

Identifiering av potentiella riskområden för höga halter av benso(a)pyren

Nationell kartering av emissioner och halter av B(a)P från vedeldning i småhusområden

Stefan Andersson, Johan Arvelius, Marina Verbova, Gunnar Omstedt och Martin Torstensson



METEOROLOGI Nr 159, 2015

Identifiering av potentiella riskområden för höga halter av benso(a)pyren

Nationell kartering av emissioner och halter av B(a)P från vedeldning i småhusområden

Stefan Andersson, Johan Arvelius, Marina Verbova, Gunnar Omstedt och Martin Torstensson

Report Summary / Rapportsammanfattning

Issuing Agency/Utgivare		Report number/Publikation	
Swedish Meteorological and Hydrological Institute		SMHI Meteorologi nr 159	
S-601 76 NORRKÖPING		Report date/Utgivningsdatum	
Sweden		December 2015	
Author (s)/Författare			
Stefan Andersson, Johan Arvelius, Marina Verbova, Gunnar Omstedt och Martin Torstensson			
Title (and Subtitle/Titel)			
Identifiering av potentiella riskområden för höga halter av benso(a)pyren			
Nationell kartering av emissioner och halter av B(a)P från vedeldning i småhusområden			
Abstract/Sammandrag			
Den här studien är en kartläggning och screening av emissioner och halter av benso(a)pyren (B(a)P) i Sverige. Syftet är att identifiera potentiella riskområden för överskridande av miljökvalitetsnormen (MKN). Ett övervägande bidrag till haltnivåerna till B(a)P är emissioner från den småskaliga vedeldningen, varför studien går ut på att beräkna och fördela emissionerna från uppvärmning av småhus. Metodiken består översiktligt av tre delar; beräkning av kommunvisa emissioner av B(a)P i Sverige, fördelning av dessa årsemissioner inom kommunerna på ett raster om 1 km × 1 km samt beräkning av årsmedelhalter utifrån detta emissionsraster. För att beräkna kommunvisa årsemissioner av B(a)P utnyttjas statistik från MSB över antalet eldstäder, modellerade värden på småhusens energibehov från ENLOSS, antaganden om eldvanor och emissionsfaktorer per typ av eldstad. De kommunvisa emissionerna fördelas sedan inom kommunen i ett grid om 1 km × 1 km utgående från antal kvadratmeter boyta småhus per km2 från fastighetsregistret. För pannor används dessutom tätortsvis statistik från Energimarknadsinspektionen över antal anslutna småhus till fjärrvärmenät, som vi enligt egen fördelning applicerar tätortsvis. Slutligen beräknas årsmedelhalter av B(a)P utifrån emissionsrastret på 1 km × 1 km utgående från linjära samband mellan emissioner och halter från tidigare genomförda lokalskaliga spridningsberäkningar med SIMAIR-ved i Västerbottenprojektet. Huvudslutsatserna från studien är följande: • De högsta årsemissionerna av B(a)P från vedpannor, som står för i särklass högst emission per enhet och därmed har störst påverkan på den lokala luftkvaliteten, beräknas för Skellefteå (18 200 g år⁻¹) följt av Örnsköldsvik (13 600 g år⁻¹), Gotland (13 500 g år⁻¹), Sundsvall (12 900 g år⁻¹) och Hudiksvall (12 300 g år⁻¹). • Utifrån ett linjärt antagande mellan emissioner och halter fås kommunvisa årsmedelhalter av B(a)P 2012 på 0.03 – 1.03 ng m⁻³ för haltmättet kartans högsta värde (KHV). Motsvarande värden för kartans ytmedelvärde (KYM) är 0.01 – 0.25 ng m⁻³. • Beräkningarna indikerar att det föreligger risk för överskridande av MKN (>1.0 ng m–3) i vissa enskilda gridrutor i tätorterna Sollefteå och Laholm (avseende årsmedelhalt av B(a)P uttryckt som KHV). Höga årsmedelhalter (>0.8 ng m–3) fås även för Kramfors, Säffle, Arvidsjaur, Boden, Skellefteå och Trollhättan. Detta är kommuner med en stor andel vedpannor i förhållande till lokaleldstäder. • Merparten (273 av 290) av kommunerna i Sverige har haltnivåer (KHV) högre än miljökvalitetsmålet Frisk luft (>0.1 ng m–3). Här är påverkan även betydande för utsläpp från trivseldning med lokaleldstäder. • Studien ska ses som en översiktlig kartläggning och screening av emissioner och halter av B(a)P från småskaliga vedeldningen. Beräkningarna kan anses representera ett "worst case". • Den i särklass största osäkerheten vad gäller indata är statistiken från MSB över antalet eldstäder per kommun, samt hur eldstäderna fördelas mellan olika kommuner i gemensamma räddningstjänstområden. Detaljeringsgraden av underlaget samt klassificeringen av eldstäderna kan variera betydligt mellan olika kommuner/räddningstjänstförbund. För kommuner som enligt beräkningarna har haltnivåer som överskrider eller är nära att överskrida MKN rekommenderas, i ett första steg, att en noggrannare granskning/inventering görs av indata som används i beräkningarna, i synnerhet antalet eldstäder.			
Key words/sök-, nyckelord			
Luftkvalitet, beoso(a)pyren, småskalig vedeldning, emissioner, halter, MKN, miljökvalitetsmål Frisk Luft			
Supplementary notes/Tillägg		Number of pages/Antal sidor	Language/Språk
		45	Svenska
ISSN and title/ISSN och titel			
0283-7730 SMHI Meteorologi			
Report available from/Rapporten kan köpas från:			
SMHI			
S-601 76 NORRKÖPING			
Sweden			

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	1
2	BAKGRUND	3
3	SYFTE	3
4	METODIK	4
4.1	Beräkning av emissioner av B(a)P	4
4.1.1	Bearbetning av eldstadsinformation per kommun	4
4.1.2	Modellering av småhusens energibehov	6
4.1.3	Antaganden om eldvanor och fördelning mellan olika bränslen	7
4.1.4	Emissionsfaktorer, verkningsgrad och beräkning av eldstädernas emissioner	8
4.1.5	Bearbetning av statistik om antal småhus anslutna till fjärrvärmenät	9
4.1.6	Fördelningsnyckel inom kommuner	11
4.2	Beräkning av halter av B(a)P	12
5	RESULTAT	14
5.1	Emissioner av B(a)P	14
5.1.1	Kommunvisa emissioner av B(a)P	14
5.1.2	Nationellt emissionsraster 1 km × 1 km av B(a)P	17
5.2	Halter av B(a)P	21
6	DISKUSSION	25
6.1	Osäkerheter	26
7	SLUTSATSER	28
8	REFERENSER	29
9	BILAGOR	31
9.1	Bilaga 1: Kommunvisa emissioner av B(a)P	32
9.2	Bilaga 2: Kommunvisa halter av B(a)P	36
9.3	Bilaga 3: Beskrivning av modellen ENLOSS för beräkning av småhusens energibehov	42

1 Sammanfattning

Den här studien är en kartläggning och screening av emissioner och halter av benso(a)pyren (B(a)P) i Sverige. Syftet är att identifiera potentiella riskområden för överskridande av miljökvalitetsnormen (MKN). Ett övervägande bidrag till haltnivåerna till B(a)P är emissioner från den småskaliga vedeldningen, varför studien går ut på att beräkna och fördela emissionerna från uppvärmning av småhus.

Metodiken består översiktligt av tre delar; beräkning av kommunvisa emissioner av B(a)P i Sverige, fördelning av dessa årsemissioner inom kommunerna på ett raster om 1 km × 1 km samt beräkning av årsmedelhalter utifrån detta emissionsraster.

För att beräkna kommunvisa årsemissioner av B(a)P utnyttjas:

- Statistik från MSB över antalet eldstäder (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) i de olika kommunerna/räddningstjänstförbunden. Ett medianvärde över åren 2008-2012 används eftersom datamaterialet innehåller större osäkerheter för enskilda år.
- Småhusens energibehov beräknas med modellen ENLOSS (Taeser och Andersson, 1984; Taeser et al., 2006) för två fall; år 2012 samt ett normalår (dvs. energibehovet för ett genomsnittligt meteorologiskt år för referensåren 1960-1990).
- Antaganden om eldvanor och andel bränsle görs utifrån erfarenheter från Västerbottenprojektet (Omstedt et al., 2014) samt kännedom om antal anslutna småhus till fjärrvärmenät per kommun.
- Emissionsfaktorer per typ av eldstad samt verkningsgrad används utifrån en sammanställning över dagens kunskapsläge (överensstämmande med Västerbottenprojektet).

De kommunvisa emissionerna fördelas sedan inom kommunen i ett grid om 1 km × 1 km utgående från antal kvadratmeter boyta småhus per km² från fastighetsregistret. För pannor används dessutom tätortsvis statistik från Energimarknadsinspektionen över antal anslutna småhus till fjärrvärmenät, som vi enligt egen fördelning applicerar tätortsvis.

Slutligen beräknas årsmedelhalter av B(a)P utifrån emissionsrastret på 1 km × 1 km utgående från linjära samband mellan emissioner och halter från tidigare genomförda lokalskaliga spridningsberäkningar med SIMAIR-ved i Västerbottenprojektet. Olika faktorer används för områden som domineras av vedpannor respektive lokaleldstäder, eftersom emissionerna är större och mer koncentrerade från vedpannor. De haltmått som tas fram är kartans högsta värde (KHV) samt kartans ytmedelvärde (KYM), vilket sedan sammanställs kommunvis för maximala gridrutan i varje kommun i syfte att identifiera potentiella riskområden för överskridande av MKN.

Huvudslutsatserna från studien är följande:

Årsemissioner av B(a)P

- Beräkningarna i studien ger nationella totalemissioner av B(a)P från småskalig uppvärmning (år 2012) på 880 kg år⁻¹ för vedpannor, 630 kg år⁻¹ för lokaleldstäder, 3.6 kg år⁻¹ för pelletspannor och 4.3 kg år⁻¹ för oljepannor.
- Beräkningarna av kommunvisa totala årsemissioner av B(a)P från småhusens småskaliga uppvärmning (summan av vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) ger nivåer på mellan 300 – 25 000 g år⁻¹. Störst totalemission (mellan 20 000 och 25 000 g år⁻¹) beräknas för Skellefteå, Stockholm, Sundsvall, Norrtälje och Gotland.

- De högsta årsemissionerna av B(a)P från vedpannor, som står för i särklass högst emission per enhet och därmed har störst påverkan på den lokala luftkvaliteten, beräknas för Skellefteå (18 200 g år⁻¹) följt av Örnsköldsvik (13 600 g år⁻¹), Gotland (13 500 g år⁻¹), Sundsvall (12 900 g år⁻¹) och Hudiksvall (12 300 g år⁻¹).

Årsmedelhalter av B(a)P

- Utifrån ett linjärt antagande mellan emissioner och halter fås kommunvisa årsmedelhalter av B(a)P 2012 på 0.03 – 1.03 ng m⁻³ för haltmåttet kartans högsta värde (KHV). Motsvarande värden för kartans ytmedelvärde (KYM) är 0.01 – 0.25 ng m⁻³.
- Beräkningarna indikerar att det föreligger risk för överskridande av MKN (>1.0 ng m⁻³) i vissa enskilda gridrutor i tätorterna Sollefteå och Laholm (avseende årsmedelhalt av B(a)P uttryckt som KHV). Höga årsmedelhalter (>0.8 ng m⁻³) fås även för Kramfors, Säffle, Arvidsjaur, Boden, Skellefteå och Trollhättan. Detta är kommuner med en stor andel vedpannor i förhållande till lokaleldstäder.
- Merparten (273 av 290) av kommunerna i Sverige har haltnivåer (KHV) högre än miljökvalitetsmålet Frisk luft (>0.1 ng m⁻³). Här är påverkan även betydande för utsläpp från trivseldning med lokaleldstäder.
- Skillnaden är liten mellan år 2012 och normalåret avseende referensåren 1960-1990; halterna (och emissionerna) är generellt 4 % högre för normalåret, men värdet varierar mellan olika län eftersom energibehovet är beräknat länsvis (från 1 % lägre halter/emissioner i Kronobergs län till 7 % högre halter/emissioner i Örebro län för normalåret).

Resultatens osäkerhet och användning

- Studien ska ses som en översiktlig kartläggning och screening av emissioner och halter av B(a)P från småskaliga vedeldningen. Beräkningarna kan anses representera ett "worst case".
- Det finns många osäkerheter och felkällor att beakta. Exempel på indata som påverkar beräkningarna är antalet eldstäder per kommun, antalet småhus anslutna till fjärrvärme, antaganden om eldvanor och emissionsfaktorer.
- Den i särklass största osäkerheten vad gäller indata är statistiken från MSB över antalet eldstäder per kommun, samt hur eldstäderna fördelas mellan olika kommuner i gemensamma räddningstjänstområden. Detaljeringsgraden av underlaget samt klassificeringen av eldstäderna kan variera betydligt mellan olika kommuner/räddningstjänstförbund.
- En annan osäkerhet vad gäller indata är statistik från Energimarknadsinspektionen över antalet anslutna småhus till fjärrvärmenät, men de indata bedöms emellertid vara mindre osäkra än antalet eldstäder, åtminstone på kommunnivå. Osäkerheten ligger främst i den geografiska spridningen av de anslutna fastigheterna.
- Metodiken vad gäller att beräkna lokala halter från emissionsraster på 1 km × 1 km med antagande om linjära samband är också givetvis osäker. Många lokala parametrar som påverkar spridningen fångas inte i beräkningarna. Dock verkar metodiken ändå reproducera gradienter bra och fungerar tillfredställande till översiktliga kartläggningar såsom denna studie.
- För kommuner som enligt beräkningarna har haltnivåer som överskrider eller är nära att överskrida MKN rekommenderas, i ett första steg, att en noggrannare granskning/inventering görs av indata som används i beräkningarna, i synnerhet antalet eldstäder.

2 Bakgrund

Den småskaliga vedeldningens påverkan på luftkvaliteten i Sverige är relativt dåligt känd. Orsakerna är flera, bland annat beroende på svårigheter att välja representativa mätplatser och svårigheter att få fram relevanta indata till spridningsmodeller (eldningsutrustning, emissionsfaktorer, bränsleförbrukning mm). Påverkan är främst lokal knuten till bostadsområden som använder biobränslen för uppvärmning i pannor och lokaleldstäder. Få mätningar har gjorts i sådana områden.

Inom Biobränsle-Hälsa-Miljö-projektet (BHM, 2003) gjordes i början på 2000-talet mätningar i Lycksele och Växjö. Mätdata finns också rapporterade till Naturvårdsverkets datavärdskap för luftkvalitet (IVL, 2015), men endast ett fåtal härrör från bostadsområden med vedeldning (se, t.ex. Omstedt et al., 2008; SLB-analys, 2010). På senare år har ett projekt på uppdrag av Naturvårdsverket med mätningar och modellering av luftkvaliteten i småhusområden i Västerbotten (Omstedt et al., 2014) visat att haltnivåerna väl understiger miljökvalitetsnormerna (MKN), men trots det finns hälsorisker; den uppskattade dödligheten beräknades till 4 personer per år och 100 000 invånare.

En förorening med betydande bidrag från småskalig vedeldning är benso(a)pyren (B(a)P). B(a)P är en polycyklisk aromatisk kolväteförning (PAH) som är cancerframkallande och kan bland annat orsaka lungcancer, urinblåsecancer och hudcancer. Den småskaliga vedeldningen uppskattas svara för ca 65% av Sveriges totalemissioner av B(a)P år 2013 (SMED och Naturvårdsverket, 2015). Ur ett befolkningsexponeringsperspektiv är den småskalig vedeldning troligen ännu mer dominerande i och med att utsläppen sker i områden där människor bor.

Miljökvalitetsnormen för B(a)P ingår i Luftkvalitetsförordning (2010:477). Normen är 1 ng m^{-3} för årsmedelvärde och utvärderingströsklarna är 0.6 och 0.4 ng m^{-3} för övre respektive nedre utvärderingströskel. I Sverige har även en precisering av miljökvalitetsmålet Frisk luft gjorts; miljökvalitetsmålet för B(a)P har satts till 0.1 ng m^{-3} som årsmedelhalt (Regeringen, 2012).

Utgående från de fåtal studier som har gjorts är det svårt att bedöma hur väl miljökvalitetsnormen för benso(a)pyren i bostadsområden med småskalig vedeldning generellt uppfylls i Sverige. I dessa studier används relativt detaljerad information om eldningsutrustning som tagits fram med hjälp av sotarna för att beräkna halter av B(a)P. Sådana data finns inte generellt att tillgå i landet.

Denna studie är den första av sitt slag och syftar till att bedöma haltnivåerna av B(a)P utifrån beräknade emissioner, utan direkt användning av lokalskalig spridningsmodellering. Istället utnyttjas erfarenheter avseende samband mellan emissioner från småskalig vedeldning och halter av B(a)P från tidigare genomförda projekt för att bedöma om det föreligger risk för överskridande av MKN i bostadsområden i Sverige. Emissioner beräknas enligt bottom-up-principen i ett grid med en rumslig upplösning om $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ utifrån kommunvisa data över pannor och lokaleldstäder från MSB, antal anslutna småhus till fjärrvärmenät på tätortsnivå, modellerat energibehov, antaganden om eldvanor och bränslefördelning samt vedertagna emissionsfaktorer. Mer om metodiken återfinns i Avsnitt 4. I Avsnitt 5 presenteras resultaten i form av emissioner och halter i Sverige och i Avsnitt 6 diskuteras resultaten och osäkerhet kopplat till metodiken. Slutsatser presenteras i Avsnitt 7.

Målsättningen är att metodiken även ska leda till förbättringar inom projektet SMED geografisk fördelning av emissioner till luft (SMED, 2015), som utförs på uppdrag av Naturvårdsverket. Dessa data används inom internationell rapportering, regional miljömåls- och klimatuppföljning samt för spridningsberäkningar bland annat med det nationella luftkvalitetsmodellsystemet SIMAIR (Omstedt et al., 2011; Gidhagen et al., 2009).

3 Syfte

Projektet syftar till att kartlägga potentiella riskområden för överskridanden av MKN för B(a)P-halter från vedeldning i småhusområden i Sverige. Metodiken kommer även att möjliggöra förbättringar i förfördelningen av emissioner från småskalig vedeldning inom SMEDs geografiska fördelning (nationella emissionsdatabasen för luftutsläpp i Sverige).

4 Metodik

Metodiken i detta projekt går ut på att med hjälp av beräknade emissioner uppskatta halterna av B(a)P genom att utnyttja erfarenheter och samband mellan emissioner och halter från tidigare detaljerade lokalskaliga spridningsmodelleringsstudier i vedeldade bostadsområden i Västerbotten (Omstedt et al., 2014). I Avsnitt 4.1 beskrivs hur emissionerna av B(a)P har beräknats och vilka data som har utnyttjats och i Avsnitt 4.2 redovisas vilka antaganden som har gjort när halter har beräknats utifrån emissionsrastret.

4.1 Beräkning av emissioner av B(a)P

Beräkning av emissioner av B(a)P görs i ett grid över Sverige med en upplösning om 1 km × 1 km.

Metodiken är bottom-up, det vill säga utgår från de aktivitetsdata som finns på kommunnivå och beräknar kommunvisa emissioner. Vid dessa beräkningar utnyttjas:

- Eldstadsinformation per räddningstjänstområde från MSB, omräknat till kommunnivå
- Modellerat energibehov för småhus på länsnivå
- Antaganden om eldvanor och fördelningen mellan olika bränslen
- Emissionsfaktorer för B(a)P

I nuvarande metodik inom SMEDs geografiska fördelning (SMED, 2015) beräknas inte kommunvisa emissioner, utan Sverige indelas i fyra temperaturzoner varpå emissionerna i dessa områden beräknas utifrån nationella energibalanser och SCBs undersökningar av energianvändning i småhus.

För att få en så bra uppfattning som möjligt av hur den geografiska fördelningen av vedeldning ser ut inom kommuner har vi inom denna studie försökt att ta hänsyn till några viktiga påverkansfaktorer. De kommunvisa emissionerna fördelas i ett raster på 1 km × 1 km utgående från:

- Boyta för småhus (1 km × 1 km) från fastighetsregistret
- Antal småhus anslutna till fjärrvärmenät från Energimarknadsinspektionen, där data bearbetas med vår egen metodik för omräkning till tätortsnivå

I SMEDs geografiska fördelning fördelas i nuläget emissionerna över boyta småhus och emissionerna skalas ner med en faktor 0.3 i tätorter med mer än 20 000 invånare, som anses ha utbyggt fjärrvärmenät. I den nya metodiken i denna studie beräknas denna faktor separat för varje tätort, utgående från antal anslutna småhus till fjärrvärmenät.

4.1.1 Bearbetning av eldstadsinformation per kommun

Varje år genomför Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) tillsammans med länsstyrelserna en uppföljning över kommunernas arbete enligt Lagen om skydd mot olyckor (LSO) i kommunen (MSB, 2015). Årsuppföljningen är ett av flera underlag som Länsstyrelsen använder sig av i sin tillsyn över kommunerna.

Statistik över antal eldstäder av olika typer finns tillgänglig från MSBs databas IDA (<http://ida.msb.se>). De typer av eldstäder som har utnyttjats inom detta projekt är:

- Vedpannor (summan av fastbränslepannor keramik samt fastbränslepannor konventionella)
- Lokaleldstäder (summan av lokaleldstäder och lokaleldstäder med pellets)
- Pelletspannor
- Oljepannor (under 60 kW, villapannor)

I databasen är antalet eldstäder uppdelade på landets räddningstjänstförbund. Vissa kommuner driver en egen räddningstjänst och är då upptagna under kommunnamnet, medan andra kommuner har gått in i ett räddningstjänstförbund med en eller flera grannkommuner. Dessa räddningstjänstförbund ändrar sammansättning över tid och flera sådana ändringar kan observeras varje år. Uppgifter om

räddningstjänstförbundens sammansättning varje år kommer från MSB. För att få en så jämförbar statistik som möjligt har vi valt att dela upp antalet eldstäder mellan kommunerna i räddningstjänstförbunden varje år.

För lokaleldstäder, som här antas inte används som huvudsaklig uppvärmning av huset, har vi viktat denna uppdelning med antal småhus i kommunen, hämtat från SCBs statistikdatabas (<http://www.statistikdatabasen.scb.se>) enligt

$$E_k = E_r \frac{S_k}{S_r} \quad (1)$$

där E_k är antalet lokaleldstäder i kommunen, E_r är antalet lokaleldstäder i räddningstjänstområdet, S_k är antalet småhus i kommunen och S_r är antalet småhus i räddningstjänstområdet.

För pannor (vedpannor, pelletspannor och oljepannor), som antas användas som huvudsaklig värmekälla, har vi istället valt att subtrahera antalet småhus anslutna till fjärrvärme från antalet småhus i vikterna. Antalet pannor av en viss typ blir då

$$E_k = E_r \frac{S_k - F_k}{S_r - F_r} \quad (2)$$

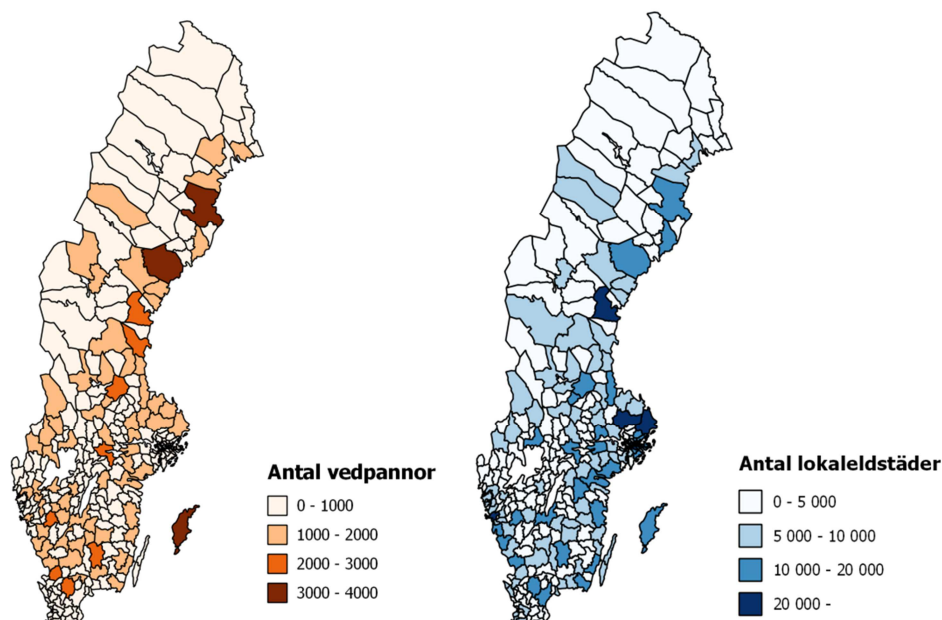
Där F_k är antalet anslutna småhus till fjärrvärme i kommunen och F_r är antalet anslutna småhus till fjärrvärme i räddningstjänstområdet.

På det sättet erhålls en bättre fördelning av antalet pannor mellan kommuner som har mer eller mindre utbyggd fjärrvärme. Mer om denna metodik i Avsnitt 4.1.5.

Uppdelningen av eldstäder mellan kommuner i ett räddningstjänstförbund ger en viss osäkerhet för antalet enheter inom en kommun, i synnerhet i tidsserien för kommuner som byter räddningstjänstförbund. Räddningstjänsternas statistik har dock större osäkerheter än detta fel; det finns gott om dataluckor där det saknas redovisning för vissa typer av eldstäder något eller flera år. Det finns också exempel på mycket stora skillnader i rapporteringen från år till år mellan tiotals och tusentals eldstäder av en viss typ. Det tyder på att det finns skillnader i insamlingsmetodik, inte bara mellan förbund, utan också över tid. I några fall beror detta på att klassificeringen varierar; när en typ av eldstad drastiskt ökar mellan två år inom ett område minskar en annan inom samma område. Det har vi tolkat som att det troligen är samma eldstäder som av någon anledning klassificerats annorlunda och klassificeringen inte alltid är tillförlitlig.

