



Naturbaseret spildevandsrensning på øen Phi Phi Island i Thailand, 2006. Spildevandet fra hoteller og restauranter på øen renses i fire typer af serielt forbundne anlæg: et grusfilter med vertikal strømning, et grusfilter med horisontal strømning, et konstrueret vådområde med åbent vandspejl og et opholdsbassin. Det rensede spildevand genanvendes til vanding af hotellernes haveanlæg. Kilde: Brix et al. Ecol Eng 37 (5). Gengivet med tilladelse fra Elsevier.

KLIMATILPASNING

– fra tanke til handling

Om forfatteren



Ole Fryd er lektor i landskabsarkitektur, planlægning og klimatilpasning, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet (KU). Han er uddannet Civilingeniør i Arkitektur & Design fra Aalborg Universitet og har en ph.d. i byplanlægning og landskabsarkitektur fra KU. Ole underviser og forsker i klimatilpasning og især, hvordan man kan arbejde med beplantning og naturlige processer som en klimatilpasningsstrategi. Til daglig er Ole tilknyttet landskabsarkitektuddannelsen og Have- og Parkingeniøruddannelsen, den internationale Master i Klimatilpasning og Parkdiplomuddannelsen på KU. of@ign.ku.dk

Hvordan sikrer man en generel bæredygtig udvikling til gavn for alle verdens borgere, mens klodens befolkningstal vokser med over 200.000 mennesker om dagen?

Her følger en personlig beretning om forfatterens egen motivation og handling ud fra pejlemærkerne bæredygtig udvikling, klimatilpasning og grøn infrastruktur.

I julen 2004 udløste et jordskælv en kraftig tsunami i Det Indiske Ocean med store ødelæggelser til følge i blandt andet Thailand. Under den efterfølgende genopbygning blev jeg som ung, nyuddannet ingeniør ansat på et udviklingsprojekt under Danida, hvor min opgave var at bidrage til at sikre hensigtsmæssige sanitære forhold i tre byer langs kysten i det sydvestlige Thailand.

Det, der motiverede mig ved jobbet – og som har været den gennemgående drivkraft i mit arbejdsliv lige siden – var muligheden for at udvikle bæredygtige løsninger, der forsøger at tackle tekniske sam-

fundsudfordringer ved at arbejde *med* naturen frem for *mod* naturen. Denne tilgang kan samtidig danne grobund for helhedsorienterede løsninger, der er skræddersyet til det enkelte sted, og som kan skabe nogle fantastiske synergieffekter.

Det mest spændende projekt i Thailand var på turistøen Phi Phi Island. Tanken var at slå flere fluer med et smæk og designe et spildevandsrensning, der samtidig fungerede som en offentligt tilgængelig grøn park med bænke og fodboldbaner, hvor restproduktet fra spildevandsrensningen var store smukke blomster, der kunne bruges som en del af dekorationen på øens

hoteller – og hvor det rensede spildevand kunne bruges til vanding af træer og blomster og dermed sikre, at øen kunne fortsætte med at fremstå som et frodigt tropisk paradis. Det var, hvad vi gjorde. På øens eneste offentlige grund blev der lavet et anlæg, der ikke kun rensede øens spildevand og sikrede rent vand langs bountystrandene, men også fungerede som en offentlig tilgængelig bypark. Det bekræftede mig i troen på, at “grøn infrastruktur” – i forståelsen som en teknisk infrastruktur, der er baseret på naturlige processer med sollys, planter og vand – kan noget særligt i forhold til at imødekomme verdens miljø- og klimaudfordringer.

Kig ud over den omlagte Skt. Kjelds Plads, der indgår som en del af klimatilpasningsprojektet langs vejen Bryggervangen på Østerbro. De mange træer og de mange forskellige arter og størrelser er en del af de nye tiltag i Københavns såkaldte Klimakvarter.
Foto: Mikkel Eye.



Intelligent afledning af regnvand

Et par år senere fik jeg mulighed for at skrive en ph.d. om samspillet mellem klimatilpasning og udviklingen af bæredygtige grønne byer. Specifikt var fokus på udviklingen af såkaldte LAR-løsninger som en klimatilpasningsstrategi, der skal mindske presset på byens kloaksystem, når nedbøren som forventet bliver kraftigere og kraftigere.

