

Et byklimatisk studie

Af Arne I. Sestoft

Abstract

Urbanization implies a change in micro-climate. The heat-island effect is demonstrated for Esbjerg.

På samme måde som meteorologien kan siges at være studiet af den fri atmosfæres fysik, kan mikroklimatologien beskrives som studiet af den jordnære lufts fysik. Den efter denne definition store spændevidde, som mikroklimatologien har, gør det nødvendigt med et grundigt kendskab hertil, både i teori og metode, når man beskæftiger sig med geografiske emner, der ligger inden for dette grænseområde (fx. geomorfologi, planlægning, luft- og vandforurening o.m.a.). Byen ligger begrebsmæssigt i dette grænseområde og er med sin asfalt- og betonmorfologi i høj grad med til at danne et kunstigt lokal- og mikroklima, der til daglig påvirker både mennesker, dyr og planter. I denne forstand bliver et stigende antal af Jordens befolkning til stadighed urbane, idet større og større områder af Jordens overflade overgår til bymæssig bebyggelse. De klimatologiske konsekvenser af denne urbaniseringsproces har man været opmærksom på i lang tid, men der har kun været få systematiske, videregående undersøgelser og endnu færre analyser af dette forhold. Essensen af al mikroklimatologi er den indflydelse, Jordens overflade udøver på den tilstødende luft, enhver forandring i overfladens karakter må nødvendigvis kunne spores i mikroklimatet. Når mennesket derfor ændrer den oprindelige overflade ved opbygning af byer, må dette give anledning til visse ændringer af både klima og meget andet, en heat-island er blot en af konsekvenserne af overfladeændringen. Kvalitativt er en heat-island resultatet af samspillet mellem en række forskellige faktorer, hvoraf

en af de vigtigste ser ud til at være strålingsbalancen, som igen har indflydelse på flere andre. Ud fra betragtninger over en heat-island's årsag-virkningsforhold, kan der opstilles 3 væsentlige kilder til dens dannelse:

1. Voksende byer med kraftig industriel vækst, giver øget luftforurening (dannelse af aerosol).
2. Kunstig opvarmning gennem menneskelig aktivitet.
3. Oplagring af varme, der i dagens løb bindes i luft, gader og bygninger m.v.

Den kombinerede effekt af disse 3 og eventuelt andre urbaniseringsfaktorer vil øge minimumtemperaturen og middeltemperaturen, hvorimod effekten på maximumtemperaturen kan blive enten positiv eller negativ. Fordi den indkommende stråling delvis summeres op i aerosolen, får luften over byen forsinket tidspunktet for maximumtemperatur med 1-2 timer i forhold til det åbne land. På samme måde hæmmes udstrålingen, hvilket forårsager en forsinkelse af minimumtemperaturen, ganske som den urbane temperaturvariation bliver mindre end den rurale.

Det er dette, byens temperaturklima – heat-island, forfatteren til denne artikel har undersøgt på et dansk eksempel i forbindelse med specialopgave til naturvidenskabelig embedseksamen ved Københavns Universitet. Selve metoden og måleprogrammet er med visse modifikationer en parallel til Sundborgs undersøgelser i Uppsala (*Sundborg 1951*).

De metoder, der er anvendelige til indsamling af data ved byklimatiske undersøgelser, kan sammenfattes i:

1. Oprettelse af faste målepunkter med selvregistrerende instrumenter i byen og omegnen.
2. Biltraverser gennem byen med let aflæselige måleinstrumenter monteret på bilen.

Fordelen ved den første metode er, at man umiddelbart kan opnå samtidige målinger overalt i området, men samtidig lider den af den store fejl, at et almindeligt selvregistrerende instrument, fx. en meteorograf, kun kan aflæses med en nøjagtighed på $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, hvorfor metoden bør forkastes, hvis man råder over tilstrækkeligt mandskab. Ved metode nr. 2 kan man til gengæld ikke opnå fuldt ud samtidige målinger, men da man kan korrigere for denne mangel, er der ved denne undersøgelse valgt at anvende metode 2.

