

Byens klima adskiller sig ofte markant fra det omkringliggende landskab. Den urbane varmeø angiver et byområde, der har en højere temperatur end det ikke-urbane område. Sammenlignet med det omgivende landskab kendetegnes byer også af større temperaturudsving og en lavere luftfugtighed. Den urbane varmeø skyldes i høj grad, at byer har andre overflader og består af materialer med andre egenskaber end dem, vi finder i det åbne land. Byens komplekse struktur, hvor materialer og former kan variere indenfor korte afstande, er faktorer, der har stor betydning for byens temperatur- og vindforhold samt vandkredsløb.

## HVORDAN PÅVIRKER BYENS OVERFLADER OG MATERIALER TEMPERATUREN?

Byen består af en mosaik af mange forskellige overflader og materialer, som har indflydelse på den urbane varmeø.

Byens forskellige overflader har betydning for, hvor stor en andel af solens kortbølgede indstråling, der reflekteres, og hvor meget der absorberes. Den reflekterede andel af solens stråler kaldes overfladens **albedo**. En overflade med en høj albedo, som hvide tage, reflekterer en stor andel af solens indstråling (50-90%), mens en overflade med en lav albedo, som sort asfalt, har en lav albedo på 5-20%. Byen som helhed har en lav albedo - omkring 10-15% - hvilket betyder, at en stor del af solens indstråling absorberes af byen og tilfører denne energi.

## Byoverfladers egenskaber

Byoverflade	Albedo %	Specifik varmekapacitet	Porøsitet %
Asfalt	5-20	920	0,1 - 10
Mursten	20-40	750	30 - 50
Tegl	10-35	920	30 - 50
Beton	10-35	880	5 -30
Granit	30-35	750	0,5 - 1,5
Glas	100	670	0
Sand, vådt	25	835	35
Sand, tørt	30	835	35
Bar jord	5-50	800	50
Vand, salt	5-10	3930	-
Vand, ferskt	5-10	4186	-
Vegetation, græs	30	Lav	50
Vegetation, skov	15	Lav	50

Byernes store bygningsmasse og de anvendte byggematerialer giver en høj **varmekapacitet** (varmefylde). Om dagen lagres den tilførte energi i bygningerne, og den frigives senere om aftenen og først på natten som langbølget varmestråling. Nogle materialer har en større varmekapacitet end andre. Når massive teglsten f.eks. har en specifik varmekapacitet på 920 betyder det, at der skal tilføres 920 kJ for at opvarme 1kg teglsten 1 grad.

En anden faktor, der har betydning for temperaturerne i byen, er **materialernes porøsitet**. Porøsiteten har for det første betydning for hvor meget vand, materialet kan optage, og for det andet for hvor stor en overflade, der kan ske fordampning fra. Porøsiteten siger altså noget om, hvor meget fordampning, der er mulighed for det pågældende sted. **Evaporationen** bidrager til at sænke et steds temperatur, fordi fordampning bruger energi (fordampningsvarme).

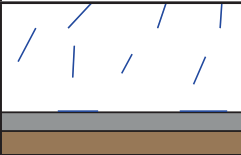
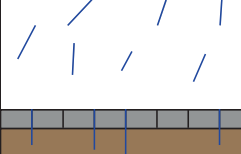
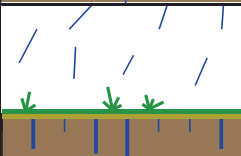
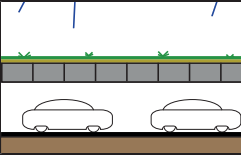
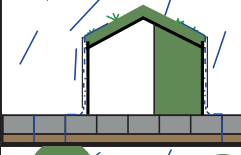
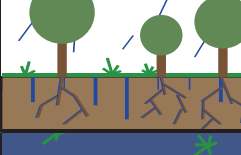
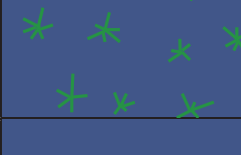

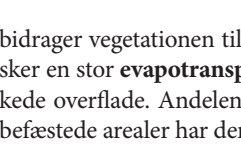
**Det blå element i byen** – søer, vandløb, havne, kanaler - har en lav albedo og en høj varmekapacitet. Vandets meget store varmekapacitet betyder, at "blå" områder dæmper temperaturudsvingene i byen. Dertil kommer at mulighederne for fordampning af vand i byerne medvirker til, at dæmpe varme-ø-effekten.

