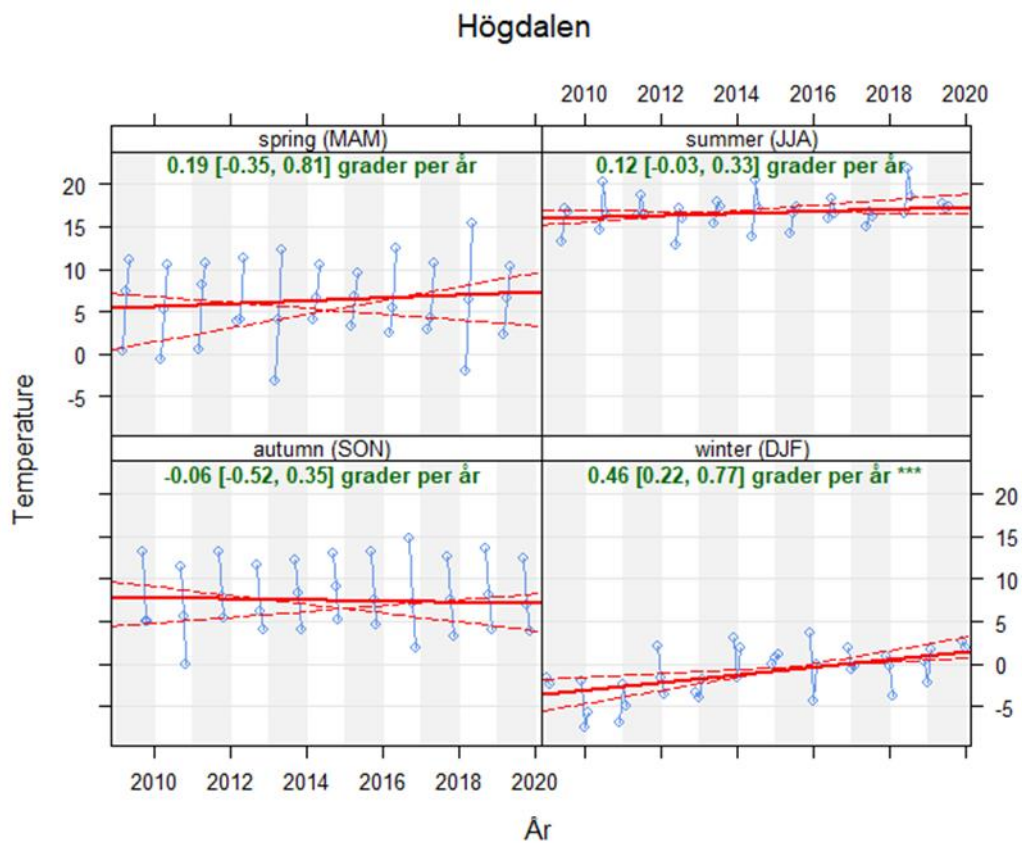
Figur 27 visar trender i temperatur. Tidserierna har korrigerats för säsongvariation i R-modulen OpenAir.



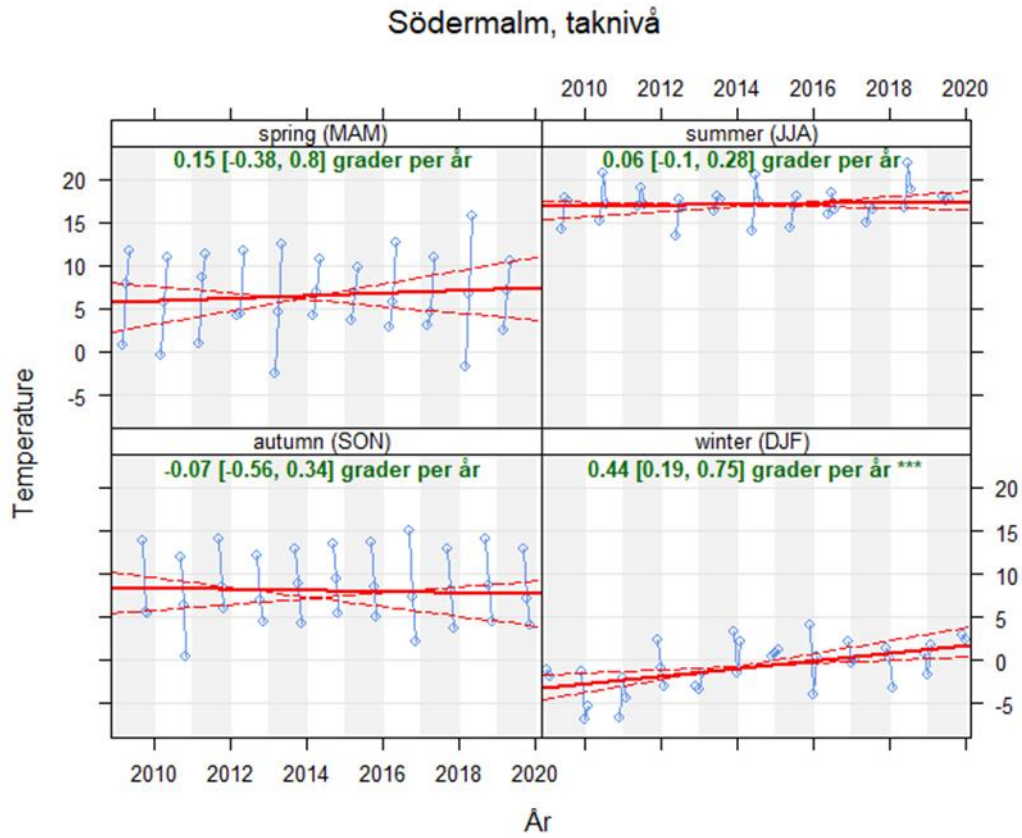
**Figur 27.** Trender i månadsmedeltemperatur för de olika mätstationerna, korrigerade för säsongvariation.

### Trender i temperatur uppdelade per säsong

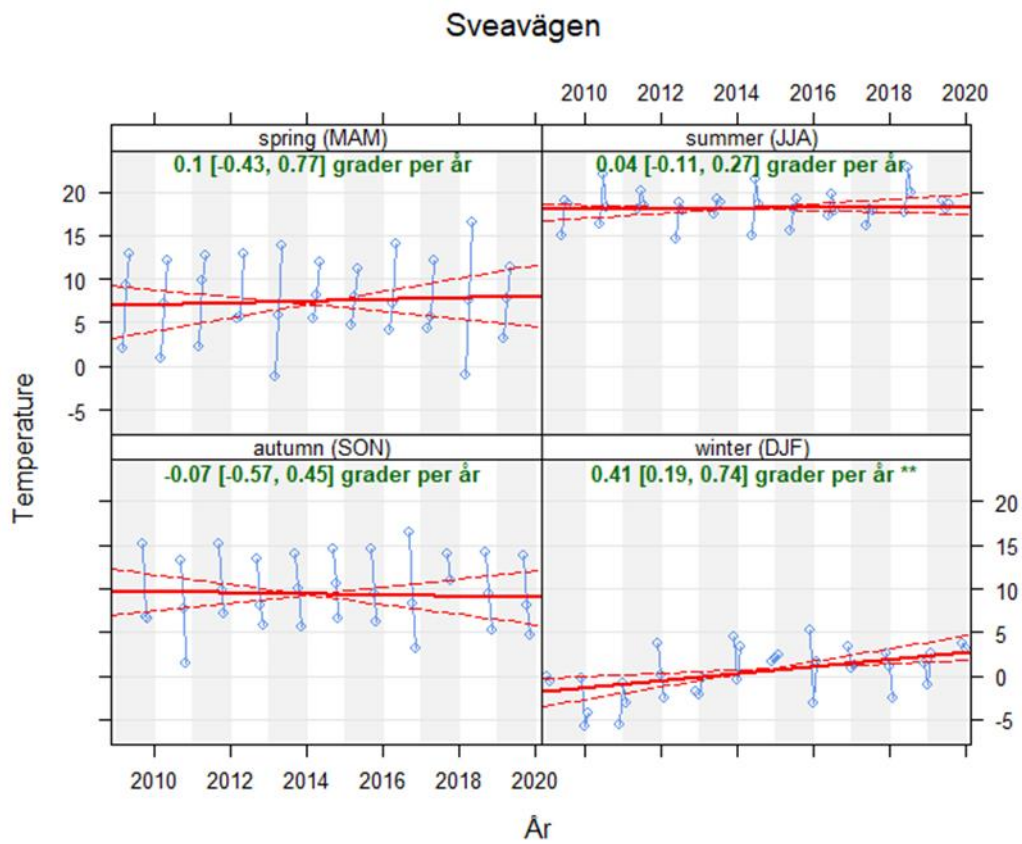
Figur 28-Figur 34 visar tidsserier för de olika mätstationerna uppdelat på säsong. Figurerna har skapats i R-modulen OpenAir.



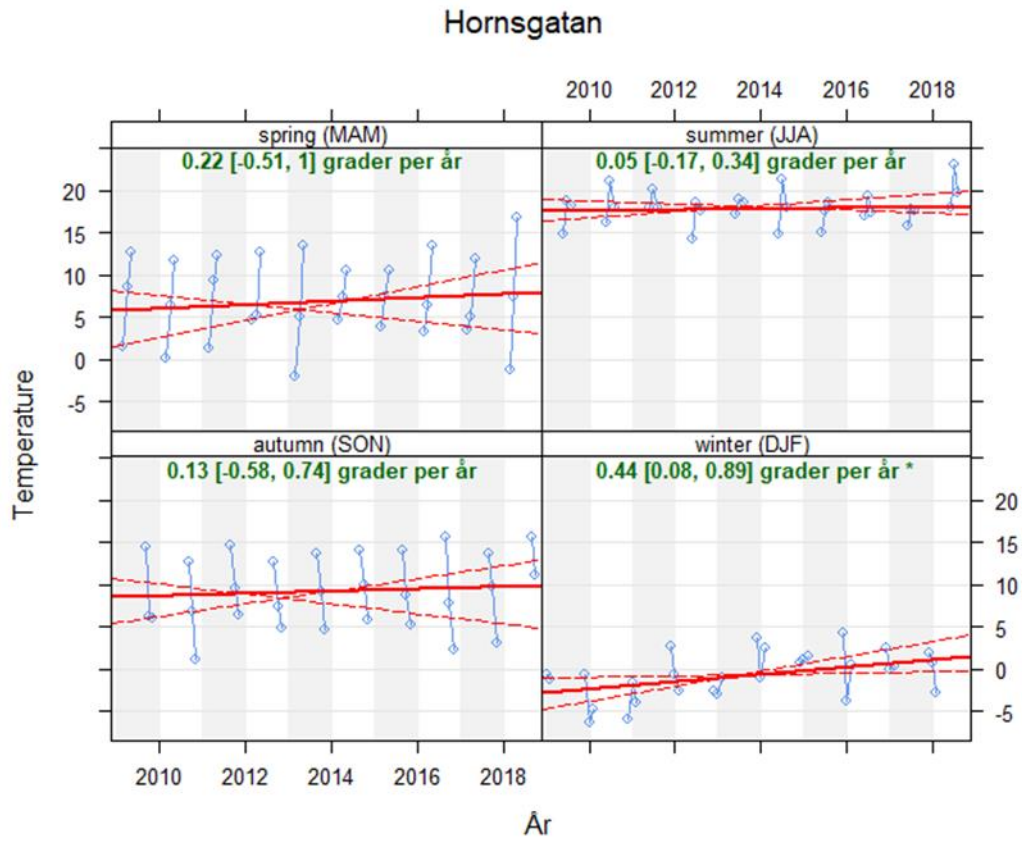
**Figur 28.** Tidsserie för Högdalen uppdelat på säsong.



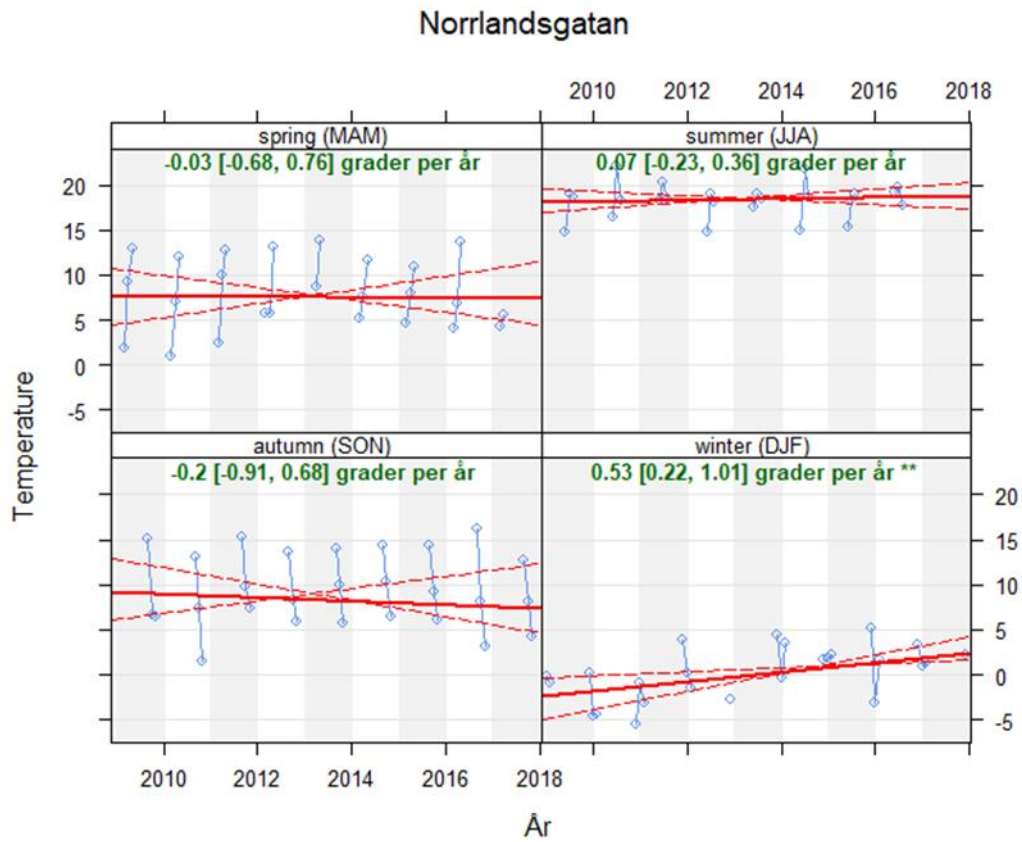
Figur 29. Tidsserie för Södermalm taknivå uppdelat på säsong



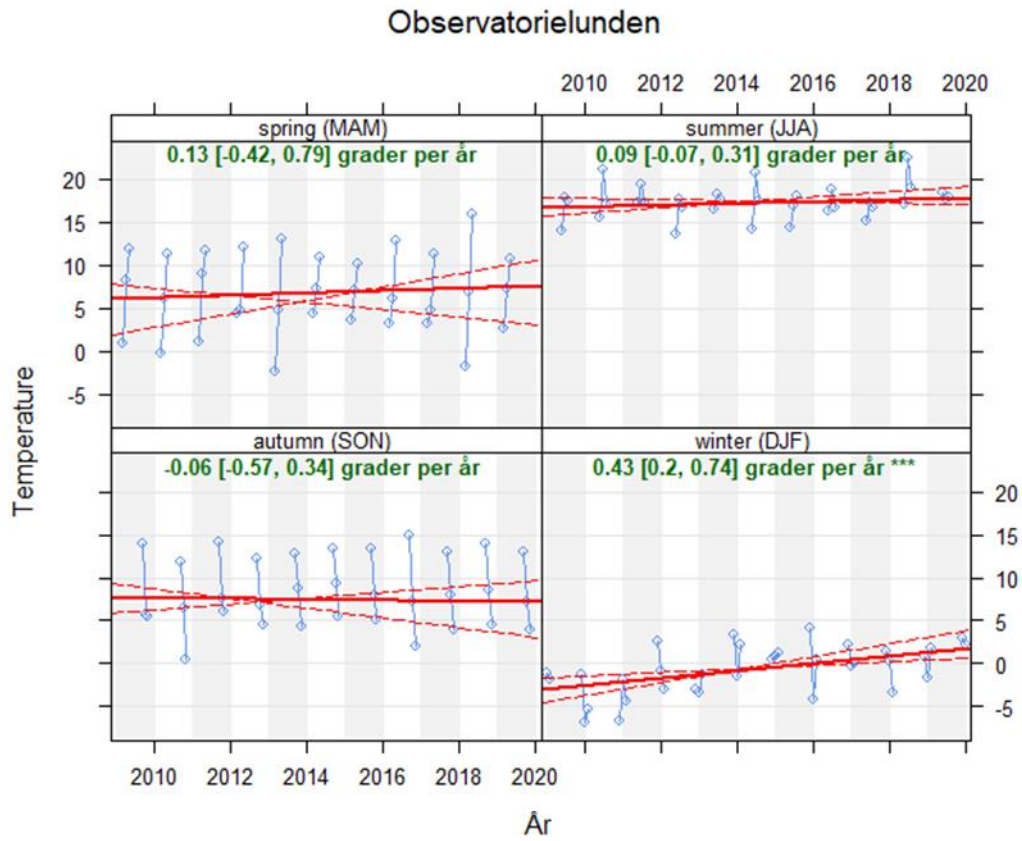
Figur 30. Tidsserie för Sveavägen uppdelat på säsong.



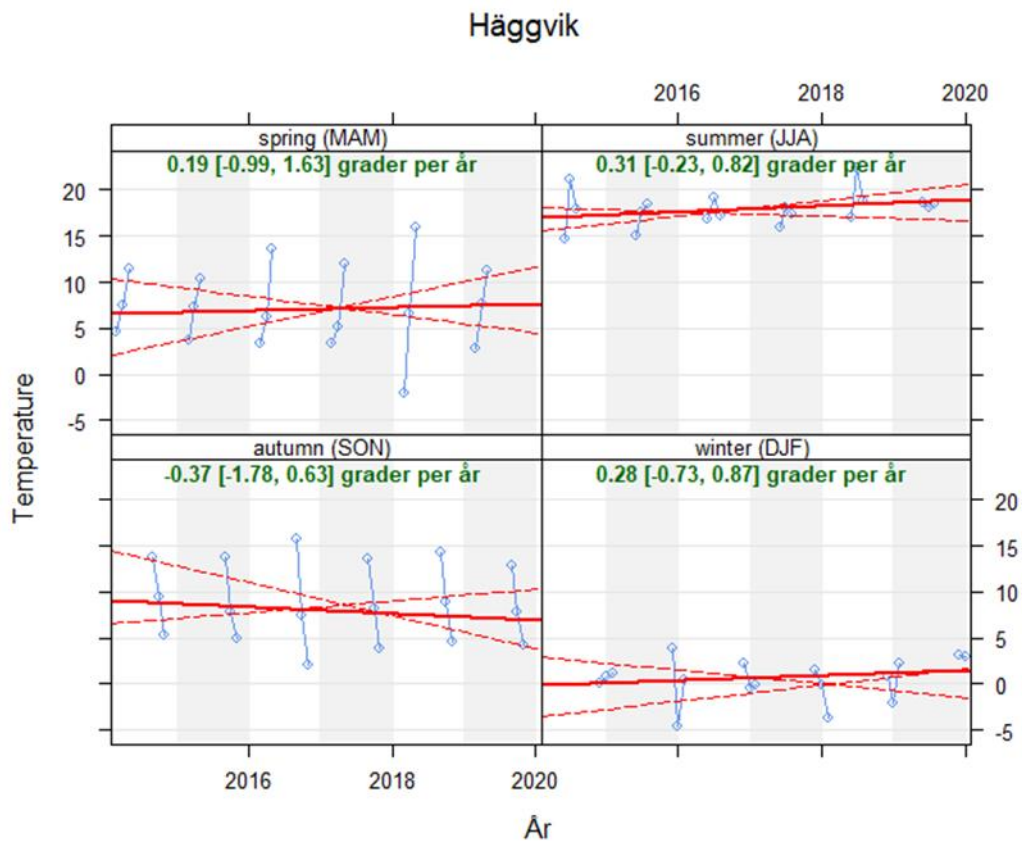
Figur 31. Tidsserie för Hornsgatan uppdelat på säsong.