For at opnå et så detaljeret billede som muligt af byens lokale klima og dets rumlige variationer, er det indledningsvis nødvendigt med mange målepunkter, der dog siden, gennem en undersøgelse over de enkelte målepunkters repræsentativitet (*Sundberg 1951*), ofte kan skæres ned til betydeligt færre – ja måske til en enkelt linie, omkring hvilken materialet i det væsentlige kan bygges op til

et mønster. Samtidig hermed må man sørge for, at man kan gennemføre undersøgelsen inden for en så tilpas kort tidsperiode, at man kan forudsætte linearitet i temperaturens tidsvariationer, da det ellers ikke kan lade sig gøre at reducere de enkelte målinger til et og samme tidspunkt.

For at disse betingelser skulle være opfyldt, blev der i Esbjerg lagt en målerute på 47 målepunkter, hvoraf de 6 var kontrolpunkter, hvor temperaturen aflæstes 2 gange på forskellige klokkeslæt inden for den samme måleperiode. For at få så kort en tidsperiode som muligt må man arbejde med et instrument, der har en ganske lille træghedskoefficient, derfor valgtes en termistor, der blev tilsluttet et normameter — i princippet en Wheatstone's bro —. Termistoren har negativ temperaturkoefficient, og består af en blanding af metalloider, med en modstandsvariation pr. grad der er ca. 10 gange så stor som for metalliske ledere, en fordel der dog ofte modvirkes af, at termistorens kalibrering ændres med tiden og derfor skal justeres.

Termistoren blev monteret i et plasticrør, 15 cm lang og 5 cm i diameter, hvorefter hele apparaturet blev monteret på taget af bilen i en holder, der var indrettet til at variere målehøjden fra 20 til 170 cm. Denne opstilling blev gennem en 3 m lang ledning forbundet med normameteret inde i bilen.

Ikke alene i de 47 målepunkter blev der foretaget målinger, men også mellem de enkelte punkter mælted modstanden, således at man umiddelbart kunne følge eventuelle svingninger (og dermed temperaturgangen) kontinuerligt. Alle målinger er foretaget over en ensartet overflade, nemlig asfalt.

For at mindske solstrålingsfejlen blev instrumentholderen på taget af bilen omviklet med aluminiumsfolie. Således blev dens ind- og udstrålingsevne gjort mindre for alle bølgelængder ved at forøge dens refleksionsevne, så direkte sol- og himmelstråling ikke forårsagede en temperaturøgning i selve følelegemet. Indersiden derimod farvedes sort, således at eventuel indtruffen stråling ikke gennem refleksion kunne føre varme til termistoren.

Foruden beskyttelsen af termistoren er der to andre fejlområder, man må tage hensyn til ved bestemmelsen af den samme lufttemperatur.

1. Størrelsen af følelegemet.
2. Den omgivende lufts bevægelse.

Til termistoren kommer forskellige former for stråling og anden varmetransport. 1) tilstrålet varmetransport mellem termistor og omgivende objekter, der har en temperatur forskellig fra luftens fx. huse, gader o.a., 2) tilstrålet varme fra den tilstødende luft, som der dog kan ses bort med det samme, da denne ikke er glødende, 3)

konvektiv og konduktiv varmetransport mellem termistor og luft. Denne størrelse er en funktion af vindhastigheden, og øger med denne, hvilket betyder, at jo større varmeoverførslen er jo hurtigere og nøjagtigere vil termistoren vise den sande lufttemperatur. Det er derfor ønskeligt at have en så lille diameter på termistoren som muligt, da vi dermed forøger den konvektive varmetransport pr. enhedsareal, og samtidig holder varmetilførslen pr. enhedsareal fra bygninger, gader osv. konstant. Da en øget luftbevægelse hen over termistoren betyder en stigende varmetransport gennem konvektion og konduktion, må aspirationsfølere være at foretrække for at mindske fejlen på temperaturmålingen.

I Esbjerg-undersøgelsen var ventilationen af termistoren automatisk, idet bilens egen bevægelse anvendtes. Der søgtes at holde en konstant fart på 30 km/t, ofte var det ganske vist nødvendigt at køre langsommere, især i bymidten, men næsten uden undtagelser blev der ved passage af de enkelte målepunkter holdt en fart på 30 km/t. Ifølge Sundborg skulle denne hastighed ligge inden for de grænser, der giver instrumentet tilstrækkelig ventilation, idet han opgiver 20-60 km/t, dvs. 6-17 m/sek.

