

Bæredygtigt byggningsdesign og boformer i fremtidens byer



Hvis det ikke lykkes os at hente nogen miljøgevinst på materialer og energiforbrug til byggningsdrift, skal vi faktisk ned på at bo på cirka tre m² pr. person i parcelhuset.

**Tiden er inde til at
ændre byggningsdesign
og boformer**

**Byggesektorens
energiforbrug driver
klimaforandringerne**

**Byggningsdesign er en nøgle
til bæredygtige samfund**



INSPIRATIONS-
MATERIALER
**OM NY
NATURVIDEN-
SKABELIG
VIDEN**

TemaMagasinet **IndBlik**

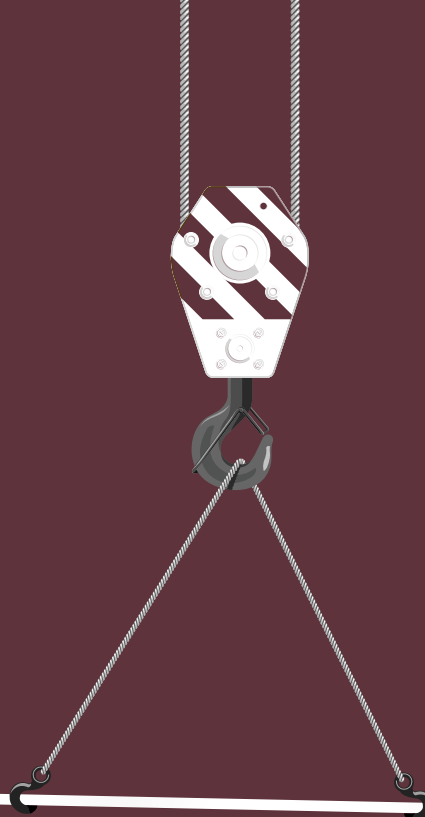
Fremtidens byer skal bygges mere bæredygtigt

Vi bor, arbejder og møder hinanden i bygninger. Derfor er det vigtigt, at bygningerne understøtter menneskers trivsel og udfoldelsesmuligheder. Samtidig skal bygningerne være miljømæssigt bæredygtige, og det er de ikke i dag. Energiforbruget til at etablere og vedligeholde bygninger og til at opvarme, nedkøle, ventilere og oplyse dem tegner sig i dag for 28 procent af verdens samlede CO₂-udledning.

På den baggrund er der brug for, at vi gentænker vores boliger og andre bygninger – ikke mindst i verdens store byer, hvor stadig flere mennesker opholder sig på begrænset plads. Bygningerne skal være mindre, designes energieffektivt, involvere smart teknologi og konstrueres med materialer, der holder længere og kan genanvendes.

Forskere har gennem årtier leveret bud på, hvordan vores energiforbrug kan reduceres. Og i disse år, hvor vedvarende energi vinder stadig større indpas, og de teknologiske muligheder tager til, vokser potentialet for yderligere landvindinger. Det er lig med en åben dør til kreativ løsningsudvikling, og den dør kan elever i grundskolen fra 1. til 9. klasse gå ind ad.

Dette magasin introducerer temaet om bæredygtigt bygningsdesign og boformer i fremtidens byer med udgangspunkt i civilingeniør og lektor Steffen Petersens forskning. Steffen Petersen har en ph.d. i energieffektivt bygningsdesign og forsker på Aarhus Universitet. Han er ikke i tvivl – det er på høje tid at sætte fokus på ressourceforbrug og bæredygtighed i byggeriet.



Naturvidenskabens ABC

Temaet om bæredygtigt bygningsdesign og boformer i fremtidens byer vedrører grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser. 10 sådanne erkendelser er beskrevet i Naturvidenskabens ABC, der er udviklet for Børne- og Undervisningsministeriet. Erkendelser, der er relevante for dette tema, er:

- Natur, mennesker og samfund påvirker hinanden gensidigt (erkendelse 1).
- Jordens ressourcer er konstante og indgår i et kredsløb (erkendelse 3).

Se naturvidenskabens-abc.dk



10

Byggesektorens energiforbrug driver klimaforandringerne

Byggesektoren tegner sig for en meget stor del af den CO₂-udledning, der driver den menneskeskabte klimaforandring.

4

Tiden er inde til at ændre bygningsdesign og boformer

Jordkloden vil blive brugt op, hvis ikke vi formår at skrue ned for menneskers ressourceforbrug.



12

Bygningsdesign er en nøgle til bæredygtige samfund

Verdens befolkning vokser, og det ses ikke mindst i stor- og megabyer, hvor smart bygningsdesign skal spare ressourcer og give plads til alle.



16

Bæredygtigt bygningsdesign og boformer skal ind i undervisningen

Elever i grundskolen kan gennem engagerende, kreativ og undersøgende undervisning være med til at finde svar på bygnings udfordringer med bæredygtighed.



22

Overblik: Temamagasinet er en del af en samlet videnspakke

Seks inspirationskataloger hjælper undervisning i temaet på vej, film formidler forskningen, og redskaber støtter naturfagsteams.

”

Jeg bliver lidt ærgerlig, når jeg tænker på, at løsningerne har været der i mange år, men at det først er nu, vi begynder at tage dem i brug. Dygtige forskere byggede det første nul-energihus allerede i 1974. Så hvorfor har man ikke siden da fået gjort noget mere ved det enorme overforbrug af energi i vores huse – mange af løsningerne er der jo? Måske brænder platformen bare ikke nok.

Tiden er inde til at ændre bygningsdesign og boformer

Jordkloden vil blive brugt op, hvis ikke vi formår at skrue ned for menneskers ressourceforbrug. I byggesektoren, der står for en enorm del af forbruget, er potentialet stort for at gøre tingene smartere – og ifølge lektor og civilingeniør Steffen Petersen har forskning i bæredygtigt bygningsdesign for længst leveret mange af løsningerne.



S pørger man danskerne, hvad der udleder mest CO₂, vil mange måske svare: fly. Men mens fly på verdensplan står for to procent af udledningen af drivhusgasser, så tegner cementfabrikker sig for syv procent. Og ser man samlet på byggesektoren, hvor cementfabrikkerne indgår, er tallet svimlende: Byggesektoren står for hele 39 procent af verdens energirelaterede CO₂-udledning.

