

# MILJØ- OG FØDVAREMINISTERIETS MILJØØKONOMISKE NØGLETALSKATALOG

## BAGGRUNDSDOKUMENTATION

PROJEKTNR. A055504  
DOKUMENTNR. 2  
VERSION 3  
UDGIVELSESDATO 19.12.2014  
UDARBEJDET Anders Kruse, Mattias Enggaard, Christina van Breugel og Michael Munk Sørensen  
KONTROLLERET Michael Munk Sørensen og eksterne reviewere  
GODKENDT Michael Munk Sørensen



# INDHOLD

1	Introduktion	5
2	Vand – skadesomkostninger (nitrat i drikkevand)	6
3	Vand – skadesomkostninger (eutrofiering af kystvande)	10
4	Luft – skadesomkostninger (CO, PM <sub>2,5</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> og NH <sub>4</sub> )	15
5	Luft – skadesomkostninger (Pb)	24
6	Luft – skadesomkostninger (VOC)	28
7	Natur – rekreative værdier	31
8	Klimatilpasning – skadesomkostninger	37
9	Jord – skadesomkostninger (Pb)	39
10	Paradigme for fremskrivninger	41



# 1 Introduktion

Miljø- og Fødevarministeriets miljøøkonomiske nøgletalskatalog omfatter beregningsforudsætninger til brug for samfundsøkonomiske analyser (særligt cost-benefit-analyser) på miljøområdet.

## Indhold

Kataloget indeholder nøgletal for vand, luft, natur og klimatilpasning, hvor fokus er på eksterne omkostninger og gevinster. Det er således tale om miljøeksternaliteter i form af skadesomkostninger og rekreative værdier. Eksternaliteter skal forstås som gevinsterne og omkostninger for personer, som ikke er en direkte del af den aktivitet, der forårsager eksternaliteten. De er med andre ord eksterne til den økonomiske transaktion, der foregår på markedet. Konkret kan der være tale om naboer til et affaldsforbrændingsanlæg, som er kilde til luftforurening og dermed sundhedsomkostninger for naboerne, hvilket er eksternt for anlægget.

Nøgletallene er ledsaget af tekst, der dels definerer og beskriver nøgletallet og metodegrundlaget, og dels kommer med praktiske anvisninger til anvendelsen af nøgletallet i samfundsøkonomiske analyser. Nøgletallene afspejler den aktuelle viden og er indsamlet fra eksisterende analyser og forskningsresultater i efteråret 2014.

## Opdatering

Dette baggrundsnotat giver en uddybet beskrivelse af nøgletallene, som offentliggøres i et regneark. Tallene i dette baggrundsnotatet er opgjort i 2014-priser og bliver ikke opdateret. Opdaterede tal vil fremgå af Miljø- og Fødevarministeriets regneark med nøgletal.

## Review

En række fagpersoner har fungeret som reviewpersoner i udarbejdelsen af denne baggrundsinformation (i parentes er det angivet, hvilke emner reviewpersonen har medvirket til):

- › Brian H. Jacobsen, Institut for fødevarer- og ressourceøkonomi, IFRO, Københavns Universitet (vand; reduktionsomkostninger)
- › Mette Termansen, Institut for Miljøvidenskab, DCE, Aarhus Universitet (natur)
- › Mikael Skou Andersen, Institut for Miljøvidenskab, DCE, Aarhus Universitet (vand, luft og jord; skadesomkostninger)
- › Thomas Bue Bjørner, De økonomiske råds sekretariat, DØRS (natur)

## 2 Vand – skadesomkostninger (nitrat i drikkevand)

### Marginal skadesomkostning ved nitrat i drikkevand (sundhedsomkostning som følge af potentielt tabte leveår og sygdom)

#### Nøgletal:

183 kr<sub>2014</sub> pr. mgNO<sub>3</sub>/L<sub>drikkevand</sub> pr. indbygger i vandforsyningsområdet.

#### Definition:

Sundhedsomkostning i markedspris som følge af kronisk eksponering for en forøget nitratkoncentration i drikkevandet.

#### Beskrivelse:

Gødsning af marker kan medføre en øget koncentration af nitrat i grundvandet, og når grundvandet indvindes til drikkevand, kan det øgede indtag af nitrat øge forekomsten af forskellige kræfttyper (DMU 2010). Sygdomstilfældene bevirker et reduceret antal leveår og forøget morbiditet, som værdisættes.

Nøgletallet er et eksempel på de eksterne omkostninger ved kvælstof i vandmiljøet. Nøgletallet skal anvendes til at illustrere, at der kan være sundhedsomkostninger forbundet med forurening af drikkevandsressourcen og dermed gevinster ved at forvalte gødsning. Nøgletallet vil kunne anvendes i analyser af tiltag, der har til formål at forbedre drikkevandskvaliteten direkte, eller hvor kvalitetsforbedringen er en indirekte effekt af f.eks. vandplaner målrettet overfladevand.

Myndighederne vil ty til at lukke en drikkevandsboring, hvis der konstateres nitrat over grænseværdierne i grundvandet. Dette forhindrer, at akutte sundhedseffekter reelt indtræffer. Der vil dog stadig være risiko for, at f.eks. private boringer er forurenede, og der er tillige risiko for kroniske skadevirkninger ved en øget nitratkoncentration, også selv om grænseværdien ikke overskrides.

#### Anvendelse:

- > Nøgletallet kan anvendes til samfundsøkonomiske analyser af nitrat i drikkevand.
- > Nøgletallet anvendes altid i områder hvor der er særlige drikkevandsinteresser og i nitratfølsomme zoner. Nøgletallet anvendes endvidere i områder med almindelig drikkevandsinteresse, medmindre kvælstofkoncentrationen i det øvre grundvand ikke har været stigende over de seneste 5-10 år. I områder med begrænset drikkevandsinteresse anvendes nøgletallet kun i særlige tilfælde.
- > Nøgletallet kræver, at man har beregnet eller målt nitratkoncentrationen i drikkevandet (mgNO<sub>3</sub>/L<sub>drikkevand</sub>).
- > Hvis koncentrationsdata ikke haves, kan der tages udgangspunkt i data om N-tilført mark og virkningskæden fra Odense-casen herunder.

Den gældende grænseværdi (jf. drikkevandsdirektivet) på 50 mg NO<sub>3</sub>/L er fastlagt med henblik på at undgå akutte forgiftninger af sårbare individer. I forhold til at forebygge kroniske sundhedseffekter ved langtidseksponering er der forskningsresultater, som indikerer, at den tidligere vejledende grænseværdi på 25 mg NO<sub>3</sub>/L stadig kan være relevant (Mikael Skou Andersen, DCE, pers. kom.).

Nøgletallet afspejler en situation med kronisk eksponering og kan derfor ikke direkte anvendes i tilfælde af akut, midlertidig forurening. Ved ferske overfladevande, der anvendes til drikkevand, vil nøgletallet undervurdere den eksterne omkostning.

#### *Odense vandforsyningsområde-casen*

Casen er beregnet med udgangspunkt i det specifikke vandopland med de tilhørende lokale karakteristika (arealanvendelse, modellering af nitratpuls til

## Marginal skadesomkostning ved nitrat i drikkevand (sundhedsomkostning som følge af potentielt tabte leveår og sygdom)

grundvand samt antal indbyggere). Ved drikkevandsforsyninger med særligt mange brugere, større tilførsel, sandjord eller lignende er eksponeringen og skaderne potentielt højere. (DMU 2010, s22) beskriver, at transporten til grundvand er ca. 10 % kraftigere for sandjorde end de udprægede lerjorde i Odense-casen.

Case-tallet anvendes primært i områder, hvor der er særlige drikkevandsinteresser, og i nitratfølsomme zoner. Dvs. at udnyttelsen af drikkevandsressourcen minder om Odense-casen. Case-tallet kan endvidere anvendes i områder med almindelig drikkevandsinteresse, medmindre kvælstofkoncentrationen i det øvre grundvand ikke har været stigende over de seneste 5-10 år. I områder med begrænset drikkevandsinteresse anvendes nøgletallet kun i særlige tilfælde. Områderne afgrænses som de sammenhængende vandforsyningsområder. (Mikael Skou Andersen, DCE, pers. kom.)

En række fysiske og økonomiske parametre for Odense-casen kan inddrages i analyser på andre lokaliteter (DMU 2010, tabel 5.1):

- > Sammenhæng mellem N tilført mark og koncentrationsændring i grundvandet:
  - Kunstgødning: 0,0058 mgNO<sub>3</sub> pr. L<sub>drikkevand</sub>/kg N tilført marken pr. ha pr. år
  - Husdyrgødning: 0,0035 mgNO<sub>3</sub> pr. L<sub>drikkevand</sub>/kg N tilført marken pr. ha pr. år
- > Tabte leveår pr. mgNO<sub>3</sub> pr. L<sub>drikkevand</sub> ved langtidseksponering:
  - 25,5 pr. 100.000 eksponerede borgere/mg NO<sub>3</sub> pr. L<sub>drikkevand</sub>
- > Værdi i kr. pr. tabt leveår:
  - 0,7 mio. kr<sub>2014</sub>/tabt leveår hertil kommer morbiditetsomkostninger
- > Case-nøgletal - sundhedsomkostning pr. N tilført marken og indbyggere ift. jord- og gødningstype:
  - Lerjord, kunstgødning: 2,0 øre<sub>2014</sub>/ton N tilført pr. indbygger pr. år
  - Lerjord, husdyrgødning: 4,3 øre<sub>2014</sub>/ton N tilført pr. indbygger pr. år
  - Sandjord, kunstgødning: 23,6 øre<sub>2014</sub>/ton N tilført pr. indbygger pr. år
  - Sandjord, husdyrgødning: 42,8 øre<sub>2014</sub>/ton N tilført pr. indbygger pr. år

Case-tallene (øre/ton N tilført pr. indb.) multipliceres med indbyggertallet i vandforsyningsområdet.

### Kilder:

#### Primær kilde:

1. DMU 2010: *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner*, faglig rapport fra DMU nr. 783.

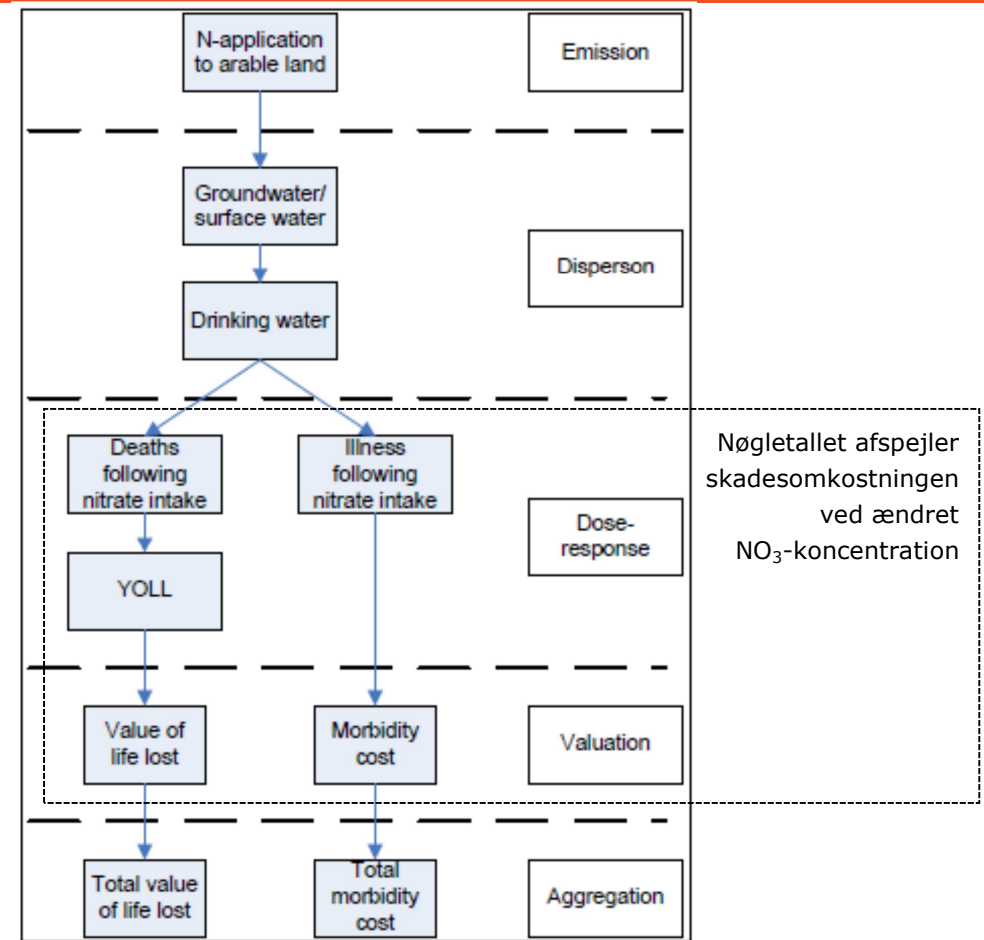
#### Sekundære kilder:

2. Andersen, Mikael Skou; Hansen, Morten Søes; Carstensen, Jacob; Kronvang, Brian; Andersen, Hans Estrup; Thodsen, Hans (2011): *Monetary valuation with impact pathway analysis: Benefits of reducing nitrate leaching in European Catchments*. International Review of Environmental and Resource Economics, Vol. 5, 2011, s. 199-244.

### Metodisk grundlag:

Figuren herunder opsummerer virkningskæden fra mark over drikkevand til sundhedsomkostning. Dette svarer til kæden, som analyseres i case-nøgletallet, mens selve nøgletallet kun indbefatter den værdisatte sundhedseffekt af ændret nitratkoncentration i grundvandet.

**Marginal skadesomkostning ved nitrat i drikkevand (sundhedsomkostning som følge af potentielt tabte leveår og sygdom)**



Figur 0-1 Fra mark over drikkevand til sundhedsomkostning.  
Kilde: Hansen og Andersen (2009).

*Fra mark til drikkevand*

Nøgletallet tager udgangspunkt i modelleringer, der viser, hvor meget kvælstof fra rodzonen der transporteres til grundvandet. Nitrat udvaskes til det øvrige vandmiljø, ligesom det nedbrydes over tid og under transporten til grundvandsmagasinerne.

*Sundhedseffekter*

Kronisk eksponering for nitrat kan øger kræftforekomsten. Der er ikke fuld konsensus i litteraturen om nitrats kræftfremkaldende effekt, hvorfor nøgletallet skal ses ud fra forsigtighedsprincippet: Hvad nu hvis effekterne er reelle? (Hansen og Andersen 2009).

Baseret på epidemiologiske studier er sammenhængen mellem kronisk eksponering for øget nitratkoncentration i drikkevand og forekomsten af kræft bestemt (Andersen *et al.* 2011, s. 210). Eksempelvis vil 1 mg mere nitrat pr. liter drikkevand øge antallet af blærekræfttilfælde med 10,62 %, hvilket sammenholdt med levetidstabeller giver et tab af leveår på 4,7 for hver 100.000 eksponerede borgere. På tværs af øget forekomst af forskellige sygdomstyper er det samlede tab af leveår 25,5 pr. 100.000 eksponerede borgere. (DMU 2010, tabel 5.2)

*Tabte leveår og morbiditet*

Værdisætningen af tabte leveår (YOLL = years of lost life) er 575.133 kr. pr. tabt leveår (2006-niveau). I værdisætningen indgår endvidere morbiditetsomkostningerne, som på baggrund af Andersen *et al.* (2011 figur 3) er antaget til



## Marginal skadesomkostning ved nitrat i drikkevand (sundhedsomkostning som følge af potentielt tabte leveår og sygdom)

yderligere 10 % af sundhedsomkostningen knyttet til en øget kræftforekomst.