Endelig søgtes der at holde den varme, der kommer fra motoren, borte fra at påvirke termistoren ved at placere denne helt tilbage på taget af bilen i en sådan position, at man med rimelighed kunne forvente, at motoreffekten ikke ville influere på målingen.

I forbindelse med usikkerhedsbestemmelserne på temperaturmålingerne, skal det blot nævnes, at kalibreringskurven mellem modstand og temperatur har en sådan form, at da den numeriske værdi af hældningskvotienten for tangenten stiger med stigende temperatur, vil også den til en given usikkerhed på modstandsmålingen svarende usikkerhed på temperaturen stige med stigende temperatur. Selve usikkerheden er beregnet til 0.08°C ved -3.0°C , varierende over 0.10°C ved 10.0° og 0.16°C ved 25.0°C .

Som omtalt valgte vi en indsamlingsmetode, der medførte, at der måtte foretages korrektioner af de målte temperaturer til et og samme tidspunkt. Dette kan gøres ved anvendelse af rutens kontrolpunkter. Ved hvert af disse er tid og temperatur aflæst 2 gange under hver målekørsel. Dette giver mulighed for at beregne forandringen i grader/minutter og stille dette op som et korrektions-tal. Dette forudsætter, at temperaturændringen er foregået lineært i tiden. Om denne linearitet virkelig er til stede kan kontrolleres med en termograf, og derfor kan man nu med kendskab til temperatur- og tidsforskelle reducere temperaturen for alle observationspunkter til samme tid.

Metoden er anvendt af Sundborg (1951) og Lindquist (1970), men sidstnævnte gør opmærksom på, at der let indtræffer fejl under

brugen. Den største fejlkilde ligger vel i, at man ved en ensartet ændring/tidenhed ved kontrolpunkterne tillægger de øvrige punkter den samme ændring/tidenhed, selv om denne måske aldrig er forekommet.

En efter min mening mere nøjagtig løsning på problemet ligger i at inddеле undersøgelsesområdet i underområder og så inden for hvert af disse analysere karakteristiske træk ved temperaturændringer for hver målekørsel. Disse underområder skal inddeles efter bebyggelsens art (etagebyggeri, villakvarterer, rent ruralt osv.), da netop disse med deres forskelle i varmekapacitet o.a. får et udpræget forskelligt temperaturmønster. Med kontrolpunkter liggende i hvert af disse områder og med en større sandsynlighed for linearitet (p.g.a. ensartetheden) bliver det muligt gennem anvendelsen af Sundborgs metode på de enkelte underområder at foretage den ønskede korrektion. Undersøgelsesområdet er herefter delt op i 5 underområder:

- 1) Det centrale Esbjerg med etagebebyggelse, 1 kontrolpunkt.
- 2) Villabebyggelsen øst og nordøst for banegraven, 1 kontrolpunkt.
- 3) Villabebyggelsen nord for centrum, 1 kontrolpunkt.
- 4) Blandet bebyggelse i den vestlige bydel (dækker også havnekvarteret, 1 kontrolpunkt).
- 5) Rent rurale områder nord for byen, 1 kontrolpunkt.

Ved en analyse af alle de beregnede korrektionstal, i relation til de 5 delområder, fremgik det rimelige i at opdele byen på ovennævnte måde, da der næsten uden undtagelser viser sig en kraftig stigning i korrektionstallet, når vi bevæger os fra land til by, samt en betragtelig forskel for hvert kontrolpunkt for hver måleperiode. Dette viser klart, at man ikke umiddelbart kan forudsætte en ensartet lineær temperaturudvikling over det samlede undersøgelsesområde.

Byens effekt på temperaturmønsteret er observeret og beskrevet mange gange, og nattens heat-island ses ofte refereret i litteraturen. Den almindelige forklaring, der gives på, hvorfor en varm by om natten omgives af et relativt koldt ruralt område, er, at byens bygninger og gader har en betydeligt højere varmekapacitet end det rurale område. Samtidig er byens gennemsnitlige termale ledningsevne betydeligt større end jordens, således at varmereservoiret i form af bygninger bortleder sin varme til jordoverfladen, hvorfra den så kan opvarme luften. Denne forklaring holder i hovedtræk stik, når der er tale om en natsituation, men hvis vi søger at udstrække den til dagsituationen, opstår der uoverensstemmelser.