Manglende kendskab til det faktum kan være med til at forklare, hvorfor det ikke går hurtigere med den bæredygtige udvikling. Det siger civilingeniør og lektor Steffen Petersen. Han har en ph.d. i energieffektivt bygningsdesign og leder af uddannelse og forskning i byggeri og bygningsdesign på Aarhus Universitet:

”Jeg bliver lidt ærgerlig, når jeg tænker på, at løsninger har været der i mange år, men at det først er nu, vi begynder at tage dem i brug. Dytige

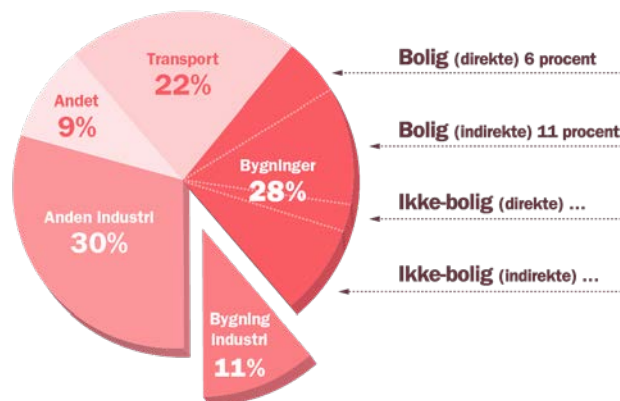
forskere på Danmarks Tekniske Universitet byggede det første nulenergihus allerede i 1974. Så hvorfor har man ikke siden da fået gjort noget mere ved det enorme overforbrug af energi i vores huse – mange af løsningerne er der jo? Måske brænder platformen bare ikke nok.”

Stor potentiel klimagevinst i bygningerne

Udfordringen er ellers i den grad til at tage og føle på – ikke mindst i Danmark, hvor vi med Steffen Petersens ord er ”virkelig gode til at slide på Jordens ressourcer”. Sammen med sit forskerhold var han blandt de første i verden til at se på, hvor stor en del af det slid byggeri udgør, sammenlignet med hvor stor en belastning planeten kan holde til.

”Det er i virkeligheden en ret enkel udregning: Ud fra forskning, i hvor stor en miljøbelastning jordkloden samlet set kan bære, har vi regnet ud,

Fordeling af verdens energirelaterede CO₂-udledning på sektorer



Kilde: Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global status report 2017, United Nations Environment Programme (2017).

hvor stor en belastning hvert enkelt menneske på Jorden så kan tillade sig at stå for – og hvor stor en andel af den belastning vi hver især kan tillade os at bruge til boliger, når der også skal være plads til miljøbelastning fra andet forbrug i forbindelse med eksempelvis mad, tøj og transport”, forklarer forskeren, inden han afleverer en opsigtsvækkende konklusion:

”Ud fra livscyklusanalyser af nyere danske parcelhuse må vi konstatere, at denne boligform overstiger den maksimale miljøbelastning, som Jorden kan holde til i forhold til klimaforandringer, med ca. 1.400 procent.”

Forskere har mange af svarene

Fra den positive vinkel betyder det nuværende, markante overforbrug i vores boliger, at der er en stor potentiel klimagevinst i at udvikle måden, vi designer nye bygninger og boformer på.

Ifølge Steffen Petersen er der generel enighed i forskningskredse om, hvilke skruer vi skal skrue på:

”Vi skal og kan blive bedre til at minimere materialeforbruget. Dernæst skal vi genbruge produkter og genanvende materialer i højere grad, og vi skal udvikle løsninger, der er langtidsholdbare, genbrugelige og nemme at skille ad igen. Det er også for længst demonstreret, at det er muligt at reducere energiforbruget til opvarmning, ventilation og belysning til et niveau, hvor det kan dækkes af vedvarende energiproduktion”, forklarer forskeren, der dog pointerer, at det ikke dermed er gjort:

”En reduktion af miljøbelastningen fra bygningsdrift er desværre ikke nok. Vi skal også reducere miljøbelastningen fra materialeforbruget, og det, der virkelig batter i den forbindelse, er at reducere antallet af kvadratmeter, vi bor på.

Hvis vi antager, at det ikke lykkes os at hente nogen miljøgevinst på materialer og energiforbrug til bygningsdrift, skal vi faktisk ned på at bo på cirka tre m² pr. person

i parcelhuset, hvis det skal være absolut miljømæssigt bæredygtigt”, forklarer han.

Megabyer illustrerer løsningerne

I stor- og megabyer verden over som Kairo, Tokyo og New York er tilstrømningen af indbyggere en stor udfordring – ofte er der ikke nok boliger og heller ikke plads til at bygge nye. Løsningen kan så være, at indbyggerne rykker tættere sammen på mindre plads, så der er flere familier om at dele en lejlighed – eller i hvert fald om at dele fælles faciliteter som bad, køkken og vaskerum.

”Når jeg har deltaget i workshops i Aarhus og andre byer, der ser frem til en stor befolkningstilvækst, så er mit budskab: I skal ikke bygge så meget nyt, men få folk til at rykke tættere sammen på de kvadratmeter, der allerede eksisterer”, siger forskeren, der dog erkender, at det måske er kontroversielt at sige:

”Det lader til, at folk vil bo på flere og flere kvadratmeter. Men det er ikke desto mindre vigtigt for en bæredygtig udvikling, at vi reducerer vores arealbehov væsentligt.”

”Når jeg ser tilbage på min stadig relativt korte forskerkarriere, synes jeg godt, man kan sige, at jeg har forsøgt at gøre noget ved problemerne. Men jeg vågner stadig op hver morgen med følelsen af, at jeg burde gøre meget mere”, forklarer Steffen Petersen om sin motivation for at forske i bæredygtigt bygningsdesign.



Mikrotrend giver forhåbninger

Et godt sted at starte er ifølge Steffen Petersen at stoppe med at slå flere mindre lejligheder i byerne sammen til færre og større. Eller at rive ellers gode huse ned, fordi ejerne hellere vil bygge noget nyt. Det handler også om at udvikle gode, små og energieffektive boliger – helt i tråd med en aktuell udvikling:

”Der sker noget i den vestlige verden lige nu i forhold til at bygge og bo på nye måder. Der er forskellige trends og bevægelser, der fokuserer på design af delevnligt byggeri og mikroarkitektur. Der kommer flere og flere historier frem om borgere – unge som gamle, rige som fattige – som hopper med på vognen og flytter ind på færre kvadratmeter”, forklarer Steffen Petersen.