LAR er en forkortelse for Lokalt Afledning af Regnvand og handler grundlæggende om at tilbageholde, nedsive, fordampe eller anvende regnvandet tæt på, hvor regnen falder, frem for som i traditionelle kloakløsninger at forsøge at komme af med vandet så hurtigt som muligt ved brug af underjordiske rørsystemer. Samtidig handler det om at udnytte jordens evne til at fungere som et filter, der renser vandet, jordens evne til at fungere som en svamp, der opsuger og gemmer vandet, og planter evne til at optage og fordampe vandet. Derudover handler det om at kombinere håndteringen af vandmængderne og risikoen for forurening med muligheden for at skabe lokal merværdi. Eksempler på dette ses i Brygger-

vangen og Folehaven, der begge ligger i Københavns Kommune.

Bryggervangen på Østerbro kan betragtes som Danmarks største LAR-anlæg indplaceret i den eksisterende by. Vej- og fortovsarealet langs Bryggervangen er reduceret med omkring 30 % og erstattet af grønne områder med en variation af planter, buske og træer. Omlægningen fra asfalt og betonfliser til vegetationsdækkede overflader betyder, at regnvandet kan opfanges af trækrone og sive ned i jorden frem for blot at strømme af på overfladen, hvilket samtidig aflaster

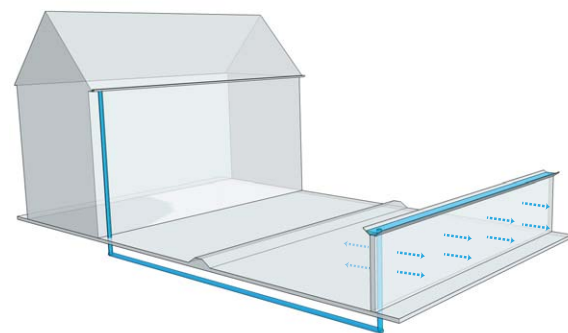
kloakken, så den ikke skal transportere så meget vand. Når det regner, ledes vandet fra fortove og hustage til plantebedene, hvorfra en del af vandet siver ned i jorden, optages af planternes rødder og fordampes. På denne måde håndterer plantebedene regnvandet uden at belaste det eksisterende kloaksystem. Samtidig har boligområdet fået et kvalitetsløft gennem de varierede beplantninger og de unikke og oplevelsesrige byrum, der er skabt.

Et andet eksempel er Folehaven i Valby, hvor man har udviklet en kombineret støjskærm og regn-

Jordens økologiske bæreevne

The Limits to Growth hedder en bog fra 1972. Den problematiserer sammenhængen mellem industriel økonomisk vækst, global befolkningstilvækst og det deraf følgende pres på naturens ressourcer, herunder fødevarerproduktion, CO₂-udledning og anden forurening. En del-problemstilling er Jordens økologiske bæreevne, der fungerer som en grænse for vækst.

Planetary Boundaries introduceres i 2009 som en metode til at kortlægge og vurdere Jordens grænser for menneskelig påvirkning. Af de i alt ni grænser har biodiversitetskrisen og den globale kvælstof- og fosforkrise allerede skubbet kloden "ud over kanten". Derudover er især klimakrisen og forvaltningen af planetens skov- og naturarealer i en særlig kritisk fase, mens vi stadig ved for lidt om, hvordan forskellige typer af forurening påvirker kloden som helhed.



Princip for LAR-anlæg i Folehaven, hvor vandets potentielle energi fra taget bruges til at løfte vandet op i fordelerrenden i toppen af den grønne klimaskærm (ovenfor). På fotoet ses klimaskærmen i forbindelse med indvielsen i efteråret 2019. Kilde: Marina Bergen Jensen, Københavns Universitet.

vandsløsning, nemlig en såkaldt grøn klimaskærm. Regnafstrømningen fra tage ledes via en underjordisk ledning til klimaskærmens top. Hertil udnyttes regnvandets potentielle energi. Fra toppen af klimaskærmen fordeles vandet over en fritstående skærm indeholdende mineraluld, som opsuger vandet og derefter tillader vandet at fordampe ud ad siderne under påvirkning af vind, sol og temperaturforhold. Den grønne klimaskærm kan ses som et eksempel på LAR generation 2.0, hvor man i højere grad udnytter de marginale arealer i byen, for eksempel smalle arealer langs skel, og samtidig udnytter vandets potentielle energi frem for at "tabe" muligheden for gravitationsbaserede løsninger, når først vandet er landet i terrænet. Samtidig er klimaskærmen kombineret med plantebede, så klatreplanter kan skabe en grøn væg, mens der også er mulighed for at tage ophold og sidde langs skærmen.