Netop om dagen skulle forklaringen om større varmekapacitet og varmeledningsevne føre til, at byen skulle blive køligere end sine omgivelser. Den absorberede varme skulle da gennem ledning føres

til det indre af bygningerne og oplagres her uden at forøge lufttemperaturen som over den rurale jord, der i forhold til byen har dårlig ledningsevne og relativt lille varmekapacitet.

Temperaturfordelingen d. 31.7.1969 9:45-11:00, korrigeret til kl. 10:15 (fig. 3).

Under denne måleperiode herskede der en helt skyfri himmel med en ganske svag vind fra sydvest, målt til 0.2 m/sek i Esbjergs yderområder, medens der nærmest var vindstille i selve byen. Som normalt under en dagsituation har vi kl. 10:15 en moderat stor temperaturdifferens mellem land og by, målt til 1.6°C (by-land). Temperaturfordelingen viser 2 relativt kølige områder, et over Esbjergs centrum omkring Torvet og et, der strækker sig parallelt med Fiskerihavnen for på højde med Trafikhavnen at bøje mod øst. I den øvrige del af observationsområdet er der en meget ensartet temperatur, dog med de varmeste områder (29°C) ruralt beliggende ved Strandskoven i den nordlige del af byen. Øst for banegraven har vi på grænsen fra høj bebyggelse til de lave villakvarterer en nordgående varmelomme.

Det er allerede udtrykt, at forskellen i varmekapacitet mellem urbant og ruralt ikke alene forklarer det over byer observerede temperaturmønster. Ind i fordelingen kl. 10:15 passer derfor de 2 relative kuldeområder, men varmektoren mellem disse må tolkes på en anden måde. En forklaring baseret på strålingseffekten over bebyggelsen synes at give et tilfredsstillende svar. Insolationen kommer ud for mange konfigurationer når den rammer Jorden i en by. Som enkelte eksempler skal vi her betragte 3 typer, som vises i fig. 1, hvor de tre tegninger forestiller: (1) en relativ jævn overflade med spredt lav bebyggelse, (2) mellemstore bygninger, hvis højde er af samme størrelse som gadebredden og (3) store bygninger, hvor højden er betydeligt større end gadebredden, figuren viser endvidere, hvorledes strålerne forløber, når de rammer de 3 overfladetyper.

For det flades vedkommende bliver en del af den indkommende stråling reflekteret tilbage til atmosfæren og vil være tabt som varmegiver. I tilfældet med de mellemstore bygninger rammer meget af den reflekterede stråling en anden bygning eller gaden, som enten absorberer den eller evt. reflekterer tilbage, en stor del af denne genreflektering absorberes også i bygninger og gader. Den reflekterede stråling kommer altså til anvendelse nu, hvorimod den over rurale områder var totalt tabt.

Situationen er næsten den samme for de store bygningers vedkommende; men som det ses af figuren, finder den største strålingsabsorption sted på et højere niveau, og den mængde stråling,

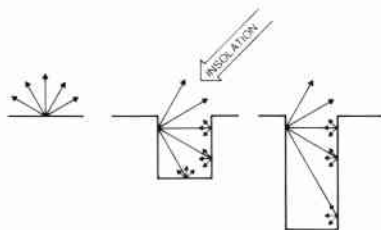


Fig. 1. Insolationens forløb i 3 overfladetyper.

Fig. 1. Configuration of insolation in a town on 3 types of town relief:

1. Built-up area.
2. Houses as high as the width of the street.
3. Tall buildings.

der overhovedet når ned til gadeniveau, bliver derfor i dette tilfælde betydeligt mindre. Da samtidig tilstedeværelsen af de mange bygninger nedsætter ventilationen og dermed opblandingen af luften, bliver den mængde stråling, der absorberes på de forskellige niveauer, næsten ækvivalent med den temperatur vi kan måle i samme plan. Ud fra fig. 1 og det faktum, at de fleste huse i Esbjerg har tage, der hovedsagelig består af mørkt (rødt) materiale med stor absorptionsevne, fremgår, at i områder som Esbjerg bymidte med relativt høje og tætliggende huse kan der være en stor – ja den største – absorption af indstrålingen netop i tagniveau og de øverste etager. Netop dette forhold betyder, at vi får et insulationsunderskud nær gadeniveau i centrum og derfor også en noget lavere temperatur.