Det gode liv i bygningerne

I sin egen forskning anvender Steffen Petersen naturvidenskabelige principper til at udvikle metoder og teknologier, der kan skabe sunde, komfortable og produktive indemiljøer med en bæredygtig anvendelse af naturens ressourcer. Hans forskning handler dermed om miljømæssig, men også om social og økonomisk bæredygtighed:

”Vi bruger 90 procent af vores liv indendørs, så det er naturligvis vigtigt at bygge huse, som mennesker trives i. Det er et mål for vores arbejde at finde ud af, hvordan det kan ske, samtidig med at bygningsdesignet er absolut miljømæssigt bæredygtigt”, forklarer Steffen Petersen.

Som eksempel nævner han de mange nybyggerier med store vinduer og glaspartier. De sælger måske varen, men er generelt ikke miljømæssigt bæredygtige. For selv om glaspartierne inden for få år er blevet meget bedre til at holde på varmen, er de stadig væsentligt dårligere til at holde på varmen end en isoleret væg.



Der sker noget i den vestlige verden lige nu i forhold til at bygge og bo på nye måder. Der er forskellige trends og bevægelser, der fokuserer på design af delevnligt byggeri og mikroarkitektur.



Jordens bæreevne

Jordens bæreevne eller 'Earth Carrying Capacity' er et forskningsbaseret begreb for, hvor stor en miljøbelastning Jorden kan holde til uden at tage varig skade. Nogle forskere mener, at Jorden har en maksimal bæreevne på 9 til 10 milliarder mennesker, og at vi på nogle områder overforbruger og derfor allerede har overskredet grænsen.

Forskning i Jordens bæreevne indgår som grundlag for Steffen Petersens fokus på energieffektivt bygningsdesign. Det gælder også det relaterede begreb om 'planetære grænser', der er udviklet som bud på en kvantificering af, hvor grænserne går for den menneskelige aktivitet og påvirkning af kloden uden at skabe uoverskuelige globale problemer.

Katherine Richardson, der er professor i biologisk oceanografi ved Københavns Universitet, er en af ophavskvinderne bag begrebet om planetære grænser. Du kan læse om hendes aktuelle forskning i temamagasinet om 'Hav og klima i den antropocæne tidsalder'.

Se emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien



”Selvom nybyggeri i Danmark er blevet mere energieffektivt, er der stadig lang vej til absolut miljømæssigt bæredygtigt byggeri. Der er brug for, at vi som samfund og i byggebranchen i endnu højere grad tænker i at bygge energieffektivt, energifleksibelt og med færre og mere bæredygtige materialer”, vurderer Steffen Petersen.

Bistår arkitekter og ingeniører

En del af varmetabet gennem et vindue kan opvejes med et solenergitilskud, men bliver vinduerne for store, kan det ofte ligefrem blive for varmt i bygningen, og så vil der gå meget energi til at køle bygningen ned. Netop sådan en situation kan være emnet, når Steffen Petersen og hans forskerhold går i gang:

”Vi har et godt kendskab til, hvordan man med computersimuleringer kan forudsige en bestemt bygnings indeklimaforhold og energiforbrug – og generelle miljøbelastning for den sags skyld. Forudsigelserne kan vi desuden tage med over i laboratoriet, hvor vi kan undersøge dem under kontrollerede forhold og med avanceret udstyr”, forklarer Steffen Petersen.

Han ser gerne, at forskningen anvendes mere end i dag:

”Vi samarbejder med arkitekttegnerstuer og ingeniørvirksomheder om, hvordan vores værktøjer kan integreres i deres formgivningsproces. Det er forskningsmæssigt interessant at undersøge, hvordan man kan få anvendelse af naturvidenskabelige principper i spil på dette niveau i bygningsdesignprocessen.”

Forskning i bygningers energifleksibilitet er hot

Samfundets omstilling til vedvarende energikilder gør, at vi får energi, ”som vinden blæser.” Derfor er der behov for teknologi, der kan flytte energiforbruget fra perioder med lav til perioder med høj energiproduktion. En af disse løsninger er smart styring af rumopvarmning af bygninger.

Steffen Petersen giver dette eksempel: Hvis det blæser om natten, mens vi sover, vil der være en stor energiforsy-

ning, men kun lille efterspørgsel. Hvis boligernes termostater er koblet til en computer, som behandler information om rumtemperatur, energiforsyning og døgnrytme, kan computeren sørge for, at bygningernes termiske masse – det vil sige de materialer, der udgør vægge, gulve og konstruktioner – varmes op til 23-24 grader.

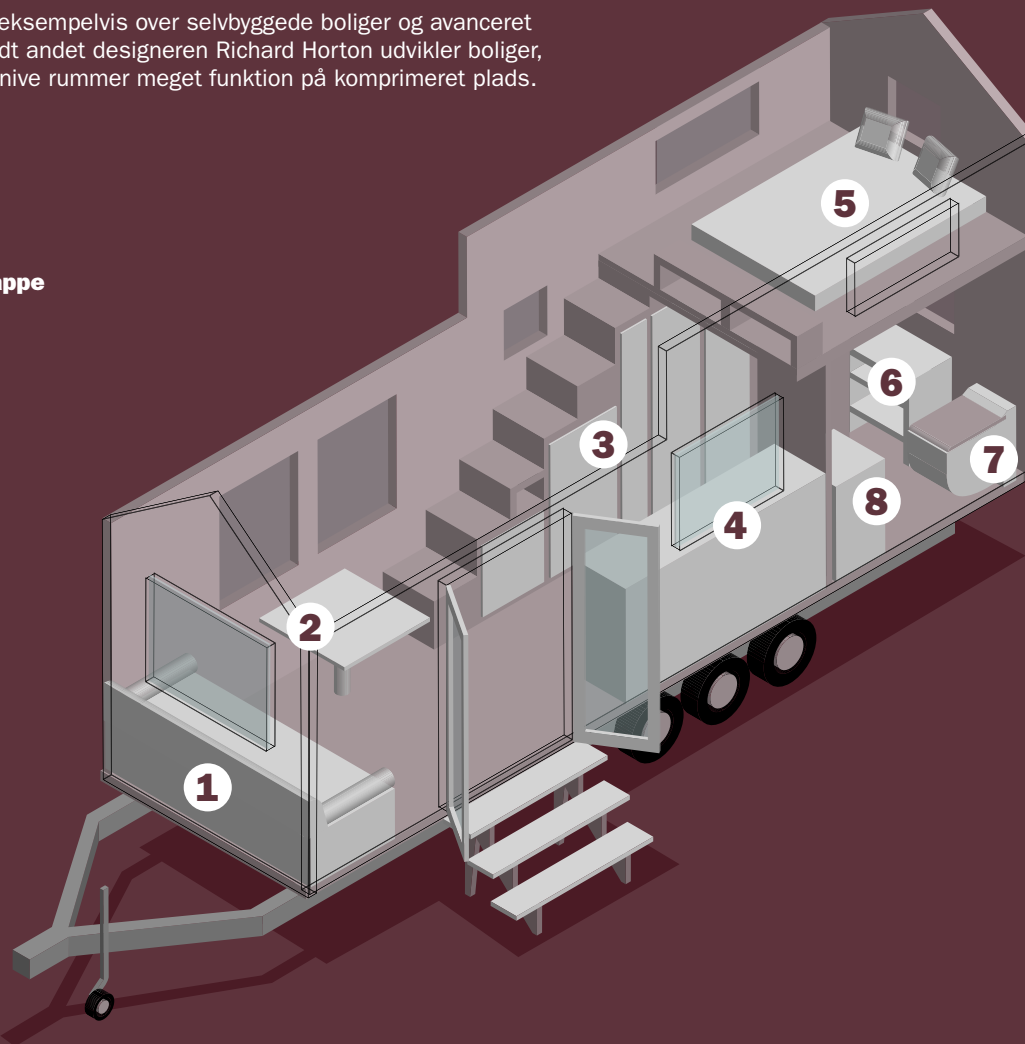
Gennem forsøg i klimakamre har Steffen Petersen og hans forskerhold vist, at en sådan temperaturstigning ikke påvirker indeklimaet, og at beboerne ikke lægger meget mærke til den. Når folk står op, er boligen varm, og radiatorerne slukket, da varmen langsomt afgives fra bygningernes masse. Temperaturen falder så langsomt igen til 21 grader, uden der bruges energi.