### Skadesfunktion

Case-nøgletallet er konkretiseret for Odense opland med nedenstående skadesfunktion. For hvert kg N, der tilføres oplandet, vil nitratkoncentrationen pr. liter grundvand være  $2,35 \cdot 10^{-4}$  mg. Forefindes modelleringer for dette tal i en analyse af en anden lokalitet, som afspejler anvendelsessituationen, kan det indsættes i funktionen.

Koncentrationsændringen sammenholdes med befolkningen i forsyningsområdet (0,6 = 60.000 personer), hvilket kan justeres til den specifikke anvendelse samt sygdomseffekten (25,5 tabte leveår) og værdisætningen af tabte leveår:

$$2,35E - 4 \frac{\text{mgNO}_3/\text{l}}{\text{konN udført i år}} \cdot (0,6 \cdot 25,5) \frac{\text{YOLL}}{\text{mgNO}_3/\text{l}} \cdot 575133 \frac{\text{kr}}{\text{YOLL}} = 2,07 \frac{\text{kr}}{\text{kgN udf.}}$$

Formel: Skadesfunktion for nitrat i drikkevand

Kilde: DMU (2010 s. 23).

Note: Morbiditetsomkostningen (+ca. 10%) indgår ikke i den viste skadesfunktion.

Case-nøgletallet er gjort mere generaliserbart ved at justere med befolkningen i forsyningsområdet (divideret med 60.000). Ved anvendelse i andre områder skal case-nøgletallet multipliceres med befolkningen.

Nøgletallet er således beregnet som: 25,5 pr. 100.000 eksponerede borgere/mg  $\text{NO}_3$  pr.  $L_{\text{drikkevand}} \cdot 0,65 \text{ mio. kr.}_{2014} / \text{tabt leveår}$ . Dertil kommer 10 % forøget morbiditet (kilde: 2).

### Justering af nøgletal

Nøgletallet for sundhedsomkostningerne ved ændring af nitratkoncentrationen justeres fra 2006 til 2014-niveau samt for kohortestørrelse og for at medtage morbiditetsomkostning.

$$\begin{aligned} N\text{øgletal}_{2014} &= \text{sundhedseffekt pr. mgNO}_3 \cdot \text{YOLLværdi}_{2006} \\ &\quad \cdot \text{morbiditetsomkostning} \cdot \text{nettoprisindeks}_{2006-2014} \\ &\quad \cdot \text{BNP}_{2006-2014} / \text{kohortestørrelsen} \end{aligned}$$

$$N\text{øgletal}_{2014} = 25,5 \text{ YOLL pr. mgNO}_3 \cdot 0,6 \text{ mio. kr.}_{2006} \cdot (1 + 10\%) \cdot (1 + 15\%) \cdot (1 - 4\%) \cdot 100.000^{-1} = 183 \text{ kr}_{2014} \text{ pr. indb. pr. mgNO}_3$$

### Fremskrivning:

Nøgletallet fremskrives fra 2006- til 2014-prisniveau ved brug af realvæksten og udviklingen i nettoprisindeks. Samme fremskrivning anvendes efter 2014.

### 3 Vand – skadesomkostninger (eutrofiering af kystvande)

#### Marginal skadesomkostning ved ændring af kystvandkvalitet (ændring i rekreative værdier bestemt ved husprismetoden)

##### Nøgletal:

-0,3 % huspriseffekt for en 10 cm forringelse af sigtddyden.

##### Definition:

Ændringen i huspris som følge af eutrofiering af kystvande og den tilhørende ændring i vandkvalitet udtrykt som sigtddybde (Secchi-dybde).

##### Beskrivelse:

Huspriser bestemmes af en række egenskaber ved ejendommen og omgivelserne. Mens nærhed til vand (søer og kystvand) typisk har en positiv effekt på huspriserne, så vil eutrofiering som følge af næringstilførsel og algevækst mindske husprisen. Nøgletallet beskriver huspriseffekten af ændret kvælstoftilførsel i oplandet via den afledte påvirkning af sigtddyden i kystvandet. Dvs. ændringer i den rekreative brugsværdi ved en ændret miljøtilstand bestemt af de umiddelbare naboers betalingsvilje udtrykt i ændrede huspriser. Den omfatter således kun en del af de rekreative værdier, idet effekten for de brugere, som ikke har ejendom i den umiddelbare nærhed, ikke medtages. Ikke-brugsværdier er ligeledes ikke inddraget.

##### Anvendelse:

- > Nøgletallet vil kunne anvendes både ved forringelse og forbedring af kystvandkvaliteten (sidstnævnte kræver fortegnskonvertering).
- > Effekten er antaget lineær og kan derfor anvendes uanset omfanget og niveauet af ændring i sigtddybde.
- > Husprisændringen er antaget at have effekt i kystzonen (500 m), hvorfor ejendomsværdien skal opgøres i denne zone.
- > Nøgletallet kan anvendes i lokale og nationale analyser.
- > Nøgletallet vil kunne anvendes i tilfælde, hvor sigtddybeeffekten (enten modelleret i sammenhæng med kvælstoftilførslen eller en målt ændring) og den faktiske bebyggelse i området (GIS- og BBR-opgørelse) er kendt. Analysen kræver således data om sigtddybe-effekt (cm) og ejendomsværdien i området (kr.).
- > Foreligger bygningsmassen ( $m^2$ ), kan ejendomsværdien bestemmes ud fra nyopførelsesomkostningen (kr./ $m^2$ ), hvilket er uddybet i nøgletallets baggrundsinformation.
- > Mangler disse data, kan man tage udgangspunkt i data om ændret kg N tilført marken og virkningskæden i Odense-casen nedenfor. Teknisk information om relationen mellem N-tilført og koncentrationsændringerne i 39 kystvande, kan yderligere findes i NERI-rapport 683 fra 2008.

Nøgletallet er et eksempel på de eksterne omkostninger ved kvælstof i vandmiljøet og er således relevant i arbejdet med vandplaner og efterlevelse af vandrammedirektivet. Specifikt kan tallet anvendes i analyser af tiltag, der forbedrer vandmiljøkvaliteten (dvs. hvor ændret N-tilførsel forbedrer eller forværrer sigtddyden).

Kvælstof i vandmiljøet har en række skadevirkninger, hvor nøgletallet reflekterer delkomponenter relateret til den rekreative værdi. Huspriseffekten kan således ikke anvendes som et bud på de totale, eksterne omkostninger ved en ændring i vandkvaliteten.

*Odense Fjord-casen*

## Marginal skadesomkostning ved ændring af kystvandkvalitet (ændring i rekreative værdier bestemt ved husprismetoden)

Kendes sigtdybdeeffekten eller bebyggelsen ikke for den lokalitet, man ønsker at studere, kan en række fysiske og økonomiske parametre hentes fra Odense Fjord-casen. Det vil altid være at foretrække at anvende specifikke data for virkningskæden på den studerede lokalitet.

Case-nøgletallet bygger på en specifik modellering af gødskning, eutrofiering, sigtdybde og huspriser omkring Odense Fjord. På andre lokaliteter vil sammenhængen være stærkere eller svagere, eksempelvis hvis vandmiljøeffekten er mere udpræget, eller hvis huspriserne er højere end i Odense Fjord.

Case-nøgletallet giver ændringen i ejendomsværdier i markedspriser som følge af eutrofiering af kystvande ved ændring i tilførsel af kvælstof til marken. Case-nøgletallet udtrykker i markedspriser en marginal skadesomkostning i kr. pr. kg kvælstof tilført som et gennemsnit af kunstgødning og husdyrgødning. Nøgletallet afspejler skadesomkostningen ved marginalt, ændret kvælstoftilførsel og således ikke gennemsnitsomkostningen. Alle værdierne er lokalspecifikke og varierer blandt målestationerne i Odense Fjord samt med gødningstype, hvor der er større udvaskning af husdyrgødning end kunstgødning tilført marken (DMU 2010, s. 23-25):

- > Sammenhængen mellem tilført N og N-koncentration:
  - Kunstgødning: 0,003 - 0,01  $\mu\text{g}$  pr.  $L_{\text{kystvand}}/\text{tN}$  tilført pr. år
  - Husdyrgødning: 0,01 - 0,06  $\mu\text{g}$  pr.  $L_{\text{kystvand}}/\text{tN}$  tilført pr. år
- > Sammenhængen mellem N-koncentration og sigtdybde:
  - 2,9 -  $9,1 \cdot 10^{-3}$  cm pr.  $\mu\text{g}/\text{L}$
- > Bygningsareal:
  - 230.717  $\text{m}^2$
- > Ejendomsværdi (nyopførelsesomkostning):
  - Ca. 12.000 kr<sub>2006</sub>/ $\text{m}^2$
- > Huspriseffekten ved ændring i N tilført til mark:
  - Kunstgødning: 0,21 kr<sub>2014</sub>/kg N tilført til marken
  - Husdyrgødning: 0,40 kr<sub>2014</sub>/kg N tilført til marken
  - Gennemsnit mellem kunst- og husdyrgødning: 0,298 kr<sub>2014</sub>/kg N tilført til marken

### Kilder:

#### Primære kilder:

1. DMU (2010): *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner*, faglig rapport fra DMU nr. 783.
2. Andersen, Mikael Skou; Hansen, Morten Søes; Carstensen, Jacob; Kronvang, Brian; Andersen, Hans Estrup; Thodsen, Hans (2011): *Monetary valuation with impact pathway analysis: Benefits of reducing nitrate leaching in European Catchments*. International Review of Environmental and Resource Economics, Vol. 5, 2011, s. 199-244.

#### Sekundære kilder:

3. NERI (2008): Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Dahl, K. og Henriksen, P: *Macroalgae and phytoplankton as indicators of ecological status of Danish coastal waters*, NERI Technical report 683, Aarhus Universitet.

## Marginal skadesomkostning ved ændring af kystvandkvalitet (ændring i rekreative værdier bestemt ved husprismetoden)

### Metodisk grundlag:

Metodebeskrivelsen dækker de enkelte led i virkningskæden, som danner grundlag for case-nøgletallet. Dvs. fra N-tilførsel på marken over miljøeffekt til husprisændring, hvor sidstnævnte rummer nøgletallet, der dækker leddet mellem vandkvalitet og huspriser.

#### *Husdyr- og handelsgødning*

Hver ton ekstra kvælstof tilført markerne ændrer koncentrationen i kystvandene marginalt. Fra markerne udvaskes kvælstoffet til vandmiljøet. Sammenhængen mellem samlet N-tilførsel til et vandopland og koncentrationen i det tilhørende kystvand varierer fra lokalitet til lokalitet (målestation), men også efter type af tilførsel. Nøgletallet afspejler fordelingen mellem husdyr- og handelsgødning. Grundt højere N-tab fra husdyrgødning end kunstgødning, vil ekstra kvælstof tilført som husdyrgødning have større koncentrationseffekt i kystvandmiljøet end kunstgødning. Gennem effektkæden vil ændring i mængden af tilført husdyrgødning således have større huspriseffekt end den samme mængdeændring i kunstgødning. Relationen mellem tilført kvælstof og koncentrationen i kystvandet er omtrent dobbelt så stærk for husdyr- som for handelsgødning (DMU 2010 tabel 5.3).

#### *Kvælstofkoncentration og sigtddybde*

Ændring i vandmiljøets kvælstofkoncentration medfører ændring i sigtddybden (Secchi-dybde). Den sammenhæng kan modelleres og udgør linket mellem kvælstoftilførsel, eutrofiering og sigtddybde, hvor sidstnævnte er et visuelt udtryk for vandkvaliteten.

#### *Sigtddybde og huspriser*

Tidligere studier har dokumenteret en sammenhæng mellem sommer-sigtddybde og huspriser. Sigtdybden kan estimeres som en funktion af kvælstoftilførslen og anvendes som proxy for vandmiljøets kvalitet (badning, visuel fremtoning og fiskeri). (DMU 2010 s. 24)

En analyse af litteraturen på området er baggrunden for at beregne huspriseffekt i forlængelse af modelleringen af tilførslen af næringsstoffer, udvaskningen og effekten på sommer-sigtddybden i kystvandene. Analysen blev udført i forbindelse med forskningsprojektet EXIOPOL og overføres til studielokaliteten i Odense. Der er således tale om en "benefit transfer function", hvor internationale forskningsresultater anvendes i en dansk sammenhæng. Antagelsen er, at det danske boligmarked reagerer på vandmiljøkvalitet i samme relative grad som i de udenlandske studier. (DMU 2010 s. 24)

Sammenhængen er antaget simpel lineær (dvs. samme ændring i huspriseffekten for de første 10 cm som for de sidste 10 cm) negativ ændring i huspriseffekt på 0,3 % for en 10 cm forringelse af sigtddybden. Sammenhængen er usikker og kan variere geografisk og efter dybde.

#### *Ejendomsværdi*

Huspriser svinger over tid. For at undgå midlertidige udsving i husprisgrundlaget, anvender nøgletallet den langsigtede ejendomsværdi udtrykt som omkostningen til nybyggeri. Antagelsen er, at huspriserne over tid vil tilnærme sig nyopførelsesomkostningerne (anvendt omkostning: ca. 12.000 kr.<sub>2006</sub>/m<sup>2</sup> (beregnet ud fra DMU 2010, tabel 5.4). Nyopførelsesomkostningerne bygger på data fra bl.a. Danmarks Statistik og rummer arbejds løn samt materialer og installationer, mens grundværdien regnes som 20 % af de øvrige omkostninger (Andersen et al. 2011).

Til sammenligning er den realiserede handelspris på Fyn 9.400 kr./m<sup>2</sup> (Landsdel Fyn, 2K 2014, Realkreditrådets Boligmarkedsstatistik, BM10). I kystzonen kan ejendomsværdien yderligere være betydelig højere end i øvrige områder, som den gennemsnitlige, realiserede handelspris udtrykker.

Ejendomsværdien bestemmes i kystzonen (500 m) på baggrund af kort og BBR

### Marginal skadesomkostning ved ændring af kystvandkvalitet (ændring i rekreative værdier bestemt ved husprismetoden)

(DMU 2010 s. 24), dvs. optælling af bygningsarealet i kystzonen sammenholdt med nyopførelsesomkostningen. Denne værdi (kr.) sammenholdes med nøgletallet (% pr. 10 cm) og ændringen i vandkvalitet (cm) for at bestemme værdiændringen.