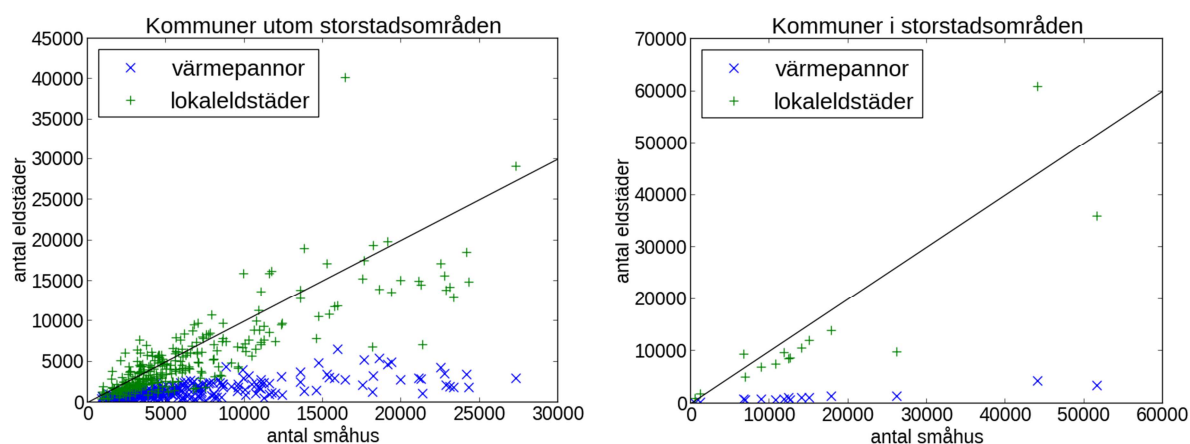
Den datakälla som har störst osäkerheter i den här studien bedöms vara statistiken över antalet eldstäder. Den osäkerheten gör det i praktiken omöjligt att föra någon statistik för varje år. Detta har lösts genom att göra beräkningarna som beskrivs ovan för de år där statistik finns över eldstäder och slutligen ta medianvärdet av de framräknade värdena. Medianvärdet har valts för att det i många fall är vissa år som har mycket kraftigt avvikande statistik som skulle påverka ett aritmetiskt medelvärde, men som förmodligen beror på en avvikande metodik i statistikinsamlingen något år. Trots att det bara är en datakälla som har så stora variationer att det föranleder att vi använder en median för samtliga år, måste beräkningarna ske årsvis och medianberäkningen efteråt eftersom räddningstjänstförbundens sammansättning ändras mellan åren.

I Figur 1 visualiseras i kartform kommunvis statistik över antalet vedpannor samt antalet lokaleldstäder som har tagits fram med ovan beskrivna metodik. Från sammanställningen framgår att antalet lokaleldstäder beror i hög utsträckning på antalet småhus i kommunen, vilket är att vänta eftersom de främst används för trivseldning. Antalet vedpannor däremot beror i högre grad på tillgången till fjärrvärme. Mest vedpannor enligt sammanställningen (> 2000 per kommun) beräknas finnas i Skellefteå, Örnsköldsvik, Gotland, Sundsvall, Hudiksvall, Falun, Örebro, Vårgårda, Alvesta, Laholm, Hässleholm och Växjö.



Figur 1. Antalet vedpannor per kommun (till vänster) och antalet lokaleldstäder per kommun (till höger) utgående från bearbetningen av eldstadsstatistiken från MSB (2015).

Figur 2 (vänster figur) visar antalet eldstäder enligt fördelningsmetodiken i studien för alla kommuner utom storstadsområdena (definieras i Avsnitt 4.1.5) uppdelat på pannor, som är summan av de typer som antas användas som huvudsaklig värmekälla för hushållet, och lokaleldstäder, som antas trivseldas. Figur 2 (höger figur) visar motsvarande förhållanden för storstadskommunerna. Statistiken för eldstäder skiljer inte ut vilken typ av byggnad eldstaden finns i; det är alltså summan av eldstäder i småhus, fritidshus och lägenheter. Det är därför inte orimligt att det finns fler lokaleldstäder än småhus, såsom observeras i figuren. För pannor finns en effektgräns på 60 kW vilket skiljer ut pannor i småhus från flerbostadshus. Som synes i figuren understiger antalet värmepannor antalet småhus i samtliga kommuner.



Figur 2. Antalet värmepannor (x) samt lokaleldstäder (+) i Sveriges kommuner i relation till antalet småhus i kommunen. Till vänster visas alla kommuner utom storstadskommuner och till höger visas storstadskommuner. Den heldragna linjen anger förhållandet 1:1.

4.1.2 Modellering av småhusens energibehov

En av faktorerna som avgör bränsleförbrukningen vid den småskaliga förbränningen är småhusens energibehov. Vädret har en stor inverkan på byggnaders uppvärmningsbehov. Med hjälp av modellen ENLOSS (Taeser och Andersson, 1984; Taeser et al., 2006) kan meteorologins samlade betydelse för energiåtgången i byggnader beräknas för olika delar av Sverige. Denna modell används bland annat för normalårskorrigering av Sveriges utsläpp av koldioxid från uppvärmning (SMED, 2012). Modellen beskrivs i mer detalj i Bilaga 3.

Småhusens energibehov har länsvis beräknats för meteorologiska förutsättningar för år 2012, eftersom haltberäkningarna görs för detta år (Avsnitt 4.2). Vidare beräknas energibehov även för ett normalår. Med normalår menas småhusens genomsnittliga energibehov för de meteorologiska referensåren 1960-1990. På så sätt kan en känslighetsanalys av emissionsberäkningarna senare göras.

Vid beräkningarna med ENLOSS beräknas energibehovet för det totala uppvärmningsbehovet av boytan för småhus länsvis. Vid beräkning av emissioner från eldstäder behöver dock energibehovet uttryckas per småhusenhet, varför en boyta på ett genomsnittshus (152 m²) har antagits i dessa beräkningar (SCB, 2015).

I Tabell 1 redovisas beräknade energibehov för ett genomsnittshus länsvis. Värden anges för år 2012 samt ett normalår. Av tabellen framgår att uppvärmningsbehovet, som väntat, är störst i nordligaste Sverige. 2012 var överlag ganska nära ett genomsnittligt år; energibehovet var något mindre än ett normalår överlag i Sverige, men skillnader kan observeras mellan olika län.

Tabell 1. *Energibehov för småhus länsvis beräknat med ENLOSS-modellen. Energibehovet redovisas dels för år 2012, dels för ett normalår (energibehov för ett genomsnittligt meteorologiskt år för referensperioden 1960-1990). Antagande har gjorts om ett genomsnittligt småhus med en boyta på 152 m².*

	Energibehov [kWh år ⁻¹] per genomsnittligt småhus	
	2012	Normalår
Stockholms län	12 808	13 259
Uppsala län	13 554	13 961
Södermanlands län	13 056	13 667
Östergötlands län	12 738	13 294
Jönköpings län	13 357	13 794
Kronobergs län	13 013	12 877
Kalmars län	12 338	12 788
Gotlands län	12 278	12 738
Blekinge län	11 969	12 372
Skåne län	11 380	12 080
Hallands län	12 067	12 714
Västra Götalands län	12 472	12 969
Värmlands län	13 658	14 259
Örebro län	13 428	14 403
Västmanlands län	13 450	13 950
Dalarnas län	14 812	15 779
Gävleborgs län	14 600	14 884
Västernorrlands län	15 680	16 566
Jämtlands län	17 653	17 600
Västerbottens län	17 128	17 910
Norrbottens län	18 681	19 059

4.1.3 Antaganden om eldvanor och fördelning mellan olika bränslen

En annan faktor som har stor påverkan på småhusens bränsleförbrukning är eldvanor och fördelningen mellan olika bränslen.

Detta är en parameter som i hög grad påverkar beräkningen av emissioner från eldstäder. Tyvärr är ett begränsat antal undersökningar gjorda avseende eldvanor. I beräkningar i denna rapport utnyttjas erfarenheter från Västerbottenprojektet (Omstedt et al., 2014) där en enkätundersökning skickades ut till 176 hushåll i Vännäs, Vännäsby, Sävar och Tavleliden/Tomtebo (villaförorter till Umeå).

Vedpannor klassificerades i två typer enligt sotarregistret i Västerbottenstudien; vedpannor liten

användning och vedpannor stor användning. Enkätstudien kunde emellertid inte påvisa någon skillnad i vedförbrukning mellan dessa två typer av vedpannor, varför ett genomsnittligt värde (oavsett klassificering) om 14,9 m³ vedförbrukning per år antas för områden som saknar fjärrvärme (motsvarande ca 11 309 kWh år⁻¹). Detta motsvarar ca 63 % av husets totala energibehov.

I Tabell 2 redovisas, utgående från eldvaneundersökningen i Västerbottenstudien, bränslefördelningen enligt de fyra klasser av eldstäder som ingår i denna studie. Resultat visas för områden utan fjärrvärme respektive områden med tillgång till fjärrvärme. Som framgår av tabellen påverkas vedpannorna av fjärrvärmertilgången; för områden med fjärrvärme värms småhusen upp med i genomsnitt 21 % ved, för områden utan fjärrvärme 63 % ved. Fjärrvärmefaktorn som beskrivs i Avsnitt 4.1.5 (genomsnittligt för kommunen) utnyttjas för beräkningen av de kommunvisa emissionerna; en fjärrvärmefaktor om 0.2 (mycket fjärrvärme) ger andel ved på 21 % och sedan ökar andelen ved linjärt för att för en fjärrvärmefaktor om 1 (fjärrvärme ej tillgängligt) ge andel ved på 63 %. För de andra eldstäderna (lokaleldstad, pelletspanna och oljepanna) antas användningen inte påverkas av fjärrvärmertilgång.

Tabell 2. Uppskattad andel bränsle (el/fjärrvärme, ved, pellets och olja) jämfört med småhusets totala energibehov, som används i denna studie för vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor för områden med respektive utan fjärrvärme. Uppgifterna bygger på erfarenheter från Västerbottenprojektet (Omstedt et al., 2014).

	Område med fjärrvärme				Område utan fjärrvärme			
	El [%]	Ved [%]	Pellets [%]	Olja [%]	El [%]	Ved [%]	Pellets [%]	Olja [%]
Vedpanna	79	21	0	0	37	63	0	0
Lokaleldstad	89	11	0	0	89	11	0	0
Pelletspanna	39	61	0	0	39	61	0	0
Oljepanna	0	0	0	100	0	0	0	100

4.1.4 Emissionsfaktorer, verkningsgrad och beräkning av eldstädernas emissioner

I Tabell 3 framgår emissionsfaktorerna av B(a)P som används i beräkningarna i denna studie. Notera att de delvis skiljer sig från dem som redovisas i Västerbottenprojektet (Omstedt et al., 2014), emellertid avviker värdena som redovisas i Tabell 10 i Omstedt et al. (2014) från dem som verkligen användes i studien och de riktiga värdena överensstämmer med Tabell 3 nedan. Emissionsfaktorn är störst för vedpannor (0.1 mg MJ⁻¹), vilken baseras på Todorovic et al. (2007) med antagande om 50 % gamla pannor, 50 % nya pannor och 10 % pyreldning¹ av de gamla pannorna. Motsvarande emissionsfaktor som används inom internationella rapporteringen (SMED och Naturvårdsverket, 2015) är 0.08 mg MJ⁻¹. Tabell 3 är ett sammanvägt värde mellan Todorovic et al. (2007), SMED (2015) och uppskattningar som görs av EMEP/EEA (2013).

Tabell 3. Emissionsfaktorer av B(a)P som används i denna studie.

Typ av eldstad	Emissionsfaktor för B(a)P [mg MJ ⁻¹]
Vedpanna	0.1
Lokaleldstad	0.05
Pelletspanna	0.001
Oljepanna	0.001

Verkningsgraden som används för olika typer av eldstäder visas i Tabell 4. De överensstämmer med värden som användes i Omstedt et al. (2014). Observera att verkningsgraden kan skilja en del mellan gamla och nya pannor, men det använda värdet är ett uppskattat genomsnittligt värde.

Tabell 4. Antagen verkningsgrad för de olika typer av eldstäder som ingår i beräkningarna i denna studie.

Typ av eldstad	Verkningsgrad η [%]
Vedpanna	70
Lokaleldstad	70
Pelletspanna	75
Oljepanna	90

¹ Med pyreldning avses eldning med strypt eller minskad syretillförsel, vilket innebär att bränslet inte blir fullständigt förbränt. Detta leder till högre utsläpp.

Med hjälp av metodiken i Avsnitt 4.1.1 till 4.1.4 kan slutgiltigen årsemissionen från varje enskild eldstad i sammanställningen av eldstäder beräknas genom

$$Q[\text{mg år}^{-1}] = \frac{EB[\text{kWh år}^{-1}] \cdot 3.6 \cdot e_f[\text{mg MJ}^{-1}]}{\eta} \cdot a_{\text{bränsle}} \quad (3)$$

där Q är årsemissionen, EB är småhusets energibehov, e_f är emissionsfaktorn, η är verkningsgraden och $a_{\text{bränsle}}$ är andelen av aktuellt bränsle som används för småhusets uppvärmning.

Därefter summeras alla eldstäders emissioner för att erhålla kommunvisa emissioner av B(a)P. Det som sedan återstår är att beräkna fördelningen av B(a)P inom kommunerna i ett grid om $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$. Denna metodik beskrivs i Avsnitt 4.1.5 till 4.1.6.

4.1.5 Bearbetning av statistik om antal småhus anslutna till fjärrvärmenät

Den statistik som används för att uppskatta andelen fjärrvärmeanslutna småhus är Energimarknadsinspektionens register över fjärrvärmenät (Energimarknadsinspektionen, 2015). I denna statistik finns listat antal anslutna småhus för varje år per prisområde. Bearbetning av datasetet visar att prisområde oftare är något som gäller för flera fysiska nät från samma leverantör, snarare än att ett fysiskt nät är uppdelat på olika prisområden. I rapporteringen av detta finns angivet vilka tätorter som prisområdet omfattar. De inrapporterade namnen är ofta, men inte alltid, tätorter enligt SCB:s definition; i många fall avses uppenbart kommuner snarare än tätorter och ibland stadsdelar inom en tätort. Vi har manuellt gått igenom listan och lagt in en lista på vilka kommuner och/eller tätorter (enligt SCB:s definition) som varje prisområde omfattar. Sedan har en fördelning gjorts av kunderna i området. Nedan sammanfattas algoritmen för beräkningarna.

Algoritm 1

```
För varje prisområde:
  T = summan av befolkning i listade tätorter och alla tätorter
    större än 3000 inv. i listade kommuner.
  F = antal anslutna småhus i prisområdet

  för varje listad tätort:
    antal ansluta på orten = F (befolkning på orten / T)
    F = F - antal ansluta på orten

För varje prisområde:
  R = T - summan av befolkningen i de listade tätorterna
    + befolkningen i största tätorten för de kommuner som inte har
    någon tätort över 3000 inv.

  för varje listad kommun:
    om R > 0 (det finns fler tätorter över 3000 invånare):
      för varje tätort > 3000 inv:
        antal anslutna på orten = F (befolkning på orten / R)
    annars:
      antal anslutna på största orten i kommunen
      = F (befolkning på orten / R)
```

Fjärrvärmefaktorn för varje tätort, som fältet med boyta småhus multipliceras med (se Avsnitt 4.1.6), beräknas sedan genom:

$$f_{\text{fjärrvärme}} = 1 - \frac{A_{\text{ort}}}{B_{\text{ort}}} \quad (4)$$

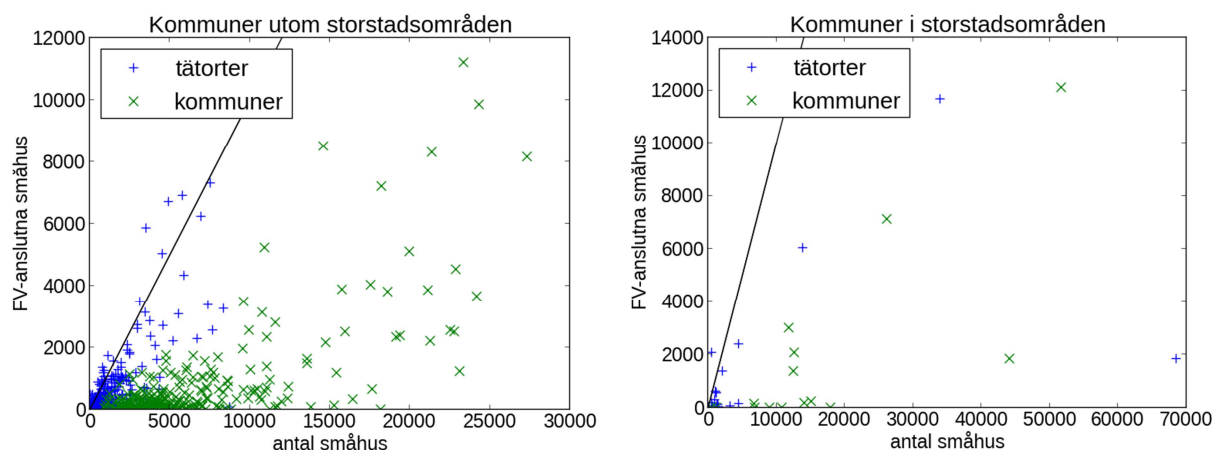
där A_{ort} är antalet anslutna på orten och B_{ort} är ortens befolkning.

En nedre gräns på 0.2 har satts på fjärrvärmefaktorn. Det betyder att faktorn varierar mellan 0.2 för tätorter med en mycket hög andel fjärrvärmeanslutna småhus till 1 för tätorter där fjärrvärme saknas.

Vi antar att hus som är inkopplade till ett fjärrvärmenät inte använder pannor för sin huvudsakliga uppvärmning, men att trivseldning i lokaleldstäder följer samma mönster oavsett vilken som är den huvudsakliga uppvärmningen för huset. Eftersom fjärrvärme främst finns i tätorter har vi gjort en fördelning av antalet fjärrvärmeanslutna småhus per tätort som beskrivs i Avsnitt 4.1.1.

Antalet småhus som är anslutna till fjärrvärmenätet som funktion av antalet småhus visas i Figur 3 (till vänster). Där syns problematiken med att identifiera vilka tätorter som omfattas av fjärrvärmenäten. Den svarta linjen i figuren visar förhållandet 1:1. Det är orimligt att det skulle finnas fler fjärrvärmeanslutna småhus än det totala antalet. Att vi får det beror troligen på att fjärrvärmen i dessa fall koncentrerats för mycket till några orter. Vårt grundantagande är att all fjärrvärme distribueras i tätorter vilket inte heller nödvändigtvis är sant. I de tätorter som har mer än 80 % anslutningsgrad har vi satt den till 80 %. Summerat över kommuner jämnar det ut sig och det finns inga kommuner i vilka detta fel uppkommer.

Vi har också antagit att tätorter helt ligger inom den kommun där den är listad i SCBs befolkningsstatistik över tätorter. Huvudtätorten för storstäderna Stockholm, Göteborg och Malmö är större än respektive kommun och innehåller även hela eller delar av fler kommuner. I dessa fall har det varit ännu svårare att definiera vad som menas med ort i fjärrvärmestatistiken. Vi har därför lyft ur storstadskommunerna Stockholm, Huddinge, Solna, Järfälla, Sollentuna, Botkyrka, Haninge, Tyresö, Sundbyberg, Nacka, Danderyd, Göteborg, Mölndal, Partille och Malmö som inte är med i vänstra Figur 3 utan visas på samma sätt i högra Figur 3.



Figur 3. Antal fjärrvärmeanslutna småhus enligt fördelningsmetodiken som funktion av totala antalet småhus. Till vänster visas alla kommuner samt tätorter med fjärrvärme, utom storstadsområden. Till höger visas antal fjärrvärmeanslutna småhus i anslutning till Stockholms, Göteborgs och Malmös tätorter.

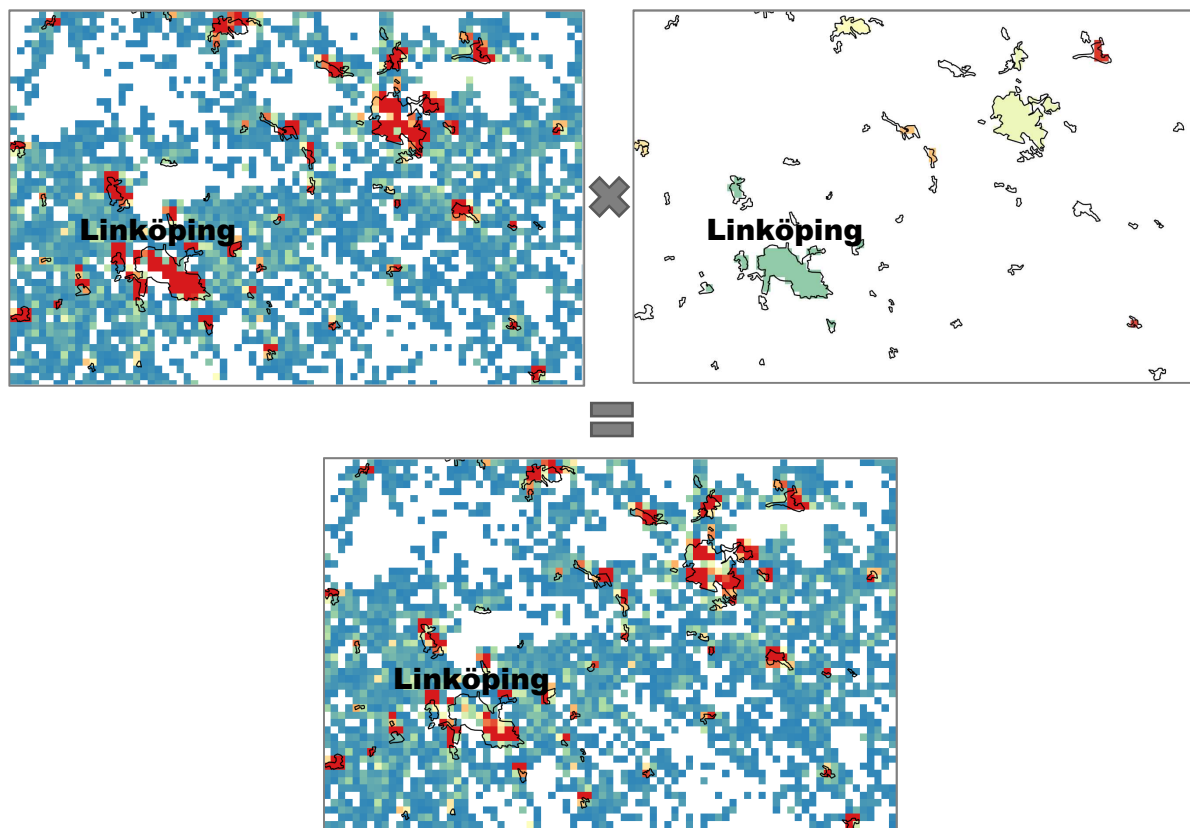
För Stockholms del har vi löst det genom att dela upp Stockholms tätort i delar så att var och en av Stockholmskommunerna ovan fått en påhittad tätort; fördelningen har gått till på samma sätt som för alla andra kommuner och slutligen har fjärrvärmeanslutningarna i alla påhittade tätorter slagits ihop till Stockholm. I Figur 3 (till höger) visas punkter för de påhittade tätorterna.

I Göteborg har vi från rimlighetsbedömning av hur fjärrvärmestatistiken såg ut kommit fram till att inte låta Mölndal tillhöra Göteborgs tätort. Det innebär att fjärrvärmen fördelas mellan Lindome och Källered. Mölndals centrum täcks sedan geografiskt av Göteborgs tätort. För Partilles del finns bara 3 abonnenter i Jonsered så vi har låtit hela Partille kommun gå upp i Göteborgs tätort.

För Malmö har vi inte gjort någon speciallösning.