Naturbaseret byudvikling i Afrika

Over en periode på cirka 10 år har jeg været involveret i forskningsprojekter, der fokuserer på mulighederne for naturbaserede løsninger i afrikanske storbyer, specifikt i byerne Addis Ababa i Etiopien, Dar es Salaam i Tanzania og Lilongwe i Malawi. Med naturbaserede løsninger menes en vifte af tilgange, der udnytter det

eksisterende terræn, jordbundsforholdene, klimaet, den lokale vegetation og de lokale vandressourcer som udgangspunkt for byudviklingen. En by som Dar es Salaam vokser med omkring 1000 mennesker om dagen. I dag bor der cirka 6-7 millioner mennesker i byen. Om 10-15 år vil byen have dobbelt så mange indbyggere. De skal alle have et sted at bo, de skal have et job, mad at spise og de skal ikke blive syge af at bo i byen. Så hvordan bygges byen smart og bæredygtigt?

I Dar es Salaam har vi samarbejdet med borgerne i bydelen Kibululu om udviklingen af en helhedsorienteret by- og landskabsstrategi for bæredygtig udvikling. I forhold til vandhåndtering er et af problemerne, at der ikke er noget formelt afvandingssystem i den hastigt voksende by, at der kommer flere og flere huse til – så der genereres mere regnafstrømning fra tage i områder, der tidligere var marker eller bananplantager – hvilket øger erosionen i åer og floder og øger risikoen for massive oversvømmelser længere nede i flodsystemet, hvilket kan have katastrofale og fatale konsekvenser. Derudover er der i troperne regntider, hvor det regner meget og kraftigt, og tørkeperioder, hvor det stort set ikke regner i flere måneder. Det betyder, at der er vandmangel i lange perioder mellem regntiderne.

Ved at opsamle regnvand fra tage til lokal brug øges vandforsyningsikkerheden. Ved at forsinke, nedrive og fordampe vandet lokalt reduceres belastningen af åer og floder – med deraf følgende reduktion i erosions- og oversvømmelsesrisikoen nedstrøms i flodsystemerne. Endelig kan løsningen med lokal opsamling af regnvand kobles til lokal jobskabelse for de nye tilflyttere i form af landbrug og dambrug, der samtidig bidrager med produktion af lokale fødevarer – ikke mindst proteiner – der kan ernære den hastigt voksende befolkning.

Der er et stort internationalt potentiale i at tænke tingene sammen. Landskabsbaserede løsninger er multifunktionelle og kan skabe mere synergi end traditionelle mono-funktionelle teknologier.

På globalt plan forventes omkring 2,5 milliarder mennesker at flytte til byerne i de kommende 30 år. Det betyder, at det samlede bebyggede areal i verden vil fordobles – måske tredobles. Tendensen er nemlig, at vi bor i større huse, har dobbelt carport og kører bil, når vi skal ordne vores daglige gøremål, hvilket kræver meget mere plads end da vi byggede middelalderbyer i for eksempel Italien, Frankrig og Danmark. Næsten 90 % af denne globale byvækst forventes at finde sted i Asien og Afrika. Det positive er, at størstedelen af disse byområ-



Workshop med borgere i bydelen Kibululu i Dar es Salaam, Tanzania, om udviklingen af lokalt forankrede naturbaserede regnvandsløsninger, der giver mening for de involverede parter og adresserer mange forskellige problemstillinger på samme tid. Foto: Ole Fryd.

der endnu ikke er bygget – så vi har en unik mulighed for at gentænke byen og naturens rolle i byen, inden vi plastrer det hele til med asfalt og beton. Men det haster. Der flytter mere end 200.000 mennesker ind til byerne hver dag. Vi har en mulighed for at tænke helhedsorienteret fra starten og indtænke landskabets multifunktionelle rolle fra starten – frem for at det er noget, der som i eksemplet Bryggervangen i København bliver tilpasset 100 år efter, byen er bygget.