Mikroarkitektur – tiny houses

Verden over pibler der eksempler frem på, at folk skifter mange kvadratmeter ud med færre. Tendensen, der blandt andet går under navnet Tiny House Movement, er en arkitektonisk og social bevægelse, der både handler om at forenkle tilværelsen, reducere omkostninger til bolig og indretning samt tage ansvar for miljøet ved at forbruge færre materialer og energi til boliger.

Tendensen dækker eksempelvis over selvbyggede boliger og avanceret arkitektur, hvor blandt andet designeren Richard Horton udvikler boliger, der som schweizerknive rummer meget funktion på komprimeret plads.

1. Dagligstue
2. Spiseplads
3. Opbevaring/trappe
4. Køkken
5. Sovehems
6. Brusebad
7. Toilet
8. Vaskemaskine



Byggesektorens energiforbrug driver klimaforandringerne

Byggesektoren tegner sig for en meget stor del af den CO₂-udledning, der driver menneskeskabte klimaforandringer. I Danmark er særligt de store boliger et problem.

”Vi bor i gennemsnit på rigtig mange kvadratmeter pr. person i Danmark sammenlignet med mange andre steder i verden, og en effektiv vej for os til at komme tættere på et bæredygtigt niveau er at reducere antallet af kvadratmeter pr. person.”

Sådan siger civilingeniør og lektor Steffen Petersen fra Aarhus Universitet, der dog også peger på andre løsninger og tiltag, som kan bruges til at imødegå udfordringen. Det kan eksempelvis være smart teknologi til at styre varme- og elforbrug.

Dette opslag viser udvalgte fakta om byggesektorens miljø- og klimapåvirkning.



Byggesektoren står for **50% af forbruget af Jordens jomfruelige materialer,**

det vil sige naturressourcer, som endnu ikke har været brugt til menneskelige formål.



Byggesektoren leverer **35% af den samlede affaldsmængde i EU.**



85% af byggeaffaldet i Danmark genanvendes i dag i nedbrudt form.

Det kan være som fyld i vejanlæg.



11% af verdens energirelaterede CO₂-udledning

kommer fra materialeudvinding, fremstilling af byggevarer samt nedrivning og affaldssortering af bygninger.



28% af verdens energirelaterede CO₂-udledning

kommer fra opvarmning og nedkøling samt ventilation og belysning i bygninger.



82% af energiforbruget i verdens bygninger leveres af fossile brændstoffer.



Et dansk parcelhus overbelaster Jordens bæreevne med ca. 1.400%.

Beregningen beror på den antagelse, at bæreevnen er fordelt ligeligt mellem alle mennesker på Jorden. Omsat til danskerne og deres boformer svarer det til en voldsom overbelastning, hvor især de mange kvadratmeter pr. dansker i gennemsnit udgør et problem.

Bygningsdesign er en nøgle til bæredygtige samfund

Verdens befolkning vokser og lægger stadig større beslag på Jordens ressourcer. Det kan ikke mindst ses i stor- og megabyer, hvor bæredygtigt bygningsdesign og innovative boformer skal gøre det muligt for indbyggerne at deles om den begrænsede plads og ressourcemængde.

Når verdens store byer bliver stadig større og mere fortættet, dukker der udfordringer op med de tre aspekter af bæredygtighed: Det sociale aspekt, som handler om, hvordan byerne kan være gode for mennesker at opholde sig i. Det miljømæssige aspekt, der angår, hvordan byerne bygges op og renoveres med minimalt forbrug af materialer, og hvor der tænkes smart om energiforsyning. Og det økonomiske aspekt, som fokuserer på, hvilke løsninger der giver den bedste totaløkonomi i byudviklingen.

Ressourceforbruget skal minimeres

Blandt forskere inden for byggeri og bygningsdesign er der ingen tvivl om, at byggeriet samlet set i dag ikke er miljømæssigt bæredygtigt. Det gælder i stor- og megabyer, hvor situationen er sat på spidsen, men også i den øvrige byggesektor med boliger uden for byerne og andre bygninger.

Forskerne arbejder med begreber som Earth Carrying Capacity og planetære grænser til at beskrive, hvor grænsen går for menneskers udnyttelse af Jordens ressourcer. Og grænsen er på flere punkter reelt overskredet, mener forskerne – menneskeheden forbruger naturressourcer med en hastighed, som kloden ikke holder til i det lange løb.

Byggesektorens ansvar og løsninger

Byggesektoren bærer en stor del af ansvaret: 28 procent af verdens energirelaterede CO₂-udledning kommer i dag fra bygningsdrift. Yderligere 11 procent af udledningen kommer fra materialeudvinding, fremstilling af byggevarer samt nedrivning af bygninger og affaldssortering. Samtidig produceres langt det meste af energiforbruget af fossile brændstoffer.