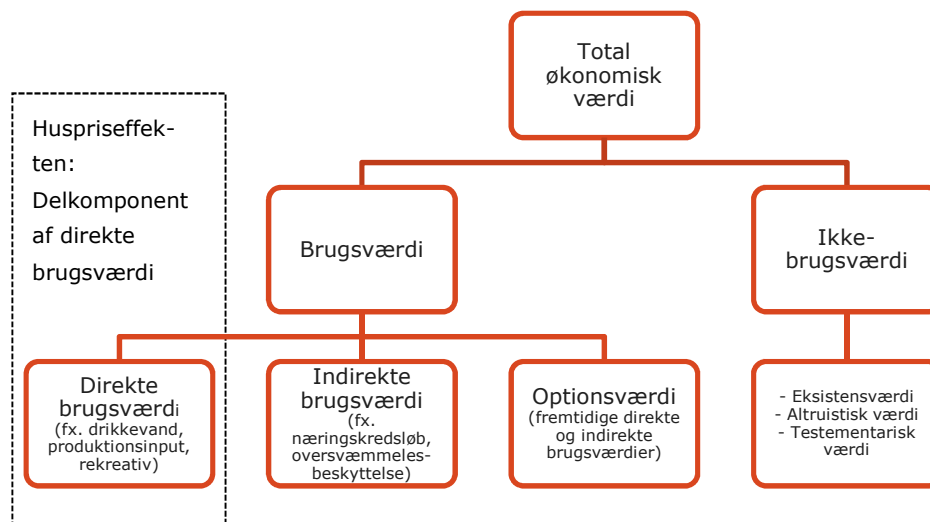
#### Årlig værdi

Husprisen er et udtryk for køberens betalingsvilje for ejendommen i en principet uendelig tidshorisont. Den årlige skadesomkostning er bestemt som en annuiteret nutidsværdi (diskontering 3 %).

#### Brugsværdi

Skadevirkningerne ved eutrofiering kan kategoriseres på forskellige vis. En måde er at dele værdien op i brugsværdi og ikke-brugsværdi og en række underkategorier.

Figuren nedenfor viser en sådan skematisk oversigt over den samlede værdi af en ændring i vandkvaliteten (for eksempel skadesomkostningerne ved øget N-tilførsel) opdelt i brugsværdi og ikke-brugsværdi samt i relevante underkategorier.



Figur 3-1 Total samfundsøkonomisk værdi ved ændringer i vandkvalitet.  
 Kilde: COWI.

Huspriseeffekten opfanger en del af den komponent, som hedder "den direkte brugsværdi" - navnlig de rekreative anvendelser for de brugere, der bor i umiddelbar nærhed samt måske en del af optionsværdien. Da der ikke findes opgørelser af alle værdielementerne, som kan sammenlignes, er det ikke muligt at sige, hvor stor en del af den samlede skadesomkostning, som huspriseeffekten opfanger. Spørgeskemabaserede værdisætningsstudier afslører dog høje betalingsviljer for forbedringer af vandkvaliteten (f.eks. Aquamoney-studierne). Nøgletallet kan derfor ses som et underkantsskøn af totalværdien.

### Marginal skadesomkostning ved ændring af kystvandkvalitet (ændring i rekreative værdier bestemt ved husprismetoden)

#### Fremskrivning:

Nøgletallet udtrykker en forholdsvis relation, som fastholdes over tid og dermed ikke fremskrives.

Case-tallet fremskrives fra 2006- til 2014-prisniveau ved brug af nettoprisindekset (f.eks. 0,256 kr<sub>2006</sub> pr. kg kvælstof til 0,298 kr<sub>2014</sub> pr. kg). Samme fremskrivning anvendes efter 2014, hvis man ønsker at fremskrive case-nøgletallet til et fremtidigt prisniveau.

I forhold til brugen af nøgletallet i en lang analyseperiode kan det overvejes, om de huspriser, der anvendes sammen med nøgletallet, skal fremskrives med BNP pr. indbygger. Udgangspunktet er, at nøgletallet bruges til værdisætte en del af den rekreative værdi ved et godt vandmiljø. I lighed med de øvrige eksternaliteter må denne værdi forventes at stige med stigende velfærd. Den pragmatiske tilgang, som er anvendt i dette nøgletalskatalog, indebærer, at den samlede værdi (nøgletal ganget med samlet ejendomsværdi i det relevante område) skal fremskrives med BNP pr. indbygger.

## 4 Luft – skadesomkostninger (CO, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og NH<sub>4</sub>)

### Marginale skadesomkostninger ved luftemissioner af CO, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og NH<sub>4</sub> fra stationære kilder (sundhedsomkostninger)

#### Nøgletal:

Tabel 4-1 Marginale eksterne omkostninger ved alle danske sektorer (SNAP-alle)

Eksterne omkostninger (DKK 2014 pr. kg)	CO	SO2/SO4	O3/NO3	PM2.5	NH4
Emissioner (ton)	436.444	19.640	151.766	28.400	73.180
Andel af skader uden for Danmark	64%	90%	87%	59%	82%
Beregningspris (uden for Danmark)	0	245	103	124	132
Andel af skader i Danmark	36%	10%	13%	41%	17%
Beregningspris (i Danmark)	0	27	15	86	27
Andel af skader samlet	100%	100%	100%	100%	100%
Beregningspris (samlet)	0	273	119	211	161

Note: Tabellen inkluderer alle sektorer og således et gennemsnit af mobile og stationære kilder.

Tabel 4-2 Marginale eksterne omkostninger inddelt på danske sektorer (SNAP 1-4&9-10)

Sektortabel - Uden for Danmark	Beregningspris				
Eksterne omkostninger (DKK 2014 pr. kg)	CO	SO2/SO4	O3/NO3	PM2.5	NH4
SNAP 1 - Større forbrændingsanlæg	0	85	59	124	0
SNAP 2 - Forbrændingsanlæg i husholdninger m.v.	0	110	99	136	0
SNAP 3 - Industriens forbrændingsanlæg	0	96	66	126	0
SNAP 4 - Industriens procesenergi	0	243	n/a	n/a	0
SNAP 9 - Behandling og forbrænding af affald m.v.	0	110	38	173	0
SNAP 10 - Landbrugets husdyr og afgrøder	0	n/a	n/a	89	140

Tabel 4-3 Marginale eksterne omkostninger inddelt på danske sektorer (SNAP 1-4&9-10)

Sektortabel - I Danmark	Beregningspris				
Eksterne omkostninger (DKK 2014 pr. kg)	CO	SO2/SO4	O3/NO3	PM2.5	NH4
SNAP 1 - Større forbrændingsanlæg	0	9	7	22	0
SNAP 2 - Forbrændingsanlæg i husholdninger m.v.	0	27	18	80	0
SNAP 3 - Industriens forbrændingsanlæg	0	13	9	26	0
SNAP 4 - Industriens procesenergi	0	50	n/a	n/a	0
SNAP 9 - Behandling og forbrænding af affald m.v.	0	16	2	31	0
SNAP 10 - Landbrugets husdyr og afgrøder	0	n/a	n/a	62	27

Tabel 4-4 Marginale eksterne omkostninger inddelt på danske sektorer (SNAP 1-4&9-10)

Sektor tabel –Samlet	Beregningspris				
	CO	SO2/SO4	O3/NO3	PM2.5	NH4
Eksterne omkostninger (DKK2014 pr. kg)					
SNAP 1 - Større forbrændingsanlæg	0	95	66	146	0
SNAP 2 - Forbrændingsanlæg i husholdninger m.v.	0	137	117	216	0
SNAP 3 - Industriens forbrændingsanlæg	0	109	75	152	0
SNAP 4 - Industriens procesenergi	0	292	n/a	n/a	0
SNAP 9 - Behandling og forbrænding af affald m.v.	0	126	40	203	0
SNAP 10 - Landbrugets husdyr og afgrøder	0	n/a	n/a	151	161

Note: n/a = emissioner er minimale, der henvises til tabel 1.

Tabel 4-5 SNAP 2 - Små ikke-industrielle forbrændingsanlæg

Eksterne omkostninger (DKK <sub>2014</sub> pr. kg)	SO <sub>2</sub>	PM2.5
Tillæg for emissioner i større byer		
Beregningspris KBH/FRB	367	1216
Beregningspris byer (>10.000 indb.)	40	182

Note: Værdierne tillægges omkostningerne i tabel 2 og 3 ved lokale analyser.

Alle tabeller er lavet på baggrund af (Andersen & Brandt, 2014) og fremskrevet fra 2013 til 2014 jf. afsnit om fremskrivning.

#### Definition:

Marginale eksterne skadesomkostninger i markedspriser ved luftemissioner i Danmark fra stationære kilder. Nøgletallene omfatter sundhedsmarkedsomkostninger, dvs. direkte udgifter i sundhedssektoren, samt produktionstab og velfærdstab (sidstnævnte er den største komponent). Nøgletallene er opdelt på specifikke sektorer i henhold til SNAP-kategorier (se nedenfor). Tallene angiver omkostninger, som påføres i Danmark, baseret på beregninger af den del af emissionen, som falder på dansk område. Andelen af omkostninger, som påføres i udlandet, er værdisat på samme måde som den danske andel.

#### Beskrivelse:

Ved luftemissioner kan der være helbredsmæssige effekter forårsaget af kemiske stoffer udledt til atmosfæren. Via komplekse kemiske reaktioner bliver udledningssgasser omdannet til partikler, som kan have konsekvenser for helbredet. Der er både skadelige effekter, der sker lokalt ved forureningskilden, og effekter over lange distancer, transporteret med vinden.

De mest gængse emissioner og partikler, som vi bliver udsat for, og som er opgjort, omfatter CO, SO<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>/NO<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub> og NH<sub>4</sub> (Andersen & Brandt 2014).

For at kunne foretage en økonomisk værdisætning er modellen "Economic Valuation of Air pollution" (EVA) anvendt. EVA er baseret på "impact pathway" metoden. Det betyder, at den med udgangspunkt i de estimerede luftforureningskoncentrationer, som DEHM-modellen beregner, opgør befolkningseksponeringen og via dose-responsfunktioner estimerer de væsentligste sundhedseffekter. Til slut beregnes EVA-omkostningerne baseret på værdisætningspriser for disse sundhedseffekter.

Skadesomkostningerne er opgjort på sektorniveau efter SNAP-koder, som er beskrevet herunder.



Tabel 4-6 Beskrivelse af SNAP koder 1-4 og 9-10

SNAP kode	Beskrivelse
SNAP 1	Kraftvarme- og fjernvarmeværker
SNAP 2	Ikke-industriel forbrænding, f.eks. forbrænding i husholdninger og handel og service til boligopvarmning, inkl. brændeovne
SNAP 3	Fremstillingsvirksomhed og bygge- og anlægsvirksomhed f.eks. byggematerialer og anden industriproduktion
SNAP 4	Industrielle processer såsom papir, glas, cement og metal
SNAP 9	Affaldsforbrænding
SNAP 10	Landbrug: Husdyr, afgrøder og gødning

Kilde: Brandt, Jensen & Plejd (2013a); Brandt et al. (2011)

#### Anvendelse:

- > Nøgletallene kan anvendes i analyser af stationære kilder placeret i Danmark. Gennemsnitstallene (SNAP-alle) indeholder de samlede emissioner på tværs af stationære og mobile kilder.
- > Ved lokale analyser af kilder i byområder anvendes tillæg til gennemsnitstal (SNAP-alle). Ved nationale analyser eller analyser af kilder i landzoner anvendes gennemsnitstal (SNAP-alle).
- > Som grundlag for en analyse kræves data om emissioner fordelt på emissionstyper (kg).
- > Hvis der foreligger data for emissioner på sektorniveau (SNAP-kode), kan sektorspecifikke skadesomkostninger anvendes. Hvis ikke, anvendes et gennemsnit på tværs af sektorer.

Nøgletallene kan bruges, når der skal ses på de samfundsøkonomiske effekter af miljøtiltag, som f.eks. partikelfiltre, forbud eller andre indskærpelser af kilder til luftforurening. Tallene kan også bruges til at se på afledte effekter af omstillingen fra fossile brændstoffer til vedvarende energi.

Der er mange usikkerheder forbundet ved værdierne, da der er mange faktorer, der er svære at værdisætte. Der bør derfor altid laves følsomhedsanalyser med et under- og overkantsskøn. I kraft af, at tallet er fremkommet i henhold til Europa-Kommissionens anbefalinger, kan det bruges til sammenligning med andre danske og europæiske studier.

#### Kilder:

##### Primær kilde:

1. Andersen, M. S. & Brandt, J., 2014. *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner*, Aarhus: Aarhus Universitet.

##### Sekundære kilder:

2. Brandt, J. et al., 2013a. *Contribution from the ten major emission sectors in Europe and Denmark to the health-cost externalities of air pollution using the EVA model system – an integrated modelling approach*: Atmospheric Chemistry and Physics
3. Brandt, J., Jensen, S. S. & Plejd, M., 2013b. *Sundhedseffekter og relaterede eksterne omkostninger af luftforurening i København*: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi
4. Brandt, J. et al., 2011. *Assessment of Health-Cost Externalities of Air Pollution at the National Level using the EVA Model System*.

5. Andersen, M.S. 2010: *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner. Danmarks Miljøundersøgelser*, Aarhus Universitet. 33 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 783.
6. Andersen, M.S., Frohn, L.M., Jensen, S.S., Nielsen, J.S., Sørensen, P.B., Hertel, O., Brandt, J. & Christensen, J. 2004. *Sundhedseffekter af luftforurening – beregningspriser*. Danmarks Miljøundersøgelser. 85 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 507. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.
7. Holland, M. et al., 2005. *Damages per tonne emission of PM2.5, NH3, SO2, NOx and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas*: European Commission DG Environment.

#### **Metodisk grundlag:**

Det metodiske grundlag er beskrevet i de ovennævnte kilder, primært de første tre.

#### *Emission, spredning og eksponering*

De komplekse atmosfæriske forhold kan beskrives og modelleres i regionalskala-modeller som den Danske Eulerske Hemisfæriske Model (DEHM). DEHM er en luftforureningsmodel, som beregner ændringerne i luftkvaliteten i et lagdelt gitternet, bl.a. baseret på emissioner fra EMEP, det Europæiske samarbejde om overvågning af langtransporteret luftforurening. DEHM modellerer både de fysiske og kemiske forhold i atmosfæren og kan gøre rede for 67 forskellige kemiske stoffer. DEHM er valideret for danske og Europæiske forhold gennem mere end 25 år (Andersen & Brandt 2014).

Andersen & Brandt (2014) angiver følgende om de sundhedsmæssige effekter af luftforurening:

*"Emissioner af helbredsskadelige kemiske stoffer til atmosfæren kan transporteres over lange afstande og medføre helbredseffekter både tæt på kilden (lokale effekter) og op til flere tusinde km væk fra kilden (regionale effekter). De kemiske stoffer bliver transporteret med vinden, og undervejs sker der kemisk omdannelse samt afsætning på jordoverfladen, både via nedbør (våddeposition) og direkte afsætning (tørdeposition). Den kemiske omdannelse sker, når de emitterede kemiske stoffer reagerer med andre stoffer, som er til stede i atmosfæren. På denne måde omdannes de primært emitterede gasser SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og NH<sub>3</sub> til bl.a. de sekundært dannede partikler SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> og NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ligesom der sker en reaktion med den ozon, der stammer fra udledninger i Danmark og i udlandet, og som transporteres ind over Danmark med vinden. Der er tale om yderst komplekse relationer mellem de nævnte emissioner og ændringerne i luftens koncentrationer af både primære og sekundære forureningskomponenter. De er især komplekse, hvor baggrundskemien spiller ind - hvilket fx er tilfældet for både SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og NH<sub>3</sub>. Komplexiteten er mindre for udledningen af primære partikler, PPM<sub>2.5</sub>.*

*De komplekse atmosfæriske forhold kan beskrives og modelleres i regionalskala-modeller som den Danske Eulerske Hemisfæriske Model (DEHM). DEHM er en luftforureningsmodel, som beregner ændringerne i luftkvaliteten i et lagdelt gitternet bl.a. baseret på emissioner fra EMEP, det Europæiske samarbejde om overvågning af langtransporteret luftforurening. DEHM modellerer både de fysiske og kemiske forhold i atmosfæren og kan gøre rede for 67 forskellige kemiske stoffer. DEHM er valideret for danske og Europæiske forhold gennem mere end 25 år. Med anvendelse af DEHM kan man ud fra detaljerede beregninger af time-for-time-variationerne nå frem til årsmiddelværdier for de ændringer i luftkvaliteten, som kan henføres til ændringer i udledningen fra de enkelte forureningskilder og eller emissionssektorer. DEHM beregner luftkvalitetsændringerne i et såkaldt gitternet, hvor hver gittercelle er 16,6 km x 16,6 km i udstrækning over Nordeuropa inkl. Danmark, 50 km x 50 km over Europa og 150 km x 150 km over resten af den nordlige hemisfære og tager således hensyn til interkontinental transport af luftforurening. Med dette redskab er det muligt, støttet på GIS-fordelte populationsdata, at opgøre ændringer i eksponeringen af den befolkning, som befinder sig i det relevante område."*

### Skadespåvirkningen

Til at estimere de sundhedsøkonomiske effekter ved luftudledning er Europa-Kommissionens fremgangsmåde blevet anvendt. De anvender en miljømedicinsk dokumentation, som er fastlagt med WHO som reference til at fastlægge aktuelle dosisrespons, hvilket fremgår af tabel 8 nedenfor. På denne baggrund har DMU udviklet modelsystemet Economic Valuation of Air pollution (EVA), "som kan foretage en integreret opgørelse af de eksterne omkostninger ved luftforureningen baseret på den atmosfæriske modellering i DEHM<sup>1</sup>" (Andersen, 2010, s. 10).