Havvand og grundvand er de næste klimaudfordringer

I de senere år har jeg udbygget erfaringerne fra arbejdet med klimaforandringer – med fokus på regnvandshåndtering i byerne – til også at dække klimatilpasningen af de danske kystområder i lyset af stigninger i det generelle havniveau såvel som øget risiko for stormflod. Her kan løsningerne deles op i tre overordnede tilgange: 1) *Beskyttelse* som diger, sluser og høfder; 2) *tilpasning*, hvor bebyggelsen og beboernes evne til at leve med vandet udvikles, og 3)

tilbagetrækning, som er en gradvis udfasning af bebyggelse i særligt udsatte, lavtliggende kystområder. En delstrategi under tilbagetrækning handler om at undgå problemer i fremtiden ved ikke at bygge i særligt udsatte områder som strandenge og ådale.

Tilbagetrækning er nok den mest kontroversielle tilgang på nuværende tidspunkt. Givetvis fordi det kan tolkes som en diametral modsætning til en mulig iboende menneskelig stræben efter at kontrollere naturen – det at lade ting stå til, at give land tilbage til naturen og ikke

Menneskelig handling og konsekvens

Resiliens kan ses som et samfunds og/eller et økologisk systems evne til at "springe tilbage" til en normalsituation efter en chokpåvirkning. Jo hurtigere, man er tilbage til normalsituationen, jo mere resiliens er systemet. En udspændt elastik springer tilbage til sin grundform på en brøkdel af et sekund. En by tager måske fem år at genopbygge efter et jordskælv eller en anden katastrofe – mens de mentale- og sundhedsmæssige eftervirkninger kan trække spor flere årtier efter hændelsen. Et globalt klimasystem kan måske stabilisere sig indenfor en tidshorizont på 5.000-10.000 år. Den sjette masseudryddelse, dvs. det aktuelle tab af dyre- og planterarter som følge af menneskelig aktivitet, vil kræve en restitueringsperiode på omkring 5 millioner år – måske endnu mere.

Så naturkatastrofer og menneskelige handlinger og valg har forskellige konsekvenser og forskellige tidsmæssige påvirkninger såvel lokalt som globalt. Når man presser en hånd ned i en skummadras vil det tage kortere eller længere tid for madrassen at finde tilbage til sin grundform og sit udgangspunkt. Det samme gælder menneskabte miljøpåvirkninger.

Vil du vide mere?

• Resiliens og havvand: Ole Fryd og Gertrud Jørgensen (red.): *Byerne og det stigende havvand – Statusrapport 2019*. IGN Rapport, Januar 2020.

• Lokal Afledning af Regnvand (LAR): www.laridanmark.dk

• Planetary boundaries: www.anthropocene.info

• Meadows, D. H., & Club of Rome. (1972). *The Limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books.

• Brix et al (2011): The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi - System design and lessons learned during implementation and operation. *Ecological Engineering* 37 (5), pp. 729-735

bare "bygge os ud af problemerne". Det kalder på en større ydmyghed blandt os mennesker – ja for hele menneskeheden – i forhold til naturen. Det kalder på en ændring af "mind set". Og det tager tid.

Heri ligger en mulig kobling til resiliensforståelsen, der ikke kun omhandler et systems evne til at "springe tilbage", men også et samfunds evne til at omorganisere sig og "springe fremad" i en løbende proces, hvor vi i højere grad tillader læring og en afvejning og tilpasning af teknologier og valg over tid, frem for (på reduktionistisk vis) at se klimatilpasning som en handling, en event, hvor borgmesteren klipper snoren over og påstår, at "nu er vi klimasikrede". Ud fra en evolutionær resiliensforståelse er klimatilpasning netop ikke en event, men en kontinuerlig proces med mange læringsloops. I den forbindelse er jeg overbevist om, at naturbaserede løsninger har et kæmpe potentiale som en del af løsningsrummet.