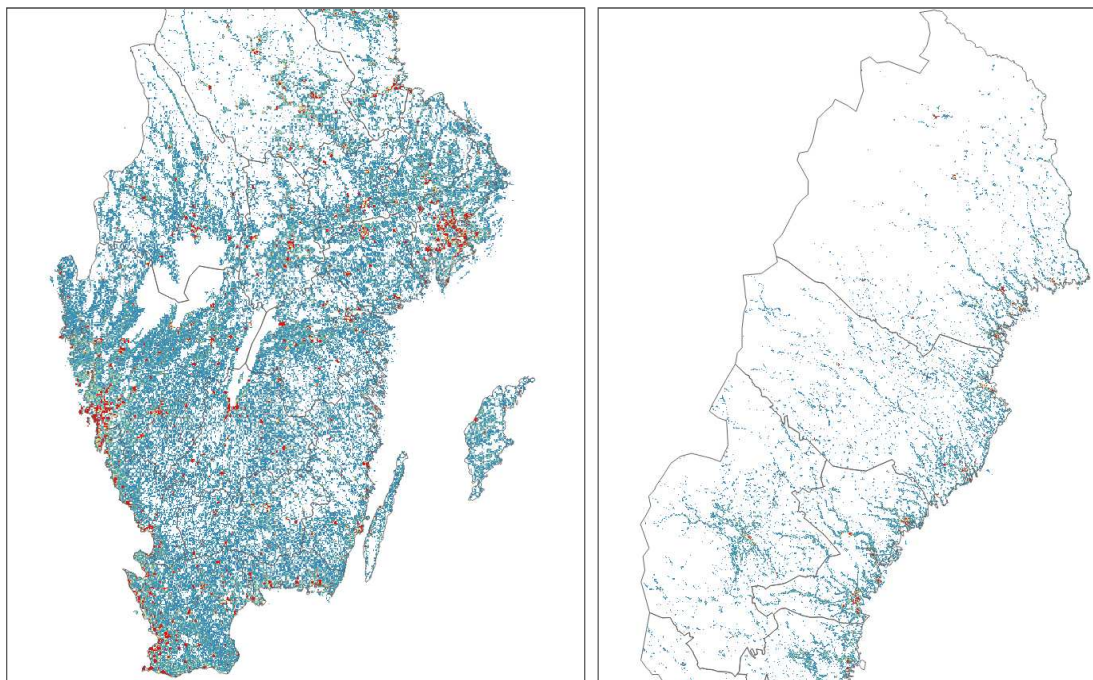
4.1.6 Fördelningsnyckel inom kommuner

De kommunvisa emissionerna fördelas i ett grid på $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$, med en fördelningsnyckel som bygger på boyta per kvadratkilometer av småhus. Boytan är hämtad från fastighetsregistret. Antal pannor och eldvanor styrs i hög grad av tillgängligheten av fjärrvärmenät. För att ta hänsyn till det har rastret med boyta småhus för pannor multiplicerats med en faktor tätortsvis, vars storlek beror på andel anslutna småhus till fjärrvärmenät (hur faktorn har beräknats finns beskrivet i Avsnitt 4.1.5). I Figur 4 visualiseras principen för fördelningsnyckeln schematiskt, med Linköping som exempel. Linköping är en tätort med stor andel småhus anslutna till fjärrvärme enligt beräkningarna (fjärrvärmefaktorn beräknades till 0.2). Av figuren framgår att emissionerna från pannor inom Linköpings tätort fördelas över boyta för småhus, men skalas ner med en faktor om 0.2 för att ta hänsyn till fjärrvärmetillgången. Notera dock att för lokaleldstäder, som huvudsakligen används för trivseldning och där fjärrvärmetillgång har en underordnad betydelse, fördelas emissionerna direkt över boyta småhus.



Figur 4. Illustration av hur fördelningsnyckeln på $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ har skapats. Emissionerna fördelas över boyta för småhus (övre vänstra figur), men för pannor skalas dessa emissioner ner tätortsvis med en faktor vars storlek har beräknats utifrån andelen anslutna småhus till fjärrvärmenät (övre högra figur). Tillsammans bildar dessa en fördelningsnyckel för pannor (nedre figur). För lokaleldstäder fördelas emissionerna enbart över boyta småhus (övre vänstra figur).

I Figur 5 visas en karta med fördelningsnyckeln för pannor som har skapats utifrån metodiken beskriven i detta avsnitt.



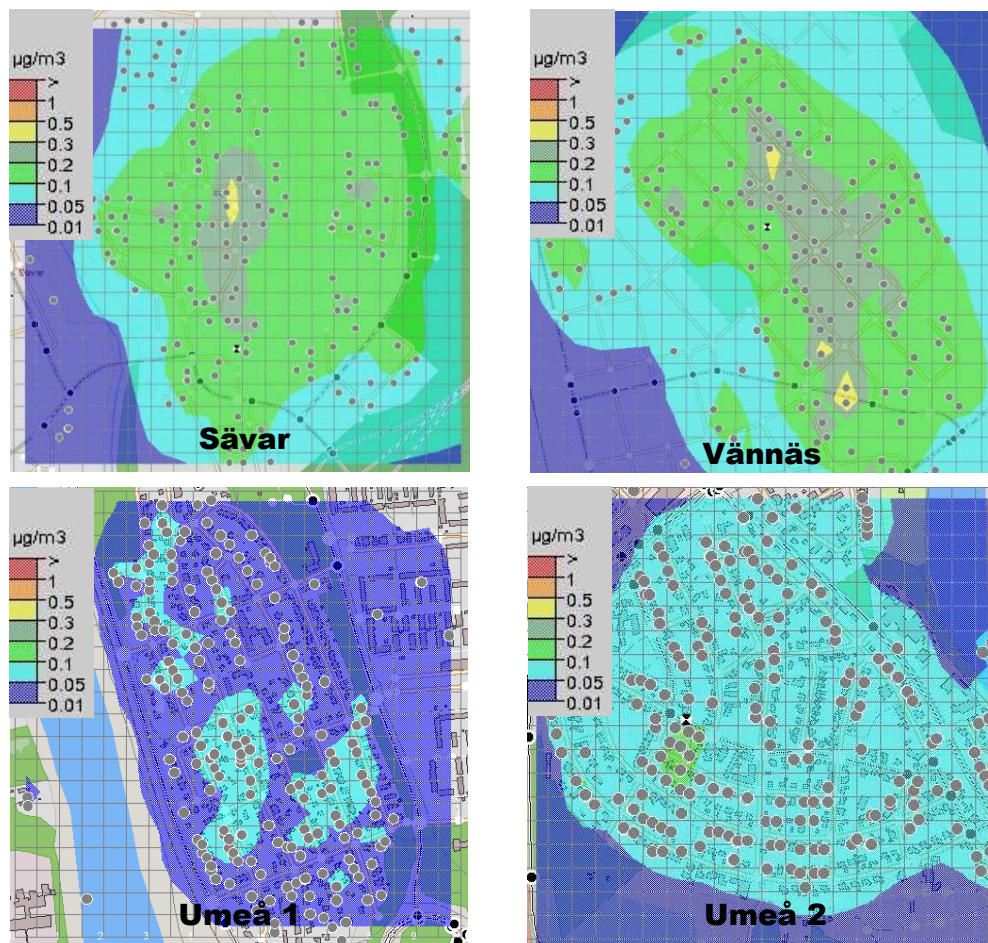
Figur 5. *Fördelningsnyckel som används för fördelning av emissioner från pannor (ved, pellets och olja). För lokaleldstäder används motsvarande fördelning, men utan införandet av faktor för fjärrvärme.*

4.2 Beräkning av halter av B(a)P

SIMAIR-ved (Omstedt, 2007; Omstedt et al., 2011), som är ett nationellt modellverktyg för spridningsberäkningar i områden med småskalig biobränsleeldning, har i ett annat projekt utvecklats för att kunna beräkna B(a)P (Omstedt et al., 2013). Det är detta verktyg som utnyttjades för modellering av luftkvalitet i Västerbottenprojektet (Omstedt et al., 2014), vars resultat ligger till grund för metodiken att beräkna halter av B(a)P från de beräknade emissionerna.

För att beräkna halter av B(a)P utgående från det beräknade emissionsrastret på $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ antas i denna studie ett linjärt samband mellan emissioner och halter. Notera att metodiken är relativt grov, men bedöms ändå ge en översiktlig lägesbeskrivning av B(a)P-halterna ur ett nationellt perspektiv i syfte att identifiera potentiella riskområden för överskridande av MKN.

Det linjära sambandet mellan emissioner på $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ och lokala årsmedelhalter av B(a)P har tagits fram utifrån resultaten av högupplösta modelleringar i Västerbottenprojektet på $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ med SIMAIR-ved. I Figur 6 framgår vilka områden som har använts. Vännäs och Sävar representerar typiska vedeldningsområden med stor andel vedpannor (fjärrvärme ej tillgängligt), medan småhusområdena i Umeå representerar områden som är anslutna till fjärrvärme och där vedeldningen domineras av trivseldning med lokaleldstäder. Notera att för de beräknade halterna av B(a)P i Västerbotten ingår enbart den småskaliga vedeldningens haltbidrag, dvs. regionala bakgrundshalter och vägkällor inkluderas ej. Mer om detta i diskussionen i Avsnitt 6.



Figur 6. SIMAIR-veds simulerade halfält (årsmedelvärde) av B(a)P (upplösning 50 m × 50 m) som beräknades i Västerbottenprojektet (Omstedt et al., 2014) i Sävar, Vännäs samt två småhusområden i Umeå. Respektive områdes totala storlek är 1 km² (likvärdigt med upplösningen på emissionsrastret i denna studie).

I Tabell 5 visas sambanden mellan emissioner och årsmedelhalter av B(a)P från de fyra områdena i Figur 6, där årsmedelhalterna är uttryckta som kartans ytmedelvärde² (KYM) samt kartans högsta värde (KHV). Vidare beräknas en faktor mellan dessa halter och emissionerna. Av tabellen framgår att faktorn skiljer sig en del, i synnerhet mellan områden med mycket vedpannor (Sävar och Vännäs) samt områden som domineras av lokaleldstäder (Umeå 1 och 2). Faktorn är, som väntat, högre för områden med mycket pannor (uppåt 2 gånger så stor för KHV). Orsaken är att emissionen koncentreras mer i punkter, vilket leder till högre haltnivåer lokalt kring dessa utsläpp.

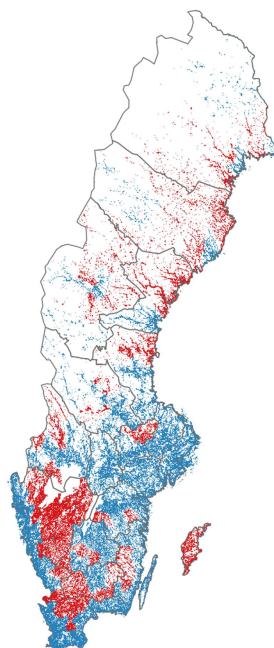
Tabell 5. Samband mellan emissioner och årshalter av B(a)P för områdena i Figur 6. Q representerar emissionen inom hela beräkningsområdet, halten KHV representerar kartans högsta värde och halten KYM representerar kartans ytmedelvärde. Vidare anges faktorn mellan halt och emission.

Småhusområde	Beräkningsarea [km ²]	Q B(a)P [g år ⁻¹]	KHV [ng m ⁻³]	KYM [ng m ⁻³]	Faktor (KHV/Q) per km ²	Faktor (KYM/Q) per km ²
Sävar	1.0	308.6	0.327	0.101	1.06*10 ⁻³	3.27*10 ⁻⁴
Vännäs	1.0	296.1	0.418	0.101	1.41*10 ⁻³	3.41*10 ⁻⁴
Umeå 1	1.0	136.1	0.110	0.032	8.00*10 ⁻⁴	2.35*10 ⁻⁴
Umeå 2	1.0	165.3	0.100	0.029	6.05*10 ⁻⁴	1.75*10 ⁻⁴

² Kartans ytmedelvärde (KYM) representerar haltmedelvärdet för alla 40 gridpunkter som ingår i beräkningsområdet i den högupplösta modelleringen (20 × 20 gridpunkter med 50 m upplösning mellan varje gridpunkt, dvs. 1 km × 1 km stort område totalt). Områdets totala storlek (1 km × 1 km) är således jämförbart med emissionsrastrets upplösning på 1 km. På motsvarande sätt kan kartans högsta värde (KHV) beräknas som det maximala haltvärdet för gridpunkterna i beräkningsområdet i den högupplösta modelleringen.

Eftersom faktorn mellan årsmedelhalt och emission av B(a)P varierar betydligt, i synnerhet mellan områden med mycket vedpannor och områden som domineras av lokaleldstäder, används olika faktorer vid beräkning av halter från emissionsrastret på 1 km × 1 km; om antalet vedpannor utgör minst 30 % av summan av vedpannor och lokaleldstäder (mycket vedpannor) väljs högre faktor ($1.41 \cdot 10^{-3}$ för KHV, $3.41 \cdot 10^{-4}$ för KYM), medan lägre faktor ($8.00 \cdot 10^{-4}$ för KHV, $2.35 \cdot 10^{-4}$ för KYM) väljs för områden med mindre än 30 % vedpannor (områden vars emissioner domineras av lokaleldstäder). I emissioner uttryckt (se ekvation 3) blir detta tröskelvärde om emissionerna från vedpannor är minst 2.3 gånger emissionerna från lokaleldstäder. Orsaken till att de högre faktorerna i Tabell 5 väljs är att halterna i denna studie syftar till att hitta potentiella riskområden för överskridanden av MKN.

I Figur 7 visas kvoten mellan emissioner från vedpannor och lokaleldstäder. Röda områden innebär att kvoten överstiger 2.3, dvs. områdena domineras av vedpannor och högre faktor i Tabell 5 används. Som framgår av figuren är dessa områden belägna utanför storstäderna, främst i Norrland samt inlandet i Götaland och Svealand. Variationer inom kommuner kan även förekomma, då huvudtätorten (som ofta har större fjärrvärmeförbrukning) generellt har ett lägre värde än mindre tätorter och landsbygden.



Figur 7. Beräknad kvot mellan emissioner av B(a)P från vedpannor och emission av B(a)P från lokaleldstäder. För röda områden överstiger kvoten 2.3, vilket betyder att områdena domineras av vedpannor. Högre faktor i Tabell 5 används därmed vid haltberäkningarna.

5 Resultat

5.1 Emissioner av B(a)P

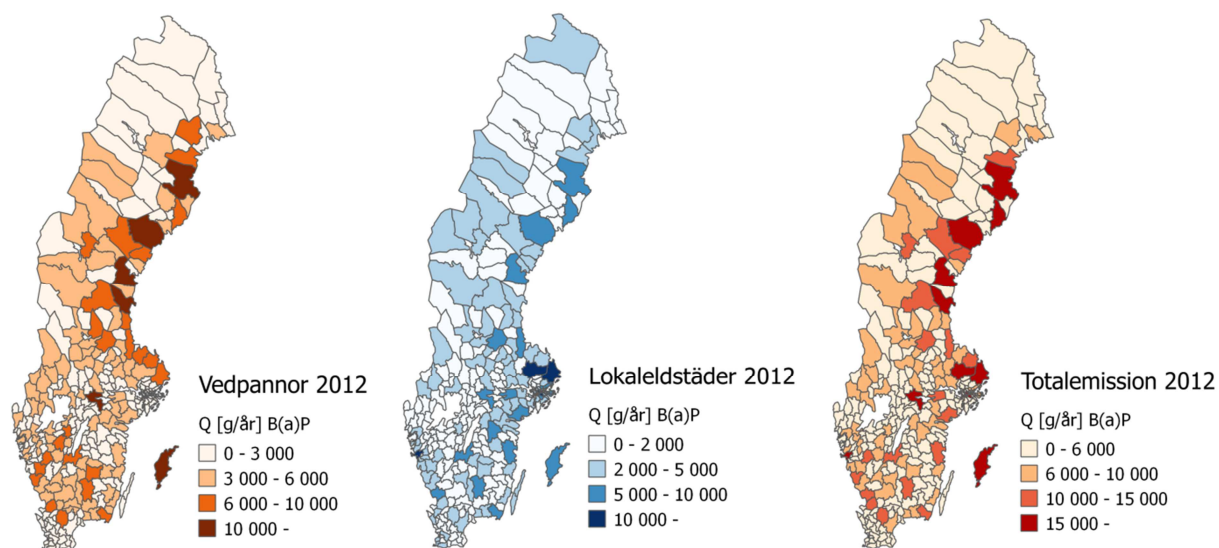
5.1.1 Kommunvisa emissioner av B(a)P

I Figur 8 presenteras kommunvisa emissioner av B(a)P från småskalig uppvärmning år 2012 utgående från metodiken beskriven i Avsnitt 4.1.1 till 4.1.4. I Figur 9 visas motsvarande emissioner men för ett normalår (det vill säga genomsnittligt energibehov uträknat för referensåren 1960-1990). Numeriska värden återfinns i Bilaga 1. I figurerna visas emissioner från vedpannor, lokaleldstäder samt totalemissioner för samtliga eldstäder. Pelletspannor och oljepannor särredovisas ej på grund av avsevärt lägre emissioner; dessa resultat finns att tillgå i Bilaga 1.

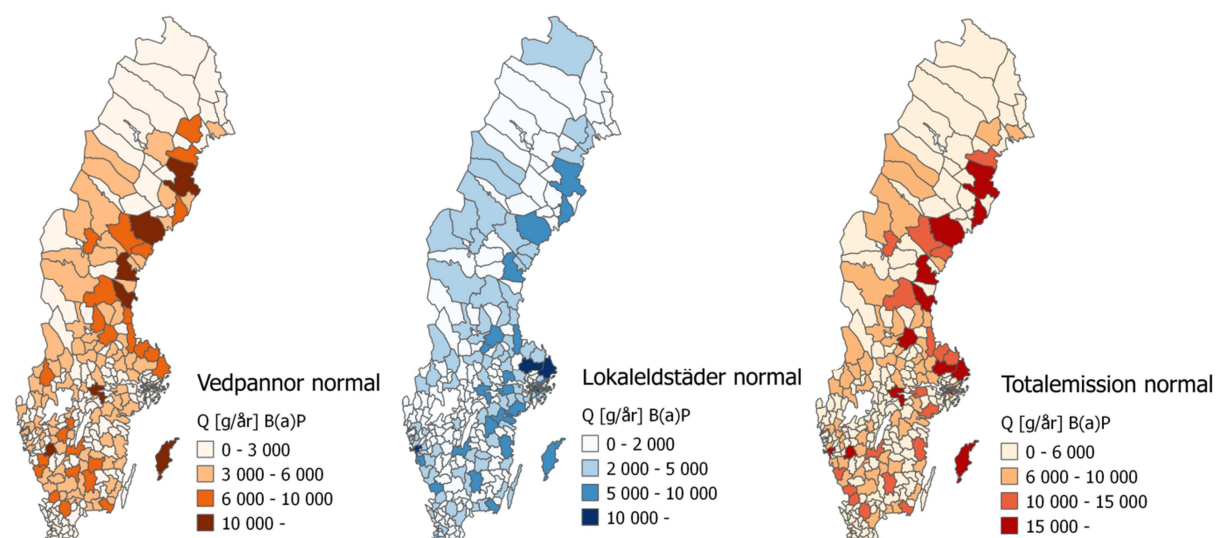
De kommunvisa totalemissionerna av B(a)P varierar mellan ca 300 – 25 000 g år⁻¹, men då bör det understrykas att orsaken till de låga emissionerna i vissa kommuner kan vara bristfällig rapportering av eldstäder till MSB-statistiken. Av figuren framgår att emissionerna (till följd av olika energibehov)

är något lägre för 2012 än ett normalår; i genomsnitt ca 4 % lägre. Variationer förekommer dock mellan olika län, se Avsnitt 4.1.2.

I Tabell 6 visas de 20 kommunerna med högst beräknade totalemissioner av B(a)P år 2012. Att några kommuner i storstadsområden ingår här (Stockholm, Norrtälje och Göteborg) beror på det stora antalet lokaleldstäder som finns rapporterade enligt MSB-statistiken över eldstäder. Emissionerna från vedpannor, vars emissioner per enhet är betydligt större och därmed har större påverkan lokalt på luftkvaliteten, är störst i medelstora kommuner i Norrland samt kommuner i inlandet i Götaland och Svealand. I Tabell 7 framgår vilka 20 kommuner som svarar för de högsta emissionerna av B(a)P från enbart vedpannor. I särklass högst emission beräknas för Skellefteå ($18\,200\text{ g år}^{-1}$), följt av Örnsköldsvik ($13\,600\text{ g år}^{-1}$), Gotland ($13\,500\text{ g år}^{-1}$), Sundsvall ($12\,900\text{ g år}^{-1}$) och Hudiksvall ($12\,300\text{ g år}^{-1}$).



Figur 8. Beräknad emission per kommun av B(a)P för vedeldning, lokaleldstäder samt totalemissioner (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) för år 2012 utgående från metodiken i denna studie.



Figur 9. Beräknad emission per kommun av B(a)P för vedeldning, lokaleldstäder samt totalemissioner (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) för ett normalår utgående från metodiken i denna studie. Med ett normalår menas genomsnittligt energibehov uträknat för referensåren 1960-1990.

Tabell 6. De 20 kommunerna med högst beräknade totalemissioner av B(a)P år 2012 från småskalig vedeldning. Till totalemissioner har bidraget summerats för vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljeppannor. Emissioner för samtliga kommuner listas i Bilaga 1.

Kommun	B(a)P-emission från eldstäder per kommun: Q [g år ⁻¹]		
	Totalt	Vedpannor	Lokaleldstäder
Skellefteå	25 038	18 221	6745
Stockholm	23 793	1593	22 023
Sundsvall	21 742	12 867	8785
Norrtälje	21 360	6784	14 532
Gotland	19 591	13 466	6058
Örnsköldsvik	18 959	13 572	5251
Örebro	17 069	10 519	6473
Göteborg	16 917	4142	12 677
Uppsala	15 487	4283	11 134
Umeå	15 134	7805	7282
Hudiksvall	15 106	12 295	2752
Falun	14 761	8902	5781
Borås	14 743	9870	4784
Jönköping	13 573	6509	6993
Växjö	13 307	6156	7108
Gävle	13 307	7119	6143
Karlskrona	12 877	7048	5773
Östersund	12 625	7651	4952
Piteå	12 215	7677	4492
Laholm	11814	9199	2529

Tabell 7. De 20 kommunerna med högst beräknade emissioner av B(a)P år 2012 från vedpannor. Emissioner för samtliga kommuner listas i Bilaga 1.

Kommun	B(a)P-emission från eldstäder per kommun: Q [g år ⁻¹]
	Vedpannor
Skellefteå	18 221
Örnsköldsvik	13 572
Gotland	13 466
Sundsvall	12 867
Hudiksvall	12 295
Örebro	10 519
Borås	9870
Laholm	9199
Falun	8902
Kramfors	8697
Sollefteå	8484
Umeå	7805
Piteå	7677
Östersund	7651
Hässleholm	7637
Östhammar	7551
Ljusdal	7242
Gävle	7119
Karlskrona	7048
Boden	7021

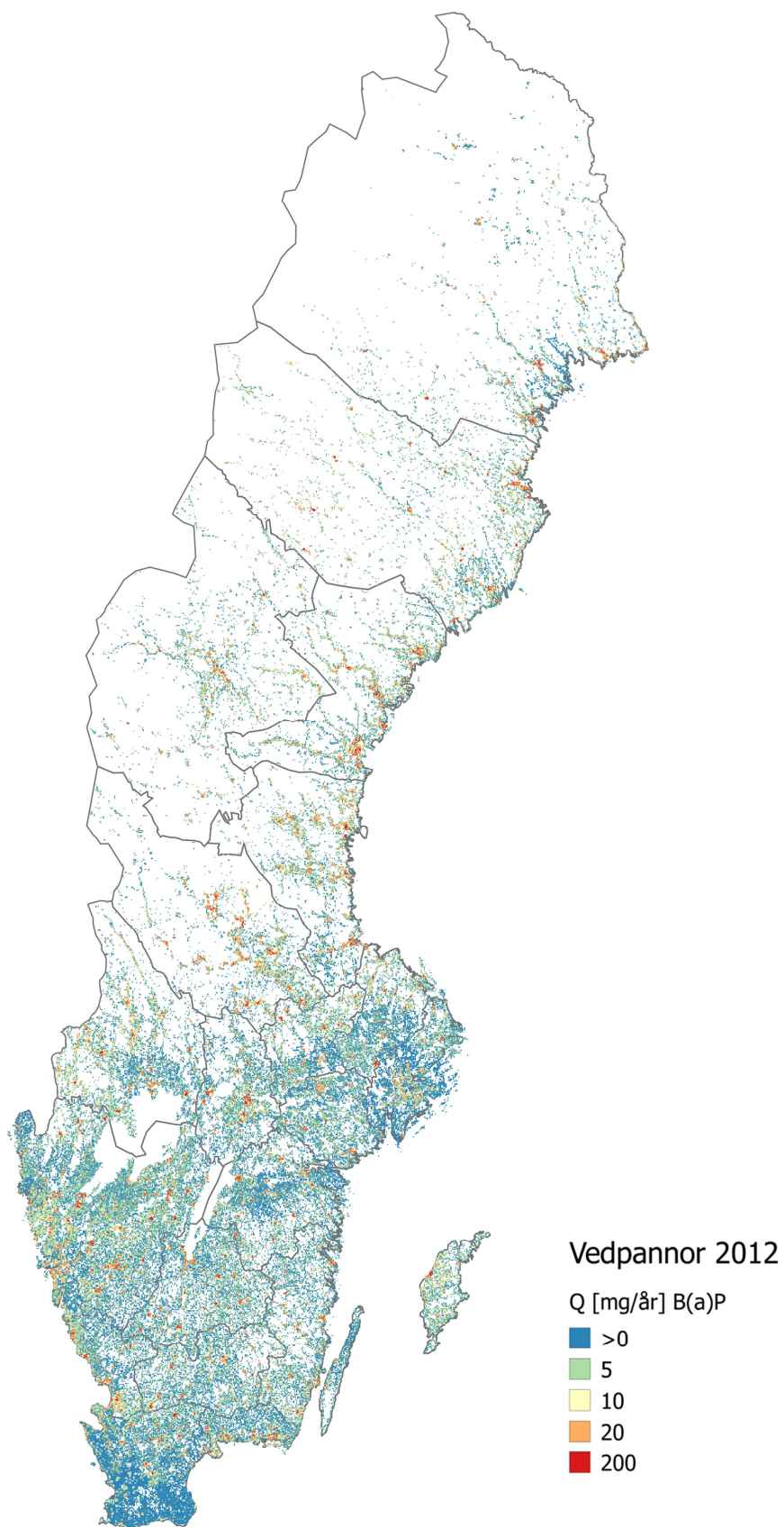
5.1.2 Nationellt emissionsraster 1 km × 1 km av B(a)P

De kommunvisa emissionerna av B(a)P har fördelats med fördelningsnycklarna beskrivna i Avsnitt 4.1.6 och ett nationellt emissionsraster har producerats med en upplösning om 1 km × 1 km.