EVA modellen estimerer de eksterne marginale omkostninger ved udledning via impact pathway-metoden som kobler model, data og værdisætning sammen. Dataene bygger på den atmosfæriske udledning opgjort på GIS-data i forhold til placering og CPR i henhold til alder. Værdisætningen er opgjort ud fra de før omtalte dosisrespons og deres enhedsværdier for enkelte, relaterede sundhedsomkostninger pr. tilfælde, forringet IQ eller dag med nedsat levevilkår (Andersen 2010; Brandt, et al., 2013b; Andersen & Brandt 2014).

Emissionskilderne er inddelt på sektorer for at kunne adskille de enkelte brancher og se deres indvirkning på miljøet. Sektorerne er blevet inddelt efter SNAP-kategorier, som beskrevet i tabel 5, hvor kategori 5, 6, 7 og 8 er udeladt, da de ikke er direkte benyttet i dette notat. De er dog indregnet i tabeller, hvor der ikke er angivet specifikke SNAP-kategorier. Der fire kategorier, som ikke er beskrevet ovenfor, kan ses beskrevet i tabellen nedenfor.

Tabel 4-7 Beskrivelse af SNAP 5-8

SNAP 5	Udledninger i forbindelse med udvinding, behandling, lagring og transport af olie og gas
SNAP 6	Anvendelse af produkter, f.eks. opløsningsmidler og maling
SNAP 7	Vejtransport
SNAP 8	Andre mobile kilder: Militær transport, jernbaner, flodtransport, søfart, luftfart, landbrug, skovbrug, maskiner og redskaber i husholdning samt industri

Kilde: Brandt, Jensen, & Plejd (2013a); Brandt et al. (2011).

### Værdien af statistisk liv og andre værdisætninger

Værdien af et statistisk liv (VSL) i Danmark er fastsat til 15,5 mio. kr<sub>2014</sub>. Denne værdi er brugt til at udregne en værdi for tabt leveår (YOLL), som i Danmark er fastsat til 583 kr<sub>2014</sub> (Brandt, J. et al. 2013a).

Værdien er fastsat på baggrund af gennemsnitligt VSL i Europa korrigeret med den danske købekraftsparitet (PPP) (Andersen et al. 2004).

Beregningerne er udført i henhold til Finansministeriets (2013) reviderede diskonteringsrente, der for de første 35 år udgør 4 %, hvorefter den nedsættes først til 3 % og ved det 70. år til 2,5 %. Desuden er en nettoafgiftsfaktor på 1,325 indarbejdet i opgørelsen (Andersen & Brandt 2014).

### Danske og udenlandske skader

Skønnet over de omkostninger, som kan henføres til skader i Danmark og de omkostninger, som påføres udlandet, er beregnet på følgende måde:

$$\text{Marginal omkostning}_{\text{DK}} = \text{marginal omkostning}_{\text{total}} * \% \text{ af emissioner}_{\text{DK}}$$

$$\text{Marginal omkostning}_{\text{udland}} = \text{marginal omkostning}_{\text{total}} * (100 - \% \text{ af emissioner}_{\text{DK}})$$

Skadesomkostninger i dansk niveau er anvendt til værdisætning af skader, der

<sup>1</sup> DEHM: Danish Eulerian Hemispheric Model beskriver og modellerer komplekse atmosfæriske forhold på regionskala. Se mere: **Invalid source specified.**

falder i udlandet.

**Bilag: Detaljerede effekter og værdisætninger fra EVA (2013-priser)**

Tabel 4-8 Sundhedseffekter i EVA. De anførte eksponeringsresponsfunktioner for PM<sub>2.5</sub> er anvendt for de respektive dele af PM<sub>2.5</sub>-massen

Sundhedseffekt Slutpunkter	Eksponerings-respons funktioner	Værdisætning DKK (2013-priser)
<b>MORBIDITET (PM<sub>2.5</sub>)</b>		
Bronkitis	8.2E-5 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup> (voksne)	583.293 pr. tilfælde
Sygedage m.v.	8.4E-4 dage pr. µgm <sup>-3</sup> (voksne)	988 pr. dag
<b>Indlæggelser</b>		
- åndedrætsbesvær	3.46E-6 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup>	53.284 pr. tilfælde
- hjerneblødning	8.42E-6 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup>	67.505 pr. tilfælde
- kredsløbsforstyrrelser (> 65 år)	3.09E-5 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup>	110.252 pr. tilfælde
Lungekræft, morbiditet	1.26E-5 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup>	162.502 pr. tilfælde
<b>Astma børn (7.6 % &lt; 16 år)</b>		
- bronchodilator doser	1.29E-1 doser pr. µgm <sup>-3</sup>	167 pr. tilfælde
- hoste	4.46E-1 dage pr. µgm <sup>-3</sup>	316 pr. dag
- åndenød	1.01E-1 dage pr. µgm <sup>-3</sup>	91 pr. dag
<b>Astma voksne (5.9 % &gt; 15 år)</b>		
- bronchodilator doser	2.72E-1 doser pr. µgm <sup>-3</sup>	167 pr. tilfælde
- hoste	2.8E-1 dage pr. µgm <sup>-3</sup>	316 pr. dag
- åndenød	1.01E-1 dage pr. µgm <sup>-3</sup>	91 pr. dag
<b>MORTALITET</b>		
Akut mortalitet (SO <sub>2</sub> )	7.85E-6 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup>	15,5 mio. pr. tilfælde
Kronisk mortalitet (PM <sub>2.5</sub> )	1.138E-3 YOLL pr. µgm <sup>-3</sup> (>30 år)	583,293 pr. YOLL
Infant mortalitet (PM <sub>2.5</sub> )	4.68E-5 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup> (< 9 mdr.)	23,3 mio. pr. tilfælde
Akut mortalitet (O <sub>3</sub> )	3.27E-6*SOMO35 tilfælde pr. µgm <sup>-3</sup>	15,5 mio. pr. tilfælde

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

Resultatet af beregningerne er vist nedenfor. Der henvises til (Andersen & Brandt 2014) for flere detaljer og for yderligere henvisninger til mere detaljerede baggrundsdokumenter.

Tabel 4-9 Marginale eksterne omkostninger ved alle danske sektorer (SNAP-alle)<sup>2</sup>

Eksterne omkostninger (Mio. DKK <sub>2013</sub> )	CO	SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>	O <sub>3</sub> /NO <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>4</sub>
Kronisk mortalitet (tabte leveår)		4.019	13.470	4.991	9.419
Indlæggelser	0,3	12	38	14	27
Astmatikere		86	289	109	203
Bronkitis/KOL		235	790	299	122
Sygedage m.v.		611	2.057	330	1.440

<sup>2</sup> PM<sub>2.5</sub> betegner i denne og de følgende tabeller alene den primære emission af den totale PM<sub>2.5</sub>. Den primære del af PM<sub>2.5</sub> indbefatter BC, OC og mineralisk støv. De sekundært dannede partikler (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> og NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) henregnes ofte til den totale PM<sub>2.5</sub>, men er her opgjort særskilt. Emissioner af NO<sub>x</sub> påvirker O<sub>3</sub> og fører desuden til dannelsen af NO<sub>3</sub>-partikler.

Lungekræft (morbiditet)	15	51	19	35
Akut mortalitet O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> mv.	207	813	21	3
Sum	0,3	5.185	17.508	5.784
Heraf på dansk område	36%	10%	13%	41%
Emissioner (ton)	436.444	19.640	151.766	28.400
Beregningspris (DKK <sub>2013</sub> pr. kg)	0	264	115	204

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

Nedenfor er overordnet sektorværdier for de stationære emissionskilder på dansk område angivet baseret på SNAP-koder 1-4 og 9-10.

*Tabel 4-10 Marginale eksterne omkostninger ved større forbrændingsanlæg i energisektoren (SNAP1)*

Eksterne omkostninger (1000 DKK <sub>2013</sub> )	CO	SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>	O <sub>3</sub> /NO <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Kronisk mortalitet (tabte leveår)		445.212	1.644.960	72.563
Indlæggelser	296	1.309	4.663	206
Astmatikere		9.561	35.138	1.562
Bronkitis/KOL		26.015	96.254	4.263
Sygedage m.v.		67.706	250.469	11.093
Lungekræft (morbiditet)		1.674	6.193	274
Akut mortalitet O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> mv.		54.467	49.386	293
Sum	296	605.943	2.087.063	90.255
Heraf på dansk område	13%	10%	10%	15%
Emissioner (ton)	8.213	6.600	32.496	640
Beregningspris (DKK <sub>2013</sub> pr. kg)	0	92	64	141

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

*Tabel 4-11 Marginale eksterne omkostninger ved små ikke-industrielle forbrændingsanlæg i husholdninger mv. (SNAP2)*

Eksterne omkostninger (1000 DKK <sub>2013</sub> )	CO	SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>	O <sub>3</sub> /NO <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Kronisk mortalitet (tabte leveår)		417.200	635.187	3.417.315
Indlæggelser	803	1.237	1.811	9.877
Astmatikere		8.979	13.636	74.326
Bronkitis/KOL		24.458	37.399	204.279
Sygedage m.v.		63.660	97.297	531.558
Lungekræft (morbiditet)		1.574	2.406	13.142
Akut mortalitet O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> mv.		59.146	140.500	14.513
Sum	803	576.255	928.236	4.265.010
Heraf på dansk område	25%	20%	15%	37%
Emissioner (ton)	8.213	4.320	8.247	20.380
Beregningspris (DKK <sub>2013</sub> pr. kg)	0	133	113	209

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

*Tabel 4-12 Marginale eksterne omkostninger ved industriens forbrændingsanlæg (SNAP3)*

Eksterne omkostninger (1000 DKK <sub>2013</sub> )	CO	SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>	O <sub>3</sub> /NO <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Kronisk mortalitet (tabte leveår)		430.610	1.122.715	145.275
Indlæggelser	72	1.256	3.187	414
Astmatikere		9.255	24.027	3.133
Bronkitis/KOL		25.188	65.798	8.545
Sygedage m.v.		65.560	171.276	22.246
Lungekræft (morbiditet)		1.621	4.234	550
Akut mortalitet O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> mv.		39.939	41.154	590

Sum	72	573.430	1.432.391	180.753
Heraf på dansk område	12%	12%	12%	17%
Emissioner (ton)	19.926	5.420	19.583	1.230
Beregningspris (DKK <sub>2013</sub> pr. kg)	0	106	73	147

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

Tabel 4-13 Marginale eksterne omkostninger ved industriens procesenergi (SNAP4)

Eksterne omkostninger (1000 DKK <sub>2013</sub> )	CO	SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>	O <sub>3</sub> /NO <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Kronisk mortalitet (tabte leveår)		170.978	204.950	143
Indlæggelser	22	498	594	0
Astmatikere		3.677	4.444	1
Bronkitis/KOL		10.020	12.285	8
Sygedage m.v.		26.068	31.975	22
Lungekræft (morbiditet)		645	790	1
Akut mortalitet O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> mv.		14.483	109.635	1
Sum	22	226.367	364.673	176
Heraf på dansk område	5%	17%	n/a <sup>3</sup>	n/a
Emissioner (ton)	8.213	800	33	0
Beregningspris (DKK <sub>2013</sub> pr. kg)	0	283	n/a	n/a

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

Tabel 4-14 Marginale eksterne omkostninger ved behandling og forbrænding af affald m.v. (SNAP9)

Eksterne omkostninger (1000 DKK <sub>2013</sub> )	CO	SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>	O <sub>3</sub> /NO <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Kronisk mortalitet (tabte leveår)		121.882	6.577	3.169
Indlæggelser	5	394	19	9
Astmatikere		2.620	141	68
Bronkitis/KOL		7.130	384	186
Sygedage m.v.		18.558	998	484
Lungekræft (morbiditet)		459	25	12
Akut mortalitet O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> mv.		9.409	3.350	13
Sum	5	160.453	11.493	3.942
Heraf på dansk område	14%	13%	5%	15%
Emissioner (ton)	1377	1.320	296	20
Beregningspris (DKK <sub>2013</sub> pr. kg)	0	122	39	197

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

Tabel 4-15 Marginale eksterne omkostninger ved landbrugets husdyr og afgrøder (SNAP10)

Eksterne omkostninger (1000 DKK <sub>2013</sub> )	CO	NH <sub>4</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Kronisk mortalitet (tabte leveår)		9.419.035	151.310
Indlæggelser	71	26.833	438
Astmatikere		202.686	3.300
Bronkitis/KOL		122.269	4.263
Sygedage m.v.		1.439.862	23.468
Lungekræft (morbiditet)		35.604	580
Akut mortalitet O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> mv.		3.317	642
Sum	71	11.249.606	184.000
Heraf på dansk område	15%	13%	41%

<sup>3</sup> Her kan i stedet anvendes beregningsprisen anført i tabel 1.

Emissioner (ton)	2.519	73.180	1260
Beregningspris (DKK <sub>2013</sub> pr. kg)	0	156	146

Kilde: Andersen & Brandt (2014)

For de fleste af sektorerne er det ikke muligt, baseret på de gennemførte beregninger, at lave en opdeling efter land og by. Der er tale om kilder, hvor luftafkastet sker i en højde, der medfører en stor spredning, hvorfor den specifikke lokalisering af kilden er af mindre betydning. For de terrænnære luftemissioner (husholdninger) beregnes der et tillæg for SO<sub>2</sub> og PM<sub>2,5</sub>, hvis kilden er lokaliseret i et byområde eller i København/Frederiksberg.

Tabel 4-16 Lokalt eksponeringstillæg ved emissioner nær terræn opgjort på grundlag af UBM<sup>4</sup> (Jensen et al 2005; Jensen et al. 2010)

Eksterne omkostninger DKK <sub>2013</sub> pr. kg	SO <sub>2</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>2,5</sub>
	SNAP7	SNAP7	SNAP2	SNAP2
Tillæg by (>10.000 indb.)	9	302	40	182
Tillæg København/Frb.	106	1.407	367	1.216

Note: Urban Background Model (UBM)-modellen anvendes til at beregne bybaggrundsbidraget. I UBM-beregningerne indgår trafikdata og dermed emissionsdata for et 1x1 km<sup>2</sup> gitternet, som dækker hele hovedstadsområdet.