Disse betragtninger kan sikkert også overføres på det andet køligere område i byen, selv om bebyggelsen her gennemgående er noget lavere. Allerede nord for Nørregade, hvor der især er tale om villabebyggelse (type 2 i fig. 1), får vi en øget absorption i gadeniveau og dermed også i målehighden med forøget temperatur til følge. I øvrigt skal bemærkes, at temperaturen i det relative kølige område ved havnen med indtil 0.2°C lavere temperatur end centrum muligvis skyldes områdets rigeligere vegetation, som gennem evaporationen kan virke afkølede på luften.

Rundt om disse to områder har vi altså en varmere zone med op til 29°C . Denne zone domineres af villabebyggelse, så den fundne temperaturstigning stemmer godt overens med førnævnte teori om større absorption af indstrålingen. Jo nærmere vi kommer de helt rurale områder, desto lavere skulle temperaturen blive ifølge teorien. Inden for måleområdet kan det dog være vanskeligt at

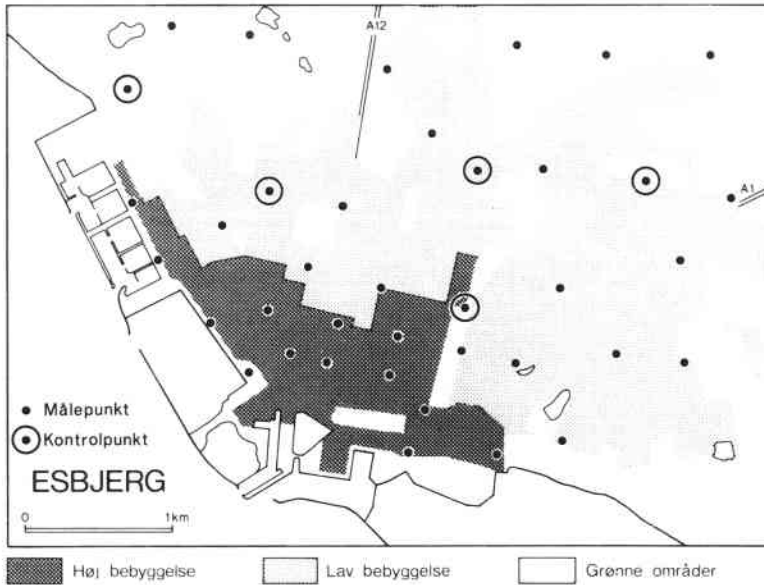


Fig. 2. Reading points and check points (circular) in Esbjerg. Signiture indicates taller buildings (dark screen), built-up areas (light screen) and greens.

skelne et sådant temperaturfald, bedst ses det øst for byen, hvor der er målt 28.2°C .

Kratzer og mange andre siger, at maximumtemperaturerne for byen viser omtrent samme værdi som for det omliggende rurale område, de kan dog i visse tilfælde være en smule højere. *Lindquist* har påpeget det samme i sine byklimatiske modeller, idet han viser, at der på en dag med klart og roligt vejr kan være følgende variation over bykærnen: $t+1$, t , $t-1$, hvor t er den af bebyggelsen ikke-påvirkede temperatur. *Lindquist* giver dog samtidig udtryk for, at disse forskelle må være stærkt lokalt betingede.

Dette sidste kan man meget vel forestille sig i Esbjerg, fordi byen har et så ensartet, retvinklet gademønster. Derfor kan det være muligt, at på de tider af dagen, hvor den indkomne stråling falder parallelt med gadeforløbet, vil de årsagssammenhænge, der er påpeget gennem fig. 1, ikke slå til. Byen vil i så fald få højere temperatur end det omliggende land, men dette forekommer kun sjældent under dagens løb, hvorfor teorien i sine hovedtræk skulle holde stik. Forskellen mellem den kølige bymidte og den øvrige del af byen beløber sig sjældent til mere end 1°C .