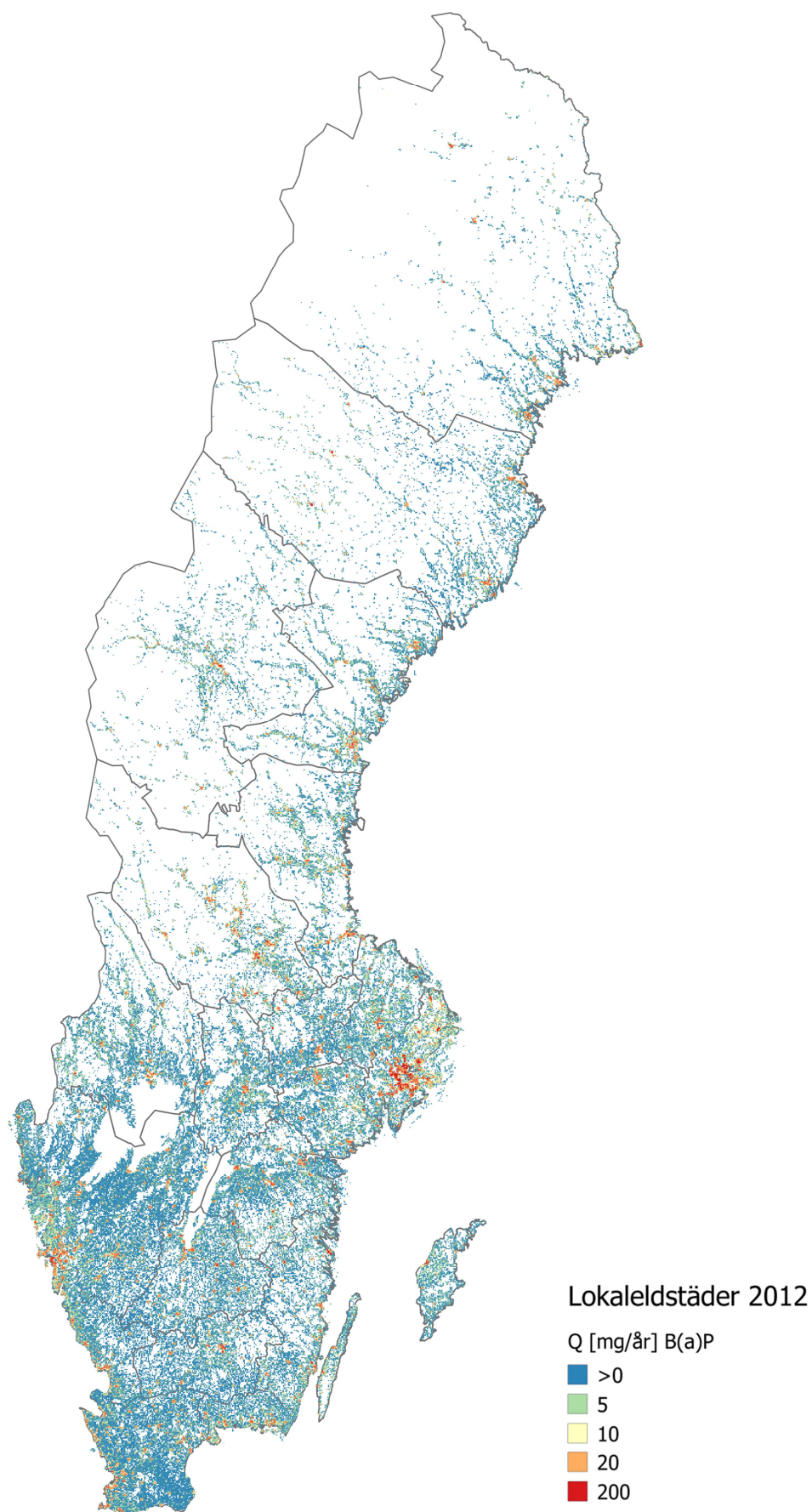
I Figur 10 visas emissionerna av B(a)P för småskalig uppvärmning med vedpannor. Som framgår av figuren är emissionerna lägre i storstäderna, vilket är väntat då antalet vedpannor är färre och tillgången till fjärrvärme generellt större. De högsta emissionerna kan observeras i småhusområden i medelstora och små tätorter i Norrland samt tätorter i Götalands och Svealands inland. En betydande parameter, förutom antalet pannor per kommun, är fjärrvärmefaktorn som har tagits fram tätortsvis, vilket påverkar emissionernas fördelning inom kommuner. Nationella totalemissioner år 2012 av B(a)P från vedpannor uppgår till 0.88 ton år⁻¹ enligt beräkningarna.

I Figur 11 visas motsvarande figur men för emissioner av B(a)P från lokaleldstäder. Notera den stora skillnaden jämfört med vedpannor; emissionsrastret skiljer sig här i och med att emissionerna är störst i storstadsområden (i synnerhet Stockholm, Göteborg, Uppsala och Norrtälje). Det beror på att antalet lokaleldstäder enligt statistiken över eldstäder är i särklass störst i dessa kommuner. De kommunvisa emissionerna fördelas proportionellt mot boytan för småhus, vilket är rimligt i och med att lokaleldstäder huvudsakligen används för trivseldning. Nationella totalemissioner av B(a)P år 2012 från lokaleldstäder uppgår till 0.63 ton år⁻¹ enligt beräkningarna, vilket motsvarar ca 70 % av emissionerna från vedpannor. Emellertid är emissionerna från lokaleldstäder mer utsmetade i och med att fördelningen inte påverkas av fjärrvärmetillgång.

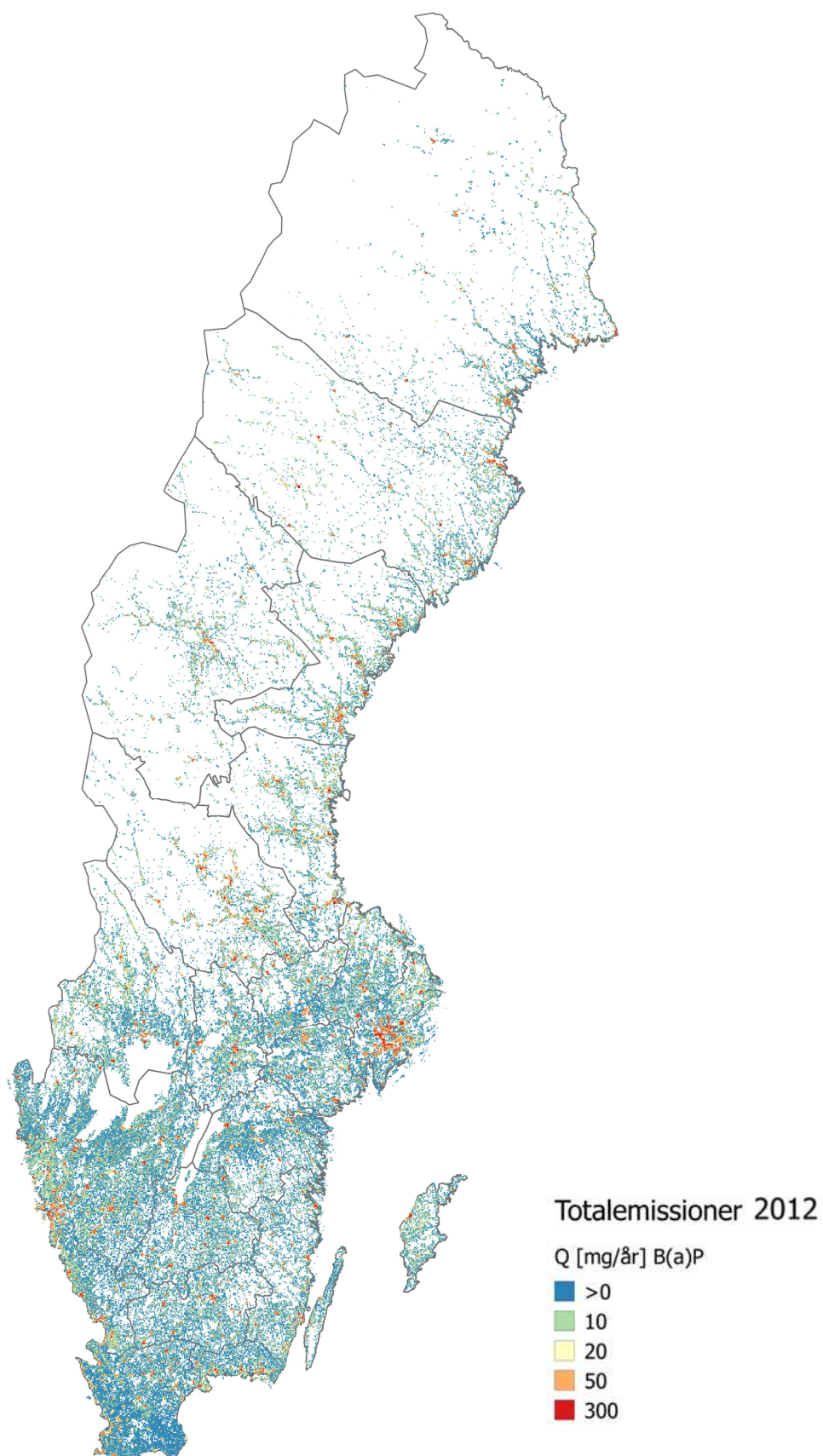
I Figur 12 visas totalemissionerna av B(a)P från eldstäder (summan av emissionerna från vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) år 2012. Maximala gridrutan uppgår till 823 mg år⁻¹ och den finns i Norrtälje tätort. Om storstadsområden bortses (där lokaleldstäderna dominerar) återfinns de två högsta gridrutorna på 775 mg år⁻¹ i Östersund samt Nyköping. Östersund ingår i både ett räddningstjänstförbund och delar i fjärrvärmestatistiken prisområde med 9 andra tätorter och har därför större osäkerheter. Nationella totalemissioner av B(a)P år 2012 beräknas till 1.52 ton år⁻¹.



Figur 10. Beräknade emissioner av B(a)P från vedpannor för år 2012 med en upplösning om 1 km × 1 km. Enhet: [mg år⁻¹]



Figur 11. Beräknade emissioner av B(a)P från lokaleldstäder för år 2012 med en upplösning om 1 km × 1 km. Enhet: [mg år⁻¹]



Figur 12. Beräknade totalemissioner av B(a)P från eldstäder (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) för år 2012 med en upplösning om 1 km × 1 km. Enhet: [mg år⁻¹]

5.2 Halter av B(a)P

Resultaten från metodiken att beräkna årsmedelhalter av B(a)P från småskalig uppvärmning utifrån linjära samband med emissioner år 2012 visas i Figur 13 (KHV, kartans högsta värde³) och Figur 14 (KYM, kartans ytmedelvärde). KYM understiger med god marginal såväl MKN (1 ng m^{-3}) som miljö kvalitetsmålet Frisk Luft (0.1 ng m^{-3}). För de flesta kommuner/tätorter underskrider även KHV MKN med stor marginal. Några undantag finns; enligt beräkningarna är årsmedelhalterna av B(a)P strax över 1 ng m^{-3} för några gridrutor i ett par tätorter och det föreligger risk för överskridande i Sollefteå och Laholm. Indata vad gäller statistik över i synnerhet eldstäder, men även fjärrvärme, är emellertid osäker, vilket diskuteras i Avsnitt 6.

I Figur 15 och Figur 16 visas kommunvisa årsmedelhalter av B(a)P uttryckt som KHV och KYM för år 2012 samt ett normalår avseende småhusens energibehov. Här har den högsta gridrutan i varje kommun filtrerats ut. De 20 kommunerna med högst årsmedelhalt av B(a)P för KHV visas i Tabell 8. Samtliga beräknade kommunvisa årsmedelhalter av B(a)P (maximala gridrutan) i studien redovisas i Bilaga 2. Av figurerna och tabellen framgår, precis som konstaterats tidigare, att kommunernas högsta årsmedelhalter av B(a)P (KHV) överskrider MKN i Sollefteå och Laholm. Detta gäller såväl för 2012 som ett normalår. Vidare finns ett antal kommuner enligt beräkningarna som har höga årsmedelhalter strax under MKN ($0.8\text{--}0.99 \text{ ng m}^{-3}$); Kramfors, Säffle, Arvidsjaur, Boden, Skellefteå (samt Trollhättan normalår). Årsmedelhalten (KHV) varierar mellan $0.03\text{--}1.03 \text{ ng m}^{-3}$ för år 2012 för kommunerna i Sverige.

I 273 av 290 kommuner beräknas KHV överstiga miljö kvalitetsmålet Frisk Luft, som har ett betydligt lägre gränsvärde än MKN (årsmedelvärden på 0.1 ng m^{-3}). Beräkningsresultaten visar att även områden som domineras av trivseldning med lokaleldstäder överskrider miljö kvalitetsmålet Frisk luft (exempelvis Stockholm).

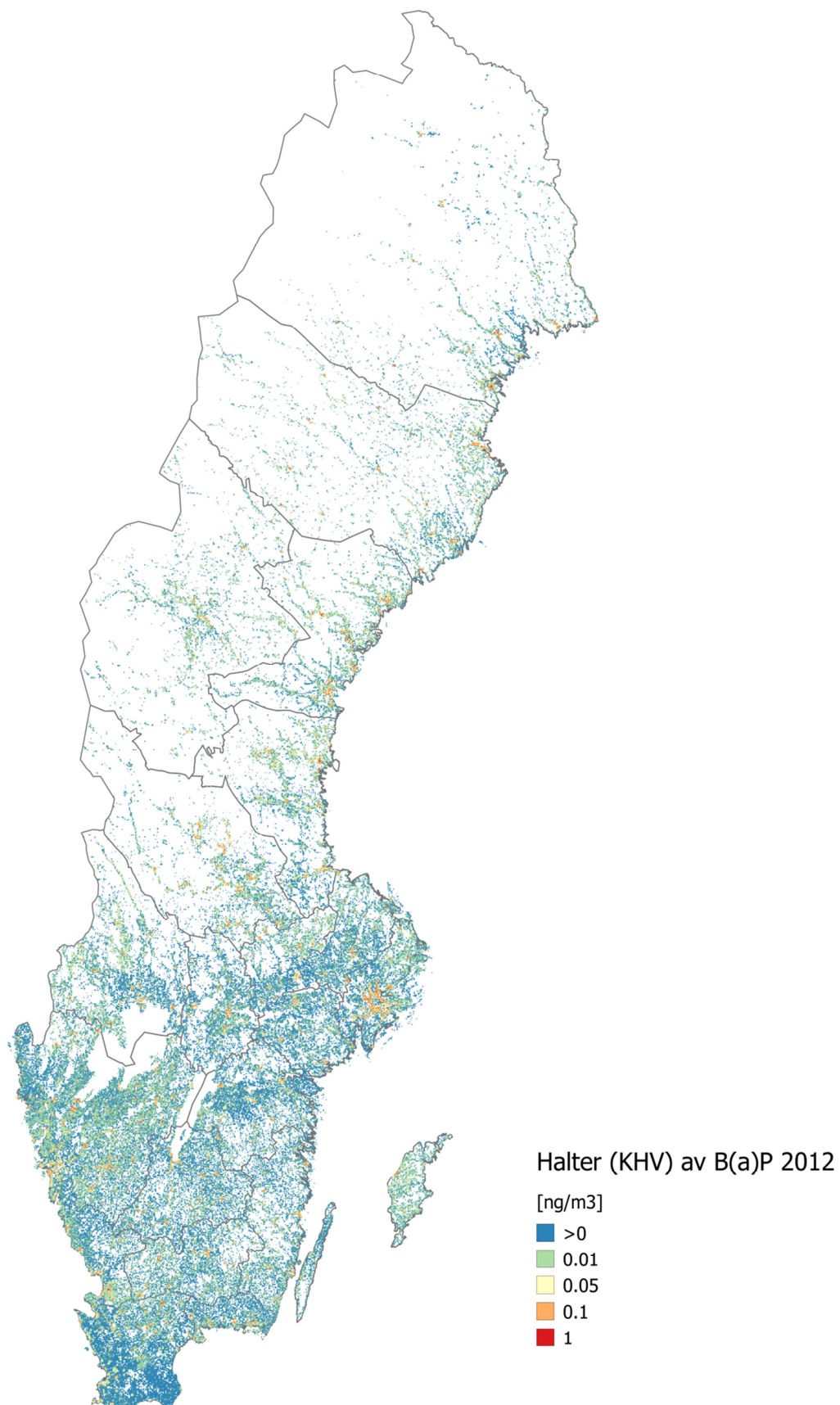
Vad gäller de kommunvisa maximala gridrutorna för årsmedelvärden av B(a)P uttryckt som KYM (kartans ytmedelvärde) är dessa halter betydligt lägre; de 20 kommuner med högst halter har ett värde på mellan $0.17\text{--}0.25 \text{ ng m}^{-3}$.

Noterbart är att årsmedelhalten av B(a)P uttryckt som KHV i särklass är störst för kommuner med mycket vedpannor, medan årsmedelhalten uttryckt som KYM kan vara hög även för kommuner med mycket lokaleldstäder. Detta är rimligt, eftersom enskilda vedpannor med höga emissioner har störst påverkan på den lokala luftmiljön och därmed inverkar på måttet KHV i högre grad.

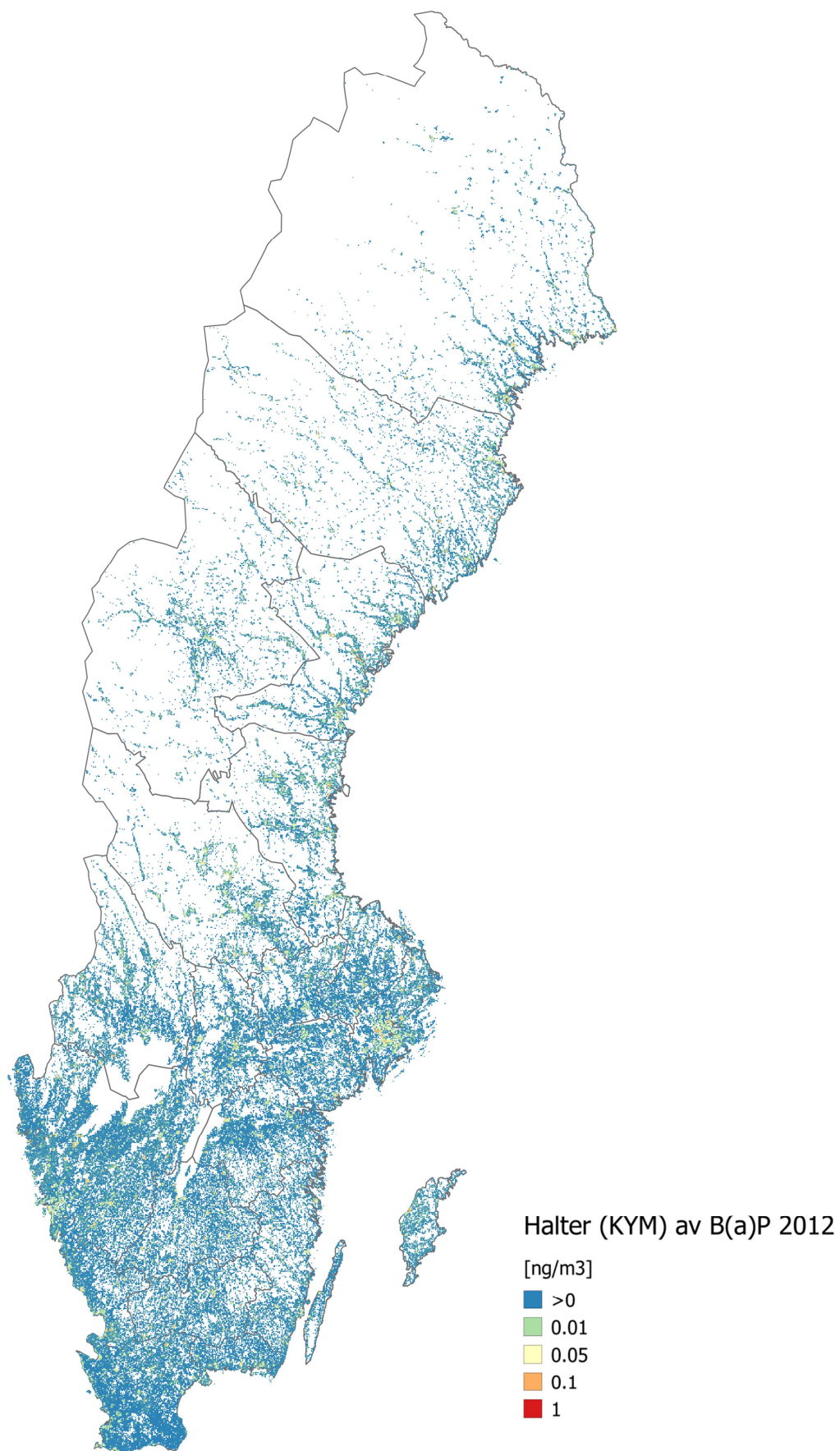
Skillnaden är liten mellan år 2012 och normalåret; halterna (och emissionerna) är generellt 4 % högre för normalåret, men värdet varierar mellan olika län eftersom energibehovet är beräknat länsvis (från 1 % lägre halter/emissioner i Kronobergs län till 7 % högre halter/emissioner i Örebro län för normalåret).

Det bör återigen understrykas att osäkerheterna vad gäller indata till beräkningarna (särskilt statistiken med eldstäder samt antaganden om samband mellan emissioner och halter) är stora. Mer om detta i diskussionen i Avsnitt 6.

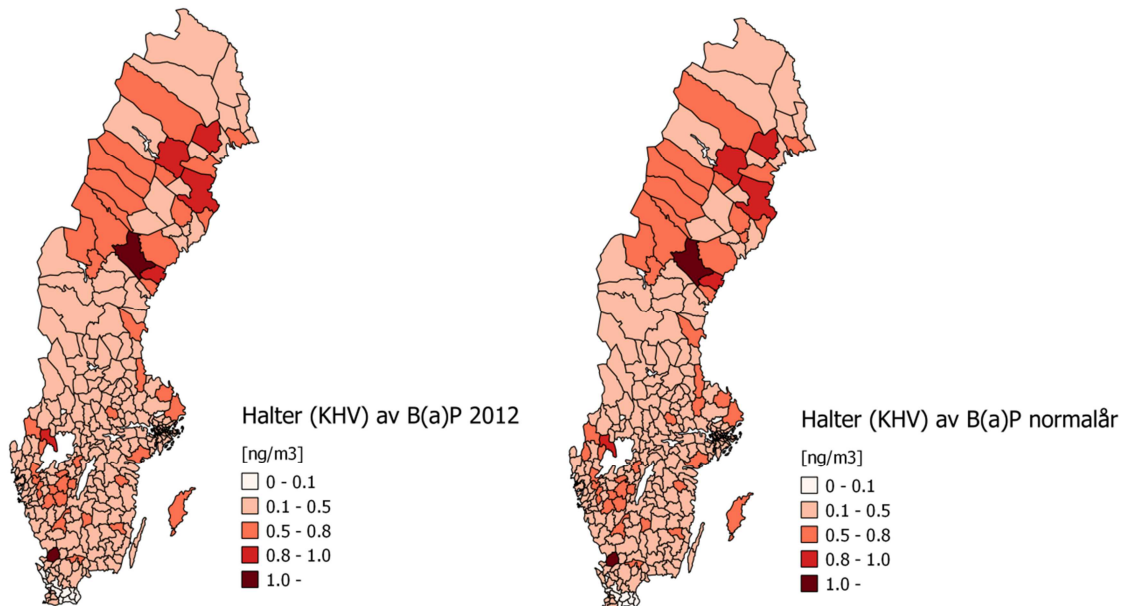
³ Kartans högsta värde (KHV) representerar vad den maximala haltnivån uppskattningsvis skulle vara om en lokalskalig modellering (50 m upplösning) skulle genomföras inom området. På motsvarande sätt representerar kartans ytmedelvärde (KYM) vad haltmedelvärdet inom området skulle vara enligt den lokalskaliga modelleringen. I Avsnitt 4.2 förklaras metodiken och antagandena i mer detalj.



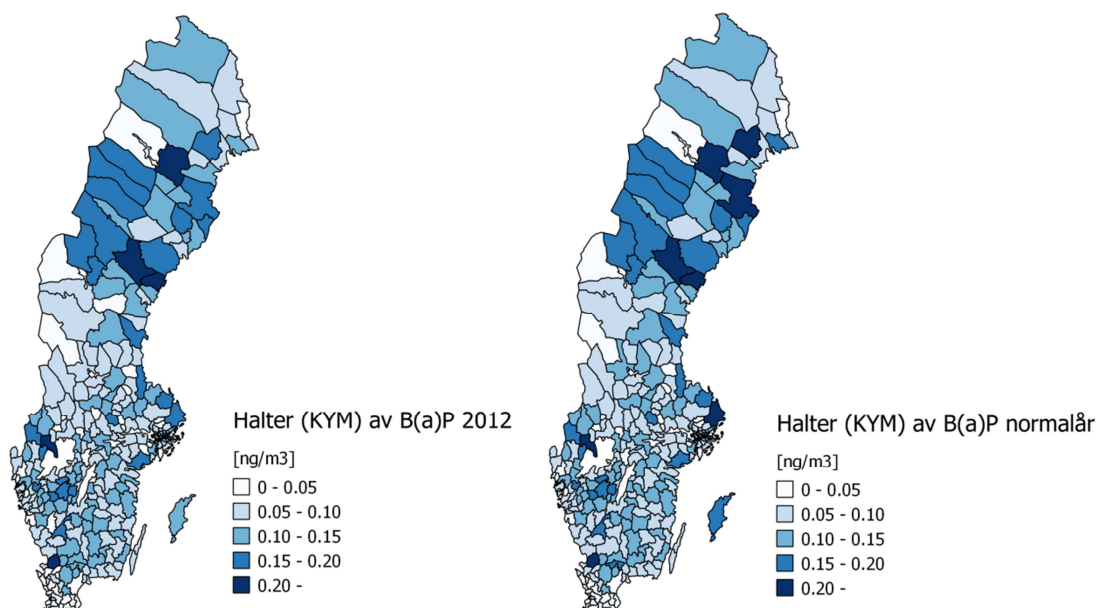
Figur 13. Beräknade årsmedelhalter av B(a)P uttryckt som KHV (kartans högsta värde) från emissioner från småskalig uppvärmning (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) för år 2012 med en upplösning om 1 km × 1 km. Enhet: [ng m⁻³]



Figur 14. Beräknade årsmedelhalter av B(a)P uttryckt som KYM (kartans ytmedelvärde) från emissioner från småskalig uppvärmning (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) för år 2012 med en upplösning om 1 km × 1 km. Enhet: [ng m⁻³]



Figur 15. Kommunvisa beräknade årsmedelhalter av B(a)P uttryckt som KHV (kartans högsta värde) från emissioner från småskalig uppvärmning (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) med en upplösning om 1 km × 1 km. Beräkningarna grundar sig på energibehov för år 2012 (vänster figur) respektive ett normalår (höger figur) och värdena representerar den maximala gridrutan i varje kommun.