Beregning for PM<sub>2,5</sub> under SNAP2-emissioner er således, at den eksterne omkostning for emissioner i byer over 10.000 indbyggere udregnes som tillæg til enten rent danske eller til totalpriser.

#### Fremskrivning:

I samfundsøkonomiske analyser er der behov for at håndtere lange tidshorisonter. Dette skyldes, at politiktiltagene ofte strækker sig over årtier. Derfor er det her valgt at fremskrive værdierne. Der er tale om en pragmatisk tilgang. Med f.eks. stigende velstand (målt som BNP pr. indbygger) kunne man forvente, at betalingsvilligheden for at undgå sundhedsskader stiger, men dette kan ikke vides med sikkerhed. Hvis man undlader at fremskrive nøgletallet, vil sundhedsomkostningerne falde relativt til den øvrige økonomi.

Den største del af de opgjorte omkostninger knytter sig til VSL og VOLY. Derfor forslås nøgletallet fremskrevet med real-BNP pr. indbygger.

Nøgletallet fremskrives ydermere med den forventede befolkningsudvikling, idet det antages, at den eksponerede befolkning stiger proportionalt med den generelle befolkningsudvikling.

Denne tilgang til fremskrivningen i årene efter 2014 er også anvendt til at beregne nøgletallene som 2014-værdier, idet tallene oprindeligt er estimeret i 2013-priser. Beregningen af fremskrivningen er illustreret her:

$$\begin{aligned}
 \text{Nøgletal}_{2013} * (1 + \text{BNP}_{2014-2013}) * (1 + \text{Befolkning}_{2014-2013}) * (1 + \text{Nettoprisindekset}_{2013-2014}) \\
 = \text{Nøgletal}_{2014}
 \end{aligned}$$

## 5 Luft – skadesomkostninger (Pb)

### Skadesomkostning ved luftemission af bly (sundhedsmæssig tabt livsindkomst grundet blyeffekt på børns indlæringssevne)

**Nøgletal:**

3.287 kr.<sub>2014</sub> pr. kg luftemission af bly.  
Nøgletallet gælder for Storkøbenhavn.

0,2 øre<sub>2014</sub> pr. kg luftemission af bly pr. indb.  
Nøgletallet gælder for befolkningen inden for et område på 50 x 50 km omkring kilden.

**Definition:**

Nøgletallet er defineret som skadesomkostningen i markedspriser fra inhalation ved emissioner af bly til luft.

**Beskrivelse:**

Kognitive evner påvirker børns uddannelsesniveau og succes på arbejdsmarkedet, og derfor er der en sammenhæng med indtjening og deres livsindkomst. Forskelle i IQ, der er forbundet med lave til moderate niveauer af blyeksponering, er generelt små og kan være vanskelige at opdage. Men aggregert på tværs af mange enkeltpersoner kan selv små forskelle i IQ have en stor påvirkning. Forbedringer i de kognitive evner betyder for samfundet øget økonomisk produktivitet og dermed øget økonomisk velfærd.

Omkostningen er en skadesomkostning, som medtager den effekt på intelligens, som børn udsættes for ved indtag af bly. Beregningen af omkostningen er foretaget ved først at beregne, hvordan en luftemission på 1 kg Pb vil resultere i en stigning i koncentrationen af bly i blodet hos eksponerede børn, dernæst ved at estimere den effekt, som bly i blodet har på børnenes IQ og til slut ved en estimering af sammenhængen mellem IQ og livsindkomst. Det ene Nøgletallet repræsenterer omkostninger for en punktkildeemission i Storkøbenhavn, hvor der udledes 969 kg bly. Spredningen er beregnet ved brug af modellen OML for tre meteorologiske år 2000-2002, og der er beregnet eksponering for populationen af børn i alderen 0-3 år. Sammenhængen mellem koncentrationen af bly i blodet og IQ og effekten af ændringer i IQ for den samlede livsindkomst (i procent) er baseret på en vurdering af EFSA, som igen har vurderet en række studier (se nedenfor under metodisk grundlag), mens livsindkomst skønnet er baseret på danske 2013-indkomstniveauer.

Neurotoksicitet er blot én af de mange sundhedsmæssige virkninger af blyeksponering. Da bly også kan påvirke de kardiovaskulære og reproduktive systemer, er tab af forventet levetid indtjening på grund af nedsat kognitiv udvikling hos børn kun ét element i det samlede tab af levetid forårsaget af udsættelse for bly. Flertallet af de offentliggjorte undersøgelser fokuserer kun på de påvirkninger, som inhalation af bly har på kognitive evner. Derfor undervurderer resultaterne sandsynligvis den samlede belastning.

**Anvendelse:**

- › Nøgletallet kan anvendes til værdisætning af den samfundsmæssige omkostning ved blyemissioner. Nøgletallet angiver skadesomkostningen pr. kg bly og er baseret på luftemissionen fra en given punktkilde.
- › Som grundlag for analysen skal kendes dels den emitterede mængde bly (kg), dels indbyggertallet (stk.) i en 50x50 km zone omkring punktkilden.
- › For en punktkilde i Storkøbenhavn kan nøgletallet udtrykt som kr./kg Pb anvendes.

Nøgletallet omfatter kun en del af skaderne ved blyemissioner til luft, da den kun omfatter nedsat kognitiv udvikling hos børn som følge af inhalation af bly. Derfor undervurderer nøgletallet muligvis de samlede samfundsmæssige om-



kostninger ved blyemissioner til luft.

Den procentvise reduktion i livsindkomst på grund af IQ-tab, som anvendes i undersøgelsen, refererer til den amerikanske befolkning. De amerikanske undersøgelser vurderes som meget grundige, og der er ikke grundlag for at tro, at sammenhængen ikke også skulle gælde i Danmark.

#### **Kilder:**

##### *Primær kilde:*

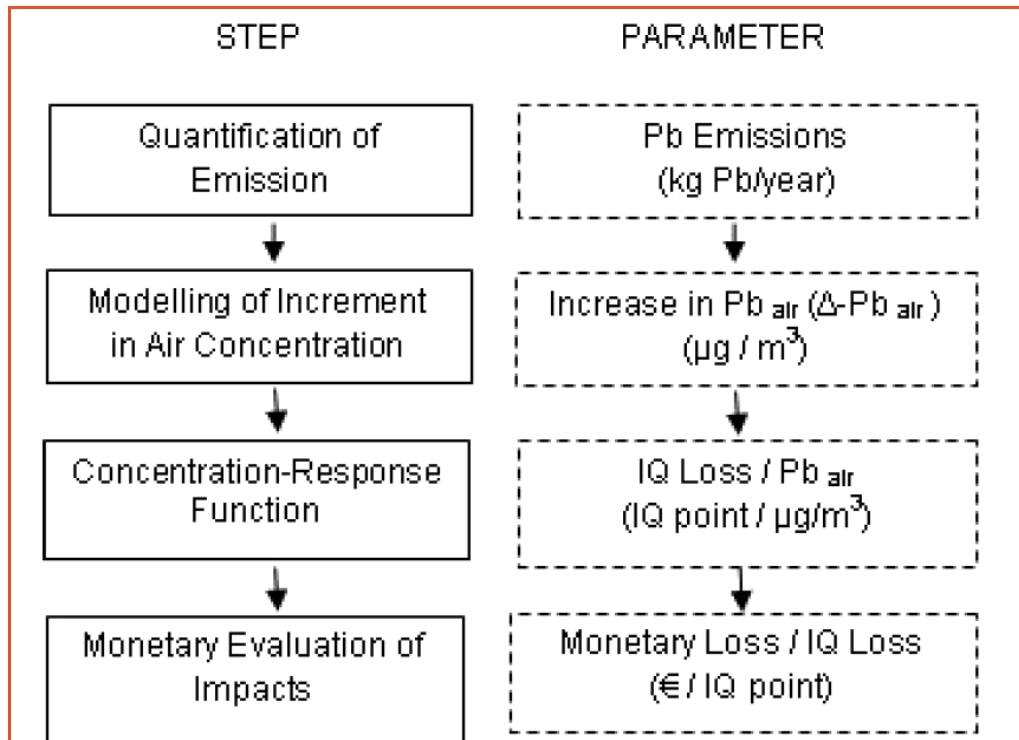
1. Andersen, M. S. & Brandt, J., 2014. *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner*, Aarhus: Aarhus Universitet.

##### *Sekundære kilder:*

2. Pizzol, M., Thomsen, M., Frohn, L.M., Andersen Mikael, S., 2010b. *External costs of atmospheric Pb emissions: valuation of neurotoxic impacts due to inhalation*. Environmental Health 9.
3. Pizzol, M., Møller, F., Thomsen, M., 2013. *External costs of atmospheric lead emissions from a waste-to-energy plant: A follow-up assessment of indirect exposure via topsoil ingestion*. Journal of Environmental Management 121 (170-178).
4. Schwartz, J. *Low Level Lead Exposure and Children's IQ: A Meta-Analysis and search for a threshold*. Environmental Research 1994, 65:42-55.
5. Salkever DS. *Updated estimates of earnings benefits from reduced exposure of children to environmental lead*. Environmental Research 1995, 70:1-6.
6. EFSA, 2010, EFSA Panel on Contamination in Food chain; *Scientific Opinion on Lead in Food*, 2010
7. Finansministeriet, 2013, *Ny og lavere samfundsøkonomisk diskonteringsrente*, fakta- ark 31

#### **Metodisk grundlag:**

Pizzol og hans kolleger offentliggjorde en undersøgelse i 2010, som beregnede de eksterne omkostninger ved luftforurenende blyudslip knyttet til IQ-tabet for børn. Tilgangen svarer til hvad man har lagt til grund i USA, men i studiet blev Impact Pathway Approach (IPA) brugt til at opgøre eksterne omkostninger, se figuren nedenfor. Den er en metode til at etablere forbindelser mellem emissioner, påvirkninger og monetære estimeringer.



Figur 5-1 Impact Pathway Approach (IPA): Boksene på venstre side repræsenterer de teoretiske trin, boksene på højre side repræsenterer de estimerede parametre. Pb<sub>air</sub> kvantificerer koncentrationen af Pb i luften,  $\Delta$ -Pb kvantificerer marginal stigning i Pb<sub>air</sub> og IQ kvantificerer intelligenskvotient.

Kilde: Pizzol et al. Environmental Health (2010, 9:9).

#### Beregning Pb-koncentrationer i blod fra Pb-eksponering fra luften

Studierne er forbedret med anvendelse af en 'Age Dependent Biokinetic Model' (ADB), som beregner den præcise sammenhæng mellem eksponering for bly i luften og de resulterende koncentrationer af bly ophobet i kroppen. Sammenhængen, der er bestemt for tre separate aldersklasser og tilsvarende koncentrationer (efter et års eksponering), bliver beregnet: Alder 0-1 (1,97  $\mu\text{g} / \text{dl} / \mu\text{g} / \text{m}^3$ ), alder 1-2 (2,85  $\mu\text{g} / \text{dl} / \mu\text{g} / \text{m}^3$ ) og alder 2-3 år (3,27  $\mu\text{g} / \text{dl} / \mu\text{g} / \text{m}^3$ ).

#### IQ-tab forårsaget af Pb i blodet

Funktionen for sammenhængen mellem bly i blodet og IQ-tab, der anvendes i beregningerne, kommer fra EFSA (2010). Her er de nyeste studier blevet vurderet, hvilket giver anledning til et skøn på 1.2 IQ-point/ $\mu\text{g}/\text{dl}$  blod.

IQ-tabet giver anledning til 1,9 % tab af livsindkomst for mænd og 3,2 % for kvinder pr. IQ-point

De beregnede nutidsværdier af den forventede livsindkomst for den danske befolkning er baseret på opgørelser fra Danmarks Statistik (Statistikbanken). Der er anvendt diskonteringsfaktorer som anbefalet af Finansministeriet (2013).

Et tab på et IQ-point for en dansk statsborger er her opgjort til 156.450 DKK<sub>2013</sub>.

Resultaterne er vist nedenfor. Tabellen angiver den formel for beregning af skadesomkostningen som funktion af befolkningen i et 50x50 km område, som anvendes i nøgletalskataloget. Beregningen er foretaget for en punktkilde (affaldsforbrænding) i Storkøbenhavn, hvorfor indbyggertallet inden for 50x50 km er 1,5 mio.

Tabel 5-1: Opgørelse vedrørende emission af bly og IQ-reduktion<sup>5</sup>.

Parameter	Værdi	Enhed	Formel
Aldersgruppe	0(-1) 1(-2) 2(-3)	Småbørnsalder (år)	
Andel børn	1,3% 1,3% 1,3%	Årgang i procent af population	C
Population	1,5 mio.	Per 50 x 50 km	P
IQ-tab - Pb <sub>blod</sub>	1,2	Tab af IQ point pr. µg Pb pr. dl blod	B
Pb <sub>blod</sub> - Pb <sub>luft</sub>	1,97 2,85 3,27	µg Pb pr. dl blod / µg Pb pr. m <sup>3</sup>	A
IQ-tab - Pb <sub>luft</sub>	2,36 3,42 3,92	Tab af IQ point pr. µg Pb pr. m <sup>3</sup>	Q = B·A
ΔPb <sub>luft</sub> /person	7,80E-5	µg Pb pr. m <sup>3</sup> (årsmiddel)	D
Emission <sub>landareal</sub>	0,726	ton Pb per år	E
ΔPb <sub>luft</sub> /ton	1,075E-4	µg Pb pr. m <sup>3</sup> pr. ton (årsmiddel)	X = D/E
IQ værdi <sub>DKK2013</sub>	156.450	Tab i livstidsindkomst pr. IQ-point	L
Eksternalitet	775 1121 1287	1000 DKK <sub>2013</sub> pr. ton Pb	U <sub>0;1;2</sub> =X·Q·L·P·C
Beregningspris	3.183	DKK <sub>2013</sub> i alt pr. kg Pb <sub>emitteret</sub>	(U <sub>0</sub> +U <sub>1</sub> +U <sub>2</sub> )/1000

Kilde: Andersen & Brandt (2014).

#### Fremskrivning:

I samfundsøkonomiske analyser er der behov for at håndtere lange tidshorisonter. Dette skyldes, at politiktiltagene ofte strækker sig over årtier, hvorfor der her er valgt at fremskrive værdierne. Der er tale om en pragmatisk tilgang.

I dette tilfælde knytter værdisætningen sig til den forventede livsindkomst. Det skønnes, at den vil følge real-BNP-udviklingen, hvorfor dette nøgletal fremskrives med real-BNP pr. indbygger.

Nøgletallet fremskrives ydermere med den forventede befolkningsudvikling, idet det antages, at den eksponerede befolkning stiger proportionalt med den generelle befolkningsudvikling.

<sup>5</sup> Referencer for værdierne er angivet i tabel 13: B: EFSA, 2010 (*concurrent exposure with piecewise linear model*) jf. Budtz-Jørgensen, 2010; A: Pizzol et. al., 2010; D: Becker, 2009; L: Jensen, 2006.

## 6 Luft – skadesomkostninger (VOC)

### Skadesomkostning ved emission af flygtige organiske forbindelser (VOC) (sundhedsomkostning og afgrødetab)

#### Nøgletal:

Skadesomkostning i Danmark: 0,9 kr.<sub>2014</sub>/kg.