**Vegetation** har en relativ høj albedo, men opfører sig lidt anderledes end andre materialer, fordi planterne anvender en del af indstrålingen til fotosyntese i stedet for at lagre den som varme. Det betyder, at planterne i sig selv afgiver meget lidt varme. Omvendt

Videnskabeligt set er forklaringsrammen naturvidenskabelig. Udgangspunktet er en registrering, undersøgelse, kortlægning og klassifikation af forskellige typer byoverflader ud fra deres egenskaber (albedo, varmekapacitet, porøsitet, fordampning og fotosyntese.) De indsamlede data systematiseres og sammenfattes til et antal "standardtyper" af byoverflader, der hver kan gives en værdi, som danner udgangspunkt for beregninger af forskellige typer af indeks som f.eks. BAF. Med standardiserede klassifikationssystemer af denne type har man for det første et redskab til at undersøge byers og bykvarterers overflader og materialer med henblik på at kunne identificere eventuelle problemområder og for det andet et redskab til at kunne træffe bevidste valg i forbindelse med byplanlægning.

Det er den anvendte naturvidenskab og teknologi, der er i fokus. På den ene side handler det om en problemorienteret tilgang, hvor det bliver muligt at identificere (og sætte tal på), hvornår varmeøeffekten i særlig grad skaber problemer, og på den anden side handler det om at udvikle et operationelt planlægningsredskab, der kan medvirke til at problemerne med varmeøeffekten bliver inkluderet i planlægningsprocessen.

## BAF faktor

Overfladetype	Beskrivelse af overfladetyper	VF/m <sup>2</sup>
	Befæstede overflader af cement, asfalt, tegl, glas m.v. Ikke gennemtrængelige for luft, vand og planter.	0,0
	Overflader med klinker, fliser og lignende; på underlag af f.eks. grus og sand. Gennemtrængelige for vand og luft, men uden planter.	0,3
	Overflader med gruslag, der kan have belægning af græs eller træblokke. Semi-gennemtrængelige for vand og luft. Mulighed for plantevækst.	0,5
	Overflader med grus- og jordlag, der er konstrueret oven på f.eks. parkeringsanlæg og bygninger. Derfor ikke forbundet med undergrunden.	0,6
	Tagoverflader med græs - grønne tage.	0,7
	Vægbeplantning - grønne vægge	0,5
	Overflader med vegetation, der er forbundet med undergrunden og som kan udvikle flora og fauna	1,0
	Vandoverflader med plantevækst	1,0
	Vandoverflader uden plantevækst	0,9

VF/m<sup>2</sup>: Vægtfaktor pr. m<sup>2</sup> overflade

bidrager vegetationen til en sænkning af temperaturen, fordi der sker en stor **evapotranspiration** af vand fra den vegetationsdækkede overflade. Andelen af vegetation i forhold til bygninger og befæstede arealer har derfor en stor betydning for varme-ø-effek-

## BAF-regnestykke

Total areal: 10000m <sup>2</sup>	
Bebygget (befæstet med tegltag):	3910 m <sup>2</sup> (BAF 0,0) = 0 m <sup>2</sup>
Fliser (delvist gennemtrængelig overflade):	1000 m <sup>2</sup> (BAF 0,3) = 300 m <sup>2</sup>
Vegetation over parkeringskælder:	1500 m <sup>2</sup> (BAF 0,6) = 900 m <sup>2</sup>
Vegetation(i kontakt med underliggende jord):	2090 m <sup>2</sup> (BAF 1) = 2090 m <sup>2</sup>
Bebygget (grønt tag):	1500 m <sup>2</sup> (BAF 0,7) = 1050 m <sup>2</sup>

Økologisk effektivt overfladeareal i alt 4340 m<sup>2</sup>

$$\text{BAF} = \frac{\text{Økologisk effektivt overfladeareal}}{\text{Totalt areal}} = \frac{4340 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0,434$$

ten. Den er særligt stor i tæt bebyggede områder som byens centre, hvor en stor andel af indstrålingen oplagres i materialerne, og hvor andelen af vegetationsdækkede arealer typisk er under 20%. I områder med lavere bebyggelsesgrad og større andel vegetationsdækket overflade (50-60 %), som et typisk parcelhuskvarter, vil varme-ø-flekten være mindre udtalt, da en større del af indstrålingsenergien bruges på fordampning.

## PROFESSIONELLE REGISTRERINGER

Byernes morfologi og grønne struktur kan kortlægges med fokus på forskellige aspekter. Manchesters grønne struktur er f.eks. blevet kortlagt med det formål at se hvor stor betydning byens grønne områder har i forhold til varmeeffekten. Andre gange kortlægges bymorfologien som led i en planlægningsproces.