Figur 16. Kommunvisa beräknade årsmedelhalter av B(a)P uttryckt som KYM (kartans ytmedelvärde) från emissioner från småskalig uppvärmning (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) med en upplösning om 1 km × 1 km. Beräkningarna grundar sig på energibehov för år 2012 (vänster figur) respektive ett normalår (höger figur) och värdena representerar den maximala gridrutan i varje kommun.

Tabell 8. De 20 kommunerna med högst beräknade årsmedelhalter av B(a)P år 2012 och ett normalår. Värdena som anges är den maximala gridrutan i varje kommun för haltmätten KHV (kartans högsta värde) och KYM (kartans ytmedelvärde).

Kommun	Årsmedelhalter av B(a)P [ng m ⁻³]			
	KHV 2012	KHV normalår	KYM 2012	KYM normalår
Sollefteå	1.03	1.09	0.25	0.26
Laholm	1.02	1.08	0.25	0.26
Kramfors	0.93	0.98	0.23	0.24
Säffle	0.90	0.94	0.22	0.23
Arvidsjaur	0.87	0.89	0.21	0.22
Boden	0.83	0.84	0.20	0.20
Skellefteå	0.82	0.85	0.20	0.21
Trollhättan	0.77	0.80	0.19	0.19
Hudiksvall	0.74	0.76	0.18	0.18
Strömsund	0.73	0.73	0.18	0.18
Krokom	0.72	0.72	0.17	0.17
Vindeln	0.70	0.73	0.17	0.18
Robertsfors	0.69	0.72	0.17	0.18
Herrljunga	0.66	0.69	0.16	0.17
Norrtälje	0.66	0.68	0.19	0.20
Falköping	0.66	0.68	0.16	0.16
Skara	0.65	0.68	0.16	0.16
Tidaholm	0.65	0.67	0.16	0.16
Åmål	0.65	0.67	0.17	0.18
Örnsköldsvik	0.64	0.67	0.15	0.16

6 Diskussion

Denna studie indikerar att det föreligger en risk för överskridande av MKN ($> 1.0 \text{ ng m}^{-3}$) i ett par områden med mycket vedeldning. Miljökvalitetsmålet Frisk luft, som har ett tuffare gränsvärde på 0.1 ng m^{-3} , överskrids dock i merparten av kommunerna. Det bör betonas att beräkningarna i denna studie kan anses representera ett "worst case". Orsaken är bland annat att de högsta faktorerna väljs för sambanden mellan emissioner och halter (Tabell 5), ett högre värde används på emissionsfaktorn för vedpannor än vad som görs inom SMED (0.10 mg MJ^{-1} jämfört med 0.08 mg MJ^{-1}) och att tidigare valideringar har visat att SIMAIR-ved anses överskatta halterna av B(a)P något jämfört med mätdata (se resonemang nedan). Vidare antas samma eldvanor i hela Sverige som resultaten från enkätstudien i Västerbottenprojektet, vilket kan vara överskattat för södra Sverige.

Utgående från resultaten i studien kan det konstateras att det inte nödvändigtvis är de kommuner med högst kommunemissioner av B(a)P som beräknas ha de högsta halterna. Ett exempel på detta är Sundsvalls kommun, som är kommunen med 3:e högst totalemission av B(a)P år 2012 ($21\,700 \text{ g år}^{-1}$), men ligger betydligt längre ner i listan vad gäller årsmedelhalter av B(a)P uttryckt som kartans högsta värde (76:e plats). Detta beror dels på att andelen lokaleldstäder i Sundsvall är relativt stor. Dessutom påverkas fördelningen av boytan för småhus och hur denna i sin tur är fördelad i kommunen. Sollefteå, å andra sidan, har högst beräknade halter, men har enbart den 24:e högsta kommunvisa totalemissionen. Här är andelen vedpannor hög.

Validering av SIMAIR-veds beräknade halter av B(a)P mot mätdata i Västerbottenprojektet visade att modellen överskattade halterna med ca 30 %. Korrigering av beräkningarna mot mätningar införs inte i denna studie, eftersom syftet är att identifiera potentiella riskområden för B(a)P. Till viss del kompenseras överskattningen med att bakgrundshalter och bidrag från vägtrafik ej har inkluderats i denna studie; beräkningarna kan anses representera ett "worst-case" scenario.

Vid beräkningen av halter av B(a)P i Västerbottenstudien (Omstedt et al., 2014) ingick ej regionala bakgrundsbidrag och vägtrafik. Dessa bidrag uppskattades emellertid som små; 0.05 ng m^{-3} respektive 0.005 ng m^{-3} som årsmedelvärde. I en genomgång av Datavärdskapet för Luftkvalitet (IVL, 2015) finns enbart en regional mätstation rapporterad för B(a)P; Vavihill i Skåne. År 2009 var halten av B(a)P 0.096 ng m^{-3} som årsmedelvärde. Grovt antaget varierar bakgrundshalter således från 0.05 i norra Sverige till 0.1 i södra Sverige. Emellertid är vedeldningens haltbidrag mindre i sydligaste Sverige, varför slutsatserna om bakgrundshaltens underordnade påverkan på överskridande av MKN även gäller där.

Beräknade nationella totalemissioner av B(a)P från denna studie kan jämföras med de nationella totalemissionerna som tas fram av SMED i den internationella rapporteringen (SMED och Naturvårdsverket, 2015). De nationella totalemissionerna från vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor samt oljepannor beräknas i denna studie till 1.52 ton år^{-1} för år 2012. Motsvarande värde i den internationella rapporteringen (koden 1.A.4.b.i) är 2.49 ton år^{-1} , dvs. ca 60 % högre. Vilket av dessa värden som är rimligast är svårt att fastslå utan att en mer ingående jämförelsestudie genomförs. Emellertid bygger metodiken i denna studie på en bottom-up teknik där mer detaljerade data sannolikt har använts. Om nationella totalemissioner enligt SMED skulle användas och metodiken istället skulle bli top-down skulle antalet kommuner med överskridande av MKN av B(a)P blir fler.

Vid jämförelse med beräknade emissioner från småskalig vedeldning i Stockholms län (SLB, 2010) har de beräknade emissionerna för de flesta kommuner i Storstockholm i denna studie minst dubbelt så höga emissioner jämfört med SLBs. Orsaken till detta är troligen att högre emissionsfaktorer används för lokaleldstäder i kombination med annan typ av indata och metodik. Även om emissionerna beräknas vara högre i denna studie är ändå slutsatserna avseende årsmedelhalter likvärdiga; haltnivåerna av B(a)P i Stockholms län underskrider MKN med stor marginal.

Skillnaderna mellan 2012 och ett normalår (genomsnittligt energibehov för referensåren 1960-1990) är relativt liten avseende emissionerna och halterna beräknade i denna studie (normalåret uppvisar generellt något högre emissioner och halter, men det varierar mellan olika län, se Tabell 1). I Sverige som helhet var 2012 lite varmare än det normala jämfört med referensperioden 1961-90 (SMHI, 2013). Under de kalla månaderna, där emissionerna från småskalig uppvärmning är som störst, var 2012 ur ett meteorologiskt perspektiv ett relativt normalt år. Notera att vid känslighetsanalysen med normalår avses enbart emissionernas storlek till följd av olika uppvärmningsbehov hos småhusen. Olika spridningsmeteorologiska förutsättningar har inte undersökts, eftersom enbart ett år (2012) har funnits att tillgå vad gäller det linjära sambandet mellan emissioner och halter.

Erfarenheter från denna studie kommer även att komma till nytta inom SMEDs geografiska fördelningen av utsläpp till luft (SMED, 2015). Fördelningsnyckeln där liknar den som används i denna studie, men fjärrvärmen är mer schablonmässigt antagen (antagande görs att tätorter > 20 000 invånare har fjärrvärme, och där skalas emissionerna ner med en faktor om 0.3). Vidare beräknas inga kommunvisa emissioner, utan emissionerna beräknas för fyra temperaturzoner i Sverige. Stor potential finns att metodiken i detta projekt, både vad gäller kommunvisa emissioner och fördelningen av emissioner inom kommuner, kan implementeras i SMEDs arbete med geografisk fördelning under nästkommande år.

Metodiken att genom enkla linjära samband beräkna lokala halter av B(a)P har visats ge goda resultat i denna studie. Det bör betonas att en förutsättning att genomföra nationella screeningar liknande denna är god tillgång till detaljerade lokalskaliga modelleringsstudier liknande Västerbottenprojektet. Således kan inte denna metodik ersätta lokalskalig spridningsmodellering, men den fungerar som ett bra komplement för att genrealisera dess slutsatser nationellt.

6.1 Osäkerheter

Det finns många osäkerheter att beakta i metodiken som används i denna studie. Detta kan gälla de ingående indata som används i beräkningarna, samt själva bearbetningen av dem eller metodiken i sig.

Den mest osäkra parametern bedöms vara statistiken från MSB över eldstäder och tillhörande bearbetning av dessa data. Det är oundvikligt att emissionerna som har beräknats för vissa kommuner kan vara felaktig till följd av brister i förfarandet med inrapportering av eldstäder. För kommuner som enligt beräkningarna har haltnivåer som överskrider eller är nära att överskrida MKN rekommenderas, i ett första steg, att en noggrannare granskning/inventering görs av de indata som används i beräkningarna, i synnerhet antalet eldstäder. En bra soterinventeringar är en av de viktigaste aspekterna för att kunna bygga upp en högkvalitativ lokal emissionsdatabas i kommunen för småskalig vedeldning.

Det kan nämnas att bland de kommuner som har allra högst halter finns rapportering av fastbränslepannor med keramikhärd som skiljer mer än 10 gånger från ett år till nästa. Dessutom ökar antal oljepannor med 40 % mellan två år. Detta är inte troliga scenarion utan indikerar snarare att det inte finns en inarbetad rutin i rapporteringen av eldstäder, vilket i bästa fall kan vara orsaken till att det förefaller vara normöverskridande halter. För kommuner som i denna sammanställning pekas ut att ha höga halter, och därmed är intressanta att följa upp, är rekommendationen att börja med att granska statistiken över antal pannor som inrapporterats och se som den håller god kvalitet.

Det finns å andra sidan på analogt sätt också en uppenbar risk att det finns räddningstjänster som rapporterat in en mängd pannor som är för låg. De orterna riskerar vi då att ha missat i denna screening över landet.

Även de data från Energimarknadsinspektionen som har använts vad gäller antal småhus anslutna till fjärrvärme är osäker. Exempelvis antas att alla fjärrvärmeanslutna småhus är belägna inom tätorter, vilket inte behöver vara fallet i verkligheten. Vidare finns det fjärrvärmeleverantörer med stora prisområden som levererar fjärrvärme i flera kommuner (särskilt i storstäderna) och för dessa blir osäkerheten i beräkningarna större. Dock bedöms statistiken över antal anslutna småhus till fjärrvärmenät vara mindre osäker än statistiken över antal eldstäder.

En annan parameter som i hög grad påverkar beräkningsresultaten är eldvanor (dvs. andelen ved som används för att värma upp huset jämfört med andra bränslen). Här är osäkerheten stor, exempelvis vad gäller lokaleldstäder som antas trivseldas, men som troligen i viss utsträckning för vissa småhus används för mer renodlad uppvärmning. Likaså har emissionsfaktorerna stor påverkan på beräkningsresultatet, och i denna studie används ett genomsnittligt värde för alla eldstäder i respektive kategori. Variationer kan emellertid vara stora exempelvis mellan gamla och nya vedpannor (Omstedt et al., 2007), men eftersom vedpannornas egenskaper inte framgår av dataunderlaget från MSB antas i denna studie genomsnittliga värden. Miljövinster är dock ofta stora att byta ut äldre vedpannor mot moderna miljöklassade vedpannor med ackumulatortank (Omstedt et al., 2008).

Notera att vid fördelningen av emissioner från eldstäder görs detta enbart över boyta för småhus. Vedeldning kan ju dock även förekomma i fritidshus, sannolikt främst med lokaleldstäder och främst i norra Sverige. Vid fördelningen har vi dock valt att exkludera fritidshus, eftersom det är oklart hur stor omfattningen av vedledning i fritidshus är i förhållande till småhus och det faktum att emissionerna sker under mer begränsade tidsperioder.

Slutligen finns det även stora osäkerheter i metodiken att anta linjära samband mellan emissioner och halter. Få lokalskaliga modelleringar har utförts och underlaget till dessa samband är begränsat. En risk med en sådan metodik är dessutom att gradienterna missas, i och med att emissionerna kan bli utsmetade över stora områden. Detta kanske till viss del även gäller resultaten i denna studie, men haltgradienten bedöms överlag reproducerades väl.

7 Slutsatser

Årsemissioner av B(a)P

- Beräkningarna i studien ger nationella totalemissioner av B(a)P från småskalig uppvärmning (år 2012) på 880 kg år⁻¹ för vedpannor, 630 kg år⁻¹ för lokaleldstäder, 3,6 kg år⁻¹ för pelletspannor och 4,3 kg år⁻¹ för oljepannor.
- Beräkningarna av kommunvisa totala årsemissioner av B(a)P från småhusens småskaliga uppvärmning (summan av vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) ger nivåer på mellan 300 – 25 000 g år⁻¹. Störst totalemission beräknas för Skellefteå, Stockholm, Sundsvall, Norrtälje och Gotland (mellan 20 000 och 25 000 g år⁻¹).
- De högsta årsemissionerna av B(a)P från vedpannor, som står för i särklass högst emission per enhet och därmed har störst påverkan på den lokala luftkvaliteten, beräknas för Skellefteå (18 200 g år⁻¹) följt av Örnsköldsvik (13 600 g år⁻¹), Gotland (13 500 g år⁻¹), Sundsvall (12 900 g år⁻¹) och Hudiksvall (12 300 g år⁻¹).

Årsmedelhalter av B(a)P

- Utifrån ett linjärt antagande mellan emissioner och halter fås kommunvisa årsmedelhalter av B(a)P 2012 på 0.03 – 1.03 ng m⁻³ för haltmåttet kartans högsta värde (KHV). Motsvarande värden för kartans ytmedelvärde (KYM) är 0.01 – 0.25 ng m⁻³.
- Beräkningarna indikerar att det föreligger risk för överskridande av MKN (>1.0 ng m⁻³) i vissa enskilda gridrutor i tätorterna Sollefteå och Laholm (avseende årsmedelhalt av B(a)P uttryckt som KHV). Höga årsmedelhalter (>0.8 ng m⁻³) fås även för Kramfors, Säfteå, Arvidsjaur, Boden, Skellefteå och Trollhättan. Detta är kommuner med en stor andel vedpannor i förhållande till lokaleldstäder.
- Merparten (273 av 290) av kommunerna i Sverige har haltnivåer (KHV) högre än miljö kvalitetsmålet Frisk luft (>0.1 ng m⁻³). Här är påverkan även betydande för utsläpp från trivseldning med lokaleldstäder.
- Skillnaden är liten mellan år 2012 och normalåret avseende referensåren 1960-1990; halterna (och emissionerna) är generellt 4 % högre för normalåret, men värdet varierar mellan olika län eftersom energibehovet är beräknat länsvis (från 1 % lägre halter/emissioner i Kronobergs län till 7 % högre halter/emissioner i Örebro län för normalåret).

Resultatens osäkerhet och användning

- Studien ska ses som en översiktlig kartläggning och screening av emissioner och halter av B(a)P från småskaliga vedeldningen. Beräkningarna kan anses representera ett "worst case".
- Det finns många osäkerheter och felkällor att beakta. Exempel på indata som påverkar beräkningarna är antalet eldstäder per kommun, antalet småhus anslutna till fjärrvärme, antaganden om eldvanor och emissionsfaktorer.
- Den i särklass största osäkerheten vad gäller indata är statistiken från MSB över antalet eldstäder per kommun, samt hur eldstäderna fördelas mellan olika kommuner i gemensamma räddningstjänstområden. Detaljeringsgraden av underlaget samt klassificeringen av eldstäderna kan variera betydligt mellan olika kommuner/räddningstjänstförbund.
- En annan osäkerhet vad gäller indata är statistik från Energimarknadsinspektionen över antalet anslutna småhus till fjärrvärmenät, men de indata bedöms emellertid vara mindre osäkra än

antalet eldstäder, åtminstone på kommunnivå. Osäkerheten ligger främst i den geografiska spridningen av de anslutna fastigheterna.

- Metodiken vad gäller att beräkna lokala halter från emissionsraster på 1 km × 1 km med antagande om linjära samband är också givetvis osäker. Många lokala parametrar som påverkar spridningen fångas inte i beräkningarna. Dock verkar metodiken ändå reproducera gradienter bra och fungerar tillfredställande till översiktliga kartläggningar såsom denna studie.
- För kommuner som enligt beräkningarna har haltnivåer som överskrider eller är nära att överskrida MKN rekommenderas, i ett första steg, att en noggrannare granskning/inventering görs av indata som används i beräkningarna, i synnerhet antalet eldstäder.

Tack

Studien har utförts på uppdrag av Naturvårdsverket (överenskommelsenr 2251-14-013). Tack till Matthew Ross-Jones, Titus Kyrklund och Johan Genberg på Naturvårdsverket för värdefulla synpunkter och kommentarer under arbetets gång.

8 Referenser

- BHM, 2003: Biobränsle-Hälsa-Miljö. Ett projekt inom Energimyndighetens FoU-program "Utsläpp och Luftkvalitet" och "småskalig uppvärmning". <http://www.energimyndigheten.se/Global/Forskning/Bygg/13127-1%20BHM%20-%20Emissionsklustret.pdf>
- EMEP/EEA, 2013: *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013*. EEA technical report, No. 12/2013. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013> A.4 Small combustion Appendix D 20+13update of methodologies for Small combustion(1A4)
- Energimarknadsinspektionen, 2015: Levererad värme per prisområde. http://ei.se/Documents/Publikationer/arsrapporter/fjarrvarme/rapporter_om_drift_och_affarsforhallanden/Levererad_varme_per_prisomrade.xlsx.
- Energimyndigheten, 2015: *Det svenska genomsnittshuset 2013*. <https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/>
- Gidhagen, L., Johansson, H. and Omstedt, G., 2009: *SIMAIR - Evaluation tool for meeting the EU directive on air pollution limits*. Atmospheric Environment, 43, 1029-1036, doi:10.1016/j.atmosenv.2008.01.056.
- IVL, 2015: Datavärdskapet för luftkvalitet. <http://www.ivl.se/tjanster/datavardskap/luftkvalitet.4.7df4c4e812d2da6a41680004804.html>
- MSB, 2015: <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Tillsyn--tillsynsvagledning/Skydd-mot-olyckor/Tillsynsvagledning/Arsuppfoljning-LSO/>
- Omstedt, G., 2007: VEDAIR - ett internetverktyg för bedömning av luftkvalitet vid småskalig biobränsleeldning. Modellbeskrivning och slutrapport mars 2007. SMHI Meteorologi rapport, Nr. 123, 37 pp. http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.10010!/meteorologi_123.pdf
- Omstedt, G., Andersson, S., Johansson, C. och Löfgren, B-E., 2008: *Luftkvalitet och småskalig biobränsleeldning Tillämpningar av SIMAIR ved för några kommuner*. SMHI Meteorologi Rapport, Nr. 135, 57 pp. http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.296!/Meteorologi_135.pdf
- Omstedt, G., Andersson, S., Gidhagen, L. and Robertson, L., 2011a: *Evaluation of new model tools for meeting the targets of the EU Air Quality Directive: A case study on the studded tyre use in Sweden*. International Journal of Environment and Pollution, Vol. 47, No. 1/2/3/4, 79-96, DOI: 10.1504/11.47328.
- Omstedt et al., 2013: Simulering av B(a)P i SIMAIR. Projekt på uppdrag av Naturvårdsverket, avtalsnummer 5011208.
- Omstedt, G., Forsberg, B. och Persson, K., 2014: *Vedrök i Västerbotten – mätningar, beräkningar och hälsokonsekvenser*. SMHI Meteorologi rapport, nr. 156, 83 pp. http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.80218!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Meteorologi_156.pdf

- Regeringen, 2012: Svenska miljömål – Preciseringar av miljökvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål. <http://www.regeringen.se/contentassets/1941c045c62d446c9ed4392bfaf80130/svenska-miljomal---preciseringar-av-miljokvalitetsmalen-och-en-forsta-uppsattning-etappmal-ds-201223>
- SLB-analys, 2010: Kartläggning av bens(a)pyrenhalter i Stockholms- och Uppsala län samt tätorterna Gävle och Sandviken. LVF 2010:06. http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/lyf2010_006.pdf
- SMED, 2012: Normalårskorrigerad av fossil kildioxidemission från fastighetsuppvärmning och elproduktion 2010-2011 varav 2011 avser preliminära data. Natuvårdsverkets avtalsnummer 309 1221. <http://www.smed.se/wp-content/uploads/2013/08/SMED-Rapport-nr-133.pdf>
- SMED och Naturvårdsverket, 2015: Informative Inventory Report Sweden 2015. <https://www.naturvardsverket.se/upload/samar-miljon/klimat-och-luft/luftfororeningar/iir-sweden-2015-report.pdf>
- SMED, 2015: Metod och kvalitetsbeskrivning av Geografiskt fördelade emissioner till luft. http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/rus/SiteCollectionDocuments/Statistik%20och%20data/Nationell%20emissionsdatabas/Metod_och_kvalitetsbeskrivning_Geografisk_f%C3%B6rdelning_2015.pdf
- SMHI, 2013: Året 2012 - Mycket nederbördsrikt med nya rekord i nordöstra Norrland. <http://www.smhi.se/klimatdata/arssammanställningar/aret-2012-mycket-nederbordsrikt-med-nya-rekord-i-nordost-norrland-1.28148>
- Taeser, R. och Andersson, C., 1984: A method for solar radiation computations using routine meteorological observations. Energy and Buildings Vol. 7, p 341 – 352.
- Taeser, R., Andersson, C., Nord, M. och Gollvik, L., 2006: Analyses of impacts of weather and climate on building energy performance with special regard to urban climate characteristics. Preprint, 6th International Conference on Urban Climate, Göteborg, Sweden, June 12th – 16th 2006.
- Todorovic, J., Broden, H., Pader, N., Lange, S., Gustavsson, L., Johansson, L., Paulrud, S. och Löfgren, B., 2007: Syntes och analys av emissionsfaktorer för småskalig biobränsleförbränning. Slutrapport för avtal 503 0506 och 503 0507 Naturvårdsverket.

9 Bilagor

Förteckning bilagor

9.1	Bilaga 1: Kommunvisa emissioner av B(a)P	32
9.2	Bilaga 2: Kommunvisa halter av B(a)P.....	36
9.3	Bilaga 3: Beskrivning av modellen ENLOSS för beräkning av småhusens energibehov.....	42

9.1 Bilaga 1: Kommunvisa emissioner av B(a)P

Tabell A. Beräknade kommunvisa emissioner av B(a)P för vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor samt oljepannor utgående från metodiken beskriven i Avsnitt 4.1.1 till 4.1.4. Emissionerna redovisas för år 2012 samt ett normalår (beräknat genomsnittligt energibehov för referensåren 1960-1990).