Skadesomkostning i udlandet: 7,3 kr.<sub>2014</sub>/kg.

#### Definition:

Marginal skadesomkostning ved VOC-udledning i markedspriser pr. kg VOC udledt i Danmark som gennemsnit af kilder.

#### Beskrivelse:

Emission af flygtige organiske forbindelser (VOC) bidrager til den uorganiske partikelkoncentration i luften og omdannes til andre skadelige forbindelser i luften. Nøgletallet omfatter indenlandske sundhedsomkostninger samt afgrødetab ved udledning af VOC i Danmark. Det er antaget, at 13 % af skaden ved danske emissioner er indenlandske, mens resten falder uden for landet.

#### Anvendelse:

- > Nøgletallet kan anvendes til samfundsøkonomiske analyser af luftkvalitetstiltag, der medfører ændret VOC-udledning.
- > Nøgletallet skelner ikke mellem mobile og punktkilder.
- > Som grundlag for analysen skal VOC-emissioner (kg) tilvejebringes.

Nøgletallet er ikke fremkommet i samme metoderamme som nøgletalskatalogets øvrige tal for skader ved luftemissioner. Dette indebærer eksempelvis anvendelse af andre spredningsmodeller for luftforurening og værdisætning end katalogets øvrige tal. Konkret anvender det studie, som nøgletallet baserer sig på, en værdi af tabte leveår (VOLY) på 0,5 mio. kr.<sub>2014</sub>. Nøgletallet kan anvendes i sammenhæng med de øvrige nøgletal for skadesomkostninger ved luft, selv om kilde og datagrundlag varierer. Det anbefales dog, at der udføres føl-somhedsberegninger, hvor nøgletallet varieres med henblik på at vurdere usikkerheden.

#### Kilder:

##### Primær kilde:

1. CAFE (2005a): Damages per tonne emission of PM2.5, NH3, SO2, NOx and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas, Clean Air for Europe Programme, DG Environment

##### Sekundære kilder:

2. CAFE (2006): An update on cost-benefit analysis of the CAFÉ programme
3. EEA (2014) EEA Technical report No 20/2014
4. NewExt (2004): New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies
5. CAFE (2005b): Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE: Volume 1: Overview of Methodology

#### Metodisk grundlag:

CAFE (2005a) modellerer sundhedseffekterne af 15 % udledningsreduktion af en række substanser, herunder NMVOC (non-methane volatile organic compound). VOC bidrager til den uorganiske partikelkoncentration i luften, som får skadevirkning ved omdannelse til først ozon og sidenhen N- og S-aerosoller ved oxidation. Endvidere er afgrødetabet grundet ozon estimeret og værdisat. Ozon er antaget som skadesvirkende fra en koncentration på 35 ppb (SOMO 35 – sum of means over 35 ppbV, ppb.days).

*Værdien af liv*

Kilden anvender estimater fra NewExt (2004) for tabte leveår og for værdien af et statistisk liv. Nøgletallet anvender medianværdi for VOLY på €<sub>2000</sub> 50.000.

*Værdien af andre sundhedseffekter – morbiditet (eksempler)*

Hospitalsindlæggelse (luftveje, personer over 65 år) værdisættes til €<sub>2000</sub> 2.000, mens dage med mindre begrænsning i aktivitetsniveau værdisættes til €<sub>2000</sub> 38 (personer mellem 18-64 år). Øvrige værdier forefindes i CAFE (2005a, tabel 4-5).

*Værdien af afgrødetab*

Koncentration af ozon i luften påvirker landbrugsproduktionen. VOC omdannes til bl.a. ozon over tid. Effekten på forskellige afgrødetyper er justeret efter ozonsensitivitet og den højde over jorden, afgrøderne vokser i. Afgrødetabet er værdisat med verdensmarkedspriser.

*Ikke medtagede effekter*

CAFE (2005a) fremhæver en potential alvorlig, udeladt effekt i form af VOC-omdannelse til sekundære organiske partikler. Dette tolkes som kilde til underestimering af resultaterne.

*National geografisk differentiering*

CAFE (2005a) ser på ensartet udledningsreduktion i hver medlemsstat. Der skelnes ikke mellem land og by, og tallet skal derfor ses som et gennemsnitstal. Forskellen mellem land og by vurderes til at være lille. Dette skyldes, at VOC-skadesvirkningen først sker efter omdannelse til eksempelvis ozon, hvilket tager tid, og sikrer opblanding og dermed udjævning af geografiske forskelle.

*International geografisk differentiering*

Forskelle i sundhedsomkostninger mellem landene skyldes antallet af personer, der er eksponeret. Der er ikke foretaget korrektioner i impact pathway eller værdisætning mellem landene.

Afgrødetabet er justeret efter forskelle i vækstsæsonen landene imellem. Ensartede verdensmarkedspriser danner grundlag for værdisætningen i alle lande.

Nøgletallet anvender en antaget, dansk skadesandel på 13 % af de nationale emissioner (som for NO<sub>x</sub>/O<sub>3</sub>; Michael Skou Andersen, DCE, pers. kom.).

*Skadesværdi*

Baseret på medianværdier for værdien af statistisk liv, tabte leveår samt afgrødetab vurderes den marginale skadesomkostning af VOC-udledning i Danmark til 720 €<sub>2000</sub>/ton (CAFE 2005a, tabel 12, lavt scenarie). Afgrødetabet indgår med 160 €<sub>2000</sub>/ton (CAFE 2005a, tabel 12), hvilket svarer til 22 %. Iflg. Nationalbanken (DNVALA) var kursgennemsnittet i 2000 7,45 DKK pr. euro, så nøgletallet er 5.364 kr<sub>2000</sub>/kg.

**Fremskrivning:**

Basisåret for kilden er 2010, hvad angår emissioner og befolkning, mens prisniveauet for skadesomkostninger er 2000 (CAFE 2005a s. 7).

De 22 %, som tilskrives afgrødetabet, fremskrives til 2014-niveau med nettoprisudviklingen. Fra 2014 og frem holdes afgrødeomkostningen konstant.

Sundhedsomkostningen er fremskrevet fra 2000 til 2014 med udviklingen i Danmark BNP pr. indbygger og befolkningsudviklingen. Til analyser over en længere tidshorisont fremskrives sundhedsomkostningen med den forventede udvikling i BNP pr. indbygger og befolkningsudviklingen, mens afgrødetabet, som nævnt, holdes konstant.

$$\begin{aligned} N\ddot{o}gletal_{2014} = & (skadesomkostning\ kr_{2000} \\ & \cdot sundhedsandel \cdot nettoprisindeks_{2000-2014} \\ & \cdot BNP_{2000-2014} \cdot befolkningsudvikling_{2010-2014} \\ & + skadesomkostning\ kr_{2000} \\ & \cdot afgr\ddot{o}deandel \cdot nettoprisindeks_{2000-2014}) \\ & \cdot dansk\ andel\ af\ skader \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N\ddot{o}gletal_{2014} = & (5,4\ kr_{2000}\ pr.\ kg \cdot (1 - 22\%) \cdot (1 + 32\%) \cdot (1 + 2\%) \cdot (1 + 2\%) \\ & + 5,4\ kr_{2000}\ pr.\ kg \cdot (22\%) \cdot (1 + 32\%)) \cdot 5\% = 0,9\ kr_{2014}\ pr.\ kg \end{aligned}$$

## 7 Natur – rekreative værdier

### Rekreativ værdi af natur (rekreativ værdi udtrykt som rejseomkostning)

#### Nøgletal:

Nationalt gennemsnit pr. besøg: 26 kr<sub>2014</sub> pr. besøg.

Nationalt gennemsnit pr. areal: 8.260 kr<sub>2014</sub> pr. ha pr. år.

Tabel 7-1 Rekreativ værdi af natur efter område (afrundet til nærmeste 100)

Område	Kr./ha pr. år (2014)
Københavns omegn 1	159.700
Københavns omegn 2	67.700
Københavns omegn 3	24.800
Øvrige Sjælland + Lolland-Falster	8.800
Region Syddanmark	6.100
Odense	28.100
Region Nordjylland	3.700
Ålborg	18.800
Region Midtjylland	3.100
Århus	26.500

Note: En mere geografisk detaljeret opgørelse på kommuneniveau findes i herunder. Opdelingen er: Københavns omegn 1 kommuner: Gentofte, Brøndby, Hvidovre, Vallensbæk, Lyngby-Taarbæk; Københavns omegn 2 kommuner: Ishøj, Herlev, Høje Tåstrup, Glostrup, Albertslund, Dragør, Gladsaxe, Ballerup, Tårnby, greve, Solrød; og Københavns omegn 3 kommuner: Furesø, Roskilde, Rudersdal, Egedal, Hørsholm, Helsingør, Allerød, Fredensborg. De 3 regioner er eksklusiv hhv. Odense, Ålborg og Århus.

#### Definition:

Den rekreative brugsværdi af et ikke vægtet, gennemsnitligt naturområde (skov, strand, sø, etc.) pr. ha pr. år i markedspriser målt med rejseomkostningsmetoden.

#### Beskrivelse:

Nøgletallet bygger på et studie af den rekreative værdi af naturen i Danmark baseret på rejseomkostningsmetoden. I studiet er der benyttet et gennemsnit på tværs af naturtyper beregnet ud fra omkostningerne til tid og drift ved forskellige transportmidler inddelt på gang, cykel og bil mv. Studiet opgør rekreativ brugsværdi, men inkluderer ikke eksistens- og optionsværdier og heller ikke turisme, afledte klima- eller miljøgevinster ved natur.

#### Anvendelse:

- > Nøgletallet vil kunne anvendes til at prioritere, hvor nye naturområder med rekreativ værdi skal placeres for at opnå højst mulig nytte. Nøgletallet kan anvendes i analyser af ændring af arealanvendelse (fra ikke-natur til natur) på enten nationalt eller regionalt niveau
- > Man vil med tallet ikke kunne værdisætte specifikke tiltag som anlæggelse af en specifik naturtype eller et specifikt rekreativt område, da tallet er opgjort som en gennemsnitsværdi på tværs af naturtyper (skov, strand, sø, etc.).
- > Parker dækkes ikke af nøgletallet, hvorfor der ikke er værdier for København, Frederiksberg og Rødovre kommuner. Ø-kommuner uden broforbindelse indgår heller ikke, da de ikke er direkte substitutter til andre naturområder i landet.
- > Som grundlag for en analyse skal data om arealomfanget af den natur (ha), der analyseres, eller antallet af besøg (stk.) tilvejebringes Kendes den geo-

## Rekreativ værdi af natur (rekreativ værdi udtrykt som rejseomkostning)

grafiske placering af naturen, kan regionale nøgletal anvendes.

Rekreativ værdi baseret på rejseomkostningsmetoden er en brugsværdi og udtrykker derfor ikke eksistens- og optionsværdier, der ikke knytter sig til den rekreative brug af naturen. Derfor kan den give et underkantsskøn for naturværdien. Den opgjorte værdi kan tolkes som marginalværdien af brugsværdien ved et nyt naturområde for et givet niveau af natur i området. Det må forventes, at brugsværdien af nye naturområder vil aftage, hvis der kommer mere natur (især hvis der kommer mange flere områder tæt på hinanden).

Rekreativ værdi udtrykt som eksempelvis ændringer i huspriser eller betalingsvilje estimeret fra spørgeskemaer vil til dels være overlappende med værdier baseret på rejseomkostningsmetoden. Det kan derfor give anledning til dobbelttælling at anvende flere værdiestimerer samtidig. Det rekreative nøgletal kan godt anvendes i sammenhæng med andre naturgevinster, f.eks. CO<sub>2</sub>-binding og deslige.

Tallet er både vist som nationalt gennemsnit og opdelt efter geografi, hvilket gør det muligt at se på de rekreative værdier generelt og for specifikke områder. Nøgletallet går på tværs af geografi og naturtyper og dækker over et meget stort spænd. Af den grund vil det ofte være mere korrekt at kigge på mere geografisk specifikke tal, hvilket findes i bilag, som opgør gennemsnit, samt min- og maksimumsværdier på kommuneniveau. Den rekreative værdi varierer særligt i forhold til afstanden til tætbefolkede områder og mængden af andre nærliggende naturområder. Grundet de store spænd anbefales det også, at der laves følsomhedsanalyse ved brug af min- og maksimumsværdierne.

### Kilder:

#### Primære kilder:

1. Bjørner, T. B., C.U. Jensen og M. Termansen (2014): *Den rekreative værdi af naturområder i Danmark*, DØRS Arbejdsrapport 2014:1
2. Udtræk af baggrundsdata fra DØRS (2014)
3. De Økonomiske Råd (2014): *Økonomi og Miljø*, Kapitel IV - værdi af rekreative områder

#### Sekundære kilder:

4. Aquamoney (2009): *Development and Testing of Practical Guidelines for the Assessment of Environmental and Resource Costs and Benefits in the WFD*. URL: <http://www.wise-rtd.info/en/info/development-and-testing-practical-guidelines-assessment-environmental-and-resource-costs-and-8>
5. Bateman, I.J., A.R. Harwood, G.M. Mace, R.T. Watson, D.J. Abson, B. Andrews, A. Binner, A. Crowe, B.H. Day, S. Dugdale, C. Fezzi, J. Foden, D. Hadley, R. Haines-Young, M. Hulme, A. Kontoleon, A.A. Lovett, P. Munday, U. Pascual, J. Paterson, G. Perino, A. Sen, G. Siriwardena, D. van Soest og M.
6. Termansen (2013): *Bringing Ecosystem Services into Economic Decision-Making: Land Use in the United Kingdom*. Science, 341 (6141), s. 45-50.
7. Naturstyrelsen (2012): *Friluftslivets samfundsværdi - Oplevelser og aktiviteter i naturen er vigtige goder*.
8. Sen, A., I. Bateman et al. (2012): *Economic Assessment of the Recreational Value of Ecosystems in Great Britain*. CSERGE working paper 2012-01.
9. Termansen, M., C.J. McClean, F.S. Jensen (2013): *Modelling and mapping spatial heterogeneity in forest recreation services*. *Ecological Economics*, 92: 48-57.



## Rekreativ værdi af natur (rekreativ værdi udtrykt som rejseomkostning)

10. Zandersen, M., Termansen, M. and Jensen, F.S. (2007): *Evaluating approaches to predict recreation of new forest sites. Journal of forest economics*, 13,2-3, 103-128
11. Zandersen, M., Termansen, M. and Jensen, F.S. (2007): *Evaluating approaches to predict recreation of new forest sites. Journal of forest economics*, 13,2-3, 103-128.
12. Naturstyrelsen (2005): *Samfundsøkonomisk analyse af naturgenopretnings- og kultursikringsprojekt af den østre del af Åmosen.*

### Metodisk grundlag:

Nøgletallet angiver værdien ved at anvende et naturområde til rekreative formål, som er baseret på et "multiple-site travel cost model"-studie udarbejdet i samarbejde mellem De Økonomiske Råd og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet. Det er et værdisætningsstudie, da der er tale om ikke-markedsomsatte goder. Metoden er baseret på besøgendes rejseomkostninger og tager derfor ikke højde for alle rekreative aspekter, som Bjørner et al. (2014, s. 8) skriver: "Der er argumenteret for, at der også kan være optionsværdier og eksistensværdier knyttet til rekreative områder, som ikke direkte er knyttet til brugen af området. Hvis sådanne værdier er betydelige, vil det yderligere bidrage til, at rejseomkostningsmetoden giver et underkantskøn for værdien af et område".