F.L.Ludwig har ved undersøgelser i Dallas og Fort Worth i Texas

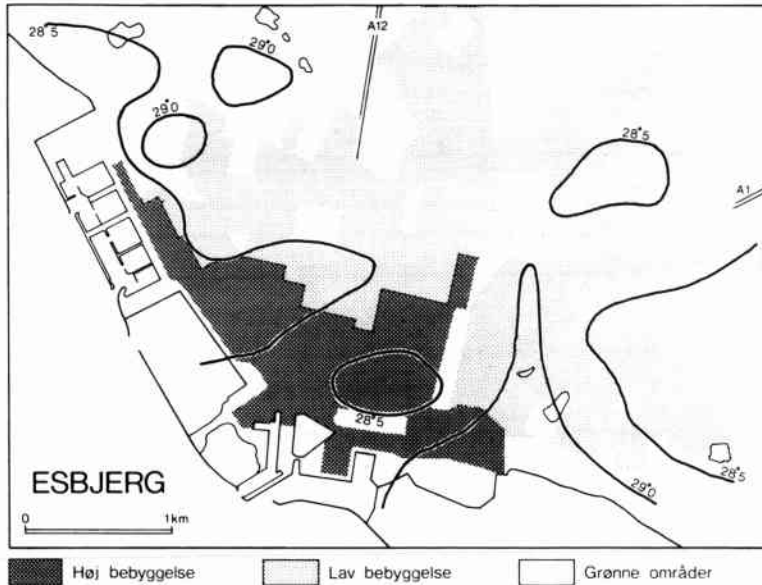


Fig. 3. Temperaturfordelingen d. 31.7.1969, 9:45–11:00, korrigeret til kl. 10:15.

Fig. 3. Temperature distribution 31st July, 1969, 9:45–11:00, corrected to 10:15.

vist, at den omtalte effekt i høj grad er afhængig af, om der findes et "down town area" med en bebyggelse, der rent højde- og symmetrimæssigt adskiller sig fra de øvrige bydele. Netop i Dallas, der har et veludviklet "down town area", er der køligere om dagen end i Fort Worth's centrum, der ikke udviser denne udprægede højdevariation.

Nu har det for Esbjergs vedkommende vist sig, at der ikke altid er dette køligere område, eftersom dette kun optræder i ca. 40% af tilfældene om sommeren og aldrig er observeret om vinteren, hvor teorien i øvrigt alligevel ikke kan holde – i hvert fald ikke på vore breddegrader på grund af den lavere solhøjde og -intensitet. Effekten alene kan derfor ikke forklare mønsteret. Måske er Esbjerg et overgangsfænomen mellem en "Dallas – type" og en "Fort Worth – type", i hvert tilfælde ser det ud til, at teorien ikke alene kan forklare mønsteret. For Esbjergs vedkommende skal dette ekstrem sikkert ses som resultat af vindpåvirkningen, da alle tilfældene med en kulde-ø i centrum faldt sammen med vindstyrker under 1–2 m/sek, mens kulde-øen blev opblandet og udlignet med de omkringliggende luftmasser ved større vindhastigheder.

Temperaturfordelingen d. 31.7.69 21:06–22:08, korrigeret til kl. 21:30 (fig. 4)