Med oliekrisen som udløsende faktor har forskning i byggeri og bygningsdesign siden 1970'erne leveret løs-

ninger til at minimere energiforbruget. Forskningen har siden blandt andet leveret klare fremskridt på områder som disse:

- Isolering af vinduer og andre glaspartier med coatings og gas mellem flere fag glas
- Udvikling af smart teknologi til styring af varme- og elforbrug
- LED-teknologi til at nedsætte energiforbruget til belysning
- Udvikling af alternative bygningsmaterialer og genanvendelse (cirkulær økonomi)
- Kølende vægge, tage og belægninger på veje og fortove
- Bæredygtig byudvikling.

Andet forbrugsmønster med bæredygtige energikilder

I Danmark er man som forbruger vant til, at der er energi til rådighed, når der er brug for den. Men det ændrer

sig i disse år, da brændselsbaseret energiproduktion i stigende grad bliver udskiftet med energiproduktion gennem vind og sol.

Brændselsbaseret energi kommer fra kontrolleret afbrænding af et energilager af kul, olie, halm eller andet, hvilket er let at indrette efter forbruget. Der kan skrues op for afbrændningen, når efterspørgslen er stor, og ned, når efterspørgslen daler. Omvendt er energiproduktion fra sol og vind ikke lagret og skal derfor helst bruges, når den produceres.

Noget af den nye teknologi, forskerne aktuelt udvikler, tager fat på denne udfordring: Teknologien gør bygninger energifleksible, det vil sige i stand til at tilpasse deres energiforbrug til opvarmning, nedkøling, belysning, ventilation osv. til perioder, hvor der er meget energi at hente i elnettet.

Komfort i fokus

Det skal selvfølgelig så vidt muligt hænge sammen med forbrugernes komfort og efterspørgsel, og det præsenterer forskningen i energifleksibilitet faktisk også gode bud på. Elektriske apparater som lamper, fjernsyn og køleskabe kan udstyres med batterier, så de kan blive ladet op på tidspunkter med overskud af strøm i elnettet. Det samme gælder elbiler.

Tilsvarende med varme: På de tidspunkter af døgnet, hvor varmen kan blive produceret mest økonomisk og miljømæssigt bæredygtigt, kan bygningerne via computerstyring varmes

et par grader op over den almindelige rumtemperatur. Varmen sætter sig i bygningernes vægge, gulve, inventar og konstruktioner og siver derfra langsomt ud igen og holder temperaturen behagelig.

Computerstyringen gør det muligt at svæve forbi huller i energiforsyningen, så der ideelt set kun bruges energi, når den er tilgængelig på bæredygtige vilkår.

Energieffektivt bygningsdesign er en sag for samfundet

Energieffektivt bygningsdesign er en forskningsgren inden for ingeniørvidenskaben, som både knytter an til det enkelte menneskes forestilling om boligen som ramme om det gode liv,

til byudviklingsprojekter, klimahandlingsplaner, arkitektur, materialevalg m.m. i byggesektoren.

Over hele spektret er budskabet fra forskningen klart: Der er behov for at integrere bæredygtighed i alle dele af byggeprocessen. Det kan have betydning, når man anlægger nye bydele som Ørestaden eller Aarhus Ø: Ambitionen om smukke bygninger og pladser bør ud fra det perspektiv ledsages af overvejelser om miljømæssig bæredygtighed. Man kan overveje, om det er en god idé at anvende store facadepartier af glas, hvis de giver ekstra varmetab om vinteren eller på grund af overdrevet solindfald medfører stort (og miljøbelastende) energiforbrug til nedkøling.

Cirkulært byggeri

Figuren viser en typisk livscyklus for en bygning. Her kan man se de centrale faser og processer, der er en del af cyklussen fra produktion til nedrivning og eventuelt genanvendelse.

Kilde: Trafik- og Byggestyrelsen.



1. Produktfasen

- Udvinning af råstoffer
- Transport
- Materialeproduktion.

2. Byggeprocessen

- Transport
- Installation.

3. Brugsfasen

- Ibrugtagning
- Vedligeholdelse
- Reparation
- Udskiftning
- Renovering
- Energiforbrug
- Vandforbrug.

4. Endt levetid

- Nedrivning
- Transport
- Affaldsbehandling
- Deponering.

5. Næste produktsystem

- Potentiale for genvinding, genanvendelse og genbrug.

Det kan også være relevant at overveje, i hvor høj grad nye bydele kan anlægges med genanvendelse af bygningsmaterialer. Byggesektoren forbruger 50 procent af Jordens jomfruelige materialer, det vil sige naturressourcer, som endnu ikke har været brugt til menneskelige formål, så der er brug for at genanvende mere, hvis der skal være ressourcer tilbage til kommende generationer.

Det gode liv i små boliger

Forskere i bygningsdesign har i deres undersøgelser typisk fokus på både de miljømæssige, økonomiske og sociale aspekter af bæredygtighed. Og deres innovationskraft bliver presset til det yderste i forhold til det løsningsgreb, som ifølge forskerne har det største potentiale for at begrænse bygninger-

nes ressourceforbrug og klimabelastning: begrænsning af bygningernes etageareal.

Hvis man kan reducere antallet af kvadratmeter, som mennesker i den rige del af verden typisk bor på, vil det have meget stor indflydelse på ressourceforbruget, og dermed på hvorvidt byggeri holder sig inden for Jordens bæreevne. Færre kvadratmeter vil medføre et mindre forbrug af materialer, og behovet for belysning, opvarmning, nedkøling og ventilation vil blive reduceret drastisk.

Det er derfor en stor udfordring for forskerne, såvel som for arkitekterne, bygningsingeniørerne og andre af byggebranchens aktører at give bud på, hvordan det gode liv kan udfolde sig i små bygninger. En til tider ekstrem byfortætning er et faktum i verdens megabyer, hvor indbyggerne i forvejen samles på stadig mindre plads. Megabyerne er derfor et levende eksperimentarium for at opfinde eksempler på, hvordan udfordringen kan løses.

Forskningsfronten inden for energieffektivitet

Forskningsfronten inden for energieffektivitet koncentrerer sig i disse år blandt andet om at forfine eksisterende løsninger og udvikle nye til at kunne lagre overskuddet af energi fra vedvarende kilder såsom sol og vind. Det er i fokus i temamagasinet om 'Systemtænkning i vedvarende energi', der præsenterer den aktuelle forskning, som professor Brian Vad Mathiesen, Aalborg Universitet, udfører i energiplanlægning. Se emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien

Megabyer er i fremgang

Det kendetegner den moderne industrialiserede verden, at en stadig større andel af Jordens befolkning rykker fra land til by. Det fører blandt andet til flere og flere megabyer – det vil sige byer eller byområder inklusive opland med mindst 10 millioner indbyggere: I 1950 var New York og Tokyo de eneste megabyer – i 2020 er der 34.