#### Hvad afgør størrelsen af den rekreative værdi?

Nøgletallet er et nationalt gennemsnit på tværs af geografi og naturtyper og dækker over et meget stort spænd i den rekreative værdi (240 – 724.950 kr./ha) (Bjørner et al. 2014, tabel 11 s. 49). Det er valgt at opgøre nøgletallet for forskellige områder/regioner, da Bjørner et al. (2014) studiet viser, at det er lokalitet og substitutter – altså geografisk placering og ikke naturkarakteristika – der er mest afgørende for værdien af den rekreative natur. Man skal ved metoden være opmærksom på, at den kun tager højde for rejseomkostningerne og derfor kan give et underkantskøn for den rekreative værdi. Som eksempel tager den ikke højde for eksistensværdier, klima/miljø fordele osv.

De mest afgørende parametre for værdien af rekreativ natur er – som nævnt – mængden af substitutter (andre nærliggende naturområder) og afstanden fra tætbefolkede områder til natur. Nøgletallet afspejler kun den rekreative værdi af natur og derfor parker ikke medtaget. I den forbindelse er der ikke givet en naturværdi for København, Frederiksberg og Rødovre kommune, hvor de grønne arealer primært har parkkarakter. Ø-kommuner uden broforbindelse er ikke medtaget i studiet.

#### Nyeste vidensgrundlag

Bjørner et al. (2014) anvender 2.500 respondenter og er det nyeste danske studie af rekreative værdier ved blandet natur. Termansen et al. (2013) er også et nationalt studie, som vil være oplagt at anvende i forbindelse med værdi af skovrejsning.

Bjørner et al.'s (2014) gennemsnitlige værdi på 25 kr. pr. tur stemmer overens med tidligere studier, der finder og anvender en værdi i samme størrelsesorden og henviser både til lokale studier af Termansen et al. (2013) samt internationale studier af Sen et al. (2012) og Bateman et al. (2013). Se mere i Bjørner et al. (2014 s 60).

**Rekreativ værdi af natur (rekreativ værdi udtrykt som rejseomkostning)****Fremskrivning:**

I samfundsøkonomiske analyser er der behov for at håndtere lange tidshorisonter. Dette skyldes, at politiktiltagene ofte strækker sig over årtier, derfor er det her valgt at fremskrive værdierne. Der er tale om en pragmatisk tilgang. Med f.eks. stigende velstand (målt som BNP pr. indbygger) kunne man forvente, at betalingsvilligheden for natur stiger, men dette kan ikke vides med sikkerhed. Hvis man undlader at fremskrive nøgletallet, vil naturværdierne falde relativt til den øvrige økonomi.

Den største del af naturværdien er en tidsværdi og i andre samfundsøkonomiske nøgletal, f.eks. transportnøgletallene, fremskrives tidsværdien på samme måde med real-BNP pr. indbygger. Derfor forslås nøgletallet fremskrevet med real-BNP pr. indbygger.

Nøgletallet fremskrives ydermere med den forventede befolkningsudvikling. Værdien af naturområderne knytter sig til antallet, der besøger den, og derfor stiger værdien i takt med befolkningstilvæksten. Nøgletallet er lavet som et simpelt gennemsnit på tværs af naturområder inddelt på kommuneplan. Den her anvendte befolkningsfremskrivning er den generelle for landet. Måske ville det vil være mere korrekt at regne på kommuneniveau, da befolkningstallet udvikler sig forskelligt på tværs af landet. På den anden side vil besøg til et givet naturområde ikke kun være folk, der bor i den kommune, hvori området ligger. Derfor er det valgt at bruge den nationale befolkningsfremskrivning for alle de regionale nøgletal.

Denne tilgang til fremskrivningen i årene efter 2014 er også anvendt til at beregne nøgletallene som 2014-værdier, idet tallene oprindeligt er estimeret i 2013-priser. Beregningen af fremskrivningen er illustreret her:

$$Nøgletal_{2013} * (1 + BNP_{2014-2013}) * (1 + Befolkning_{2014-2013}) * (1 + Nettoprisindekset_{2013-2014}) = Nøgletal_{2014}$$

$$25 * 1,0130 * 1,0035 * 1,0157 = \underline{25,81}$$

$$(8000 * 1,0130 * 1,0035 * 1,0157 = \underline{8.260,50})$$

Tabel 7-2 Rekreativ værdi af natur efter område (afrundet til nærmeste 100)

Område	Kr./ha pr. år (2013)	Kr./ha pr. år (2014)
Københavns omegn 1	154.700	159.700
Københavns omegn 2	65.581	67.717
Københavns omegn 3	24.063	24.846
Øvrige Sjælland + Lolland-Falster	8.500	8.800
Region Syddanmark	5.900	6.100
Odense	27.200	28.100
Region Nordjylland	3.600	3.700
Ålborg	18.200	18.800
Region Midtjylland	3.000	3.100
Århus	25.700	26.500

## Rekreativ værdi af natur (rekreativ værdi udtrykt som rejseomkostning)

### Bilag: Tabel over rekreativ værdi på regions- og kommuneniveau

2013 kr. per år per ha						Gen. værdi	Gns. værdi	Gns. værdi for
Område	KOM KODE	Kommune	Min	Max	Median	(2013)	(2014)	område (2014)
Københavns omegn 1	157	Gentofte	95.445	724.945	203.671	285.335	294.626	159.687
	153	Brøndby	115.584	156.211	138.283	136.693	141.144	
	167	Hvidovre	115.584	138.283	126.934	126.934	131.067	
	187	Vallensbæk	43.660	165.395	119.715	115.388	119.146	
	173	Lyngby-Taarbæk	32.159	326.312	42.783	108.908	112.455	
Københavns omegn 2	183	Ishøj	43.660	119.715	81.688	81.688	84.348	67.717
	163	Herlev	61.969	101.245	81.607	81.607	84.264	
	169	Høje Tåstrup	16.422	165.395	61.738	77.472	79.995	
	161	Glostrup	57.532	87.138	72.335	72.335	74.690	
	165	Albertslund	33.918	109.889	57.532	67.113	69.299	
	155	Dragør	25.294	106.702	65.998	65.998	68.147	
	159	Gladsaxe	32.159	100.386	50.907	57.609	59.485	
	151	Ballerup	15.593	101.245	44.369	47.405	48.948	
	185	Tårnby	39.552	39.552	39.552	39.552	40.840	
	253	Greve	47.170	119.715	83.443	83.443	86.160	
	269	Solrød	47.170	47.170	47.170	47.170	48.706	
Københavns om	190	Furesø	18.417	59.806	32.159	36.709	37.905	24.846
	265	Roskilde	4.790	101.527	16.422	36.465	37.653	
	230	Rudersdal	19.084	63.526	34.496	36.309	37.491	
	240	Egedal	11.075	33.918	17.320	18.225	18.818	
	223	Hørsholm	12.467	23.979	17.411	17.817	18.397	
	217	Helsingør	2.670	86.649	9.753	17.414	17.981	
	201	Allerød	10.533	27.661	16.511	17.251	17.813	
	210	Fredensborg	6.409	21.579	11.905	12.311	12.712	
Øvrige	350	Lejre	4.790	70.251	8.434	15.181	15.676	8.819
Sjælland +	219	Hillerød	3.934	59.845	8.906	13.072	13.497	
Lolland-Falster	330	Slagelse	3.087	63.104	6.537	12.466	12.872	
	259	Køge	3.535	82.343	6.736	12.278	12.678	
	306	Odsherred	3.698	27.226	8.456	11.428	11.800	
	250	Frederikssund	2.392	24.579	8.706	9.835	10.156	
	370	Næstved	2.388	55.562	5.969	9.180	9.479	
	329	Ringsted	3.535	31.027	5.443	8.284	8.553	
	270	Gribskov	2.670	34.951	6.323	8.104	8.368	
	316	Holbæk	2.168	61.742	4.920	7.375	7.615	
	260	Frederiksværk-H	3.934	8.344	6.552	6.611	6.826	
	336	Stevns	2.553	14.104	5.258	6.428	6.637	
	376	Guldborgsund	1.266	37.940	4.157	6.341	6.547	
	320	Faxe	3.041	24.661	4.626	5.939	6.132	
	326	Kalundborg	1.483	23.061	4.011	5.846	6.036	
	360	Lolland	1.184	48.961	3.286	5.815	6.004	
	340	Sorø	2.899	13.227	4.480	5.061	5.226	
	390	Vordingborg	695	16.329	3.256	4.493	4.639	

### Rekreativ værdi af natur (rekreativ værdi udtrykt som rejseomkostning)

<b>Region</b>	607	Fredericia	2.663	55.153	9.967	16.095	16.620	<b>6.134</b>
<b>Syddanmark</b>	410	Middelfart	2.036	72.113	5.814	10.665	11.013	
	479	Svendborg	2.110	94.403	3.490	9.388	9.693	
	540	Sønderborg	1.192	28.636	7.975	9.286	9.588	
	450	Nyborg	2.110	72.310	3.790	8.727	9.011	
	440	Kerteminde	3.137	18.795	5.924	7.338	7.577	
	561	Esbjerg	979	51.541	3.421	6.940	7.166	
	621	Kolding	1.636	29.993	5.697	6.620	6.836	
	480	Nordfyns	1.996	19.138	3.877	5.496	5.675	
	430	Faaborg-Midtfyn	1.958	19.314	3.149	4.630	4.781	
	420	Assens	2.036	9.824	3.744	4.538	4.686	
	630	Vejle	779	93.726	2.583	4.931	5.091	
	510	Haderslev	1.204	15.169	2.545	3.399	3.509	
	580	Aabenraa	610	15.884	2.571	3.383	3.493	
	575	Vejen	892	6.873	2.222	2.848	2.941	
	482	Langeland	552	13.853	1.454	2.527	2.610	
	550	Tønder	416	7.347	1.838	2.306	2.381	
	573	Varde	242	12.464	1.539	2.116	2.185	
	530	Billund	461	5.873	1.278	1.632	1.685	
<b>Odense</b>	461	Odense	3.877	128.978	18.526	27.203	28.089	<b>28.089</b>
<b>Region</b>	860	Hjørring	1.003	34.440	3.503	5.360	5.534	<b>3.709</b>
<b>Nordjylland</b>	813	Frederikshavn	1.168	20.840	3.638	4.843	5.001	
	773	Morsø	1.617	8.265	3.656	4.065	4.198	
	810	Brønderslev	1.456	8.961	3.780	4.020	4.151	
	820	Vesthimmerland	1.477	6.002	3.093	3.266	3.373	
	846	Mariagerfjord	588	14.406	2.698	3.235	3.340	
	840	Rebild	782	6.882	2.816	3.078	3.178	
	849	Jammerbugt	564	9.726	2.264	2.906	3.000	
	787	Thisted	306	3.300	1.482	1.559	1.609	
<b>Ålborg</b>	851	Ålborg	357	624.964	4.646	18.236	18.830	<b>18.830</b>
<b>Region</b>	730	Randers	405	27.400	3.349	5.226	5.396	<b>3.079</b>
<b>Midtjylland</b>	727	Odder	1.315	38.483	2.648	5.210	5.380	
	615	Horsens	880	44.340	2.172	5.102	5.268	
	766	Hedensted	917	15.008	2.566	4.119	4.253	
	779	Skive	477	10.861	3.002	3.600	3.717	
	671	Struer	1.460	11.945	2.130	3.443	3.555	
	746	Skanderborg	963	7.457	2.827	3.223	3.328	
	710	Favrskov	1.166	14.784	2.553	3.103	3.204	
	740	Silkeborg	880	15.299	1.738	2.667	2.754	
	791	Viborg	572	10.775	2.035	2.594	2.679	
	657	Herning	461	13.364	1.464	2.009	2.074	
	706	Syddjurs	550	11.713	1.357	2.009	2.074	
	707	Norddjurs	543	17.848	1.127	1.945	2.008	
	661	Holstebro	380	9.566	1.630	1.916	1.978	
	665	Lemvig	337	5.285	1.167	1.627	1.680	
	760	Ringkøbing-Skjern	242	6.641	1.013	1.453	1.500	
	756	Ikast-Brande	572	6.041	1.196	1.452	1.500	
<b>Århus</b>	751	Århus	1.961	151.681	10.197	25.667	26.503	<b>26.503</b>

## 8 Klimatilpasning – skadesomkostninger

### Oversvømmelseskader for beboelse og byerhverv ved skybrud (skadesomkostning udtrykt gennem forsikringsudbetalinger)

**Nøgletal:**

Beboelsesejendomme:

- 509 kr<sub>2014</sub> pr. m<sup>2</sup> kælderetage
- 1.107 kr<sub>2014</sub> pr. m<sup>2</sup> stueetage

Erhvervsejendomme:

- 210.000 kr<sub>2014</sub> pr. oversvømmet virksomhed (byerhverv)

**Definition:**

Forsikringsudbetalinger pr. m<sup>2</sup> i markedspriser (beboelse) og faktorpriser (erhverv) ved oversvømmelse af private ejendomme (stueplan og kælder) samt pr. hændelse ved erhvervsejendomme (byerhverv) som følge af skybrud.

**Beskrivelse:**

Skadesomkostningen ved skybrud afspejler historiske forsikringsudbetalinger inkl. selvrisko ved oversvømmelse af ejendomme. Omkostningen er pr. hændelse og bygger på realiserede udbetalinger i årene 2006-2012.

Omkostningen relaterer sig til BBR-oplysninger (Bygnings- og Boligregistret) i den forstand, at hvis en beboelsesejendom oversvømmes, antages det, at eksempelvis alle kælder-m<sup>2</sup> oversvømmes. Omkostningen for en gennemsnitlig oversvømmet ejendom fordeles ift. BBR-kælderarealet.

**Anvendelse:**

- > Nøgletallet bygger på realiserede forsikringsudbetalinger. Der vil herudover være skader på ejendomme og inventar, som ikke er forsikringsdækkede.
- > Offentlige beredskabs- og udbedringsomkostninger til eksempelvis infrastruktur indgår ikke. Det samme er tilfældet for ikke-markedsbaserede omkostninger såsom gener, sundhed og tidstab i trafikken.
- > Nøgletallet knyttet sig i særlig grad til bygninger. Det indeholder således ikke omkostninger ved oversvømmelse af landbrugsjord, parker eller andet. Nøgletallet kan ikke anvendes som estimat for skader ved oversvømmelse fra hav.
- > Nøgletallet for skader på byerhverv er særligt usikkert, da datagrundlaget ikke har været tilstrækkeligt for erhvervsskader. Nøgletallet er baseret på en samlet opgørelse for erhvervsskader. Derudover er der stor variation fra virksomhed til virksomhed. Anvendelsen bør ske til, om der skal tages højde for særlige virksomheder, som adskiller sig væsentlig fra gennemsnitstallet.
- > Som grundlag for analysen skal data om det fysiske skadesomfang (m<sup>2</sup> eller stk.) tilvejebringes. Dette kan ske ved hjælp af hydrauliske modeller, der beregner oversvømmelsesomfanget ved forskellige regnhændelser.

Skadesomkostningen kan anvendes i sammenligning med omkostninger til kommunale eller forsyningsdrevne tiltag, der afhjælper risikoen for skybrud-oversvømmelser. Konkret kan nøgletallet bruges i analyser af risikovurderinger og fastsættelse af serviceniveau, hvor tekniske løsninger sammenholdes med sandsynligheder for regnbetingede oversvømmelser (via en oversvømmelsesberegning) og tilhørende skader.