For at fremme en hensigtsmæssig udformning af byens rum anvender byplanlæggere flere steder indeks, der kan bruges til detailplanlægning af nye byområder – eller ved byfornyelse. Forskellige materialer giver forskellige points alt efter hvor positivt de påvirker vandkredsløb, biodiversitet og temperatur. Forseglede overflader, som asfalt, har f.eks. lavere værdi end fliser, fordi vand kan sive ned gennem flisernes fuger. Græs, derimod, har endnu højere værdi, fordi det sikrer lokal regnvandshåndtering, bidrager til byens biodiversitet og sænker temperaturen. Eksempler på overfladeværdier kan ses i tabellen. De forskellige faktorer udregnes for overfladerne i området, hvorefter de kombineres til byområdets egen Biotope Area Factor. Også andre steder end Berlin arbejder man med indeks. I Malmø har man anvendt Grønytefactoren (Green Space Factor) ved byfornyelsen af havneområdet, og i Seattle anvendes indekset Green Area Factor (se Data og litteratur).

## REGISTRERING AF BYOVERFLADER OG MATERIALER PÅ FELTFOD

Feltaktiviteter kan gennemføres i afgrænsede byområder. Undersøgelserområdet kan være 100x100 meter med ensartet struktur som f.eks. en karré eller gammel bymidte, enfamilies-

huse, rækkehuse, industri mv.

BAF kan sige noget om områdets biologiske værdi og er også velegnet til at sammenligne forskellige typer af byområder. Et højt BAF (tæt på 1) viser, at området har en stor andel af vegetation og et vandkredsløb, der er meget tæt på det naturlige.

Det afgrænsede undersøgelsesområde opmåles og kortlægges i forhold til typer af overflader og materialer, der kan registreres (jvnf. tabellen). Herefter kan den procentvise andel af grønt beregnes og området vurderes i forhold til BAF. Dette kan enten gøres ud fra egne opmålinger på stedet med registrering på et kopieret kort, på baggrund af luftfotos eller ved hjælp af GIS. Der kan samtidig foretages et antal målinger af de forskellige overfladetyperes temperaturer vha. en infrarød sensor.

Feltundersøgelserne kan fungere som en kortlægning af forskellige byområders varmeeffekt. BAF kan give ideer til, hvordan eksisterende områder kan forbedres. Det er ofte muligt at forbedre BAF selv med små tiltag som udskiftning af overflader som asfalt (f.eks. i gårdanlæg) samt ved etablering af grønne og blå overflader – f.eks. beplantning på eksisterende bygninger og tage.

## DATA OG LITTERATUR

Som professionel er man nødt til at foretage en registrering det konkrete sted. Da områderne og især de grønne elementer udvikler sig over tid, er det ofte nødvendigt at indsamle ny data. Registreringerne foretages ofte på baggrund af ortofotos suppleret med felt-registreringer. Der findes GIS-datasæt som for eksempel Corine (gratis download fra DMU), men opløsningen og kategorierne er for grov til at den kan anvendes til at beregne BAF ud fra.

Pauleit, S. & Carstensen T. A. (2008): Klimaforandringer i byerne – nyt tema i kommuneplanlægningen. Skov & Landskab, KU og Plan09  
Rosenbak, M. & Jørgensen, G. (2009): Den grønne by – udfordringer og muligheder. Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 89-2009. KU.  
DMU:  
[www.dmu.dk/Udgivelser/Kort\\_og\\_Geodata/CLC2000/CLC2000\\_beskrivelse/DMI](http://www.dmu.dk/Udgivelser/Kort_og_Geodata/CLC2000/CLC2000_beskrivelse/DMI):  
[www.dmi.dk/dmi/index/klima/temaer/tema\\_klimaord/klimaord\\_albedo.htm](http://www.dmi.dk/dmi/index/klima/temaer/tema_klimaord/klimaord_albedo.htm)  
Berlin (Biotope Area Factor):  
[www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index\\_en.shtml](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml)  
Seattle (Green Area Factor):  
[www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/@permits/documents/web\\_informational/dpdp016505.pdf](http://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/@permits/documents/web_informational/dpdp016505.pdf)



Faglig bidragsyder: Marianne Rosenbak  
ved Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns  
Universitet, Email: [rosenbak@life.ku.dk](mailto:rosenbak@life.ku.dk) - juli 2011

Redaktører: Pernille Ehlers, Rødovre Gymnasium, Lis Petersen, Ørestad  
Gymnasium og Jannie Rosenberg Bendsen, DAC  
Layout: Troels Thor Axelsen, DAC



dansk byplan  
laboratorium

DAC | DANSK ARKITEKTUR CENTER



# DEN URBANE VARMEØ BYENS OVERFLADER OG MATERIALER