Ifølge FN har disse 10 byer det største antal indbyggere:

1. Tokyo (+37 millioner)
2. Delhi (+30 millioner)
3. Shanghai (+27 millioner)
4. São Paulo (+22 millioner)
5. Mexico City (+21 millioner)
6. Dhaka (+20 millioner)
7. Kairo (+20 millioner)
8. Beijing (+20 millioner)
9. Mumbai (+20 millioner)
10. Osaka (+19 millioner)

Ifølge FN er de største europæiske byer:

- Istanbul**
(Nr. 14, +15 millioner)
- Moskva**
(Nr. 24, +12 millioner)
- Paris**
(Nr. 28, +11 millioner)

Megabyerne vokser overvejende frem alle andre steder end i den vestlige verden – og i mange tilfælde i mindre velstående lande med mere begrænset adgang til materialer og stabil energiforsyning end i Danmark.

Kilde: UN Department of Economic and Social Affairs.



Tre forskningseksempler: Bygninger, der optimerer energi og liv

Verden over forskes der i, hvordan fremtidens boliger, bygninger og byer kan konstrueres, så de øger den sociale, økonomiske og miljømæssige bæredygtighed.

1. Heat Island Group: Afkøling gennem bygningsmaterialer af byers varmeøer

Halvdelen eller mere af de overflader, som Solen skinner på i verdens byer, er tage, vejbelægninger og fortove. Det er typisk mørke, tørre overflader, og på solrige sommerdage varmes de op og bidrager til at varme luften op. På landet er luften køligere, da overfladerne her absorberer mindre sollys, og varmen forsvinder med vanddamp fra vådområder.

Den markante varme i byerne kaldes 'the summer urban heat island effect' – byernes varmeøer. Aircondition, produktion og transport i byerne bidrager også til

varmen, som går ud over den almindelige trivsel, øger energiforbruget til nedkøling og ventilation, forringer luftkvaliteten og forværrer varmerelaterede sygdomme.

Heat Island Group, som hører under Lawrence Berkeley National Lab, forsker i, hvordan man med grønne områder og alternative materialer til tage, fortove og vejbelægninger kan køle byer.

Læs mere her: heatisland.lbl.gov/

2. Danmarks Tekniske Universitet: Cirkulært byggeri gavner både miljø og økonomi

Knækkede tagsten og gamle murbrokker kan blive knust og genanvendt som cement i ny beton, der også kan rumme plastikaffald fra verdenshavene. Fiskenet kan anvendes som armeringsmateriale. Og aske og mineaffald kan renses for tungmetaller og andre giftstoffer og indgå i nye bygningsmaterialer. Sådan lyder nogle af de konkrete bud fra otte aktuelle forsknings-

projekter på Danmarks Tekniske Universitet (DTU) med fokus på genanvendelse og cirkulær økonomi i byggeriet.

Læs mere her: www.byg.dtu.dk/om-dtu-byg/nyheder/Nyhed?id=%7b8E1ED77C-19AF-4D18-9D8F-A587A617592F%7d

3. The Building Technology & Urban Systems Division: Dynamiske glasfacader med smart-teknologi

Vinduer og andre glasfacader på bygninger kan indgå dynamisk i styring af el- og varmeforbrug. Den erkendelse er forskere på The Building Technology & Urban Systems Division på Lawrence Berkeley National Lab nået frem til. Forskerne har demonstreret, hvordan smart teknologi med afsæt i aktuelle data om vejrlig, indeklima, elpriser m.m. løbende kan justere, hvor

meget lys og varme der slipper gennem glasfacaderne. Der er ifølge forskerne tale om 'the future of building control', og systemet er for nylig installeret i San Franciscos internationale lufthavn.

Læs mere her: windows.lbl.gov/news/article/dynamic-facades-smart-controls-future

Bæredygtigt bygningsdesign og boformer skal ind i undervisningen

Mennesker vandrer mod byerne, og da Jordens befolkning vokser, bliver byerne større og større. Nogle byer udvikler sig til megabyer, hvor verdens udfordringer med bæredygtigt byggeri bliver meget tydelige. Det kan være indgangen for elever i grundskolen til at arbejde kreativt og undersøgende med fremtidens boformer og bygningsdesign.

Temaet om bæredygtigt bygningsdesign og boformer i fremtidens byer tager udgangspunkt i civilingeniør og lektor Steffen Petersens forskning i energi-effektivt bygningsdesign. Det er et forskningsfelt, som er nært forbundet med erkendelse nr. 3 i Naturvidenskabens ABC af, at Jorden fungerer som ét system, hvor fysiske, kemiske, biologiske og menneskelige processer tilsammen påvirker og danner systemets tilstand. I Steffen Petersens forskning betyder det, at mennesker pr. definition skal bo og bygge mere bæredygtigt, hvis Jordens ressourcer ikke skal udtømmes.

Det udgangspunkt betyder, at mange elever i grundskolen helt umiddelbart vil opleve temaet som autentisk og nærværende i deres egen livsverden: Temaet handler om den verden, de skal vokse op og indrette sig i – herunder med valg af bolig og bosted.

Den klare relation til elevernes eget liv og verden er lig med relevans, men for nogle måske også med stress og dårlig samvittighed. Men forskningen rummer masser af løsningsmuligheder, og undervisning med udgangspunkt i temaet kan styrke elevernes konstruktive stillingtagen og handlekompetencer – uden at lægge skjul på alvoren i verdens udfordringer.

Seks undertemaer i inspirationskatalogerne

I seks inspirationskataloger med cases og undersøgelsesforslag, der er udarbejdet som supplement til dette temamagasin, brydes temaet ned i en række undertemaer. Undertemaerne tager afsæt i de naturfaglige kompetenceområder og Fælles Mål og retter sig mod forskellige klassetrin fra 1.-9. klasse.

I N/T i 1.-2. klasse er elevernes nære omverden afsættet for at stille de første spørgsmål til, hvorfor vi bør

og bygger, som vi gør, og hvad det betyder for verdens ressourcer. I 3.-4. klasse kan undervisningen blandt andet handle om gevinsterne ved at genanvende byggemateriale.