Figur 32. Tidsserie för Norrlandsgatan uppdelat på säsong.



Figur 33. Tidsserie för Observatorielunden uppdelat på säsong.

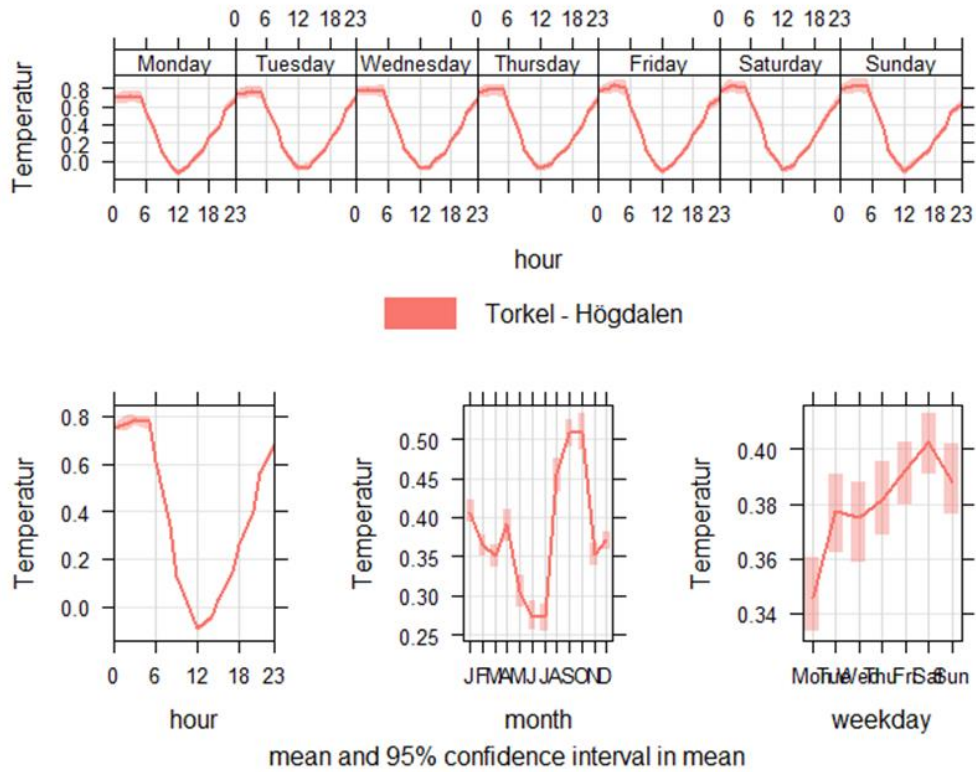


Figur 34. Tidsserie för Häggvik uppdelat på säsong.