		Q [g/år] B(a)P år 2012					Q [g/år] B(a)P normalår				
		Ved-pannor	Lokal-eldstäder	Pellets-pannor	Olje-pannor	Totalt	Ved-pannor	Lokal-eldstäder	Pellets-pannor	Olje-pannor	Totalt
114	Upplands Väsby	300	1498	2.2	8.5	1809	311	1551	2.2	8.8	1873
115	Vallentuna	426	3867	2.9	27.9	4324	441	4003	3.0	28.9	4476
117	Österåker	645	5838	4.2	41.4	6529	668	6043	4.3	42.9	6758
120	Värmdö	638	5727	4.0	36.9	6406	660	5929	4.1	38.2	6631
123	Järfälla	808	2669	3.7	15.3	3496	836	2763	3.9	15.9	3619
125	Ekerö	544	2285	4.3	15.9	2849	563	2365	4.4	16.5	2950
126	Huddinge	853	5005	9.7	36.4	5905	883	5181	10.1	37.6	6113
127	Botkyrka	443	3476	5.0	18.8	3942	458	3598	5.1	19.4	4081
128	Salem	174	1049	2.0	7.2	1233	181	1086	2.0	7.5	1276
136	Haninge	655	3817	7.6	28.4	4508	678	3951	7.8	29.4	4667
138	Tyresö	643	2479	4.9	18.4	3145	666	2566	5.1	19.0	3256
139	Upplands-Bro	345	1038	1.6	6.4	1391	357	1075	1.6	6.6	1440
140	Nykvarn	175	714	1.4	5.4	896	181	739	1.4	5.6	927
160	Täby	511	6869	5.2	51.7	7436	529	7110	5.3	53.5	7698
162	Danderyd	246	3381	2.5	25.4	3655	255	3500	2.6	26.3	3783
163	Sollentuna	525	3094	3.6	14.9	3637	543	3202	3.8	15.5	3765
180	Stockholm	1593	22023	16.1	161.3	23793	1649	22797	16.7	167.0	24630
181	Södertälje	789	3512	6.2	23.1	4330	817	3636	6.4	23.9	4483
182	Nacka	602	4311	7.7	29.8	4951	623	4463	8.0	30.9	5125
183	Sundbyberg	42	629	0.4	4.5	676	43	652	0.4	4.6	700
184	Solna	20	305	0.2	2.0	327	21	315	0.2	2.0	338
186	Lidingö	258	3506	2.6	26.3	3793	267	3629	2.7	27.2	3926
187	Vaxholm	152	1349	1.0	9.6	1512	158	1396	1.0	9.9	1565
188	Norrköping	6784	14532	14.6	29.8	21360	7022	15043	15.1	30.8	22112
191	Sigtuna	534	1460	2.4	9.5	2007	553	1512	2.5	9.8	2077
192	Nynäshamn	424	1627	3.3	12.4	2067	439	1684	3.4	12.8	2139
305	Håbo	2678	1515	7.7	7.9	4208	2758	1560	7.9	8.1	4334
319	Älvkarleby	1334	802	3.7	3.6	2143	1374	826	3.8	3.7	2207
330	Knivsta	351	1012	1.6	6.2	1371	362	1042	1.6	6.4	1412
331	Heby	5503	1690	13.8	16.7	7224	5669	1741	14.2	17.2	7441
360	Tierp	6723	3200	18.1	14.5	9956	6925	3297	18.7	14.9	10255
380	Uppsala	4283	11134	24.0	45.1	15487	4412	11469	24.7	46.4	15952
381	Enköping	3821	2717	12.2	12.4	6563	3936	2799	12.6	12.8	6760
382	Östhammar	7551	3616	20.0	16.3	11204	7778	3725	20.6	16.8	11540
428	Vingåker	1831	876	4.6	6.1	2718	1916	917	4.8	6.4	2845
461	Gnesta	1706	2367	4.8	10.4	4088	1786	2478	5.0	10.9	4279
480	Nyköping	5545	5030	13.0	27.6	10616	5805	5265	13.6	28.9	11112
481	Oxelösund	82	674	0.6	2.8	759	86	705	0.6	2.9	795
482	Flen	3057	2120	15.4	6.8	5199	3200	2219	16.1	7.2	5442
483	Katrineholm	4026	2250	10.9	14.4	6301	4214	2356	11.4	15.1	6596
484	Eskilstuna	5234	5597	8.9	27.1	10867	5479	5858	9.3	28.4	11375
486	Strängnäs	2080	2611	10.5	13.1	4715	2177	2733	11.0	13.7	4935
488	Trosa	870	1687	1.8	4.2	2563	911	1766	1.8	4.4	2683
509	Ödeshög	2030	775	3.7	4.8	2814	2119	809	3.9	5.0	2937
512	Ydre	1946	1364	2.4	3.9	3316	2031	1423	2.5	4.0	3461
513	Kinda	2920	2748	9.7	3.2	5681	3048	2868	10.1	3.3	5929
560	Boxholm	1519	582	2.6	5.1	2109	1585	607	2.7	5.3	2201
561	Åtvidaberg	2240	899	7.6	5.3	3151	2337	938	8.0	5.6	3289
562	Finspång	3324	2137	9.0	7.9	5478	3469	2230	9.4	8.3	5717
563	Valdemarsvik	2017	1317	7.6	7.8	3350	2105	1375	7.9	8.2	3496
580	Linköping	2713	5344	13.3	27.7	8098	2831	5578	13.9	28.9	8451
581	Norrköping	3787	4961	16.6	31.9	8796	3952	5177	17.3	33.3	9180
582	Söderköping	2703	2018	7.5	12.6	4741	2821	2106	7.8	13.2	4948
583	Motala	4752	3183	29.8	28.7	7994	4960	3322	31.1	30.0	8343
584	Vadstena	814	619	5.6	5.4	1444	849	646	5.9	5.6	1507
586	Mjölby	1785	1555	6.2	5.7	3352	1862	1623	6.4	6.0	3498
604	Aneby	2395	1134	5.5	3.5	3538	2474	1171	5.7	3.6	3654
617	Gnosjö	1593	755	7.4	7.3	2363	1645	780	7.6	7.5	2440
642	Mullsjö	1341	911	6.3	2.2	2260	1384	940	6.5	2.3	2334
643	Habo	1641	1349	7.8	5.5	3003	1695	1393	8.1	5.7	3102
662	Gislaved	5616	1251	23.5	20.7	6911	5800	1292	24.3	21.4	7137
665	Vaggeryd	2840	1247	10.8	7.5	4105	2933	1287	11.2	7.7	4239
680	Jönköping	6509	6993	33.0	37.9	13573	6722	7222	34.0	39.1	14017
682	Nässjö	5549	3116	17.2	20.8	8703	5731	3218	17.8	21.5	8988
683	Värnamo	5861	2786	18.2	16.8	8682	6052	2877	18.8	17.3	8966
684	Sävsjö	4100	1712	5.9	8.0	5826	4234	1768	6.1	8.3	6016
685	Vetlanda	6117	3179	18.0	21.6	9336	6317	3283	18.6	22.4	9641
686	Eksjö	3306	2165	8.5	16.0	5496	3415	2235	8.8	16.6	5675
687	Tranås	2135	1712	2.4	4.0	3854	2205	1768	2.5	4.1	3980
760	Uppvidinge	2643	607	9.2	10.1	3270	2616	601	9.1	10.0	3235
761	Lessebo	2252	489	8.1	8.9	2758	2228	484	8.0	8.9	2729
763	Tingsryd	4257	887	14.1	15.5	5174	4213	877	13.9	15.3	5120
764	Alvesta	3346	2391	9.4	9.5	5755	3311	2366	9.3	9.4	5696
765	Älmhult	3099	1476	10.6	14.9	4601	3067	1460	10.5	14.7	4553
767	Markaryd	3693	1043	10.4	19.1	4766	3654	1033	10.3	18.9	4716
780	Växjö	6156	7108	21.6	21.6	13307	6092	7034	21.3	21.4	13169
781	Ljungby	5926	1887	13.9	14.1	7841	5864	1867	13.8	13.9	7759

821	Högsby	2886	508	8.2	7.5	3410	2991	527	8.5	7.7	3534
834	Torsås	3112	1489	8.5	7.1	4617	3225	1543	8.8	7.4	4785
840	Mörbylånga	1577	2283	5.9	10.1	3876	1635	2366	6.1	10.5	4017
860	Hultsfred	3373	649	24.2	13.0	4059	3496	673	25.0	13.5	4207
861	Mönsterås	1216	1889	0.0	5.3	3111	1261	1958	0.0	5.5	3224
862	Emmaboda	2769	1746	8.9	7.6	4532	2870	1810	9.2	7.9	4697
880	Kalmar	4771	4459	26.0	25.6	9281	4944	4621	27.0	26.5	9619
881	Nybro	3822	1309	16.2	9.4	5156	3961	1356	16.8	9.7	5344
882	Oskarshamn	4200	3041	24.1	19.8	7285	4353	3151	24.9	20.5	7550
883	Västervik	4992	5518	23.8	34.0	10567	5173	5719	24.7	35.2	10952
884	Vimmerby	2044	1838	8.1	5.0	3895	2118	1905	8.4	5.2	4037
885	Borgholm	1186	2006	4.8	8.1	3205	1229	2079	5.0	8.4	3322
980	Gottland	13466	6058	40.3	26.3	19591	13970	6285	41.8	27.3	20324
1060	Olofström	1841	1264	9.7	15.3	3131	1903	1307	10.0	15.8	3236
1080	Karlskrona	7048	5773	26.7	29.1	12877	7286	5967	27.6	30.1	13311
1081	Ronneby	3504	3278	14.1	15.6	6812	3622	3389	14.6	16.1	7042
1082	Karlshamn	3473	2645	18.8	30.3	6167	3590	2734	19.5	31.3	6375
1083	Sölvesborg	2479	1713	12.8	20.5	4226	2563	1771	13.2	21.2	4368
1214	Svalöv	1199	745	12.4	13.9	1970	1273	790	13.2	14.8	2091
1230	Staffanstorps	463	1237	1.5	10.5	1712	492	1313	1.6	11.2	1817
1231	Burlöv	76	340	2.2	5.4	424	81	361	2.3	5.7	450
1233	Vellinge	254	2441	3.6	11.5	2711	270	2591	3.9	12.2	2877
1256	Östra Göinge	2372	1098	19.5	14.2	3503	2517	1165	20.7	15.1	3719
1257	Örkelljunga	2117	754	9.2	11.2	2891	2247	800	9.8	11.8	3068
1260	Bjuv	465	485	6.5	17.0	974	494	515	6.9	18.0	1034
1261	Kävlinge	217	1038	6.8	15.2	1277	230	1102	7.2	16.1	1355
1262	Lomma	111	1137	0.0	19.1	1267	117	1207	0.0	20.2	1344
1263	Svedala	238	811	3.5	14.4	1067	253	860	3.7	15.3	1132
1264	Skurup	257	398	0.6	3.9	660	273	422	0.6	4.1	700
1265	Sjöbo	304	516	0.7	4.7	825	323	547	0.7	5.0	876
1266	Hörby	2487	619	6.1	10.2	3122	2640	657	6.4	10.8	3314
1267	Höör	1314	1440	11.3	12.0	2777	1394	1528	12.0	12.8	2948
1270	Tomelilla	219	348	0.5	3.4	570	232	369	0.5	3.6	606
1272	Bromölla	1106	718	10.4	11.2	1846	1174	762	11.0	11.8	1960
1273	Osby	4120	1365	15.4	14.5	5515	4373	1449	16.4	15.3	5854
1275	Perstorp	631	301	3.2	3.2	939	670	320	3.4	3.4	997
1276	Klippan	2024	812	14.0	14.6	2865	2149	862	14.9	15.5	3041
1277	Åstorp	479	434	7.3	11.9	932	508	461	7.7	12.7	989
1278	Båstad	2194	451	2.7	54.6	2702	2329	478	2.8	58.0	2868
1280	Malmö	373	3162	15.2	33.6	3584	396	3357	16.1	35.6	3805
1281	Lund	460	2177	14.2	31.8	2683	488	2311	15.1	33.8	2848
1282	Landskrona	282	925	6.7	12.2	1225	299	982	7.1	13.0	1301
1283	Helsingborg	501	2268	8.8	27.8	2806	532	2407	9.3	29.5	2978
1284	Höganäs	1108	1678	2.4	21.5	2810	1176	1781	2.5	22.9	2982
1285	Eslöv	206	989	6.4	14.5	1215	218	1050	6.8	15.3	1290
1286	Ystad	305	579	0.8	5.2	890	324	614	0.8	5.5	944
1287	Trelleborg	634	2082	8.5	32.0	2757	673	2210	9.1	34.0	2926
1290	Kristianstad	2398	4633	35.6	47.3	7114	2546	4918	37.8	50.2	7552
1291	Simrishamn	360	534	0.8	5.5	900	382	567	0.9	5.9	955
1292	Ängelholm	2055	2349	13.3	21.2	4438	2181	2493	14.1	22.5	4711
1293	Hässleholm	7637	3390	46.6	45.8	11120	8107	3599	49.5	48.6	11803
1315	Hyfte	3502	768	9.4	9.7	4289	3690	809	9.9	10.2	4519
1380	Halmstad	4969	5324	20.5	64.0	10377	5235	5610	21.6	67.4	10934
1381	Laholm	9199	2530	26.9	58.4	11814	9693	2665	28.4	61.5	12448
1382	Falkenberg	5619	3217	34.5	25.1	8896	5921	3389	36.3	26.4	9373
1383	Varberg	6481	3687	28.3	28.2	10225	6829	3885	29.8	29.7	10773
1384	Kungsbacka	2385	4844	17.5	33.7	7280	2513	5104	18.4	35.5	7670
1401	Härbyda	1080	2190	8.0	15.2	3293	1123	2277	8.3	15.8	3424
1402	Partille	878	1742	6.0	11.0	2637	913	1812	6.2	11.5	2742
1407	Öckerö	34	1005	3.0	19.9	1062	36	1045	3.1	20.7	1105
1415	Stenungsund	2614	2141	8.8	13.1	4777	2718	2227	9.1	13.6	4967
1419	Tjörn	2283	2183	9.6	21.3	4497	2374	2270	10.0	22.2	4676
1421	Orust	3976	1764	5.2	18.4	5764	4134	1834	5.4	19.1	5993
1427	Sotenäs	582	1310	5.3	15.5	1912	605	1362	5.5	16.1	1988
1430	Munkedal	1710	747	7.0	21.2	2484	1778	776	7.2	22.0	2583
1435	Tanum	3383	1733	10.3	26.3	5153	3518	1802	10.7	27.3	5358
1438	Dals-Ed	2251	619	3.7	6.4	2880	2340	644	3.8	6.7	2995
1439	Färgelanda	1426	495	2.8	5.3	1929	1483	515	2.9	5.5	2006
1440	Ale	2507	1260	8.7	14.8	3791	2607	1310	9.0	15.4	3942
1441	Lerum	1371	2598	9.9	18.8	3998	1426	2702	10.3	19.5	4157
1442	Vårgårda	2425	519	5.6	7.3	2958	2522	540	5.8	7.5	3076
1443	Bollebygd	1670	638	7.6	5.7	2321	1737	663	7.9	6.0	2414
1444	Grästorps	1291	318	6.0	3.6	1619	1342	331	6.2	3.7	1683
1445	Essunga	1452	320	6.5	4.2	1782	1510	332	6.7	4.4	1853
1446	Karlsborg	1331	494	5.4	4.4	1834	1384	513	5.6	4.6	1907
1447	Gullspång	1270	452	5.0	4.1	1731	1321	470	5.2	4.3	1800
1452	Tranemo	2101	997	10.2	9.1	3118	2185	1037	10.6	9.4	3242
1460	Bengtstors	3452	1284	14.8	18.1	4768	3589	1335	15.4	18.8	4958
1461	Mellerud	1893	656	3.6	7.2	2560	1969	682	3.7	7.5	2662
1462	Lilla Edet	2818	916	14.4	9.4	3759	2931	953	15.0	9.8	3908
1463	Mark	6305	2680	36.4	25.4	9047	6557	2787	37.8	26.4	9408
1465	Svenljunga	2216	959	10.8	8.7	3195	2304	998	11.2	9.0	3322
1466	Herrljunga	4060	639	13.9	7.3	4721	4222	665	14.5	7.6	4909
1470	Vara	3422	850	16.0	9.5	4298	3559	884	16.7	9.9	4469
1471	Götene	2773	1090	11.8	11.5	3887	2884	1134	12.3	12.0	4042
1472	Tibro	1881	691	7.3	6.2	2586	1956	719	7.6	6.5	2689
1473	Töreboda	1887	681	7.5	6.2	2582	1962	708	7.8	6.4	2685
1480	Göteborg	4142	12677	34.5	64.1	16917	4307	13182	35.9	66.6	17591
1481	Mölnådal	1304	2989	9.7	18.0	4321	1356	3108	10.1	18.7	4493
1482	Kungälv	3108	3093	16.6	18.4	6235	3231	3216	17.2	19.1	6484

1484	Lysekil	1815	839	7.7	27.9	2690	1887	873	8.1	29.0	2797
1485	Uddevalla	4669	3287	15.4	17.3	7989	4855	3418	16.0	18.0	8307
1486	Strömstad	1030	1511	8.0	21.5	2571	1071	1571	8.3	22.3	2673
1487	Vänersborg	4737	1693	9.0	18.9	6459	4926	1761	9.3	19.7	6716
1488	Trollhättan	5160	1980	10.2	20.9	7170	5365	2059	10.6	21.7	7456
1489	Alingsås	5128	1445	14.3	18.7	6607	5333	1503	14.9	19.5	6870
1490	Borås	9870	4784	50.3	38.9	14743	10263	4974	52.3	40.4	15330
1491	Ulricehamn	4427	1738	20.5	16.5	6201	4603	1807	21.3	17.1	6448
1492	Ämål	3008	1297	18.0	16.9	4340	3128	1348	18.8	17.5	4513
1493	Mariestad	3022	1453	13.7	11.4	4500	3142	1511	14.3	11.9	4680
1494	Lidköping	3018	1525	18.8	12.3	4574	3139	1585	19.5	12.8	4756
1495	Skara	2587	1076	15.4	13.3	3692	2691	1119	16.1	13.8	3839
1496	Skövde	6167	2493	25.8	21.3	8707	6412	2592	26.9	22.1	9054
1497	Hjo	1259	618	5.8	4.8	1888	1310	642	6.0	5.0	1963
1498	Tidaholm	3322	743	12.6	9.5	4087	3454	773	13.1	9.9	4250
1499	Falköping	6608	1534	26.0	17.2	8186	6871	1596	27.0	17.9	8512
1715	Kil	1265	1043	5.3	16.2	2329	1320	1089	5.5	16.9	2432
1730	Eda	4380	1198	9.0	20.0	5607	4573	1251	9.4	20.9	5854
1737	Torsby	4967	2128	12.2	22.5	7129	5185	2222	12.7	23.5	7443
1760	Storfors	930	414	5.6	5.4	1355	971	432	5.8	5.6	1415
1761	Hammarö	1076	1113	5.0	15.4	2209	1123	1162	5.2	16.1	2307
1762	Munkfors	495	390	4.0	4.6	893	516	407	4.1	4.8	932
1763	Forshaga	1646	1072	6.3	18.6	2742	1718	1119	6.5	19.5	2863
1764	Grums	1358	824	4.7	15.5	2202	1417	860	4.9	16.2	2299
1765	Årjäng	5331	2323	6.9	15.7	7676	5565	2425	7.2	16.4	8014
1766	Sunne	5597	1906	12.2	15.4	7530	5843	1990	12.8	16.1	7862
1780	Karlstad	4572	4512	20.2	64.9	9170	4774	4711	21.1	67.8	9574
1781	Kristinehamn	3301	1563	20.0	19.7	4904	3446	1632	20.9	20.5	5120
1782	Filipstad	1954	869	12.1	11.2	2846	2040	907	12.6	11.7	2972
1783	Hagfors	3790	1945	20.6	25.3	5780	3956	2030	21.5	26.5	6035
1784	Ärvika	5940	3005	18.2	18.6	8982	6201	3138	19.0	19.4	9377
1785	Säffle	5689	1308	18.8	13.2	7030	5940	1366	19.7	13.8	7339
1814	Lekeberg	1388	764	3.9	5.7	2162	1489	820	4.2	6.1	2319
1860	Laxå	1034	561	2.8	4.3	1601	1109	601	3.0	4.6	1718
1861	Hallsberg	2638	1369	7.0	10.9	4026	2830	1469	7.5	11.7	4318
1862	Degerfors	1585	801	9.8	9.8	2406	1700	859	10.6	10.5	2580
1863	Hällefors	1103	602	7.4	7.0	1719	1183	646	8.0	7.5	1844
1864	Ljusnarsberg	1149	606	8.3	5.3	1769	1233	650	8.9	5.7	1898
1880	Örebro	10519	6473	30.1	46.4	17069	11283	6943	32.3	49.8	18308
1881	Kumla	2997	1514	7.8	12.2	4531	3214	1624	8.4	13.1	4860
1882	Askersund	2208	1085	5.7	8.8	3308	2368	1164	6.2	9.5	3548
1883	Karlskoga	3181	1832	21.2	20.9	5056	3412	1965	22.7	22.4	5423
1884	Nora	2107	1050	6.0	7.7	3170	2259	1126	6.5	8.3	3400
1885	Lindesberg	4070	2243	12.2	15.7	6341	4366	2406	13.0	16.8	6801
1904	Skinnskatteb.	1974	1058	6.8	4.1	3043	2048	1097	7.0	4.3	3156
1907	Surahammar	840	622	3.3	3.9	1469	871	645	3.4	4.0	1524
1960	Kungsör	1246	615	2.7	4.1	1868	1293	638	2.8	4.3	1937
1961	Hallstaham.	827	803	3.7	4.4	1638	858	833	3.8	4.5	1699
1962	Norberg	1487	644	8.0	3.6	2143	1542	668	8.3	3.7	2222
1980	Västerås	2807	4900	14.4	18.3	7740	2912	5082	15.0	19.0	8028
1981	Sala	5260	2267	13.7	11.3	7553	5456	2352	14.2	11.7	7834
1982	Fagersta	2056	1042	11.5	5.6	3115	2132	1080	12.0	5.8	3230
1983	Köping	2048	1312	4.9	7.5	3373	2125	1361	5.1	7.8	3498
1984	Arboga	1370	831	3.2	4.8	2208	1420	862	3.3	5.0	2290
2021	Vansbro	3051	932	12.6	7.0	4002	3250	992	13.4	7.4	4263
2023	Malung-Sälen	2169	1810	6.2	6.0	3991	2311	1928	6.6	6.4	4252
2026	Gagnef	4083	373	23.6	9.1	4489	4349	397	25.2	9.7	4782
2029	Leksand	3378	3285	14.8	10.7	6688	3598	3499	15.8	11.4	7125
2031	Rättvik	6046	2923	12.4	9.3	8991	6441	3114	13.2	9.9	9578
2034	Orsa	2636	396	4.6	1.2	3038	2808	422	4.9	1.3	3236
2039	Älvdalen	1459	1536	5.5	3.9	3005	1554	1637	5.8	4.1	3201
2061	Smedjeback.	3771	2400	21.0	9.1	6201	4017	2557	22.4	9.7	6606
2062	Mora	5298	3061	12.1	13.3	8384	5644	3261	12.9	14.2	8931
2080	Falun	8902	5781	50.3	28.1	14761	9483	6158	53.6	29.9	15724
2081	Borlänge	3052	4713	24.6	13.6	7802	3251	5020	26.2	14.5	8312
2082	Säter	2502	1473	13.1	8.2	3997	2666	1569	14.0	8.7	4258
2083	Hedemora	3567	2001	21.1	10.0	5599	3799	2131	22.5	10.7	5964
2084	Avesta	3923	2535	24.5	12.1	6495	4179	2701	26.1	12.9	6919
2085	Ludvika	4882	2865	34.0	23.5	7804	5200	3052	36.2	25.0	8314
2101	Ockelbo	1106	651	3.2	3.0	1763	1127	663	3.2	3.1	1797
2104	Hofors	997	826	3.3	3.1	1830	1016	842	3.3	3.2	1865
2121	Ovanåker	2988	1631	11.7	6.2	4637	3046	1663	11.9	6.3	4727
2132	Nordanstig	4657	960	15.9	5.3	5638	4748	978	16.2	5.4	5748
2161	Ljusdal	7242	3130	16.6	14.0	10403	7383	3191	17.0	14.2	10605
2180	Gävle	7119	6143	23.3	22.4	13307	7257	6262	23.8	22.8	13566
2181	Sandviken	3077	2792	10.3	9.9	5889	3137	2846	10.5	10.1	6004
2182	Söderhamn	6045	3272	23.7	12.5	9353	6162	3336	24.1	12.7	9535
2183	Bollnäs	5323	3389	22.4	11.9	8746	5426	3455	22.9	12.2	8916
2184	Hudiksvall	12295	2752	44.5	14.7	15106	12534	2805	45.3	15.0	15399
2260	Änge	2801	1528	10.2	7.0	4346	2959	1615	10.8	7.4	4592
2262	Timrå	2996	2136	12.6	8.7	5153	3165	2257	13.3	9.2	5444
2280	Härnösand	5403	2471	19.9	11.7	7905	5708	2611	21.0	12.4	8352
2281	Sundsvall	12867	8785	53.5	36.7	21742	13594	9281	56.5	38.8	22970
2282	Kramfors	8697	2674	26.4	15.6	11413	9189	2825	27.9	16.5	12058
2283	Sollefteå	8484	2557	25.5	15.1	11082	8963	2702	27.0	16.0	11708
2284	Örnsköldsvik	13572	5251	105.6	29.6	18959	14339	5548	111.6	31.3	20030
2303	Ragunda	3981	639	6.2	4.0	4630	3969	637	6.1	4.0	4617
2305	Bräcke	3290	1162	3.9	3.4	4460	3280	1159	3.9	3.4	4446
2309	Krokoms	5601	2275	6.4	6.3	7889	5585	2268	6.4	6.3	7865
2313	Strömsund	5291	2016	5.9	5.7	7318	5275	2010	5.9	5.7	7297
2321	Åre	2412	2201	5.9	6.4	4626	2405	2195	5.9	6.4	4612

2326	Berg	3901	1464	4.1	4.1	5374	3890	1460	4.1	4.0	5358
2361	Härjedalen	3859	3055	5.7	8.8	6928	3848	3046	5.7	8.7	6908
2380	Östersund	7651	4952	10.9	11.1	12625	7628	4938	10.9	11.1	12588
2401	Nordmaling	3461	375	12.4	0.8	3849	3618	392	13.0	0.9	4024
2403	Bjurholm	1604	169	3.9	2.5	1779	1678	176	4.1	2.6	1861
2404	Vindeln	4571	746	14.9	4.5	5336	4779	780	15.6	4.7	5580
2409	Robertsfors	4626	1047	17.5	1.9	5692	4837	1095	18.2	2.0	5952
2417	Norsjö	2586	167	11.1	0.3	2764	2704	175	11.6	0.3	2891
2418	Malå	1572	250	10.5	0.0	1832	1644	261	11.0	0.0	1916
2421	Storuman	5232	2441	19.0	4.7	7696	5471	2552	19.8	4.9	8048
2422	Sorsele	1979	892	6.8	1.0	2878	2069	932	7.1	1.0	3010
2425	Dorotea	2781	576	4.0	2.1	3363	2908	602	4.2	2.2	3516
2460	Vännäs	2397	837	17.5	3.4	3254	2506	875	18.2	3.5	3403
2462	Vilhelmina	5598	2915	9.5	3.4	8526	5853	3048	10.0	3.6	8915
2463	Åsele	1361	487	5.0	1.0	1854	1423	509	5.2	1.1	1938
2480	Umeå	7805	7282	37.2	9.5	15134	8161	7614	38.9	10.0	15824
2481	Lycksele	2703	874	35.6	7.5	3621	2827	914	37.2	7.9	3786
2482	Skellefteå	18221	6745	65.3	6.4	25038	19053	7053	68.3	6.7	26181
2505	Arvidsjaur	3031	284	13.2	2.6	3331	3092	290	13.4	2.7	3398
2506	Arjeplog	1755	449	8.2	0.4	2213	1791	459	8.4	0.4	2258
2510	Jokkmokk	2034	714	11.5	5.2	2765	2075	729	11.7	5.3	2821
2513	Överkalix	1452	213	5.3	7.4	1677	1482	217	5.4	7.5	1711
2514	Kalix	5764	1308	32.3	21.5	7126	5880	1335	32.9	22.0	7270
2518	Övertorneå	1392	526	5.8	13.3	1937	1420	537	5.9	13.6	1977
2521	Pajala	2557	1279	1.1	6.1	3844	2609	1305	1.2	6.2	3921
2523	Gällivare	1443	1734	5.7	10.7	3193	1472	1769	5.8	10.9	3258
2560	Älvsbyn	2651	413	17.0	6.8	3088	2704	422	17.3	6.9	3150
2580	Luleå	1447	4102	19.4	6.1	5575	1477	4185	19.8	6.3	5688
2581	Piteå	7677	4492	33.5	11.9	12215	7833	4583	34.2	12.1	12462
2582	Boden	7021	2004	13.5	4.5	9043	7163	2044	13.8	4.6	9226
2583	Haparanda	2536	1787	10.0	11.0	4344	2587	1823	10.2	11.2	4432
2584	Kiruna	1081	2476	1.9	3.7	3563	1103	2526	2.0	3.7	3635

9.2 Bilaga 2: Kommunvisa halter av B(a)P

Tabell B. Beräknade kommunvisa årsmedelhalter av B(a)P från emissioner från småskalig uppvärmning (vedpannor, lokaleldstäder, pelletspannor och oljepannor) för år 2012 samt ett normalår. Värdena som anges är den maximala gridrutan i varje kommun för haltmåtten KHV (kartans högsta värde) och KYM (kartans ytmedelvärde).