I 5.-6. klasse stilles der skarpt på det individuelle forbrug, mens undervisningen i 7., 8. og 9. klasse inddrager viden og kompetencer fra de tidligere klassetrin for at belyse komplekse problemstillinger vedrørende bæredygtighed, urbanisering og miljømæssige konsekvenser. I udskolingen skal undervisningen vekselvirke mellem mono- og fællesfaglige forløb, hvor eleverne anvender erkendelses- og arbejdsformer fra de enkelte fag i en fællesfaglig sammenhæng.

Inspirationskatalogerne danner et sammenhængende forløb gennem skoleforløbet, samtidig med at hvert enkelt katalog udgør et afrundet emne (undertema) i sig selv.

Klassetrin



Progression og den røde tråd

Figuren illustrerer temaets progression gennem inspirationskatalogerne, der dækker hele skoleforløbet fra 1. til 9. klasse. Figuren viser dermed også den faglige røde tråd i forhold til temaet.

Inspirationskatalogernes undersøgelses- og aktivitetsforslag har progression fra det nære og lokale i indskolingen og til globale perspektiver i udskolingen. Graden af problem-baseret i forslagene øges gennem skolefor-

løbet, ligesom der sker en udvikling fra det beskrivende over mere konkrete fænomener i indskolingen og på mellemtrinnet mod et højere abstraktionsniveau i udskolingen.

Gennem skoleforløbet får eleverne forudsætninger for at arbejde nuanceret med bæredygtigt bygningsdesign og boformer. Forløbet understøtter tilegnelse af viden om at bo på mindre plads, nysgerrig refleksion over bygningsmaterialer, ressourceforbrug og genanvendelse og undersøgelser af megabyer.

Temaet knytter an til anden forskning og debatter i samfundet

På tværs af de seks inspirationskataloger løber der perspektiver ud fra Steffen Petersens forskning, som kan stimulere undring blandt lærere og elever og give inspiration til at afsøge nye, beslægtede vidensområder. Eksempler er:

1. Tre former for bæredygtighed

Miljømæssig bæredygtighed handler i denne sammenhæng om, hvordan man bygger og vedligeholder bygninger uden at drive rovdrift på Jordens ressourcer. Men der er også social bæredygtighed, som handler om, hvordan man bygger gode rammer for menneskers liv. Og økonomisk bæredygtighed, der drejer sig om, hvilke boformer og hvilket bygningsdesign der bedst betaler sig i kroner og øre. De tre former for bæredygtighed kan spille sammen på forskellige måder, og forholdet mellem dem er forskelligt fra land til land. I Indiens slumbyer er der for eksempel underskud på alle tre bæredygtighedsparametre, mens billedet er et andet i eksempelvis Tokyo.

2. Urbanisering

I de seneste mere end 200 år er menneskers tilstrømning til byerne vokset mere og mere. Det resulterer i stor- og megabyer, hvor folk bor tæt, og nogle driver landbrug på hustagene. Samtidig fører urbaniseringen til stadig flere tilbud og muligheder i de store byer og stadig færre i de små samfund på landet, der bliver affolket og lukker ned. Det perspektiv kan åbne for at drøfte landes demografiske udvikling, hvad den betyder – og hvor det egentlig er bedst at bo.

3. Det økologiske fodaftryk

Byggesektoren forbruger ressourcer i stor stil, men samfundet og dets voksne borgere er med til at drive forbruget i kraft af de valg, der bliver truffet om nybyggeri og

renovation af boliger. Begrebet om det økologiske fodaftryk er udtryk for individets rolle i forhold til Jordens bæreevne. Det kan åbne for at drøfte, hvad man som individ kan gøre, og hvor langt det personlige ansvar rækker. På hjemmesiden footprintcalculator.org/ kan man udregne sit økologiske fodaftryk.

4. Brancher og sektorer

Byggesektoren belaster Jordens miljømæssige bæredygtighed voldsomt. Men hvad med andre sektorer og brancher – hvordan er billedet med transportbranchen? Eller turismesektoren? Spørgsmålene åbner op for at kortlægge den myriade af kilder til miljøbelastning, som eksisterer, og kan give grundlag for at drøfte, hvor og hvordan der bør sættes ind først.

5. Materialekendskab

Byggeri tegner sig for cirka halvdelen af forbruget af Jordens jomfruelige ressourcer såsom sand, mineraler og metaller. I hver danskers hjem er hele verden repræsenteret – med kobber fra Norge i ledningerne, sten fra Italien i gulvet, træ fra Asien i panelerne, grus i fundamentet fra Danmark osv. Undersøger eleverne hjemmet, kan det åbne for at kortlægge, hvordan ressourcerne kommer frem til os, hvad det betyder for klimaet, og om man eventuelt kan genanvende mere frem for at hente nye ressourcer (cirkulær økonomi).

Ud af klasselokalet

Temaet om bæredygtigt bygningsdesign og boformer i fremtidens byer kan tage sit afsæt i de bygninger og boligformer, eleverne ser i deres hverdag.

Det første skridt til at flytte undervisningen ud af klasselokalet er at undersøge skolens bygninger. Med dem som afsæt kan eleverne kortlægge materialevalg, måle vægtykkelse, beregne bygningernes samlede masse og vurdere deres potentiale for termodynamisk varme-

lagring. Eleverne kan også få en oversigt over el- og varmekonsumet og regne på, hvad der er at spare ved at implementere computerstyrede termostater. Eller eleverne kan ud fra deres eget hjem eksperimentere med at bo på mindre plads. Hvordan kunne de for eksempel indrette sig, hvis alle børn i søskendeflokken havde samme værelse?

Undersøgelsernes radius kan udvides endnu mere. Går klassen en tur i den nærmeste byzone, kan eleverne identificere boformer – lejlighed, byhus, parcelhus, rækkehus, tiny house, husbåd osv. Eleverne kan også tælle de store glaspartier. Og klassen kan besøge forskellige dele af byen for at estimere forskelle i energiforbrug, ud fra hvad man kan se vedrørende boligstørrelser og byggematerialer.

I nogle byer kan klassen finde nye kvarterer, der er anlagt ved at bearbejde omgivelserne – for eksempel ved at fylde vandbassiner op med jord, grus og sand, som det er tilfældet med Lynetteholmen i Københavns Havn.