En af de andre store klimaudfordringer, vi er begyndt at arbejde med, er

det stigende grundvand. Danmark er grundlæggende et historisk moselandskab, som har været heftigt drænet i over 100 år. Med stigende årsnedbør og især stigende vinternedbør, hvor fordampningen samtidig er lav – og med ofte lerede jorder, der kun kan opbevare en relativt lille mængde vand – er der stigende risiko for, at jorden sumper til. Denne udfordring forværres i kystområder af en stigning af det generelle havniveau og yderligere af landsænkninger i den sydvestlige del af Danmark. I udviklingen af helhedsorienterede og langsigtede klimatilpasningsløsninger gælder det således om at sammentænke grundvandsstigninger, havvandsstigninger, vandforsyning (blandt andet i tørkeperioder) og afvanding ved hjælp af LAR.

Nogle af de spørgsmål, der rejser sig i forhold til naturbaseret dræning er blandt andet: Hvor effektive er forskellige træer til at suge vand op af jorden og fordampe det? Hvordan plantes og plejes disse særligt tørstige eller oversvømmelsestolerante træer, og hvordan får

de lov til at udvikle sig over tid? Er det f.eks. acceptabelt at træerne vokser sig meget store i vores byområder?

Fra tanke til handling

I mit arbejde som underviser på universitetet oplever jeg et enormt engagement blandt studerende, der ønsker at bidrage konstruktivt til udviklingen af en bedre verden – og som deler min fascination af naturen som kilde til inspiration og en gave, der kan være med til at løse de mangesidede udfordringer. Vi mangler stadig at forløse potentialet fuldt ud, og det sker gennem nysgerrighed, analyser og handling én-til-én. Såvel helt lokalt på en gade i Danmark som globalt i de hastigt voksende byer i Asien og Afrika.

Hvad gør man, hvis man har et brændende engagement og en lyst til at bidrage til udviklingen af en bedre verden? Man handler! Det har jeg i hvert tilfælde valgt at gøre, og jeg håber at denne lille fortælling kan være med til at tænde en tilsvarende gnist hos dig. ■

Indavl hos danske pindsvin

I 2016 bad pindsvineforsker Sophie Lund Rasmussen fra Biologisk Institut Syddansk Universitet danskerne om hjælp til at indsamle døde pindsvin over hele landet, som hun og hendes kolleger på Syddansk Universitet og Aalborg Universitet skulle bruges til at undersøge, hvordan bestanden af pindsvin har det i den danske natur. Og budskabet blev opfanget. I alt 697 døde pindsvin blev indsamlet af danske borgere over hele landet og sendt til forskerne. Efter at have gransket de indsamlede pindsvin blev 178 udvalgt til at blive nærmere undersøgt af genforskere fra Institut for Kemi og Biovidenskab på AAU.

De genetiske undersøgelser viser, at den danske pindsvinebestand kan inddeles i tre overordnede geografiske grupper: Jylland,



Sophie Lund Rasmussen med pindsvineunge.
Foto: Pia Burmøller Hansen

Bornholm og en gruppe bestående af Fyn, Sjælland, Lolland og Falster. Disse grupper kunne yderligere inddeles i seks genetisk forskellige bestande på Fyn, Sjælland, Lolland og Falster, Bornholm, Jylland nord for Limfjorden og Jylland syd for Limfjorden. Det skyldes formodentlig, at Danmark består

af en masse øer, som er isoleret fra hinanden via hav. Selvom pindsvinene er gode svømmere, har undersøgelsen bekræftet, at de ikke frit kan bevæge sig fra den ene ø til den anden. Resultaterne peger derfor også på, at den danske pindsvinebestand er temmelig indavlet sammenlignet med undersøgelser fra andre europæiske lande.

Forskerne kan endnu ikke sige, hvad det eventuelt kan betyde for dyrenes overlevelse. Det fortsatte arbejde med Det danske Pindsvineprojekt vil på sigt måske kunne give svar på det spørgsmål ved blandt at kombinere den nye viden med andre helbredsrelaterede undersøgelser, som bliver udført på de 697 døde pindsvin.

CRK, Kilde: AAU, PLOS One <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227205>