		Årsmedelhalt av B(a)P [ng m ⁻³]			
		KHV 2012	KHV normalår	KYM 2012	KYM normalår
114	Upplands Väsby	0.22	0.23	0.06	0.07
115	Vallentuna	0.32	0.33	0.09	0.10
117	Österåker	0.41	0.42	0.12	0.12
120	Värmdö	0.20	0.21	0.06	0.06
123	Järfälla	0.37	0.38	0.11	0.11
125	Ekerö	0.15	0.16	0.04	0.05
126	Huddinge	0.25	0.25	0.07	0.07
127	Botkyrka	0.21	0.21	0.06	0.06
128	Salem	0.17	0.18	0.05	0.05
136	Haninge	0.21	0.22	0.06	0.06
138	Tyresö	0.32	0.33	0.09	0.10
139	Upplands-Bro	0.24	0.25	0.07	0.07
140	Nykvarn	0.12	0.12	0.04	0.04
160	Täby	0.41	0.43	0.12	0.13
162	Danderyd	0.32	0.33	0.09	0.10
163	Sollentuna	0.18	0.19	0.05	0.06
180	Stockholm	0.45	0.47	0.13	0.14
181	Södertälje	0.39	0.41	0.11	0.12
182	Nacka	0.19	0.20	0.06	0.06
183	Sundbyberg	0.19	0.20	0.06	0.06
184	Solna	0.09	0.09	0.03	0.03
186	Lidingö	0.25	0.25	0.07	0.07
187	Vaxholm	0.04	0.05	0.01	0.01
188	Norrtälje	0.66	0.68	0.19	0.20
191	Sigtuna	0.15	0.16	0.05	0.05
192	Nynäshamn	0.13	0.13	0.04	0.04
305	Håbo	0.33	0.34	0.10	0.10
319	Älvkarleby	0.26	0.27	0.08	0.08
330	Knivsta	0.10	0.10	0.03	0.03
360	Tierp	0.39	0.40	0.11	0.12
380	Uppsala	0.30	0.31	0.09	0.09
381	Enköping	0.30	0.30	0.09	0.09
382	Östhammar	0.59	0.60	0.17	0.18
428	Vingåker	0.24	0.25	0.07	0.07
461	Gnesta	0.16	0.17	0.05	0.05
480	Nyköping	0.62	0.65	0.18	0.19
481	Oxelösund	0.14	0.15	0.04	0.04
482	Flen	0.26	0.28	0.08	0.08
483	Katrineholm	0.24	0.25	0.07	0.07
484	Eskilstuna	0.27	0.28	0.08	0.08
486	Strängnäs	0.24	0.25	0.07	0.07
488	Trosa	0.20	0.21	0.06	0.06
509	Ödeshög	0.43	0.45	0.10	0.11
512	Ydre	0.30	0.31	0.09	0.09
513	Kinda	0.47	0.49	0.14	0.14
560	Boxholm	0.40	0.42	0.10	0.10
561	Åtvidaberg	0.57	0.60	0.14	0.14
562	Finspång	0.40	0.41	0.12	0.12
563	Valdemarsvik	0.26	0.27	0.08	0.08

580	Linköping	0.19	0.20	0.06	0.06
581	Norrköping	0.23	0.24	0.07	0.07
582	Söderköping	0.38	0.40	0.11	0.12
583	Motala	0.46	0.48	0.14	0.14
584	Vadstena	0.17	0.18	0.05	0.05
586	Mjölby	0.17	0.18	0.05	0.05
604	Aneby	0.37	0.38	0.11	0.11
617	Gnosjö	0.20	0.21	0.06	0.06
642	Mullsjö	0.39	0.40	0.11	0.12
643	Habo	0.39	0.40	0.11	0.12
662	Gislaved	0.63	0.65	0.15	0.16
665	Vaggeryd	0.48	0.50	0.12	0.12
680	Jönköping	0.25	0.25	0.07	0.07
682	Nässjö	0.36	0.37	0.11	0.11
683	Värnamo	0.32	0.33	0.09	0.10
684	Sävsjö	0.56	0.58	0.14	0.14
685	Vetlanda	0.41	0.42	0.12	0.12
686	Eksjö	0.23	0.23	0.07	0.07
687	Tranås	0.27	0.28	0.08	0.08
760	Uppvidinge	0.31	0.30	0.07	0.07
761	Lessebo	0.45	0.44	0.11	0.11
763	Tingsryd	0.48	0.48	0.12	0.12
764	Alvesta	0.27	0.27	0.08	0.08
765	Älmhult	0.44	0.44	0.11	0.11
767	Markaryd	0.47	0.46	0.11	0.11
780	Växjö	0.38	0.38	0.11	0.11
781	Ljungby	0.41	0.41	0.10	0.10
821	Högsby	0.54	0.56	0.13	0.14
834	Torsås	0.31	0.32	0.09	0.10
840	Mörbylånga	0.24	0.25	0.07	0.07
860	Hultsfred	0.38	0.39	0.09	0.09
861	Mönsterås	0.18	0.18	0.05	0.05
862	Emmaboda	0.28	0.29	0.08	0.08
880	Kalmar	0.35	0.36	0.10	0.11
881	Nybro	0.31	0.32	0.09	0.10
882	Oskarshamn	0.28	0.29	0.08	0.08
883	Västervik	0.43	0.44	0.12	0.13
884	Vimmerby	0.18	0.18	0.05	0.05
885	Borgholm	0.23	0.24	0.07	0.07
980	Gotland	0.61	0.63	0.15	0.15
1060	Olofström	0.30	0.31	0.09	0.09
1080	Karlskrona	0.32	0.33	0.09	0.10
1081	Ronneby	0.32	0.33	0.09	0.10
1082	Karlshamn	0.23	0.23	0.07	0.07
1083	Sölvesborg	0.30	0.31	0.09	0.09
1214	Svalöv	0.13	0.14	0.04	0.04
1230	Staffanstorps	0.17	0.18	0.05	0.05
1231	Burlöv	0.11	0.11	0.03	0.03
1233	Vellinge	0.11	0.12	0.03	0.04
1256	Östra Göinge	0.44	0.46	0.11	0.11
1257	Örkelljunga	0.20	0.21	0.05	0.05
1260	Bjuv	0.08	0.09	0.02	0.03
1261	Kävlinge	0.07	0.08	0.02	0.02
1262	Lomma	0.14	0.14	0.04	0.04
1263	Svedala	0.10	0.11	0.03	0.03
1264	Skurup	0.05	0.05	0.01	0.02
1265	Sjöbo	0.07	0.07	0.02	0.02

1266	Hörby	0.43	0.45	0.10	0.11
1267	Höör	0.30	0.32	0.09	0.09
1270	Tomelilla	0.05	0.05	0.01	0.01
1272	Bromölla	0.18	0.20	0.05	0.06
1273	Osby	0.61	0.65	0.15	0.16
1275	Perstorp	0.17	0.18	0.04	0.04
1276	Klippan	0.27	0.29	0.07	0.07
1277	Åstorp	0.09	0.10	0.03	0.03
1278	Båstad	0.25	0.26	0.06	0.06
1280	Malmö	0.15	0.16	0.04	0.05
1281	Lund	0.09	0.10	0.03	0.03
1282	Landskrona	0.07	0.07	0.02	0.02
1283	Helsingborg	0.10	0.11	0.03	0.03
1284	Höganäs	0.17	0.18	0.05	0.05
1285	Eslöv	0.07	0.07	0.02	0.02
1286	Ystad	0.05	0.05	0.02	0.02
1287	Trelleborg	0.14	0.15	0.04	0.04
1290	Kristianstad	0.15	0.16	0.04	0.05
1291	Simrishamn	0.04	0.04	0.01	0.01
1292	Ängelholm	0.16	0.17	0.05	0.05
1293	Hässleholm	0.46	0.49	0.11	0.12
1315	Hylte	0.36	0.38	0.09	0.09
1380	Halmstad	0.25	0.27	0.07	0.08
1381	Laholm	1.02	1.08	0.25	0.26
1382	Falkenberg	0.26	0.28	0.08	0.08
1383	Varberg	0.31	0.33	0.09	0.10
1384	Kungsbacka	0.14	0.15	0.04	0.04
1401	Härryda	0.18	0.18	0.05	0.05
1402	Partille	0.15	0.16	0.05	0.05
1407	Öckerö	0.11	0.12	0.03	0.03
1415	Stenungsund	0.13	0.13	0.04	0.04
1419	Tjörn	0.19	0.19	0.05	0.06
1421	Orust	0.27	0.28	0.08	0.08
1427	Sotenäs	0.03	0.03	0.01	0.01
1430	Munkedal	0.11	0.12	0.03	0.03
1435	Tanum	0.23	0.24	0.07	0.07
1438	Dals-Ed	0.49	0.51	0.12	0.12
1439	Färgelanda	0.21	0.22	0.05	0.05
1440	Ale	0.23	0.24	0.07	0.07
1441	Lerum	0.22	0.23	0.07	0.07
1442	Vårgårda	0.42	0.43	0.10	0.10
1443	Bollebygd	0.30	0.32	0.07	0.08
1444	Grästorp	0.40	0.41	0.10	0.10
1445	Essunga	0.22	0.23	0.05	0.06
1446	Karlsborg	0.21	0.22	0.05	0.05
1447	Gullspång	0.23	0.24	0.06	0.06
1452	Tranemo	0.22	0.23	0.05	0.06
1460	Bengtsfors	0.36	0.37	0.09	0.09
1461	Mellerud	0.40	0.42	0.10	0.10
1462	Lilla Edet	0.39	0.41	0.09	0.10
1463	Mark	0.45	0.47	0.11	0.11
1465	Svenljunga	0.20	0.21	0.05	0.05
1466	Herrljunga	0.66	0.69	0.16	0.17
1470	Vara	0.45	0.47	0.11	0.11
1471	Götene	0.38	0.39	0.09	0.09
1472	Tibro	0.45	0.47	0.11	0.11
1473	Töreboda	0.51	0.53	0.12	0.13

1480	Göteborg	0.32	0.33	0.09	0.10
1481	Möln dal	0.17	0.18	0.05	0.05
1482	Kungälv	0.22	0.22	0.06	0.07
1484	Lysekil	0.14	0.15	0.04	0.04
1485	Uddevalla	0.36	0.38	0.11	0.11
1486	Strömstad	0.22	0.23	0.07	0.07
1487	Vänersborg	0.51	0.53	0.12	0.13
1488	Trollhättan	0.77	0.80	0.19	0.19
1489	Alingsås	0.54	0.57	0.13	0.14
1490	Borås	0.59	0.61	0.14	0.15
1491	Ulricehamn	0.54	0.56	0.13	0.14
1492	Ämål	0.65	0.67	0.17	0.18
1493	Mariestad	0.39	0.40	0.09	0.10
1494	Lidköping	0.32	0.34	0.08	0.08
1495	Skara	0.65	0.68	0.16	0.16
1496	Skövde	0.48	0.50	0.12	0.12
1497	Hjo	0.31	0.33	0.08	0.08
1498	Tidaholm	0.65	0.67	0.16	0.16
1499	Falköping	0.66	0.68	0.16	0.16
1715	Kil	0.12	0.12	0.03	0.04
1730	Eda	0.47	0.49	0.11	0.12
1737	Torsby	0.27	0.28	0.06	0.07
1760	Storfors	0.14	0.14	0.04	0.04
1761	Hammarö	0.25	0.26	0.07	0.08
1762	Munkfors	0.08	0.08	0.02	0.02
1763	Forshaga	0.22	0.23	0.06	0.07
1764	Grums	0.19	0.20	0.06	0.06
1765	Ärjäng	0.52	0.54	0.15	0.16
1766	Sunne	0.34	0.36	0.10	0.10
1780	Karlstad	0.24	0.25	0.07	0.07
1781	Kristinehamn	0.35	0.37	0.10	0.11
1782	Filipstad	0.25	0.26	0.07	0.08
1783	Hagfors	0.19	0.20	0.06	0.06
1784	Arvika	0.48	0.50	0.13	0.13
1785	Säffle	0.90	0.94	0.22	0.23
1814	Lekeberg	0.19	0.21	0.06	0.06
1860	Laxå	0.11	0.11	0.03	0.03
1861	Hallsberg	0.28	0.30	0.08	0.09
1862	Degerfors	0.22	0.23	0.06	0.07
1863	Hällefors	0.21	0.22	0.06	0.07
1864	Ljusnarsberg	0.17	0.18	0.05	0.05
1880	Örebro	0.38	0.41	0.11	0.12
1881	Kumla	0.36	0.38	0.11	0.11
1882	Askersund	0.24	0.26	0.07	0.08
1883	Karlskoga	0.34	0.37	0.10	0.11
1884	Nora	0.31	0.34	0.09	0.10
1885	Lindesberg	0.23	0.25	0.07	0.07
1904	Skinnskatteberg	0.58	0.61	0.17	0.18
1907	Surahammar	0.13	0.14	0.04	0.04
331	Heby	0.49	0.50	0.12	0.12
1960	Kungsör	0.20	0.21	0.06	0.06
1961	Hallstahammar	0.14	0.15	0.04	0.04
1962	Norberg	0.39	0.41	0.09	0.10
1980	Västerås	0.22	0.23	0.06	0.07
1981	Sala	0.48	0.49	0.12	0.12
1982	Fagersta	0.27	0.28	0.08	0.08
1983	Köping	0.27	0.28	0.08	0.08

1984	Arboga	0.21	0.22	0.06	0.06
2021	Vansbro	0.36	0.39	0.09	0.09
2023	Malung-Sälen	0.17	0.18	0.05	0.05
2026	Gagnef	0.28	0.29	0.07	0.07
2029	Leksand	0.24	0.26	0.07	0.07
2031	Rättvik	0.38	0.40	0.10	0.11
2034	Orsa	0.28	0.30	0.07	0.07
2039	Älvdalen	0.15	0.16	0.05	0.05
2061	Smedjebacken	0.38	0.40	0.11	0.12
2062	Mora	0.33	0.36	0.10	0.10
2080	Falun	0.45	0.48	0.13	0.14
2081	Borlänge	0.28	0.30	0.08	0.09
2082	Säter	0.35	0.38	0.10	0.11
2083	Hedemora	0.32	0.34	0.09	0.10
2084	Avesta	0.30	0.32	0.09	0.09
2085	Ludvika	0.46	0.49	0.14	0.14
2101	Ockelbo	0.10	0.10	0.03	0.03
2104	Hofors	0.12	0.12	0.04	0.04
2121	Ovanåker	0.25	0.25	0.07	0.07
2132	Nordanstig	0.26	0.27	0.06	0.07
2161	Ljusdal	0.46	0.46	0.11	0.11
2180	Gävle	0.52	0.53	0.15	0.16
2181	Sandviken	0.22	0.23	0.07	0.07
2182	Söderhamn	0.29	0.29	0.08	0.09
2183	Bollnäs	0.19	0.20	0.06	0.06
2184	Hudiksvall	0.74	0.76	0.18	0.18
2260	Ånge	0.17	0.18	0.05	0.05
2262	Timrå	0.30	0.32	0.09	0.09
2280	Härnösand	0.51	0.54	0.12	0.13
2281	Sundsvall	0.42	0.45	0.12	0.13
2282	Kramfors	0.93	0.98	0.23	0.24
2283	Sollefteå	1.03	1.09	0.25	0.26
2284	Örnsköldsvik	0.64	0.67	0.15	0.16
2303	Ragunda	0.50	0.50	0.12	0.12
2305	Bräcke	0.42	0.42	0.10	0.10
2309	Krokom	0.72	0.72	0.17	0.17
2313	Strömsund	0.73	0.73	0.18	0.18
2321	Åre	0.15	0.15	0.04	0.04
2326	Berg	0.26	0.26	0.06	0.06
2361	Härjedalen	0.21	0.21	0.06	0.06
2380	Östersund	0.62	0.62	0.18	0.18
2401	Nordmaling	0.40	0.42	0.10	0.10
2403	Bjurholm	0.36	0.37	0.09	0.09
2404	Vindeln	0.70	0.73	0.17	0.18
2409	Robertsfors	0.69	0.72	0.17	0.18
2417	Norsjö	0.46	0.49	0.11	0.12
2418	Malå	0.57	0.59	0.14	0.14
2421	Storuman	0.51	0.54	0.15	0.16
2422	Sorsele	0.63	0.66	0.15	0.16
2425	Dorotea	0.57	0.59	0.14	0.14
2460	Vännäs	0.48	0.51	0.12	0.12
2462	Vilhelmina	0.55	0.57	0.16	0.17
2463	Åsele	0.25	0.26	0.07	0.08
2480	Umeå	0.39	0.41	0.12	0.12
2481	Lycksele	0.42	0.44	0.10	0.11
2482	Skellefteå	0.82	0.85	0.20	0.21
2505	Arvidsjaur	0.87	0.89	0.21	0.22

2506	Arjeplog	0.20	0.20	0.05	0.05
2510	Jokkmokk	0.51	0.52	0.12	0.13
2513	Överkalix	0.21	0.22	0.05	0.05
2514	Kalix	0.62	0.63	0.15	0.15
2518	Övertorneå	0.20	0.21	0.05	0.05
2521	Pajala	0.26	0.26	0.08	0.08
2523	Gällivare	0.19	0.20	0.06	0.06
2560	Älvsbyn	0.39	0.40	0.09	0.10
2580	Luleå	0.18	0.18	0.05	0.05
2581	Piteå	0.54	0.55	0.13	0.13
2582	Boden	0.83	0.84	0.20	0.20
2583	Haparanda	0.32	0.32	0.09	0.10
2584	Kiruna	0.37	0.38	0.11	0.11

9.3 Bilaga 3: Beskrivning av modellen ENLOSS för beräkning av småhusens energibehov

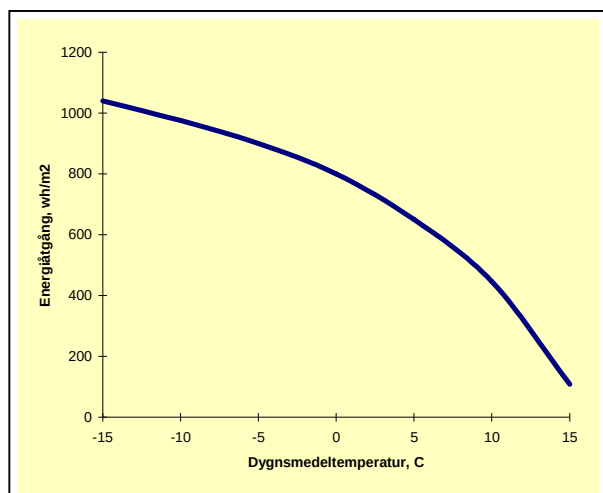
Energi-index för uppföljning av energiförbrukning för uppvärmning

Väder och uppvärmningsbehov

Uppvärmningsbehovet för en byggnad är som alla vet klart väderrelaterat. Vanligen reducerar man denna vetskap till att enbart gälla temperaturen utomhus, och de flesta hus styrs idag efter just den parametern. I själva verket har också vind och sol stor inverkan på energiåtgången. Med tilltagande vind ökar behovet av tillförd värme, medan ökande solinstrålning innebär ett minskat energibehov.

Tar man inte hänsyn till dessa faktorer kan det lätt bli för kallt inomhus dagar med blåstigt väder. På samma sätt ger soliga dagar ofta värmeöverskott fram på dagen, värme som sedan måste vädras bort eller i värsta fall kylas eller ventileras bort, något som i sin tur också kräver kostsam energitillförsel.

- Högtryckssituationer med klart och torrt väder, innebär vanligen också svag vind, låg nattemperatur och fram på dagen god värmeförsel genom solinstrålning.
- Lågtryckssituationer med ostadigt väder medför å andra sidan högre vindstyrkor, små temperaturvariationer (vanligen kring noll under vintern) och låg solinstrålning.



Energibehovet vid uppvärmning av byggnader är därför inte en linjär funktion av utetemperaturen.

Tillgängliga "gratisenergier"

Här kommer man direkt att tänka på solinstrålningen. Denna är en "äkta" och väsentlig gratisenergi. Solstrålningen är visserligen störst sommartid, men solen står högt och når inte in genom vertikala fönsterytor på ett effektivt sätt. Under sommaren har vi ju å andra sidan de flesta uppvärmningssystemen avstängda. Solstrålningen har dock stor effekt då solen inte står så högt och når då effektivt in genom fönstren. Detta gäller främst våren som ofta har klara soliga dagar, medan hösten i allmänhet har molnigare och ostadigare väder.

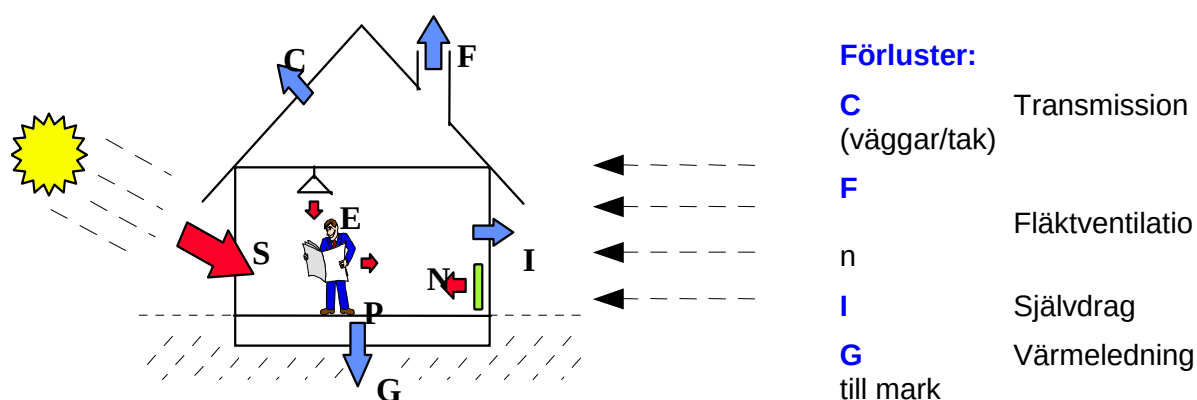
Men värmebehovet för en byggnad beror också på byggnadens energitekniska egenskaper, läge och användningssätt. Här finns ytterligare värmekällor som ur uppvärmningssynpunkt kan betraktas som "gratisenergier". Det gäller sk internvärme, dvs värme som alstras av elektriska maskiner, lampor mm samt värme från personerna som vistas i byggnaden. Personvärmen är ett rent gratistillskott.

Analyser av energibudgeten för en byggnad visar att summan av alla gratisenergier under eldningssäsongen kan uppgå till c:a 25 % av husets värmeförluster under samma tid.

En byggnads värmebudget och den Ekvivalenta Temperaturen, T_e

Vid SMHI har en modell (ENLOSS) utvecklats för beräkningar av en byggnads energibudget. Den teoretiska grunden för ENLOSS-modellen utvecklades av professor Roger Taesler med början under 1980-talet och bygger på mer än 35 års erfarenheter från samarbete och kontakter med forskare vid f.d. Statens Institut för Byggnadsforskning samt med forskare vid LTH, CTH, KTH och från 6 års verksamhet som adjungerad professor vid institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik vid KTH. Modellens uppbyggnad redovisas i sina huvuddrag bl.a. i nedan angivna referenser.