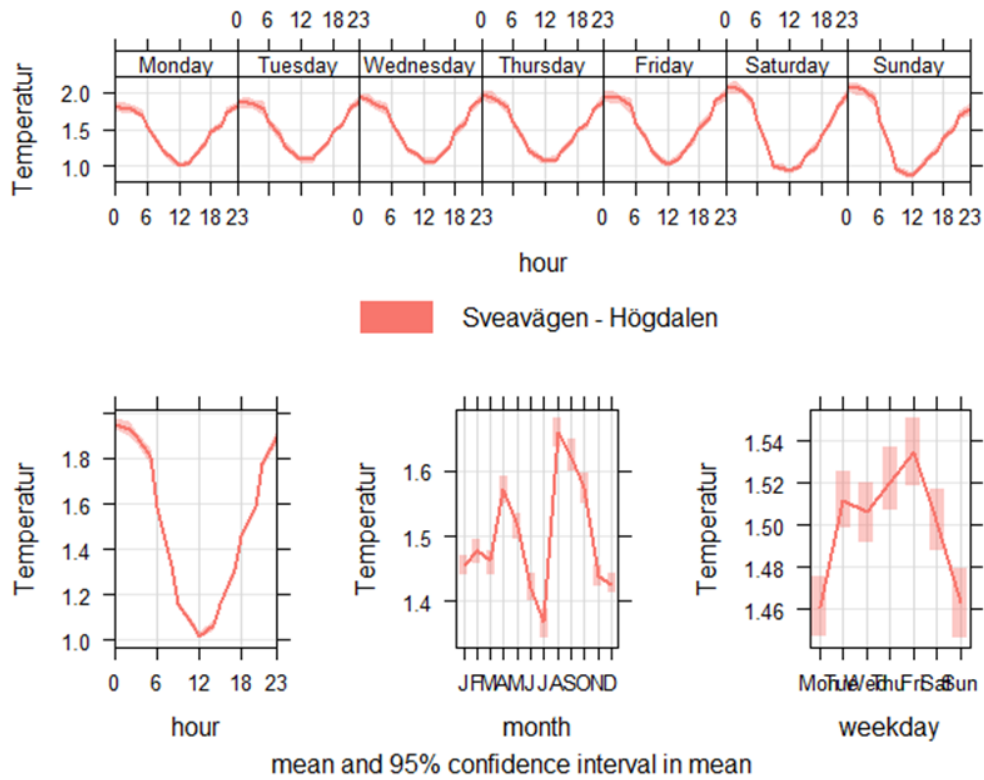


## Bilaga 3, Temperaturskillnader

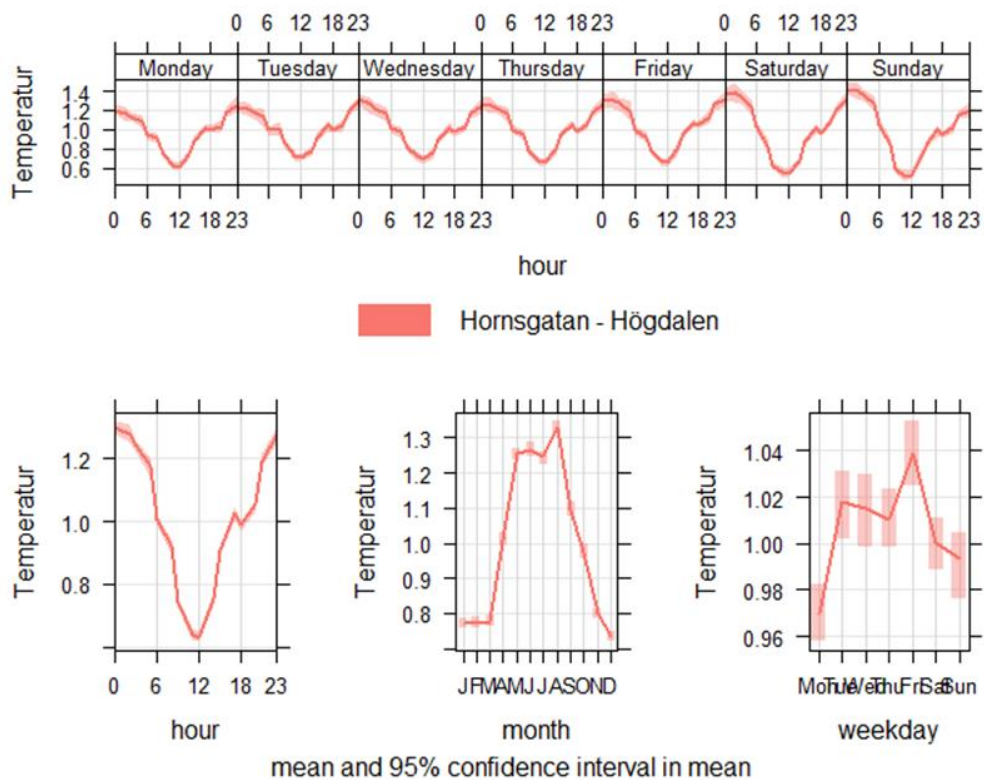
Figur 35-Figur 41 visar temperaturskillnad mellan de olika stationer och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag. Figurerna har skapats i R-modulen OpenAir.



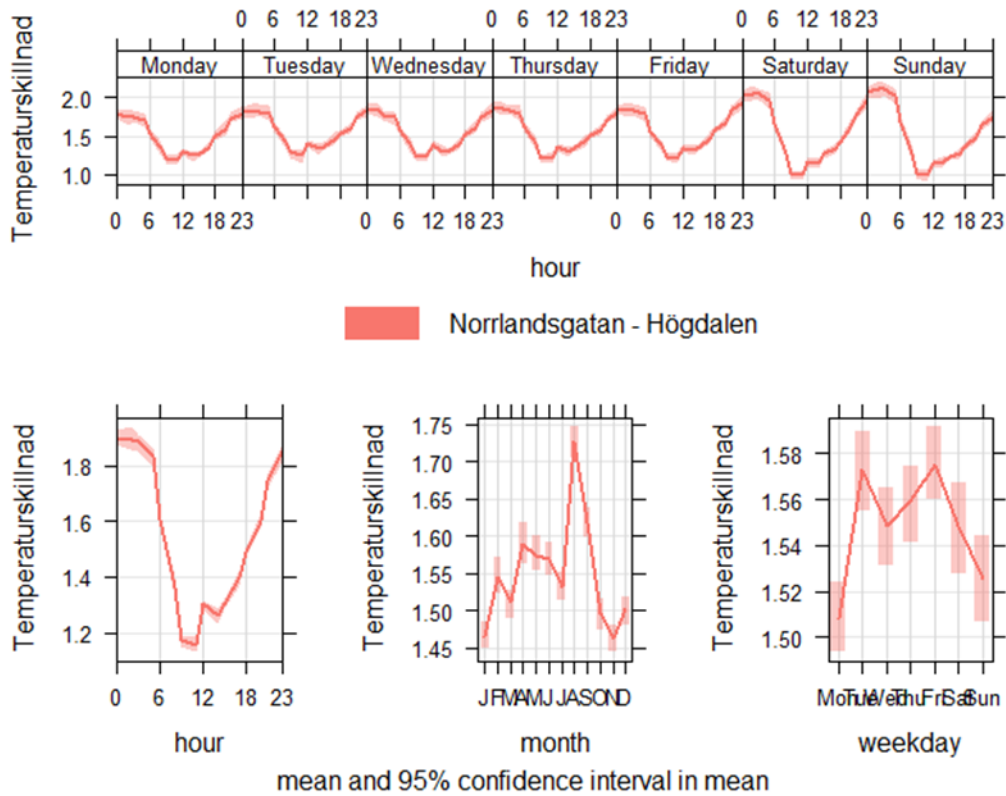
**Figur 35.** Temperaturskillnad mellan Södermalm taknivå (Torkel) och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag.



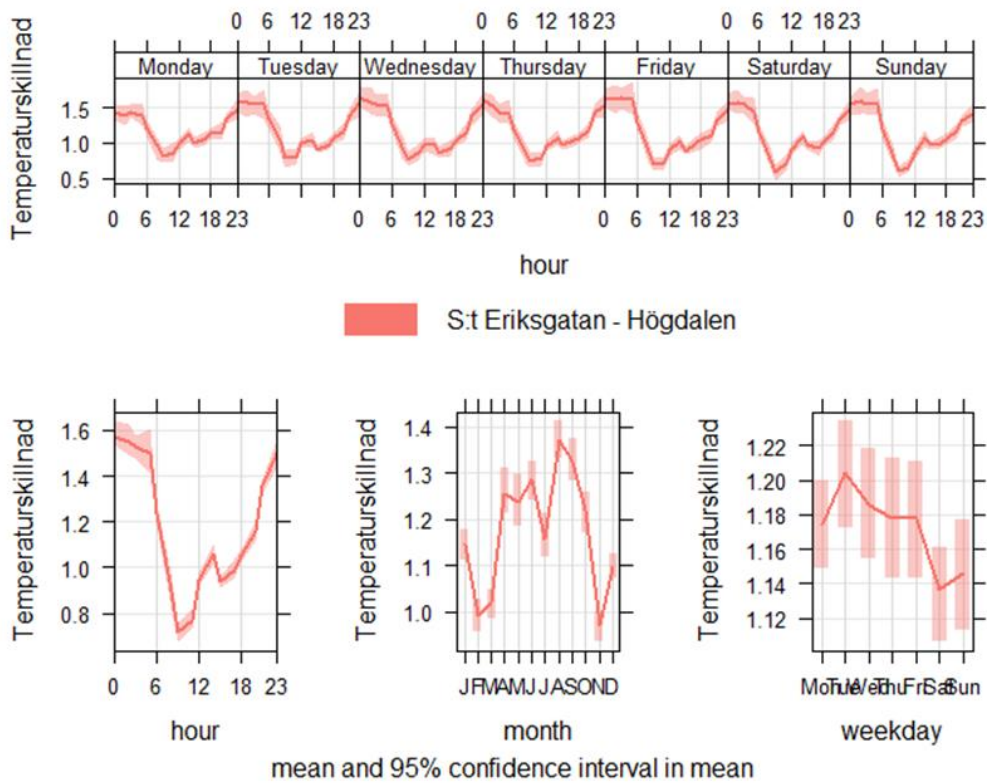
**Figur 36.** Temperaturskillnad mellan Sveavägen och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag.



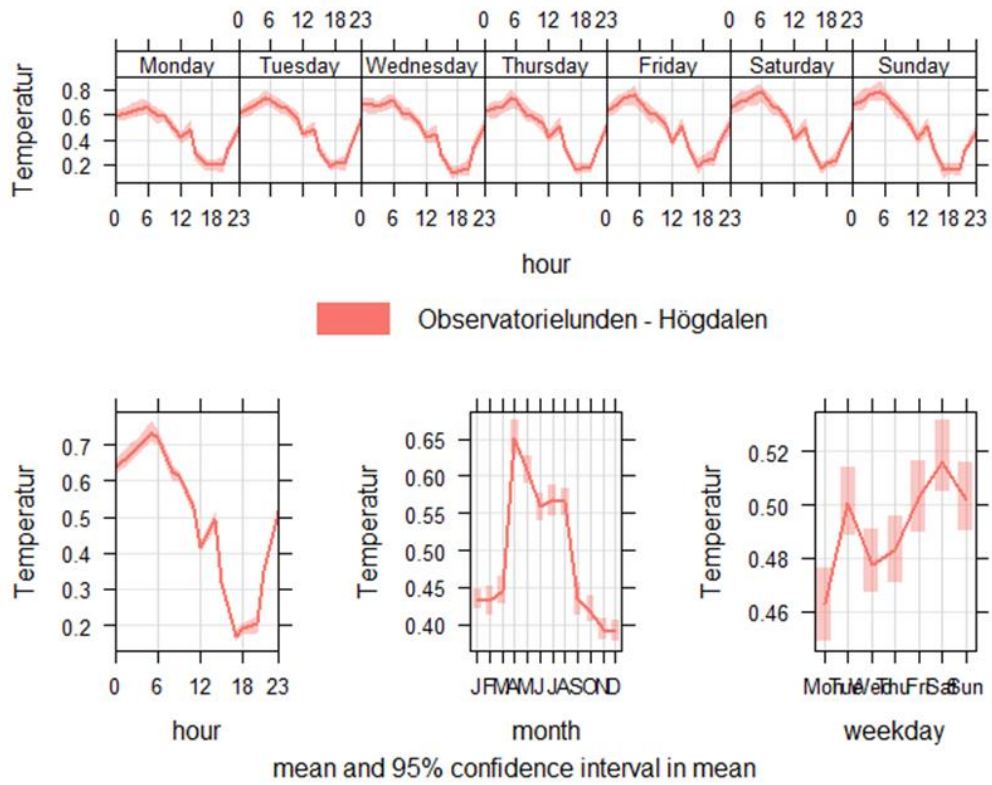
**Figur 37.** Temperaturskillnad mellan Hornsgatan och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag.



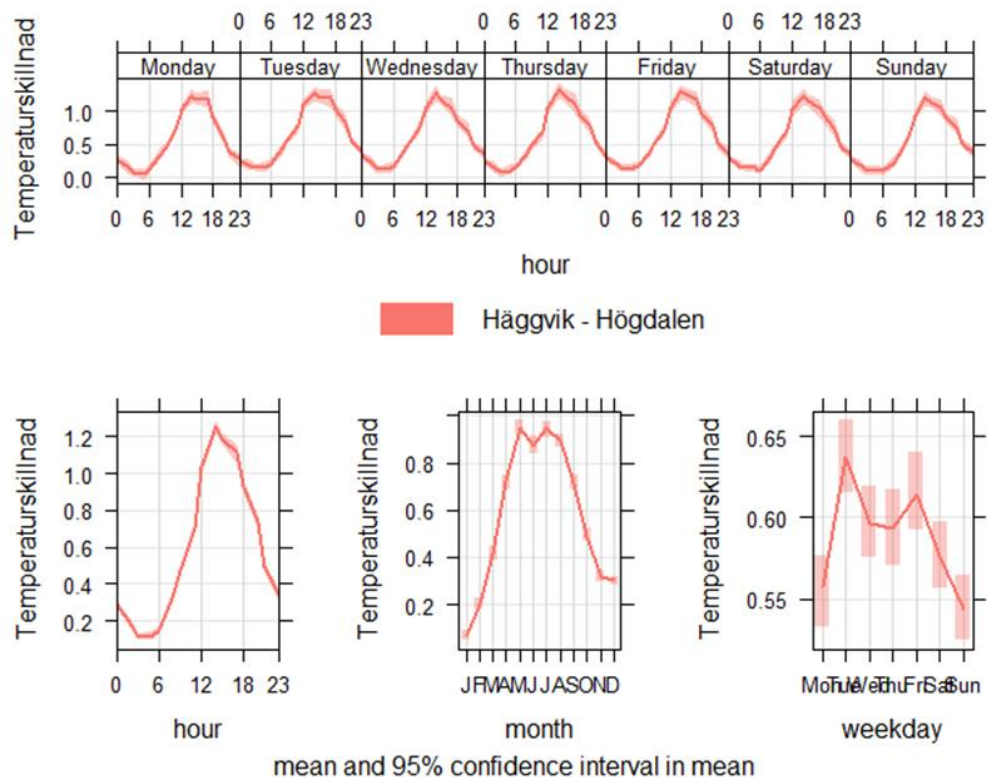
**Figur 38.** Temperaturskillnad mellan Norrlandsgatan och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag.



**Figur 39.** Temperaturskillnad mellan St Eriksgatan och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag.



**Figur 40.** Temperaturskillnad mellan Observatorielunden och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag.



**Figur 41.** Temperaturskillnad mellan Häggvik och Högdalen uppdelat på dygn, timme, månad och veckodag.