I områder, hvor oversvømmelser har forekommet en eller flere gange, kan nøgletallet overestimere faktiske forsikringsudbetalinger. Det må forventes, at forsikringstager drager en række foranstaltninger, der medfører, at skadesomfanget falder ved gentagne oversvømmelser.

## Øversvømmelsesskader for beboelse og byerhverv ved skybrud (skadesomkostning udtrykt gennem forsikringsudbetalinger)

### Kilder:

#### Primær kilde:

1. Forsikring&Pension (2014): *Enhedsomkostninger ved øversvømmelsesskader fra skybrud – udredning*, udført af COWI.

#### Sekundære kilder:

2. Der findes en række danske samfundsøkonomiske studier, der værdisætter klimarelaterede skadesomkostninger, som også indeholder nøgletal, der kan anvendes i andre analyser. Nøgletallene omfatter bl.a. skader grundet øversvømmelse fra hav, produktions- og afgrødetab mv. Studierne er udarbejdet gennem de senere år af Klima- og energiministeriet, Miljøministeriet samt Transportministeriet (Kystdirektoratet). En øversigt over kilderne findes her: <http://www.klimatilpasning.dk/viden-om/oekonomi/danskeanalyser.aspx>.

### Metodisk grundlag:

Datagrundlaget af afstedkommet af Forsikring & Pension samt kommunerne og forsyningerne i København og Frederiksberg, der sammen indsamlede og bearbejdede de faktiske skadesudbetalinger fra perioden 2006-2012 samt de registreringer og bearbejdnings, der blev foretaget i kommunerne i forbindelse med regnen d. 2. juli 2011.

Datagrundlaget omfatter København og Frederiksberg og ca. 24.000 skader. Heraf er ca. 1.000 skader i stueplan. En betydelig udfordring i datagrundlaget er opdelingen af forsikringsudbetalinger til vandskader i hhv. skybrudsskader og andre (f.eks. sprængt vandør), da en sådan opdeling ikke foreligger hos forsikringselskaberne. I skadesomfanget indgår en antaget selvrisko på 2.500 kr. pr. skade.

Det vurderes, at nøgletallet er repræsentativt for hele landet på trods af datagrundlagets hovedvægt af udbetalinger i hovedstaden.

#### Skadestyper

For kælderskader i private ejendomme er den gennemsnitlige udbetaling 64.000 kr. inkl. selvrisko. Til hver enkelt skade er der knyttet et kælderareal ud fra BBR-oplysningerne. Den gennemsnitlige udbetaling pr. skade inkl. selvrisko er 509 kr.<sub>2014</sub> /m<sup>2</sup>.

For erhverv skal er der ikke datagrundlag for opdeling af skadesomkostningen i eksempelvis kælder- og stueetage, hvorfor enhedsomkostningen pr. virksomhed anvendes.

For stueskader er erstatninger, som kun omhandler løvsøre, udeladt, da disse lige såvel kan omhandle erstatninger uden for bygninger. For erstatninger, hvor der er bygningsskade, er den gennemsnitlige udbetaling inkl. selvrisko 116.000 kr. Den gennemsnitlige udbetaling pr skade inkl. selvrisko er 1.107 kr./m<sup>2</sup>.

Nøgletallet for erhverv afspejler et gennemsnitligt skadestål for virksomheder, svarende til summen af bygningsskader plus en procentdel til løvsøre og drifts/produktionstab (gns. bygningsskade + 50% af gns. skaden på løvsøre + 5% af gns. skaden på drift/produktion; i alt 210.000 kr.<sub>2014</sub> pr. virksomhed). Der tages således højde for, at fordelingen af skader på løvsøre samt drift og produktion ikke er jævnt fordelt på tværs af virksomheder.

### Fremskrivning:

I samfundsøkonomiske analyser, der anvender nøgletallet, anbefales det at regne i faste priser. Data fra Forsikring&Pension (2014) er fortolket som 2014-prisniveau og holdes faste i fremskrivninger. Prisændringer foretages med nettoprisudviklingen. Se afsnit 10 for nærmere redegørelse for fremskrivninger af nøgletallene.

## 9 Jord – skadesomkostninger (Pb)

### Skadesomkostning ved opkoncentrering af bly i blodet (sundhedsomkostning tabt livsindkomst grundet blyeffekt på børns indlæringssevne)

**Nøgletal:**

193.853 kr<sub>2014</sub> pr µg Pb/dL blod.

**Definition:**

Nøgletallet er defineret som skadesomkostningen fra opkoncentrering af bly i blodet efter indtag af eksempelvis blyholdig jord eller fødevarer. Omkostningen er en skadesomkostning, som medtager den effekt på intelligens, som børn udsættes for ved indtag af bly og den afledte betydning for livsindkomst. Sammenhængen mellem koncentrationen af bly i blodet og intelligenskvotient (IQ) og effekten af ændringer i IQ for den samlede livsindkomst (i procent) er baseret på et metalitteraturstudie, mens livsindkomst skønnet er baseret på 2013-indkomstniveauer.

**Beskrivelse:**

Kognitive evner påvirker børns uddannelsesniveau og succes på arbejdsmarkedet, og derfor er der en sammenhæng med indtjening og deres livsindkomst. Forskelle i IQ, der er forbundet med lave til moderate niveauer af blyeksponering, er generelt små og kan være vanskelig at opdage. Men aggregeret på tværs af mange enkeltpersoner kan selv små forskelle i IQ have en stor påvirkning. Forbedringer i de kognitive evner betyder for samfundet øget økonomisk produktivitet og dermed øget økonomisk velfærd.

Neurotoksicitet er blot én af de mange sundhedsmæssige virkninger af bly eksponering. Da bly også kan påvirke de kardiovaskulære og reproduktive systemer og tab af forventet levetid indtjening på grund af nedsat kognitiv udvikling hos børn, er kun ét element i det samlede tab af levetid ved udsættelse for bly. Flerparten af de offentliggjorte undersøgelser fokuserer kun på de påvirkninger, som inhalation fra bly har på de kognitive evner. Derfor er resultaterne sandsynligvis undervurderet, hvad angår den samlede belastning.

**Anvendelse:**

- > Nøgletallet kan anvendes til værdisætning af blykoncentration i blodet.
- > Der skal således udarbejdes konkrete vurderinger af blyeksponering (mængde bly og antal personer under tre år) og opkoncentrering i blodet (µg Pb/dL blod) som grundlag for en samfundsøkonomisk analyse, hvor nøgletallet anvendes til at værdisætte sundhedseffekten. Dette forudgående analysearbejde skal tage højde for mængder, eksponering og sårbarhed i den konkrete situation, som analyseres.

Nøgletallet medtager kun nedsat kognitiv udvikling hos børn som følge af bly, hvortil der er andre sundhedsmæssige konsekvenser af blyopkoncentrering. Derfor undervurderer nøgletallet muligvis de samlede samfundsøkonomiske omkostninger ved blyemissioner til luft.

Den procentvise reduktion i livsindkomst på grund af IQ-tab, som anvendes i undersøgelsen, refererer til den amerikanske befolkning. De amerikanske undersøgelser vurderes som meget grundige, og der er ikke grundlag for at tro, at sammenhængen ikke også gælder i Danmark.

**Kilder:***Primær kilde:*

1. Andersen, M. S. & Brandt, J., 2014. Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner, Aarhus: Aarhus Universitet.

*Sekundære kilder:*

2. Pizzol, M., Thomsen, M., Frohn, L.M., Andersen Mikael, S., 2010b. *External*

*costs of atmospheric Pb emissions: valuation of neurotoxic impacts due to inhalation.* Environmental Health 9.

3. Pizzol, M., Møller, F., Thomsen, M., 2013. External costs of atmospheric lead emissions from a waste-to-energy plant: A follow-up assessment of indirect exposure via topsoil ingestion. Journal of Environmental Management 121 (170-178).
4. Schwartz, J. Low Level Lead Exposure and Children's IQ: A Meta-Analysis and search for a threshold. Environmental Research 1994, 65:42-55.
5. Salkever DS. Updated estimates of earnings benefits from reduced exposure of children to environmental lead. Environmental Research 1995, 70:1-6.
6. EFSA, 2006: Contamination in Food chain; Scientific Opinion on Lead in Food, 2010
7. Finansministeriet, 2013, Ny og lavere samfundsøkonomisk diskonteringsrente, fakta- ark 31

#### **Metodisk grundlag:**

Pizzol og hans kolleger offentliggjorde en undersøgelse i 2010, som beregnede de eksterne omkostninger ved luftforurenende blyudslip knyttet til IQ-tabet for børn. Nøgletallet omfatter den del af den såkaldte impact pathway, som berører sundhedseffekten af Pb-opkoncentrering (koncentration-respons-funktionen) og den tilhørende værdisætning.

#### *Pb-opkoncentrering i blod*

Studierne er forbedret med anvendelse af en 'Age Dependent Biokinetic Model' (ADBM), som beregner den præcise sammenhæng mellem eksponering for bly i luften og de resulterende koncentrationer af bly ophobet i kroppen. Blyet i kroppen antages primært at påvirke børns intelligens.

#### *IQ-tab forårsaget af Pb i blodet*

Funktionen for sammenhængen mellem bly i blodet og IQ-tab, der anvendes i beregningerne, kommer fra EFSA (kilde 6). Her er de nyeste studier blevet vurderet, hvilket giver anledning til et skøn på 1.2 IQ-point / ug / dl blod.

IQ-tabet giver anledning til 1.9 % tab af livsindkomst for mænd og 3.2 % for kvinder pr. IQ-point

De beregnede nutidsværdier af den forventede livsindkomst for den danske befolkning er baseret på opgørelser fra Danmarks Statistik (Statistikbanken). Der er anvendt diskonteringsfaktorer som anbefalet af Finansministeriet (kilde 7).

Et tab på et IQ-point for en dansk statsborger er her opgjort til 156.450 kr.<sup>2013</sup> (Andersen & Brandt 2014). Omregnet er det 187.740 kr.<sup>2013</sup> pr µg Pb/dL blod = 1,2 IQ pr µg Pb/dL blod \* 156.450 kr.<sup>2013</sup> pr IQ.

#### **Fremskrivning:**

I samfundsøkonomiske analyser er der behov for at håndtere lange tidshorisonter. Dette skyldes, at politiktiltagene ofte strækker sig over årtier, og derfor er det her valgt at fremskrive værdierne. Der er tale om en pragmatisk tilgang.

I dette tilfælde knytter værdisætningen til den forventede livsindkomst. Det skønnes, at den vil følge real BNP-udviklingen, og derfor fremskrives dette nøgletal med real-BNP pr indbygger.

Nøgletallet fremskrives ydermere med den forventede befolkningsudvikling, idet det antages, at den eksponerede befolkning stiger proportionalt med den generelle befolkningsudvikling.

187.740 kr.<sup>2013</sup> er opregnet til 193.853 kr.<sup>2014</sup> pr µg Pb/dL blod.



## 10 Paradigme for fremskrivninger

Formål	I samfundsøkonomiske analyser er der behov for at håndtere lange tidshorisonter. Dette skyldes, at politiktiltagene ofte strækker sig over årtier. Dette afsnit opridsrer, hvordan fremskrivningen håndteres i Miljøministeriets nøgletalskatalog.
Realudviklingen	Mens det er kutyme at regne i faste priser og med realrenter i samfundsøkonomiske analyser, er der behov for at fremskrive flere af nøgletallene med realudviklingen i vores velstand (BNP pr. indbygger). Baggrunden er en antagelse om, at vores betalingsvilje for de effekter, der er i spil, stiger med vores velstand. I TERESA gælder en lignende betragtning for tidsværdier: <p style="text-align: center;"><i>"...fremskrives desuden tidsværdierne for persontransport med en real relativ prisudvikling svarende til BNP-væksten."<sup>6</sup></i></p>
Befolkningsudviklingen	Miljøproblemstillinger og den tilhørende værdisætning knytter sig at antallet af berørte individer <sup>7</sup> . Skaderne ved luftforurening vil – alt andet lige – øges i takt med befolkningstilvæksten. Jo flere der eksponeres, jo højere skadesomkostninger.
Betalingsvilje og øvrige omkostninger	Nøgletallene indeholder både betalingsviljeelementer (som realfremskrives) og øvrige omkostninger (som holdes konstante). Eksempelvis indeholder værdisætningen af skaden ved luftemissionerne båd et velfærdselement og udgifter i sundhedsvæsenet – førstnævnte realfremskrives, og sidstnævnte holdes konstant i analyseperioden.
Pragmatisk og praktisk	Der er ikke noget klart svar på, hvordan fremskrivninger bør foretages. Fremskrivningen skal på den ene side tage højde for, at der efter al sandsynlighed sker en udvikling over tid samtidig med, at den skal være så retvisende som muligt. I nøgletalskatalogets tilfælde er der et yderligere behov for, at det kan opstilles forholdsvis enkelt og brugervenligt i et regnearksformat, der kan anvendes på tværs af nøgletal. <p>Dette sidstnævnte forhold harmonerer ikke nødvendigvis med, at fremskrivningen skal være så retvisende som muligt. Selv om analyser i fremtiden altid må hænges op på antagelser og derfor er usikre, vil det være mest restvisende, hvis værdisætningsstudierne gentages over tid med indarbejdelse af eksempelvis teknologi-, befolkning- og velstandsudvikling. DCE's 2014-nøgletal for luft skal således beregnes forløbende i den periode, som nøgletalskataloget dækker (år 2014-2113).</p> <p>Paradigmet for fremskrivninger i nøgletalskataloget tager en pragmatisk og praktisk tilgang, som på tværs af de enkelte nøgletal tager højde for hhv. real- og befolkningsudvikling samt opdeling i "betalingsvilje" og "øvrige omkostninger".</p>

<sup>6</sup> DTF og COWI (2006): TERESA (Transport- og Energiministeriets Regnearksmodel til Samfundsøkonomisk Analyse) for transportprojekter - dokumentation (Version 1.0, august 2006).

<sup>7</sup> I forlængelse heraf findes observationerne omkring miljøproblemstillingers karakter af "offentligt gode", hvor en persons forbrug ikke påvirker en andens.

## Eksempel

I de næste linjer er der et eksempel på fremskrivning af nøgletal "x"<sup>8</sup>:

- › 2014-værdien for nøgletal x er 1 kr., hvoraf 80 % er knyttet til "betalingsvilje", mens 20 % er "øvrige omkostninger.
- › Realudviklingen i BNP pr. indbygger fra 2014-2015 er 1 %.
- › Befolkningsudviklingen fra 2014-2015 er 2 %.
- › 2015-værdien for nøgletal x er 1,028<sup>9</sup>.
- › Tilbagediskonteret til 2014 er nettonutidsværdien 0,989 kr.

---

<sup>8</sup> Der vil i mange tilfælde være behov for at fremskrive nøgletallet til 2014-niveau, før det indsættes i nøgletalskataloget. Dette gøres igen med – den historiske – BNP- og befolkningsudvikling samt nettoprisindekset for "øvrige omkostninger". Tilsvarende fremgangsmåde anvendes, hvis analyseåret ændres af brugeren til eksempelvis 2015.

<sup>9</sup>  $80\% * 1 \text{ kr.} * (1+1\%)^1 + 20\% * 1 \text{ kr.} * (1+2\%)^1 = 1,028.$