För varje timme beräknas nettobehovet av tillförd energi för att byggnaden (i genomsnitt) skall hålla önskad inomhustemperatur. Poster i denna budgetberäkning är:



Nettobehovet (N) av tillförd värme blir då: $N = C + F + I + G - S - E - P$

Nettobehovet beräknas och uttrycks med hjälp av den sk. Ekvivalenta Temperaturen, T_e . Denna är definierad så att skillnaden mellan önskad innetemperatur (T_i) och den Ekvivalenta Temperaturen T_e ges ett linjärt förhållande till nettobehovet av tillförd värme (N). $N = k(T_i - T_e)$

T_e kan uttryckas som en funktion av den vanliga utetemperaturen med tillägg av en korrektionsfunktion som beskriver den samtidiga effekten av vind, sol och internvärme för en byggnad med definierade egenskaper.

Energi-Index

Traditionellt har graddagar använts för att normalårskorrigera den energiförbrukning, som åtgår för uppvärmning av byggnader. Den korrigeringen kan emellertid inte förklara energiåtgången under enskilda månader då vädret har varit t ex ovanligt soligt eller blåsigt. Det är inte ovanligt under våren med längre perioder med klart och soligt väder men kalla nätter. Graddagar, som enbart baseras på temperaturen visar då på ett större uppvärmningsbehov än det verkliga. Omvänt gäller att under molniga och lite blåsiga perioder visar sig energiåtgången vara betydligt större än vad den borde med hänsyn till graddagssumman.

Därför har Energi-Index utvecklats. Detta beräknas med hjälp av den ovan nämnda Ekvivalenta Temperaturen, T_e . Denna beräknas för varje timme utifrån väderdata (temperatur, vind, molnmängd m fl). I analogi med "vanliga" graddagar beräknas "ekvivalenta (värme) graddagar" som

$$ED_H = \sum (T_i - \bar{T}_e)$$

Där $\bar{T}_e$ är dygnsmedelvärdet av ekvivalent temperatur och summeringen kan göras över en dag, vecka, månad eller år. Dessutom har beräkning gjorts för en 30-års period (1965 - 95) för att ta fram motsvarande normalvärden. Dessa används för beräkning av Energi-Index (EI) som

$$EI = (ED_H / \overline{ED}_H) \cdot 100$$

EnergiIndex kan beräknas för ett antal olika hustyper med avseende på byggnadsstandard, användningssätt (t ex kontor, bostäder) och läge (mer eller mindre exponerat för sol och vind). I allmänhet beräknas EnergiIndex för en inomhustemperatur på 21°C.

En jämförelse mellan Graddagar och Energi-Index

Ort	September 2000		Oktober 2000	
	Graddagar	Energi-Index	Graddagar	Energi-Index
Stockholm-Bromma	124%	104%	60%	74%
Göteborg	106%	99%	59%	77%
Malmö	91%	90%	66%	74%

September: Soliga dagar, kalla nätter. Nederbördsfattig.

Oktober: Mycket mildare än normalt. Mycket nederbörd och kraftig blåst.

SMHI

Tabellen visar skillnaden mellan graddagar och Energi-Index.

Graddagarna, som endast visar avvikelser i utomhustemperatur, fångar inte upp skillnaden i väder mellan de olika månaderna

Referenser

Taesler, R. and Andersson, C., 1984: A method for solar radiation computations using routine meteorological observations, Energy and Buildings Vol.7. pp 341 - 352.

Taesler, R., 1985: Klimatberoendet i bebyggelsens energibudget, Rapport R116:1985, Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm.

Taesler, R., 1986: Climate, buildings and energy exchange - an integrated approach, Tekniska Meddelanden nr 297, KTH, Inst. för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik, Stockholm.

Taesler, R., 1989: Klimat, bebyggelseplanering, energibehov. Regionala och lokala variationer, exemplet Ängelholms kommun, Rapport R5:1989, Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm.

Taesler, R., Andersson, C., Nord, M., Gollvik, L., 2006: Analyses of impacts of weather and climate on building energy performance with special regard to urban climate characteristics. Preprint, 6th International Conference on Urban Climate, Göteborg, Sweden, June 12th - 16th 2006

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien METEOROLOGI har tidigare utgivits:

- | | | |
|------|----|---|
| 1985 | 9 | Wern, L. (1985)
Spridningsberäkningar för ASEA transformers i Ludvika. |
| 1 | 10 | Axelsson, G., Eklind, R. (1985)
Ovädret på Östersjön 23 juli 1985. |
| 2 | 11 | Laurin, S., Bringfelt, B. (1985)
Spridningsmodell för kväveoxider i gatumiljö. |
| 3 | 12 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggningar i Sofielund och Högdalen. |
| 4 | 13 | Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Högdalen. |
| 5 | 14 | Vedin, H., Andersson, C. (1985)
Extrema köldperioder i Stockholm. |
| 6 | 15 | Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla. |
| 7 | 16 | Kindell, S., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn (koncentrations- och luktberäkningar). |
| 8 | 17 | Laurin, S., Persson, Ch. (1985)
Beräknad formaldehydspridning och deposition från SWEDSPANs spånskivefabrik. |

- 18 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industri-
kombinatet i Nynäshamn –
depositions-beräkningar av
koldamm.
 - 19 Fredriksson, U. (1985)
Luktberäkningar för Bofors Plast i
Ljungby, II.
 - 20 Wern, L., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos
planerade bilfabrik i Uddevalla -
energi-centralen.
 - 21 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos
planerade bilfabrik i Uddevalla -
kompletterande beräkningar för
fabrikerna.
 - 22 Karlsson, K.-G. (1985)
Information från Meteosat -
forskningsrön och operationell
tillämpning.
 - 23 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för AB
Åkerlund & Rausings fabrik i Lund.
 - 24 Färnlöf, S. (1985)
Radarmeteorologi.
 - 25 Ahlström, B., Salomonsson, G.
(1985)
Resultat av 5-dygnsprognos till
ledning för isbrytarverksamhet
vintern 1984-85.
 - 26 Wern, L. (1985)
Avesta stadsmodell.
 - 27 Hultberg, H. (1985)
Statistisk prognos av ytemperatur.
- 1986
- 1 Krieg, R., Johansson, L.,
Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master,
kvartals-rapport 3/1985.
 - 2 Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)
Air pollution impact assessment for
the SABAH timber, pulp and paper
complex.
 - 3 Ivarsson, K.-I. (1986)
Resultat av byggvaderprognoser -
säsongen 1984/85.
 - 4 Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för en sopförbränningsanläggning i
Skövde.
 - 5 Laurin, S. (1986)
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna.
 - 6 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-
beräkningar för en sopförbrännings-
anläggning vid Ryaverken i Borås.
 - 7 Laurin, S. (1986)
Luften i Avesta - föroreningsbidrag från
trafiken.
 - 8 Robertson, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för bromcyan.
 - 9 Wern, L. (1986)
Extrema byvindar i Orrefors.
 - 10 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositions-
beräkningar för Halmstads avfalls-
förbränningsanläggning vid Kristinehed.
 - 11 Törnevik, H., Ugnell (1986)
Belastningsprognoser.
 - 12 Joelsson, R. (1986)
Något om användningen av numeriska
prognoser på SMHI (i princip rapporten till
ECMWF).
 - 13 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartals-
rapport 4/1985.
 - 14 Dahlgren, L. (1986)
Solmätning vid SMHI.
 - 15 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för ett kraftvärme-
verk i Sundbyberg.
 - 16 Kindell, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Uddevallas
fjärrvärmecentral i Hovhult.
 - 17 Häggkvist, K., Persson, Ch., Robertson, L.
(1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
från ett antal källor inom SSAB Luleå-
verken.
 - 18 Krieg, R., Wern, L. (1986)
En klimatstudie för Arlanda stad.

- 19 Vedin, H. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige.
- 20 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för
lösningssmedel i Tibro.
- 21 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master -
kvartals-rapport 1/1986.
- 22 Kvik, T. (1986)
Beräkning av vindenergitillgången
på några platser i Halland och
Bohuslän.
- 23 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master -
kvartals-rapport 2/1986.
- 24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H.
(MISU), De Geer, L.-E. (FOA)
(1986)
Tjernobylyolyckan - En
meteorologisk
analys av hur radioaktivitet spreds
till Sverige.
- 25 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för
Spendrups
bryggeri, Grängesberg.
- 26 Krieg, R. (1986)
Beräkningar av
vindenergitillgången på några
platser i Skåne.
- 27 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB.
- 28 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för ny ugn,
SSAB II.
- 29 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo
Hallsbergverken.
- 30 Fredriksson, U. (1986)
SO₂-halter från Hammarbyverket
kring ny arena vid Johanneshov.
- 31 Persson, Ch., Robertson, L.,
Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB -
Luleå-verken.
- 32 Kindell, S., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för SAABs
planerade bilfabrik i Malmö.
- 33 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för
svavelsyrafabrik i Falun.
- 34 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Västhamns-
verket HKV1 i Helsingborg.
- 35 Persson, Ch., Wern, L. (1986)
Beräkningar av svaveldepositionen i
Stockholmsområdet.
- 36 Joelsson, R. (1986)
USAs månadsprognoser.
- 37 Vakant nr.
- 38 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Utemiljön vid Kvarnberget, Lysekil.
- 39 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar av freon 22 från
Ropstens värmepumpverk.
- 40 Fredriksson, U. (1986)
Vindklassificering av en plats på Hemsön.
- 41 Nilsson, S. (1986)
Utvärdering av sommarens (1986) använda
konvektionsprognoshjälpmedel.
- 42 Krieg, R., Kvik, T. (1986)
Vindmätningar i höga master.
- 43 Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)
Vindarna över Sverige.
- 44 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp
vid ScanDust i Landskrona - bestämning
av cyanvätehalter.
- 45 Kvik, T., Krieg, R., Robertson, L. (1986)
Vindförhållandena i Sveriges kust- och
havsband, rapport nr 2.
- 46 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för en planerad
panncentral vid Lindsdal utanför Kalmar.
- 47 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BMs
fabrik i Landskrona.

- 48 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för ELMO-CALFs fabrik i Svenljunga.
- 49 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från syrgas- och bensenupplag inom SSAB Luleåverken.
- 50 Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tidaholm.
- 51 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BM ABs anläggning i Braås.
- 52 Ericson, K. (1986)
Meteorological measurements performed May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI
- 53 Wern, L., Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkning för Kockums Plåt-teknik, Ronneby.
- 54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperatur-observationer.
- 55 Wern, L., Kindell, S. (1986)
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen.
- 56 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av NO_x inom Fagersta kommun.
- 57 Kindell, S. (1987)
Luften i Nässjö.
- 58 Persson, Ch., Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanväte.
- 59 Bringfelt, B. (1987)
Receptorbaserad partikelmodell för gatumiljömodell för en gata i Nyköping.
- 60 Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar för Varbergs kommun. Bestämning av halter av SO₂, CO, NO_x samt några kolväten.
- 61 Vedin, H., Andersson, C. (1987)
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden.
- 62 Wern, L., Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för Kockums Plåtteknik, Ronneby. 2.
- 63 Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C., Krieg, R. (1987)
Klimatkorrigering för energiförbrukningen i ett eluppvärmt villaområde.
- 64 Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för AB Åetå-Trycks planerade anläggning vid Kungens Kurva.
- 65 Melgarejo, J. (1987)
Mesoskalig modellering vid SMHI.
- 66 Häggkvist, K. (1987)
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand - numeriska beräkningar.
- 67 Persson, Ch. (1987)
Beräkning av lukt och föroreningshalter i luft runt Neste Polyester i Nol.
- 68 Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)
En överskalig klimatstudie för Tornby, Linköping.
- 69 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. Tillämpning på ett energiskogsområde.
- 70 Lindström, Kjell (1987)
Weather and flying briefing aspects.
- 71 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetselement. En koefficient-bestämning.
- 72 Liljas, E. (1988)
Förbättrad väderinformation i jordbruket - behov och möjligheter (PROFARM).
- 73 Andersson, Tage (1988)
Isbildning på flygplan.
- 74 Andersson, Tage (1988)
Aeronautic wind shear and turbulence. A review for forecasts.

- 75 Kållberg, P. (1988)
Parameterisering av diabatiska
processer i numeriska
prognosmodeller.
och manuella fältmätningar av temperatur
och nederbörd.
- 76 Vedin, H., Eriksson, B. (1988)
Extrem arealnederbörd i Sverige
1881 - 1988.
- 77 Eriksson, B., Carlsson, B.,
Dahlström, B. (1989)
Preliminär handledning för
korrektion av nederbördsmängder.
- 78 Liljas, E. (1989)
Torv-väder. Behovsanalys med
avseende på väderprognoser och
produktion av bränsletorv.
- 79 Hagmarker, A. (1991)
Satellitmeteorologi.
- 80 Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)
Background report on air pollution
situation in the Baltic States - a
prefeasibility study.
IVL Publikation B 1038.
- 81 Alexandersson, H., Karlström, C.,
Larsson-McCann, S. (1991)
Temperaturen och nederbörden i
Sverige 1961-90.
Referensnormaler.
- 82 Vedin, H., Alexandersson, H.,
Persson, M. (1991)
Utnyttjande av persistens i
temperatur och nederbörd för
vårflödesprognoser.
- 83 Moberg, A. (1992)
Lufttemperaturen i Stockholm
1756 - 1990. Historik,
inhomogeniteter och
urbaniseringseffekt.
Naturgeografiska Institutionen,
Stockholms Universitet.
- 84 Josefsson, W. (1993)
Normalvärden för perioden 1961-90
av globalstrålning och solskenstid i
Sverige.
- 85 Laurin, S., Alexandersson, H.
(1994)
Några huvuddrag i det svenska
temperatur-klimatet 1961 - 1990.
- 86 Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)
En jämförelse mellan automatiska
- 87 Alexandersson, H., Eggertsson Karlström,
C. och Laurin S. (1997).
Några huvuddrag i det svenska
nederbördsklimatet 1961-1990.
- 88 Mattsson, J., Rummukainen, M. (1998)
Växthuseffekten och klimatet i Norden -
en översikt.
- 89 Kindbom, K., Sjöberg, K., Munthe, J.,
Peterson, K. (IVL)
Persson, C. Roos, E., Bergström, R.
(SMHI). (1998)
Nationell miljöövervakning av luft- och
nederbörds kemi 1996.
- 90 Foltescu, V.L., Häggmark, L (1998)
Jämförelse mellan observationer och fält
med griddad klimatologisk information.
- 91 Hultgren, P., Dybbroe, A., Karlsson, K.-G.
(1999)
SCANDIA – its accuracy in classifying
LOW CLOUDS
- 92 Hyvarinen, O., Karlsson, K.-G., Dybbroe,
A. (1999)
Investigations of NOAA AVHRR/3 1.6
µm imagery for snow, cloud and sunglint
discrimination (Nowcasting SAF)
- 93 Bennartz, R., Thoss, A., Dybbroe, A. and
Michelson, D. B. (1999)
Precipitation Analysis from AMSU
(Nowcasting SAF)
- 94 Appelqvist, Peter och Anders Karlsson
(1999)
Nationell emissionsdatabas för utsläpp till
luft - Förstudie.
- 95 Persson, Ch., Robertson L. (SMHI)
Thaning, L (LFOA). (2000)
Model for Simulation of Air and Ground
Contamination Associated with Nuclear
Weapons. An Emergency Preparedness
Model.
- 96 Kindbom K., Svensson A., Sjöberg K.,
(IVL) Persson C., (SMHI) (2001)
Nationell miljöövervakning av luft- och
nederbörds kemi 1997, 1998 och 1999.
- 97 Diamandi, A., Dybbroe, A. (2001)
Nowcasting SAF
Validation of AVHRR cloud products.

- 98 Foltescu V. L., Persson Ch. (2001)
Beräkningar av moln- och
dimdeposition i Sverigemodellen -
Resultat för 1997 och 1998.
- 99 Alexandersson, H. och Eggertsson
Karlström, C (2001)
Temperaturen och nederbörden i
Sverige 1961-1990.
Referensnormaler - utgåva 2.
- 100 Korpela, A., Dybbroe, A., Thoss, A.
(2001)
Nowcasting SAF - Retrieving
Cloud Top Temperature and Height
in Semi-transparent and Fractional
Cloudiness using AVHRR.
- 101 Josefsson, W. (1989)
Computed global radiation using
interpolated, gridded cloudiness
from the MESA-BETA analysis
compared to measured global
radiation.
- 102 Foltescu, V., Gidhagen, L.,
Omstedt, G. (2001)
Nomogram för uppskattning av
halter av PM₁₀ och NO₂
- 103 Omstedt, G., Gidhagen, L.,
Langner, J. (2002)
Spridning av
förbränningsemissioner från
småskalig biobränsleeldning
– analys av PM_{2.5} data från
Lycksele med hjälp av två
Gaussiska spridningsmodeller.
- 104 Alexandersson, H. (2002)
Temperatur och nederbörd i Sverige
1860 - 2001
- 105 Persson, Ch. (2002)
Kvaliteten hos nederbördskemiska
mätdata som utnyttjas för
dataassimilation i MATCH-Sverige
modellen".
- 106 Mattsson, J., Karlsson, K-G. (2002)
CM-SAF cloud products feasibility
study in the inner Arctic region
Part I: Cloud mask studies during
the 2001 Oden Arctic expedition
- 107 Kärner, O., Karlsson, K-G. (2003)
Climate Monitoring SAF - Cloud
products feasibility study in the
inner Arctic region. Part II:
Evaluation of the variability in
radiation and cloud data
- 108 Persson, Ch., Magnusson, M. (2003)
Kvaliteten i uppmätta nederbörds
mängder inom svenska nederbörskemiska
stationsnät
- 109 Omstedt, G., Persson Ch., Skagerström, M
(2003)
Vedeldning i småhusområden
- 110 Alexandersson, H., Vedin, H. (2003)
Dimensionerande regn för mycket små
avrinningsområden
- 111 Alexandersson, H. (2003)
Korrektion av nederbörd enligt enkel
klimatologisk metodik
- 112 Joro, S., Dybbroe, A.(2004)
Nowcasting SAF – IOP
Validating the AVHRR Cloud Top
Temperature and Height product using
weather radar data
Visiting Scientist report
- 113 Persson, Ch., Ressner, E., Klein, T. (2004)
Nationell miljöövervakning – MATCH-
Sverige modellen
Metod- och resultatsammanställning för
åren 1999-2002 samt diskussion av
osäkerheter, trender och miljömål
- 114 Josefsson, W. (2004)
UV-radiation measured in Norrköping
1983-2003.
- 115 Martin, Judit, (2004)
Var tredje timme – Livet som
väderobservatör
- 116 Gidhagen, L., Johansson, C., Törnquist, L.
(2004)NORDIC – A database for

evaluation of dispersion models on the
local, urban and regional scale
- 117 Langner, J., Bergström, R., Klein, T.,
Skagerström, M. (2004)
Nuläge och scenarier för inverkan på
marknära ozon av emissioner från Västra
Götalands län – Beräkningar för 1999
- 118 Trolez, M., Tetzlaff, A., Karlsson, K-G.
(2005)
CM-SAF Validating the Cloud Top Height
product using LIDAR data
- 119 Rummukainen, M. (2005)
Växthuseffekten

- 120 Omstedt, G. (2006)
Utvärdering av PM₁₀ -mätningar i
några olika nordiska trafikmiljöer
- 121 Alexandersson, H. (2006)
Vindstatistik för Sverige 1961-2004
- 122 Samuelsson, P., Gollvik, S.,
Ullerstig, A., (2006)
The land-surface scheme of the
Rossby Centre regional atmospheric
climate model (RCA3)
- 123 Omstedt, G. (2007)
VEDAIR – ett internetverktyg för
beräkning av luftkvalitet vid
småskalig biobränsleeldning
*Modellbeskrivning och slutrapport
mars 2007*
- 124 Persson, G., Strandberg, G.,
Bärring, L., Kjellström, E. (2007)
Beräknade temperaturförhållanden
för tre platser i Sverige – perioderna
1961-1990 och 2011-2040
- 125 Engardt, M., Foltescu, V. (2007)
Luftföroreningar i Europa under
framtida klimat
- 126 Jansson, A., Josefsson, W. (2007)
Modelling of surface global
radiation and CIE-weighted UV-
radiation for the period 1980-2000
- 127 Johnston, S., Karlsson, K-G. (2007)
METEOSAT 8 SEVIRI and NOAA
Cloud Products. A Climate
Monitoring SAF Comparison Study
- 128 Eliasson, S., Tetzlaff, A.,
Karlsson, K-G. (2007)
Prototyping an improved PPS cloud
detection for the Arctic polar night
- 129 Trolez, M., Karlsson, K-G.,
Johnston, S., Albert, P (2008)
The impact of varying NWP
background information on CM-
SAF cloud products
- 130 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M (2008)
Total ozone from zenith radiance
measurements. An empirical model
approach
- 131 Willén, U (2008)
Preliminary use of CM-SAF cloud
and radiation products for
evaluation of regional climate simulations
- 132 Bergström, R (2008)
TESS Traffic Emissions, Socioeconomic
valuation and Socioeconomic measures
Part 2:
Exposure of the European population to
atmospheric particles (PM) caused by
emissions in Stockholm
- 133 Andersson, S., Bergström, R., Omstedt, G.,
Engardt, M (2008)
Dagens och framtidens partikelhalter i
Sverige. Utredning av exponerings-
minskningsmål för PM2.5 enligt nytt
luftdirektiv
- 134 Omstedt, G., Andersson, S (2008)
Vintervägar med eller utan dubbdäck.
Beräkningar av emissioner och halter av
partiklar för olika dubbdäcksscenarioer
- 135 Omstedt, G., Andersson, S., Johansson,
Ch., Löfgren, B-E (2008)
Luftkvalitet och småskalig biobränsle-
eldning. Tillämpningar av SIMAIR ved för
några kommuner
- 136 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M
(2009)
Measurements of total ozone 2006-2008
- 137 Andersson, S., Omstedt, G (2009)
Validering av SIMAIR mot mätningar av
PM10, NO₂ och bensen.
Utvärdering för svenska tätorter och
trafikmiljöer avseende år 2004 och 2005
- 138 Wern, L., Bärring, L (2009)
Sveriges vindklimat 1901 – 2008
Analys av förändring i geostrofisk vind
- 139 Wern, L., German, J (2009)
Korttidsnederbörd i Sverige, 1995 – 2008
- 140 Omstedt, G., Andersson, S., Bergström, R
(2010)
Dagens och framtidens luftkvalitet i
Sverige. Haltberäkningar av NO₂, PM10
och PM2.5 i svenska trafikmiljöer för
framtidsscenarioer med minskade
europeiska emissioner
- 141 Wern, L., Isaksson, L (2010)
Åska i Sverige 2002 – 2009
- 142 Andersson, S., Omstedt, G., Robertson, L
(2010)
Känslighetsanalys, vidareutveckling och

- validering av SIMAIRs urbana spridnings-modell BUM
- 143 Wern L., (2012)
Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900 – 2011
- 144 Omstedt, G., Andersson, S., Bennet, C., Bergström, R., Gidhagen, L., Johansson, Ch., Persson, K (2010)
Kartläggning av partiklar i Sverige – halter, källbidrag och kunskapsluckor
- 145 Engardt, M., Andersson, C., Bergström, R (2010)
Modellering av Marknära Ozon - Regionala och högupplösta tillämpningar av MATCH
- 146 Omstedt, G., Forsberg, B., Nerhagen, L., Gidhagen, L., Andersson, S (2011)
SIMAIRscenario – ett modellverktyg för bedömning av luftföroreningars hälsoeffekter och kostnader
- 147 Andersson, C., Andersson, S., Langner, J och Segerström, D (2011)
Halter och deposition av luftföroreningar - Förändring över Sverige från 2010 till 2020 i bidrag från Sverige, Europa och Internationell Sjöfart
- 148 Carlund, Th (2011)
Upgrade of SMHI's meteorological radiation network 2006-2007 – Effects on direct and global solar radiation
- 149 Josefsson, W., Ottosson Löfvenius, M (2012)
Measurements of total ozone 2009-2011
- 150 Omstedt, G., Andersson, S., Asker, Ch., Jones, J., Kindell, S., Segerström, D., Torstensson, M (2012)
Luftkvaliteten i Sverige år 2020 Uppföljning av miljömålet Frisk luft för trafikmiljöer i svenska tätorter
- 151 Omstedt, G., Burman, L. SLB-analys, (2012)
- Beräkningar av kväveoxidhalter vid några gator i Umeå åren 2014 och 2020 med och utan miljözon
- 152 Stefan Andersson och Gunnar Omstedt (2013)
Utvärdering av SIMAIR mot mätningar av PM10 och NO2 i Göteborg, Stockholm och Umeå för åren 2006-2009. Undersökning av en ny emissionsmodell för vägtrafikens slitagepartiklar.
153. Segerström, David (2014)
A dynamic model for shipping emissions - Adaptation of Airviro and application in the Baltic Sea
154. Wern, Lennart. (2013)
Luftfuktighet, Variationer i Sverige
155. Holmin-Fridell, Sofi. Jörgen Jones, Cecilia Bennet, Helena Södergren, Sven Kindell, Stefan Andersson, Martin Torstensson och Mattias Jakobsson. (2013)
Luftkvaliteten i Sverige år 2030.
156. Gunnar Omstedt, Bertil Forsberg*, Karin Persson**, *Umeå Universitet, **IVL Svenska Miljöinstitutet (2014)
Vedrök i Västerbotten - mätningar, beräkningar och hälsokonsekvenser.
157. Patrick Samuelsson, Stefan Gollvik, Christer Jansson, Marco Kupiainen, Ekaterina Kourzeneva, Willem Jan van de Berg. (2014)
The surface processes of the Rossby Centre regional atmospheric climate model (RCA4)
158. Lennart Wern (2015)
Snödjup i Sverige 1904/05 – 2013/14
159. Stefan Andersson, Johan Arvelius, Marina Verbova, Gunnar Omstedt och Martin Torstensson (2015)
Identifiering av potentiella riskområden för höga halter av benzo(a)pyren. Nationell kartering av emissioner och halter av B(a)P från vedeldning i småhusområden



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 0283-7730