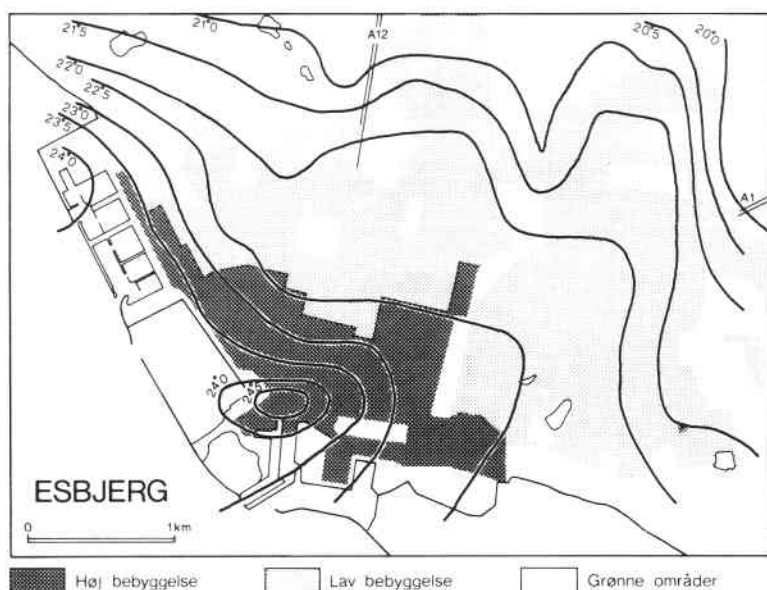


Fig. 4. Temperaturfordelingen d. 31.7.69, 21:06–22:08, korrigeret til kl. 21:30.

Fig. 4. Temperature distribution 31st July, 1969, 21:06–22:08, corrected to 21:30.

Under denne målekørsel er der et skydække på 3/8, med skyer af cumulustypen. Vindhastigheden målt til 4 m/sek. Minimal- og maksimaltemperaturerne er målt til 19.9 og 24.5°C, henholdsvis i ruralt og urbant beliggende målepunkter.

En heat-island er nu fuldt udviklet. Oprindeligt blev denne dannet over det centrale Esbjerg med kerneområdet i en øst-vestlig udstrækning, men fra dagens tidligere næsten vindstille forhold har den nu øgede vindhastighed forskubbet heat-island mod vest, ud over havneområdet, et forhold der også ses i den nordlige del af havneområdet. Uden om den centrale kerne har vi udtalt nedadgående temperaturgradienter i alle retninger henover grænsen mellem etagebebyggelse og villabebyggelse. Derpå følger en termisk ensartet, kilometerbred zone, hvorefter vi får en endnu mere udtalt gradient på den egentlige grænse mellem land og by – en grænse, der kommer kraftigst til udtryk i den nordøstlige del af byen.

Ud fra disse og en lang række andre målekørsler er det faktisk muligt at inddele døgnet i en række faser i relation til heat-island. Det egentlige heat-island dannes gennem en opbygningsfase, der falder sammen med overgangen fra dagens ustabile tilstande til nattens stabile. Selve intensiteten af heat-island kan variere noget, oftest er det dog således, at maksimumintensiteten indtræffer

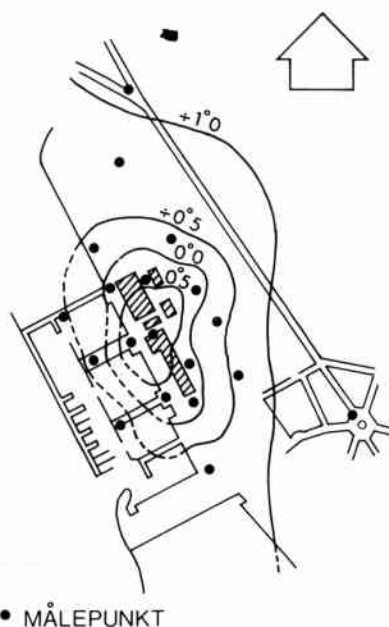


Fig. 5. Temperaturvariationer om natten, marts 1970. Heatisland omkring sildeoliefabrikkerne, Esbjerg Fiskerihavn.

Fig. 5. Heat-island in the night, March 1970, Herring oil industry, Esbjerg fishing port.

omkring midnat. Med morgens komme træder man ind i en nedbrydningsfase, der snart får reduceret temperaturkontrasterne mellem land og by. Efter denne fase får man i dagens løb temperaturfordelingsmønstre der varierer i takt med de aktuelle meteoroklimatiske forhold, indtil døgncirklens sluttes ved solnedgang.

Både kl. 21:30 og ved mange andre observationer er der konstateret en vis uro i isothermforløbet i den nordlige del af trafikhavnen omkring de store sildeoljefabrikker. Isothermforløbet markerer faktisk tilstedeværelsen af en lille lokal heat-island. Sådanne sekundære varmeøer ses ofte beskrevet i litteraturen og altid i forbindelse med industriforetagender. Således er det fx beregnet, at stålværkerne ved havnen i Hamilton frigiver tilstrækkelig varme, ækvivalent med $0.53-0.80 \text{ gcal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, til at forklare en sekundær heat-island.

For at verificere denne formodede lokale varme-ø foretoges i marts 1970 – under optimale vejrtilstande – et detailstudium af nattens temperaturfordeling omkring sildeoliefabrikkerne, se fig. 5. Dette viste helt klart, at der virkelig var tale om en sekundær heat-island, termisk betydelig, men med en kun lille horisontal udstrækning.

Der har været givet mange forklaringer på et heat-island's opståen. *Luke Howard* (1833) mente, at de højere bytemperaturer opstod som en slags selvophedning, der kunne føres tilbage til forbrændingen fra såvel beboelses- som industriområder. *Kratser* (1956) tilføjer til denne forklaring — som en primær grund til dannelsen af heat-island — at luftforureningen lægger sig som et tæppe over byen. Forureningsskyen absorberer og tilbagesender varmeudstrålingen fra byen, hvilket resulterer i den store natlige temperaturøgning. Senere har andre, deriblandt *Chandler*, (1965), givet den reducerede evaporation i byen hovedskylden.

Hans argument er, at den ubetydelige plantetranspiration og nedsatte evaporation i byen (især omkring bymidten) gør, at mere indstrålet solenergi kan gå direkte til opvarmning og oplagring i huse, gader m.v. Disse forskellige forklaringer på heat-islands opståen er kun enkelte eksempler på den kompleksitet, begrebet rummer. En bys termalklima undersøges, og man prøver at stille de dominerende parametre for netop den bys heat-island op, men man må bemærke, at de fundne resultater kun gælder for den pågældende by, og ikke — som en numerisk regel — uden videre kan overføres til andre byer. Vi har set — og kan forklare — de såkaldte cold-islands som et dagfænomen i både Esbjerg og Dallas. Også *Chandler* opgiver, at cold-islands fremtræder i 30% af alle dag- og 15% af alle natsituationerne.

Der har været foretaget mange analyser af byers temperaturklima, men endnu eksisterer der ingen generel fysisk-matematisk teori eller model, der kan hjælpe os til at forstå den store variation, der er for den enkelte by, og slet ingen der rækker til sammenlignende studier. Som en kort konklusion kan man dog sige, at urbane temperaturøgninger er helt domineret af lokale faktorer, samt med optimale makroklimatiske vejrforhold, hvilket vil sige skyfrit og med rolige vindforhold.

Litteratur:

- Bornstein, R.D.* (1968): Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. I: *Journal of Applied Met.*, Vol. 7.
- Berenyi, D.*: (1967) Mikroklimatologie.
- Chandler, T.I.*: (1965). The Climate of London.
- Clowes*: (1930) Influence of Smoke on New York City Temperatures. I: *Bull. of Am. Met.Soc.* Vo! 11.
- Craxford, S.R. & M. L. Weatherley*: (1964). Air Pollution and Town Planning. I: *Nat. Soc. for Clean Air.*
- Emonds, H.* (1954): Das Bonner Stadtklima. I: *Arb. zum Rheinischen Landeskunde*, Heft 7.

- Eriksen, W.*: (1964): Das Stadtklima. I: Erdkunde, Bd. XVIII, Heft 4.,
Howard, Luke (1833): The Climate of London.
Kalb: (1962). Einige Beiträge zum Stadtklima von Köln. I: Met. Rdsch., 15.
Kratzer, P.A.: (1956). Das Stadtklima.
Lumley & Panofsky: (1965). The Structure of Atmospheric Turbulence.
Lindquist, S.: (1970). Bebyggelsesklimate Studier. I: Medd. fra Lunds
Universitets Geografiska Institut.
Mitchell: (1953). On the Causes of Instrumentally Observed Secular
Temperature Trends. I: Journ. of Met., Vol. 10.
Myrup, L.O. (1969): A Numerical Model of the Urban Heat Island. I: Journ. of
Appl. Met., Vol. 8.
Sundborg, A.: (1951) Climatological Studies in Uppsala. I: Geographica, nr. 22.
Urban Climates: Technical Note No. 108, WHO/WMO. Proceedings of the
Symposium on Urban Climates and Building Climatology, Brussels, October,
1968 (Vol. 1).