Lærerne kan også bruge det lokale erhvervs- og foreningsliv i undervisningen:

- I det lokale byggeområde kan eleverne undersøge, hvorfra byggematerialerne kommer. Måske kan de også få at vide, hvor meget der sælges af hvad på et år. På byggepladser kan eleverne se, hvordan materialerne anvendes.
- Hos et arkitektfirma kan det undersøges, hvor meget fokus der er på bæredygtigt design i de nye huse i lokalområdet, og hvad det betyder for bygningerne.

Udvikling af inspirationsmaterialerne

Der udvikles i alt 10 sæt inspirationsmaterialer om i alt 10 naturvidenskabelige temaer, herunder dette om 'Bæredygtigt bygningsdesign og boformer i fremtidens byer'. De øvrige temaer dækker over blandt andet virusforskning, rent ferskvand, biodiversitet, genetik og sygdomme, det teknologiske samfund, rumforskning og mørkt stof.

I hvert sæt indgår der et temamagasin, en film og seks inspirationskataloger med inspiration til undervisning i det pågældende tema på forskellige klassetrin. Fagudviklere fra professionshøjskoler har udviklet indholdet på baggrund af forskernes input og i samarbejde med arbejdsgrupper med lærere.

Som lærere skal vi jo formidle, at der er udfordringer i kæmpebyer i form af infrastruktur, transport og vandforsyning. Det er kæmpemæssige problemstillinger, som ungerne i deres skolegang skal have lov til at tænke over som led i deres almene dannelse. Man kan prøve at få eleverne til at forestille sig, at der pludselig bor mange flere millioner mennesker i København, end der egentlig gør og så diskutere, hvordan det ville påvirke livet i byen.

Naturfaglærer Flemming Nielsen,
Sankt Annæ Skole

Forskerne har gode idéer til, hvad elever vil være optagede af, men det er lærerne, der er eksperter i, hvad eleverne kan forholde sig til. De er gode til at give eksempler fra elevernes hverdagsliv.

Fagudvikler Ditte Marie Pagaard,
Københavns Professionshøjskole

Seks inspirationskataloger om bæredygtigt bygningsdesign og boformer

De seks inspirationskataloger, som inspirerer til at undervise med afsæt i Steffen Petersens forskning, er tilrettelagt med henblik på de naturfaglige kompetenceområder og Fælles Mål:

**1.-2.
klasse**



Mit smarte hjem

- Kan vi rykke sammen på mindre plads?

Kompetenceområder i fokus:
Modellering og perspektivering

Fælles Mål:
Færdigheds- og vidensområderne teknologi og ressourcer; perspektivering i naturfag; modellering i naturfag; undersøgelser i naturfag i 2. klasse.



**5.-6.
klasse**

Mit forbrug

Kompetenceområde i fokus:
Undersøgelse

Fælles Mål:
Færdigheds- og vidensområderne teknologi og ressourcer; undersøgelser i naturfag; formidling i 6. klasse.

**3.-4.
klasse**



Kan du holde varmen?

- Bygningsmaterialer og genanvendelse

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og modellering

Fælles Mål:
Færdigheds- og vidensområderne teknologi og ressourcer; mennesket; modellering i naturfag; undersøgelser i naturfag i 4. klasse.



7.
klasse

Sandheden om sand

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og perspektivering

Fælles Mål:

Fysik/kemi: Jorden og universet; produktion og teknologi; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag

Biologi: krop og sundhed; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag

Geografi: naturgrundlag og levevilkår; demografi og erhverv; globalisering; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag.



8.
klasse

Megabyer i en globaliseret verden

Kompetenceområder i fokus:
Modellering og perspektivering

Fælles Mål:

Fysik/kemi: Jorden og universet; produktion og teknologi; modellering i naturfag; perspektivering i naturfag

Biologi: krop og sundhed; modellering i naturfag; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag

Geografi: naturgrundlag og levevilkår; demografi og erhverv; globalisering; modellering i naturfag; perspektivering i naturfag.



9.
klasse

Min bæredygtige fremtidsby

Kompetenceområder i fokus:
Kommunikation og modellering

Fælles Mål:

Fysik/kemi: Jorden og universet; produktion og teknologi; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag; formidling; argumentation

Biologi: krop og sundhed; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag; formidling; argumentation

Geografi: naturgrundlag og levevilkår; demografi og erhverv; globalisering; undersøgelser i naturfag; perspektivering i naturfag; formidling; argumentation.

Læs mere ...

De seks inspirationskataloger er struktureret ud fra en fagdidaktisk ramme, som understøtter systematisk planlægning og udførelse af undervisningen. Rammen er grundigt udfoldet i 'Vidensnotat om kompetenceorienteret naturfagsundervisning'.

En proces for at arbejde i naturfagsteamet med inspirationskatalogerne til temaet 'Bæredygtigt

bygningsdesign og boformer i fremtidens byer' ud fra den fagdidaktiske ramme er beskrevet i 'Udviklingsredskab til kompetenceorienteret naturfagsundervisning til naturfagsteams'.

Begge dele kan sammen med de seks inspirationskataloger hentes på emu.dk/grundskole/naturvidenssabsstrategien.

Du står med en del af en samlet videnspakke

Hent pakkens indhold her: emu.dk/grundskole/naturvidenskabstrategien



Bokssæt med 10 temamagasiner



60 inspirationskataloger (10 temaer til seks klassetrin)

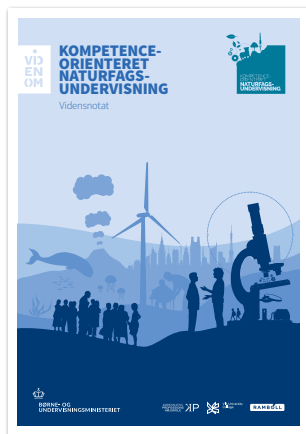


10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasiner præsenterer deres naturvidenskabelig forskning.



Podcasts



Vidensnotat
12 sider.



Planlægningsredskab
Otte sider til naturfagslærere og vejledere i grundskolen.



Eksemplarisk fællesfagligt forløb
16 sider til naturfagsteams og -lærere.



Udviklingsredskab
Fire sider til skoleledelserne.



PowerPoint-præsentation
Præsentation af de vigtigste pointer fra vidensnotatet.



Video
Speed drawing.



Udarbejdet af Rambøll Management Consulting,
Københavns Professionshøjskole og VIA University
College for Børne- og Undervisningsministeriet.

Eftertryk med kildeangivelse er tilladt.

Design & illustrationer
Campfire & co

Fotos
B2Bfilm ApS

ISBN
87-603-3283-2 (web udgave)
87-603-3284-0 (trykt udgave)



**BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET**