

OKTOBER 2015  
KØBENHAVNS KOMMUNE

# Analyse af potentielle krav i byggeri og anlægsprojekter (revision af Miljø i Byggeri og Anlæg)



OKTOBER 2015  
KØBENHAVNS KOMMUNE

# Analyse af potentielle krav i byggeri og anlægsprojekter (revision af Miljø i Byggeri og Anlæg)

ENDELIG RAPPORT

PROJEKTNR. A063654  
DOKUMENTNR. 1.0  
VERSION 3.0  
UDGIVELSESDATO 051015  
UDARBEJDET MEDG, FOX, LAN, TEP, ABH, VIJE  
KONTROLLERET ANW, MSN  
GODKENDT ANW



# INDHOLD

<b>1</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>9</b>
1.1	Overordnede konklusioner	9
1.2	Metode og læsevejledning	15
<b>2</b>	<b>Krav 2.1 Lavenergi og bygningsklasse 2020</b>	<b>17</b>
2.1	Definition og formål med kravet	17
2.2	Typiske virkemidler	17
2.3	Økonomisk bæredygtighed	18
2.4	Miljømæssig bæredygtighed	21
2.5	Social bæredygtighed	21
2.6	Samlet vurdering af krav	22
<b>3</b>	<b>Krav 2.2: Energirenovering</b>	<b>24</b>
3.1	Definition og formål med kravet	24
3.2	Typiske virkemidler	25
3.3	Økonomisk bæredygtighed	25
3.4	Miljømæssig bæredygtighed	27
3.5	Social bæredygtighed	28
3.6	Samlet vurdering af krav	28
<b>4</b>	<b>Krav 2.8: Ventilation</b>	<b>30</b>
4.1	Definition og formål med kravet	30
4.2	Typiske virkemidler	30
4.3	Økonomisk bæredygtighed	30
4.4	Miljømæssig bæredygtighed	32
4.5	Social bæredygtighed	32
4.6	Samlet vurdering af krav	32
<b>5</b>	<b>Krav 2.21: Fjernvarme</b>	<b>34</b>
5.1	Definition og formål med kravet	34

5.2	Typiske virkemidler	35
5.3	Økonomisk bæredygtighed	35
5.4	Miljømæssig bæredygtighed	38
5.5	Social bæredygtighed	38
5.6	Samlet vurdering af krav	38
6	<b>Krav 3.1: Vedligehold</b>	40
6.1	Definition og formål med kravet	40
6.2	Typiske virkemidler	40
6.3	Økonomisk bæredygtighed	41
6.4	Miljømæssig bæredygtighed	42
6.5	Social bæredygtighed	43
6.6	Samlet vurdering af krav	44
7	<b>Krav: 3.2: Genanvendelse</b>	46
7.1	Definition og formål med kravet	46
7.2	Typiske virkemidler	46
7.3	Økonomisk bæredygtighed	47
7.4	Miljømæssig bæredygtighed	49
7.5	Social bæredygtighed	50
7.6	Samlet vurdering af krav	50
8	<b>Krav 3.6: Miljømærkning af byggevarer</b>	52
8.1	Definition og formål med kravet	52
8.2	Typiske virkemidler	53
8.3	Økonomisk bæredygtighed	53
8.4	Miljømæssig bæredygtighed	55
8.5	Social bæredygtighed	56
8.6	Samlet vurdering af krav	56
9	<b>Krav 4.5: Genanvendelse af regnvand</b>	58
9.1	Definition og formål med kravet	58
9.2	Typiske virkemidler	59
9.3	Økonomisk bæredygtighed	59
9.4	Miljømæssig bæredygtighed	61
9.5	Social bæredygtighed	62
9.6	Samlet vurdering af krav	62
10	<b>Krav 4.6: LAR-løsning</b>	65
10.1	Definition og formål med kravet	65
10.2	Typiske virkemidler	65
10.3	Økonomisk bæredygtighed	66
10.4	Miljømæssig bæredygtighed	72

10.5	Social bæredygtighed	72
10.6	Samlet vurdering af krav	72
11	<b>Krav 4.16: Grønne tage</b>	<b>75</b>
11.1	Definition og formål med kravet	75
11.2	Typiske virkemidler	75
11.3	Økonomisk bæredygtighed	76
11.4	Miljømæssig bæredygtighed	78
11.5	Social bæredygtighed	78
11.6	Samlet vurdering af krav	79
12	<b>Krav 8.3.a: Akustik</b>	<b>81</b>
12.1	Definition og formål med kravet	81
12.2	Typiske virkemidler	81
12.3	Økonomisk bæredygtighed	82
12.4	Miljømæssig bæredygtighed	83
12.5	Social bæredygtighed	83
12.6	Samlet vurdering af krav	84
13	<b>Krav 8.3.b: Termisk indeklime</b>	<b>86</b>
13.1	Definition og formål med kravet	86
13.2	Typiske virkemidler	87
13.3	Økonomisk bæredygtighed	87
13.4	Miljømæssig bæredygtighed	89
13.5	Social bæredygtighed	89
13.6	Samlet vurdering af krav	89
14	<b>Krav 8.8: Afgasning</b>	<b>91</b>
14.1	Definition og formål med kravet	91
14.2	Typiske virkemidler	91
14.3	Økonomisk bæredygtighed	91
14.4	Miljømæssig bæredygtighed	92
14.5	Social bæredygtighed	92
14.6	Samlet vurdering af krav	93
15	<b>Resultatoversigt</b>	<b>95</b>





# 1 Sammenfatning

Formålet med nærværende rapport er at foretage en økonomisk analyse af 13 krav, som er nøje udvalgt i forbindelse med en revision af 'Miljø i byggeri og anlæg' (MBA).

Københavns Kommune ønsker en grøn og sund by, som prioriterer miljøet højt. I klimaplanen er målet, at Københavns Kommune skal være CO<sub>2</sub> neutral i 2025, hvilket forventes at skabe øget livskvalitet, innovation, jobskabelse og vækst. En revision af den nuværende MBA vil derfor være med til at understøtte disse mål.

For hvert krav er der foretaget en samfundsøkonomisk analyse baseret på cases, hvor der er beregnet anlægs- og totaløkonomi på tiltag, som vil opfylde det stillede krav. Ud over denne økonomiske analyse er i en række tilfælde lavet en livscyklusvurdering af kravet, baseret på de samme cases som den økonomiske analyser. Alle krav vurderet kvalitativt i relation til dets praktiske anvendelse, implementerbarhed og udformning, beskæftigelsespotentialer og eventuelle anbefalinger.

## 1.1 Overordnede konklusioner

Nedenfor er samlet en række overordnede konklusioner på analyserne af de enkelte krav, samlet temamæssigt inden for følgende emner:

- › Energi: Krav vedrørende nybyggeri og renovering, ventilation samt fjernvarme
- › Materialer: Krav vedrørende vedligeholdelse og levetid, genanvendelse og miljømærkning
- › Vand: Krav vedrørende genanvendelse af regnvand, LAR og grønne tage
- › Indeklima: Krav vedrørende akustik, termisk indeklima og afgangning

Nærmere beskrivelse af cases samt beregninger findes i de respektive kapitler.

### 1.1.1 Energoptimering

COWI har analyseret forskellige MBA krav der vedrører energioptimering, herunder

- › Lavenergi og bygningsklasse 2020, der indebærer at nybyggeri og tilbygninger skal udføres efter laveste energiklasse (indebærer krav 2020-byggeri i Bygningsreglement 2015).
- › Energirenovering, der indebærer at man ved større renoveringer skal effektuere alle energitiltag, der har en simpel tilbagebetalingstid på mindre end 10 år, og lave totaløkonomisk vurdering for tiltag der har tilbagebetalingstid på op til 20 år. Ved mindre renoveringer skal tiltag med tilbagebetalingstid mindre end 15 år effektueres (efterfølgende rettet til at rentabilitet af investeringen skal være større end 1,33).
- › Ventilation, der indebærer at man ved etablering eller renovering af ventilations- og varmeanlæg skal energioptimere dem, så der sikres en virkningsgrad på 85%
- › Fjernvarme, der indebærer, at bygninger så vidt muligt skal tilsluttes fjernvarme for at udnytte den effektive varmeproduktion fra affaldsforbrænding og biomasse

**Lavenergiklasse** kan opfyldes ved forskellige tiltag, herunder 1) anvendelse af passive virkemidler, der reducerer behov for energi, 2) optimering af energiudnyttelsen og 3) aktive virkemidler, der producerer energi.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som analyserer forskellige kombinationer af tiltag, der optimerer energiudnyttelsen (isolering af klimaskærm og dagslysstyring og aktive virkemidler (solceller). Analysen viser, at det totaløkonomiske effekt af kravet kan være positiv eller negativ afhængig af, hvilken løsning der anvendes. Typisk giver løsninger med mange solceller bedst totaløkonomi. Der er imidlertid ikke taget højde for anvendelse af passive virkemidler i casen, og valget af design kan have afgørende effekt for, om casen bliver rentabel eller ej.

Den samfundsøkonomiske vurdering viser, at begge de analyserede løsninger er en omkostning for samfundet. Dette skyldes, at den sparede luftforurening ikke opvejer den udgift, som staten giver i tilskud til solceller. Klimaeffekten er ikke værdisat, da emissioner fra CO<sub>2</sub> er fra den kvotebelagte sektor.

I forhold til det centrale fokus for Københavns Kommune – energioptimering i drift af byggeri som virkemiddel til at kommunen bliver CO<sub>2</sub>-neutral – vurderes kravet at opfylde sit formål og dække problemstillingen godt.

**Energirenovering** omfatter typisk renovering af installationer og klimaskærm. Valg af tekniske løsninger afhænger af byggeriets tilstand.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor man vurderer omkostningerne ved ekstra isolering af tagfladen og udskiftning til energiruder. Analysen af denne case viser at det er totaløkonomisk og samfundsøkonomisk fordelagtigt at isolere tagfladen, men at det er en totaløkonomisk og samfundsøkonomisk omkostning at udskifte til energiruder.

Det er relevant for kommunen at stille krav til både større og mindre renoveringer. For de større renoveringers vedkommende er kravet realisabelt med foreslås suppleret med mulighed for at anvende de kommende frivillige renoveringsklasser, som BR15 åbner mulighed for. Ved mindre renoveringer foreslås kravet ændret til, at der skal foretages en økonomisk/teknisk vurdering af, om energiltagene er hensigtsmæssige i den konkrete byggesag.

**Ventilationskravet** opfyldes ved brug af særlige komponenter til ventilationsanlægget samt efterfølgende driftsoptimering og instruktion af driftspersonalet.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som sammenligner et standard og et forbedret ventilationsanlæg. Analysen viser at det giver totaløkonomisk underskud at vælge det forbedrede ventilationsanlæg, da besparelsen ikke kan opveje merudgiften til anlægsomkostningerne. Samfundsøkonomisk er der en gevinst i form af sparet luftforurening og klimaeffekter, men de er ikke store nok til at kompensere for merudgiften ved de dyrere anlæg.

Kravet er relevant for kommunen, men det foreslås af teknisk/økonomiske årsager at sænke ambitionsniveauet til en virkningsgrad på 80 % i lighed med BR15 – og at kravet dermed bortfalder.

**Fjernvarmekravet** opfyldes ved at forsynes bygninger med fjernvarme enheder i stedet for individuelle varmeløsninger, herunder solvarmeanlæg, varmepumper o.l.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor et nyere boligbyggeri med fjernvarmeforsyning sammenlignet med individuelt luft-til-vand varmepumper. Analysen viser at der er en markant totaløkonomisk og samfundsøkonomisk gevinst ved at tilslutte til fjernvarme.

Kravet om tilslutningspligt til fjernvarme er mest relevant i områder, der allerede er udlagt for fjernvarme, men for lavenergibyggeri bør der skeles mere til "break-even" for såvel bygningsejer som forsyningsselskab samt til samlede forsyningsstrategier for nye byområder.

## 1.1.2 Materialer og genanvendelse

COWI har analyseret forskellige MBA krav der vedrører materialer og genanvendelser, herunder

- › Vedligehold, der indebærer at konstruktioner og materialer skal afstemmes efter byggeriets forventede levetid, så der er begrænset behov for vedligeholdelse og gode muligheder for miljørigtig drift, inkl. rengøring, og så flest mulige materialer kan genanvendes ved bortskaffelse (fokus på knappe ressourcer).
- › Genanvendelse, der indebærer at der må ikke anvendes byggematerialer eller konstruktioner, der efter endt levetid kun kan forventes bortskaffet ved deponering, medmindre der ikke findes egnede alternativer.

- › Miljømærkning, der indebærer at byggevarer skal overholde krav svarende til miljømærkerne Svanen, Blomsten eller Indeklimamærket, og at der skal vælges CE-mærkede byggevarer, hvis de er underlagt en harmoniseret europæisk standard.

**Krav om vedligehold** kan opfyldes ved at konstruktioner og overflader vælges efter det miljø og dermed slitage/belastninger, de udsættes for samt muligheden for reparation og vedligeholdelse.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor man sammenligner valg af billige materialer med hyppig udskiftning undervejs med valg af konstruktioner og materialer, som passer til bygningens levetid på 50 år. For begge løsninger vil der være et totaløkonomisk og samfundsøkonomisk overskud ved at anvende materialer med mindre vedligehold, og som kan genanvendes ved bortskaffelse. Analysen viser at specielt for indvendige vægge vil der være både et totaløkonomisk og et samfundsøkonomisk overskud ved at anvende materialer med mindre vedligehold og hyppigere udskiftning, som kan genanvendes ved bortskaffelse.

Kravets forskellige dele er alle relevante. Kravet om tilpasning til byggeriets/bygningsdelens forventede levetid og mindst mulig levetid er relevant og operationelt. Det samlede krav foreslås splittet op, så genanvendelseskravet formuleres særskilt – se kommentar hertil nedenfor.

**Krav om genanvendelse** kan opfyldes ved at vælge materialer, der kan adskilles i genanvendelige enkeltkomponenter og ikke indeholder stoffer, som hindrer genanvendelse. Den økonomiske analyse er baseret på en case, der sammenligner valg af materialer skal bortskaffes ved deponering med et alternativ, hvor valg af materialer kan genanvendes. Analysen viser, at det totaløkonomisk er lidt dyrere at anvende genanvendelige materialer, men at det samfundsøkonomisk giver samme resultat.

Kravet fokuserer på at reducere mængden af byggematerialer, som skal deponeres efter endt brug. Da mange faktorer spiller ind på dette, herunder de fremtidige muligheder for genanvendelse af produkter, som i dag anses for ikke genanvendelige, foreslås det at operationalisere kravet til "nutidskrav" i forhold til indholdsstoffer, adskillelses- og sorteringsmuligheder mv. Desuden henvises til kommende krav og vejledninger fra to projekter finansieret af Miljøstyrelsen.

**Krav om miljømærkning** opfyldes ved at man vælger byggevarer der overholder krav svarende til miljømærkerne Svanen, Blomsten eller Indeklimamærket. Den økonomiske analyse er baseret på en case hvor man sammenligner nogle traditionelt/billigt produkter (maling, spartel, akustikpaneler og linoleum) med et miljømærket alternativ valgt fra [www.ecolabel.dk](http://www.ecolabel.dk). Analysen viser at det vil være lidt dyrere totaløkonomisk og samfundsøkonomisk at vælge miljømærkede produkter

Kravet vurderes at understøtte kommunes bæredygtighedsstrategi ved at øge efterspørgslen efter miljømærkede produkter og dermed påvirke udvalget af disse. Det anbefales, at produkter uden miljømærkning med dokumentation, som kan sidestilles hertil, også accepteres.

### 1.1.3 Klimasikring

COWI har analyseret forskellige MBA krav der vedrører klimasikring, herunder

- › Genanvendelse af regnvand, som indebærer at der anvendes regnvand til toiletskyl og vaskemaskiner nybyggeri.
- › LAR løsninger, der indebærer at ikke forurenede regnvand fra tage og befæstede opholdsarealer skal genanvendes lokalt eller om muligt afledes til et vandområde eller et kunstigt vandelement eller nedsives efter principper for lokal afledning af regnvand (LAR) efter spildevandsplanen.
- › Grønne tage, der indebærer at tage ved nybyggeri så vidt muligt skal begrønnes såfremt de har en taghældning på 30 grader. Ved reovering af eksisterende byggeri skal der også ske en begrønning, hvis forudsætningerne er til stede.

Krav om **genanvendelse af regnvand** kan opfyldes ved opsamling til brug til vanding i haver. Den mere intensive anvendelse af tagvand knytter sig til toiletskyld og i mindre grad til tøjvask.

Den økonomiske analyse er baseret på en case der analyserer genanvendelse af regnvand til toiletskyld i en nybygget etageejendom. Totaløkonomisk vil kravet give totaløkonomisk overskud, men det vil kun give samfundsøkonomisk gevinst, hvis forsyningselskaberne kan spare tilsvarende beløb på driften.

Den økonomiske analyse såvel som generelle erfaringer viser, at genanvendelses anlægget balancerer for boliger i op til to etager, hvorefter tagarealet bliver for lille til at dække behovet i rimeligt omfang. Det foreslås at omformulere kravet til krav om teknisk/økonomisk vurdering af anlægget i det konkrete tilfælde – alternativt om anvendelse af gråt vand til toiletskyld.

**LAR løsninger (Genanvendelse af regnvand fra tage og befæstede arealer lokalt)** kan realiseres ved på en række forskellige måder, men jordens nedsivningsevne, koten og andel af befæstet areal og kloakering i området er afgørende for hvilken der er hensigtsmæssig.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, der sammenligner fire forskellige LAR løsninger (faskine, regnbed, permeable fliser og forsinkelsesbassin) for henholdsvis jord med høj og lav nedsivningsevne. Den totaløkonomiske analyse viser at det kun meget sjældent giver overskud for bygherre. Den samfundsøkonomiske analyse viser at LAR løsninger kan give overskud eller underskud afhængig af forholdene i området. Det er kun de større LAR projekter der virkelig aflaster kloak systemet, og derfor tillægge de højere samfundsøkonomisk benefit end hvis LAAR projektet kun har lokal effekt.

Kravet er et væsentligt element i kommunens klimaplan. Det foreslås at modificere kravet, så det målrettes geografisk på lokalområder frem for mod særlige bygningstyper, som enkeltvis skal anlægge LAR projekter, da løsningerne kræver meget

areal og derfor ikke kan løse oversvømmelsesproblemer enkeltvis/lokalt. Samlede løsninger vil desuden have større samfundsmæssig effekt.

**Grønne tage** kan udføres som ekstensive tage med sedum, mos eller græs og intensive tage med en tungere opbygning og beplantning.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, der sammenligner et ekstensivt grønt tage med en almindeligt tag. Både totaløkonomisk og samfundsøkonomisk vil denne løsning give et lille underskud, fordi tagene ikke holder så meget vand tilbage at forsyningsselskaberne kan spare omkostninger til udbygning af kloaknet.

På baggrund af en god miljømæssig effekt kan ekstensive grønne tage anbefales, når de fysiske/arkitektoniske forhold samt anlægsomkostninger gør det muligt i det konkrete tilfælde. Intensive grønne tage har helt andre bymæssige og sociale effekter og bør derfor ikke vurderes alene ud fra økonomiske og miljømæssige overvejelser. Det anbefales derfor, at der skal tages kvalificeret stilling til specifik udformning af grønne tage i den enkelte byggesag, herunder teknisk, økonomisk, miljømæssig og social vurdering.

#### 1.1.4 Indeklima

COWI har analyseret forskellige MBA krav der vedrører indeklima, herunder

- › Akustikkraft, der indebærer at efterklangstiden (sek.) skal i klasselokaler og institutioner være 0,4 sek. Efterklangstiden skal i enkeltpersons cellekontor være 0,5 sek.
- › Termisk indeklima, der indebærer strammere krav til temperaturvariationer end bygningsreglementer
- › Afgasning, der indebærer at der skal vælges malingstyper og anden overfladebehandling under hensyntagen til mindst mulig afdampning i forbrugsfasen.

**Akustikkraftet** opfyldes ved at øget absorptionsarealet. I skoler, institutioner og kontormiljøer er akustiklofter det primære virkemiddel. Den økonomiske analyse er baseret på en case der vurderer meromkostningerne ved ekstra akustiklofter og vægpaneler, så man kan opnå en efterklangstid på 4 sek i et klasselokale. Både totaløkonomisk og samfundsøkonomisk vil det være en omkostning at opfylde kravet.

En efterklangstid på 0,4 sek anbefales generelt ikke af akustikere i sammenhænge, hvor det skal være muligt at tale lokalet op, f.eks. i plenumdiskussioner. I stedet anbefales et krav om øget fokus på taleforståelighed, som vil øge den generelle akustiske komfort også i støjende miljø.

**Termisk indeklima** og mere stabile temperatur variationer kan opfyldes ved hjælp af klimaskærm, effektiv solafskærmning, ventilation og opvarmning /køling. Endvidere kan man anvende passive virkemidler og optimering af installationer.

Den økonomiske analyse er baseret på en case som analyserer ekstra isolering af klimaskærm, køling og opgradering af solskærm. Analysen viser at det er en totaløkonomisk og samfundsøkonomisk omkostning, idet forbedring af klimaskærm ikke bliver opvejet af det sparede varmekonsum. Desuden vil der være øget omkostninger til ventilation, belysning og køling.

Det vurderes, at den indeklimatekniske forbedring ved opfyldelse af kravet ikke står mål med de tekniske udfordringer og økonomiske konsekvenser ved større installationer og andre tiltag. Det anbefales derfor, at et krav refererer til gældende standarder med krav om næsthøjeste klasse (f.eks. klasse 2 i DS 15251 suppleret med mulighed for kortere overskridelser, jf. BR15).

Reduktion af **afgasning** opfyldes primært ved at vælge maling og andre overfladebehandlinger med mal-kode 00-1. Den økonomiske analyse er baseret på en case som analyserer traditionel maling med indeklimateknisk væg- og loftsmaling. Totaløkonomisk og samfundsøkonomisk er det en meromkostning, fordi indeklimateknikens effekt ikke er kvantificeret.

Kravet bør omformuleres så der direkte henvises til mal-kode kriteriet. Det bør overvejes om kravet overhovedet er relevant, da det ofte håndteres i anden sammenhæng.

## 1.2 Metode og læsevejledning

Rapporten består af 15 kapitler. Kapitel 2-14 er analyse af udvalgte krav, og i kapitel 15 er der en oversigt med alle resultaterne fra den økonomiske analyse opstillet i et oversigtsskema.

Der er udarbejdet et kapitel for hvert af de analyserede krav. Hver af kapitlerne er inddelt på samme måde med hovedoverskrifterne:

- > Definition og formål med kravet
- > Typiske virkemidler
- > Økonomisk bæredygtighed
- > Miljømæssig bæredygtighed
- > Social bæredygtighed
- > Samlet vurdering af kravet

Definition og formålet med kravet indeholder kravets officielle ordlyd, samt en fortolkning af, hvad formålet med kravet er. Derefter kommer et afsnit om de typiske virkemidler. Dette er en teknisk ekspertvurdering af, hvilke løsninger der typisk anvendes til at opfylde kravet, samt hvilke forudsætninger der har betydning for valg af løsning.

Vurdering af den økonomiske bæredygtighed har til formål at analysere ekstra omkostninger og gevinster ved at anvende MBA-krav.

Den økonomiske analyse udføres som en samfunds-, anlægs- og totaløkonomisk analyse, hvor analysen sammenligner basis med alternativ for alle krav. Basis er

den eksisterende eller forventede lovgivning pr. 1/1-2016, herunder forventninger til BR15 (energikrav). Alternativet er MBA-krav.

Hvert krav kan opfylde på en række forskellige måder, og valget af løsning vil afhænge af det konkrete byggeri samt de forudsætninger, der er i det givne projekt. Det er derfor ikke muligt at få et entydigt økonomisk resultat for det pågældende krav, som kan generaliseres til alle bygninger.

Til brug for den økonomiske vurdering er der derfor for hvert krav defineret mindst to løsningsmuligheder. Scenarierne er valgt med henblik på at vise et spektrum, der giver indtryk af spændet i omkostninger og gevinster. For hvert scenarie er beregnet anlægsøkonomi, totaløkonomi og samfundsøkonomi.

I anlægsøkonomien er alle økonomiske omkostninger i forbindelse med ændrede krav opgjort. Det er omkostningerne for det offentligt finansierede byggeri. Anlægsøkonomien er angivet som førstegangsinvestering i DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal.

I totaløkonomien er der skabt en sammenhæng mellem anlægsinvesteringen og driftsbesparelsen over tid. Resultatet for totaløkonomien er angivet i nettonutidsværdi over en tidhorisont på 100 år.

I den samfundsøkonomiske analyse opgøres alle økonomiske omkostninger og gevinster for samfundet som helhed; det betyder, at der ikke skelnes mellem fordelingen i samfundet. Det betyder således, at den totaløkonomiske analyse er en del af den samfundsøkonomiske analyse. Resultatet for samfundsøkonomien er angivet i nettonutidsværdi over en tidhorisont på 100 år.

Den miljømæssige bæredygtighed er baseret på en livscyklusvurdering (LCA) af scenarierne fra den økonomiske analyse i de tilfælde, hvor det giver mening at lave en sådan analyse. Disse beregninger er lavet med henblik på at samle viden om, hvilke miljøparametre der er væsentlige for de pågældende krav. Resultaterne kan imidlertid ikke generaliseres, da de er baseret på nogle få ud af mange mulige løsningsscenarier. Derudover er der for alle krav lavet en ekspertvurdering af kravets generelle miljømæssige bæredygtighed

Den sociale bæredygtighed indeholder dels en vurdering af de beskæftigelsesmæssige konsekvenser, baseret på scenarierne fra den økonomiske analyse, og dels en ekspertvurdering af kravets generelle sociale bæredygtighed.

Hvert afsnit afrundes med en samlet ekspertvurdering af kravet, herunder om det er hensigtsmæssigt og implementerbart.

For yderligere information om metoden, henvises til metodenotat jf. bilag.



## 2 Krav 2.1 Lavenergi og bygningsklasse 2020

### 2.1 Definition og formål med kravet

#### 2.1.1 Definition af kravet

Nybyggeri og tilbygninger skal udføres efter laveste energiklasse (indebærer krav 2020-byggeri i Bygningsreglement 2015).

#### 2.1.2 Formål med kravet

Det centrale fokus for kravet er at stille det skrappeste krav til energioptimering til driften af byggeri baseret på bygningsreglementets regelsæt for lavenergi-byggeri (indebærer krav om 2020-byggeri).

### 2.2 Typiske virkemidler

Virkemidler til at reducere energiforbruget i byggeri og dermed nå lavenergi-klasserne kan deles i tre overordnede kategorier:

- › Reducer  
Passive virkemidler, som reducerer behovet for energi – primært orientering og udformning af bygningsdesign og ikke mindst glasarealer, isolering af klimaskærm, solafskærmning, udnyttelse af termisk masse, anvendelse af naturlig/hybrid ventilation
- › Optimer  
Optimering af energjudnyttelse – bedst mulig udnyttelse af energiforbruget i bygningen, f.eks. optimering af dagslys, energieffektive installationer/udstyr og styring af disse, 'grønne lunger'/atrier som temperaturbufferzoner og luftrensere, optimering af mekanisk ventilation

- › **Producer**  
Aktive virkemidler – energiproduktion, f.eks. solceller, solvarmeanlæg, varmepumper, energilagring, vindmøller

Ved at arbejde med virkemidler i nævnte rækkefølge i en integreret designproces opnår man det mest robuste og fremtidssikrede byggeri. Jo mere bygningsdesignet reducerer energibehovet, desto mindre skal der arbejdes med energiforbrugende installationer, og i sidste ende suppleres med aktiv energiproduktion for at nå i mål. Det er langt sværere at ændre bygningsdesign senere i designprocessen, end det er at supplere med solceller.

Et andet element i det integrerede energidesign er at optimere/minimere energiforbruget til de aktiviteter, som foregår i bygningen – procesenergi. Dette er specielt relevant, hvis aktiviteterne er meget energitunge og dermed varmeproducerende, f.eks. it-tunge aktiviteter eller laboratorier med stinkskebe, frost og køl mv., som øger behovet for køling af bygningen.

Det er muligt og bør derfor være en målsætning at møde BR 2015 energirammen med passive virkemidler samt optimering af installationer. For at komme videre til BK 2020 fortsættes med optimering af energiudnyttelsen og aktive virkemidler. Tendensen er, at jo længere et lavenergikrav har været gældende, desto nemmere er det at efterleve det som ovenfor nævnt. Eftersom BK 2020 indeholder indeklimakrav ud over energikrav, og mulighederne for optimering af klimaskærm gennem isolering efterhånden er begrænsede, er det svært at vurdere, om og hvornår BK 2020 kan opfyldes uden brug af aktive virkemidler.

Virkemidlerne kan kombineres på en række forskellige måder, og både totaløkonomien og samfundsøkonomien i projekterne afhænger af, hvilken portefølje af tiltag der udvælges til at nå målet. For at illustrere denne pointe præsenteres i det følgende to scenarier for mulige løsninger til at nå fra 2015 til 2020. Et med mange solceller og lidt forbedring af klimaskærm og et andet med færre solceller og flere investeringer i klimaskærm og installationer:

## 2.3 Økonomisk bæredygtighed

### 2.3.1 Beskrivelse af casen

For dette krav er der udvalgt en case, hvor der betragtes et standard nybyggeri. I basisscenariet betragtes et nybyggeri (bolig eller institution) opført efter BR 2015. I alternativet ses på et nybyggeri opført efter BR 2020. I alternativet er det muligt at opfylde kravet ved at gennemføre en række kombinationer af energibesparende tiltag, herunder isolering af klimaskærm, optimering af belysning og montering af solpaneler eller solceller.

Det er vurderet, at de passive tiltag i klimaskærmen er udnyttet optimalt i BR 2015 designet, herunder udformning og valg af trelags energivinduer. Dog er der mulighed for at supplere isolering mod jord samt i facade og tag samtidig med øget tætning, også af hensyn BK 2020's øgede indeklimakrav. For at opnå BK 2020 er der

valgt at se på to porteføljer af tiltag. I det ene tiltag er der et stort areal med solceller og tætning af klimaskærm. I det andet tiltag er der et mindre areal med solceller, tætning af klimaskærm og optimering af belysning.

### 2.3.2 Forudsætninger

I de beregninger, som er foretaget, er det antaget, at nybyggeriet har et etageareal på 2.700 m<sup>2</sup>, 3 etager, en klimaskærm på 1.454 m<sup>2</sup> samt et tagareal på 900 m<sup>2</sup>.

For begge løsninger antages en øget isolering med 75mm mineraluld til tag og vægge samt 150 mm polystyren isolering mod jord. For den ene løsning er der valgt 46 m<sup>2</sup> solceller, og for den anden er der valgt 31 m<sup>2</sup>, som suppleres med ekstra dagslysstyring. Solcellerne har en levetid på 25 år. For isolering og belysning er der valgt en levetid på 30 år. Under disse forudsætninger vil der være en elbesparelse fra 10-11 kWh/m<sup>2</sup>/år og en varmebesparelse mellem 3-4 kWh/m<sup>2</sup>/år. I Tabel 2-1 er alle relevante forudsætningerne opsummeret.

Tabel 2-1 Forudsætninger for krav 2.1

Løsning 1	Løsning 2
75 mm mineraluld til tag og vægge	75 mm mineraluld til tag og vægge
150 mm polystyren isolering	150 mm polystyren isolering
46 m <sup>2</sup> solceller	31 m <sup>2</sup> solceller
	Ekstra dagslysstyring

### 2.3.3 Anlægsøkonomi

For at opfylde BK 2020 i det tænkte eksempel vil der være meromkostninger i forbindelse med facadeisolering, tagisolering og grundisolering, hvilket har en samlet omkostning på ca. 300 kr. pr. m<sup>2</sup>. Derudover er det muligt at få lavet et stort eller lille areal med solceller. Helt konkret vil omkostningen ved solceller være på ca. 25-50 kr. pr. m<sup>2</sup>. Hvis der udarbejdes et lille areal med solceller, er det også muligt at optimere belysningen, hvilket vil have en omkostning på 200 kr. pr. m<sup>2</sup>. Alt i alt vil der være en anlægsomkostning på 350-550 kr. pr m<sup>2</sup> ved at opfylde dette krav.

Tabel 2-2 Anlægsøkonomiske omkostninger ved initiale investering i kr./m<sup>2</sup> etageareal/år

	Løsning 1- Mere isolering, samt solceller	Løsning 2- mere isolering, solceller, energieffektivisering
Anlægsøkonomiske omkostninger	350	550

Note: Der er ikke overensstemmelse mellem denne tabel og tabel 2.3 da anlægsomkostningerne i tabel 2.3 er over en 100 årige periode og i NNV

### 2.3.4 Totaløkonomi

I totaløkonomien ses på alle omkostninger i forbindelse med at opfylde kravet. Foruden anlægsøkonomien, så medtages driftsøkonomien, el og varmeomkostninger samt øvrige forsyningsomkostninger, hvilket er de besparelser, som der opnås ved at opsætte solceller.

I totaløkonomien vil der være omkostninger til anlæg i en størrelsesorden af 500-750 kr. pr. m<sup>2</sup> etageareal i NNV samt driftsomkostninger på 4-6 kr. pr. m<sup>2</sup> over 100 år. Derudover vil der være besparelser forbundet med henholdsvis el, varme og øvrige forsyningsomkostninger. Disse er opgjort til 550-600 kr. pr. m<sup>2</sup>. Samlet set kan den totaløkonomiske effekt af kravet blive positiv eller negativ afhængig af, hvilken løsning der vælges. Den ene løsning giver en totaløkonomisk besparelse på 100 kr. pr. m<sup>2</sup>, mens den anden giver en totaløkonomisk meromkostning på 200 kr. pr. m<sup>2</sup>.

### 2.3.5 Samfundsøkonomi

I den samfundsøkonomiske beregning ses på alle omkostningerne for alle interessenter i samfundet. Dette betyder, at der for dette krav også ses på de omkostninger, som specielt det offentlige vil have i forbindelse med tilskud til solcellestrøm. Denne omkostning er udregnet til omkring 200 kr. pr. m<sup>2</sup>. Derudover indeholder den samfundsøkonomiske analyse også en værdsættelse af luftforurening, herunder NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>. Denne gevinst opvejer ikke omkostningen ved tilskud til solcellestrøm. Klimaeffekten er ikke værdisat, da emissioner fra CO<sub>2</sub> er fra den kvotebelagte sektor. Prisen af disse er afspejlet i elprisen. Samlet set betyder det, at det samfundsøkonomisk ikke er rentabelt at opfylde kravet, da der vil være en samfundsøkonomisk omkostning på 300 til 500 kr. pr. m<sup>2</sup>.

### 2.3.6 Opsummering

I Tabel 2-3 ses de økonomiske konsekvenser af at opgradere bygningen fra BR 2015 til BK 2020. Resultaterne er præsenteret i nettonutidsværdi over 100 år, hvilket betyder, at anlægsomkostningerne for alle investeringer falder ca. 3 gange, da levetiden for de påkrævede investeringer er ca. 25-30 år. Det fremgår af resultaterne, at løsningen med mange solceller er totaløkonomisk rentabel for bygherre. Det ses i tabellen, hvor et negativt resultat er udtryk for en gevinst. Samfundsøkonomisk er løsningerne ikke rentable, da solcellestrøm er lagt dyrere at producere end el fra kraftværk og staten derfor bidrager med et tilskud for at udligne denne forskel. Det skal bemærkes, at løsningen med færre solceller hverken er total- eller samfundsøkonomisk rentabel.

Tabel 2-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 2.1 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal

	Løsning 1	Løsning 2
<b>Anlægsøkonomi</b>	500	750
<b>Totaløkonomi</b>	-100	150
<b>Samfundsøkonomi</b>	350	550

Tabel 2-4 Klimaeffekt, elforbrug og varmekonsum for krav 2.1 DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal

	Enhed	Løsning 1	Løsning 2
<b>Klimaeffekt</b>	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /år	-2	-2
<b>Elforbrug</b>	KWh/m <sup>2</sup>	-10	-11
<b>Varmeforbrug</b>	KWh/m <sup>2</sup>	-4	-4

Note: Bemærk de afrundede tal gør, at det ligner, der ikke er nogen forskel. Simpelt gennemsnit over hele perioden.

Det skal dog understreges, at indeklimamæssige effekter ikke er medtaget. Endvidere er det vigtigt at være opmærksom på, at den mest fordelagtige løsning for bygherre i højere grad end den anden 'låser' byggeriets muligheder for yderligere optimeringer senere. Dette ville være endnu tydeligere, hvis der var arbejdet forskelligt med klimaskærmen i de to løsninger.

## 2.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er foretaget en livscyklusvurdering af casestudiet. Ud fra en miljømæssig betragtning giver foreslåede løsninger i casestudiet anledning til tilnærmelsesvis samme påvirkning af drivhuseffekten. I forhold til luftforurening så har det stor betydning for, hvor stort et energibehov som skal dækkes af solceller, da produktionen af disse potentielt giver anledning til høj luftforurening. Hvorvidt denne luftforurening reelt giver anledning til problematiske effekter afhænger af solcellernes produktionssted samt andre parametre.

Forskel i dagslysforhold er ikke indregnet i miljøberegningen.

BK 2020 giver et byggeri mindre energiforbrug end BR 2015. Samtidig stiller BK 2020 større krav til en række indeklimaforhold.

Jo strengere krav til energiforbrug i driftsfasen desto større betydning får energiforbruget til de aktiviteter, som foregår i byggeriet samt den bundne energi i selve byggematerialerne/byggeriet. For at opnå øget reduktion i CO<sub>2</sub> udledning skal der derfor også sættes fokus på energiproduktionen og -forsyningen.

Krav om BK 2020 er derfor ét af flere virkemidler til at reducere energiforbrug til byggeriet, CO<sub>2</sub> udledning og luftforurening og emissioner generelt. I en større sammenhæng er reduktion af emissioner fra energiforsyningen lige så vigtig.

## 2.5 Social bæredygtighed

De beskæftigelsesmæssige effekter ved de foreslåede løsninger vurderes at være i intervallet 0,5 til 1 årsværk. Dette kan antages at være generelt dækkende. Beskæftigelsen vil være i byggebranchen fra udvinding over produktion til udførelse, drift og vedligeholdelse til nedrivning og genanvendelse/bortskaffelse.

Anlægsøkonomien vurderes under alle omstændigheder at være større ved BK 2020 end ved BR 2015. Med en fast anlægsramme betyder det for det almene

byggeri og til en vis grad også for kommunalt byggeri, at der skal ske en prioritering af andre investeringer ved opførelse af byggeriet og dermed den funktionelle og æstetiske kvalitet af byggeriet.

Da der samtidig ikke er sikkerhed for, at den beregnede energibesparelse realiseres (energirammen er en teoretisk beregningsmodel, som ikke afspejler det faktiske energiforbrug), kan lejere i de almene byggerier komme til at sidde med en højere samlet boligudgift og en bolig, hvor der f.eks. er reduceret i arealer og kvalitet af installationer (herunder køkken og bad, som har høj prioritet hos mange mennesker) og udearealer.

Dette skisma mellem miljømæssig og social bæredygtighed mindskes erfaringsmæssigt over tid, når teknologier og projekteringspraksis udvikles, og det bliver lettere at opfylde lavenergikravet.

Indeklimamæssigt kan BK 2020 forventes at give bedre dagslysforhold og termisk indeklima sidstnævnte dog i begrænset omfang, da BR 2015 allerede medfører gode termiske forhold.

## 2.6 Samlet vurdering af krav

### 2.6.1 Økonomisk, miljømæssige og social bæredygtighed

Der er en række forskellige tekniske muligheder for at opfylde kravet, herunder 1) anvendelse af passive virkemidler, der reducerer behov for energi, 2) optimering af energiudnyttelsen og 3) aktive virkemidler, der producerer energi.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som analyserer forskellige kombinationer af tiltag, der optimerer energiudnyttelsen (isolering af klimaskærm og dagslysstyring og aktive virkemidler (solceller)). Analysen viser, at den totaløkonomiske effekt af kravet kan være positiv eller negativ afhængig af, hvilken løsning der anvendes. Typisk giver løsninger med mange solceller bedst totaløkonomi. Der er imidlertid ikke taget højde for anvendelse af passive virkemidler i casen, og valget af design kan have afgørende effekt for, om casen bliver rentabel eller ej.

Der er foretaget en livscyklusvurdering af casestudiet. Ud fra en miljømæssig betragtning giver de foreslåede løsninger i casestudiet anledning til tilnærmelsesvis samme påvirkning af drivhuseffekten. I forhold til luftforurening så har det stor betydning for, hvor stort et energibehov som skal dækkes af solceller, da produktionen af disse potentielt giver anledning til høj luftforurening.

Den samfundsøkonomiske vurdering viser, at begge de analyserede løsninger er en omkostning for samfundet. Dette skyldes, at den sparede luftforurening ikke opvejer den udgift, som staten giver i tilskud til solceller. Klimaeffekten er ikke værdisat, da emissioner fra CO<sub>2</sub> er fra den kvotebelagte sektor. Bygherre betaler derfor for det via elafgiften.

Der er en række positive effekter relateret til social bæredygtighed, som ikke er værdisat i den økonomiske analyse, herunder effekt på indeklima og effekt på grøn vækst.

God udnyttelse af de passive virkemidler gennem integreret energidesign sætter – ud over byggeri med lavt energiforbrug i udgangspunktet, som så kan optimeres yderligere ved de to andre kategorier – også fokus på et godt indeklima. En tæt og isoleret klimaskærm med energiruder forhindrer samtidig kuldestråling og kulde- nedfald samt mindsker varmestråling fra solindfald og dagslysudnyttelse kombi- net med en god solafskærmning giver et godt optisk indeklima.

I mange tilfælde er det svært at prissætte effekten af et godt indeklima, særligt når det primært opfyldes med de passive virkemidler, hvor bygningen i mindre grad skal 'hjælpes' til energioptimering. Men flere og flere undersøgelser peger på bedre indlæring og arbejdsindsats (produktivitet og kreativitet), mindre sygefravær og generelt bedre trivsel og sundhedstilstand. Dette bør tages i betragtning, når man skal overveje sin anlægsinvestering.

Der er imidlertid også risiko for kvalitetsforringelse af byggerier med en fast og stram anlægsøkonomi, da merudgiften til at opfylde lavenergikravet kan medføre besparelser på andre områder.

## 2.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

I forhold til det centrale fokus – energioptimering i drift af byggeri – vurderes kravet at opfylde sit formål og dække problemstillingen godt. Ved konstant at stille skrap- pere krav end lovgivningen fremmes energirigtigt design og produktudvikling. For at fremme yderligere energioptimering bør det suppleres af andre krav, herunder commissioning, drift og adfærdsforandringer, evt. med en livscyklusbaseret tanke- gang.

Kravet understøtter Københavns Kommunes strategi om CO<sub>2</sub>-neutralitet i 2025 og er drivkraft i produkt- og designudvikling og dermed vækststrategien på området. To andre aspekter er dog også væsentlige for det byggede miljø bidrag til at nå målsætningen: Energirenovering af den eksisterende bygningsmasse samt CO<sub>2</sub>- optimeret energiforsyning.

På den lange bane vil effekten af energibesparelser på CO<sub>2</sub>-udledningen begræn- ses af, at den offentlige energiforsyning af både el og varme forventes at blive CO<sub>2</sub>-neutral. Formålet med yderligere stramninger af energiramme- krav bør derfor overvejes fremadrettet.

## 3 Krav 2.2: Energirenovering

### 3.1 Definition og formål med kravet

#### 3.1.1 Definition af kravet

Ved større renoveringer skal alle energitiltag, der har en simpel tilbagebetalingstid på mindre end 10 år, effektueres. For tiltag med en tilbagebetalingstid på op til 20 år skal der foreligge (en totaløkonomisk) vurdering med henblik på efterfølgende konkret beslutning om gennemførelse. *(Krav fra MBA2010, som er vurderet med henblik for videreførelse)*

#### 3.1.2 Formål med kravet

Kravet har et totaløkonomisk sigte og skal sikre, at energirenoveringstiltag med kort tilbagebetalingstid (10 år) implementeres, selvom de ikke er anlægsøkonomisk optimale. Ydermere skal tiltag med tilbagebetalingstid på 20 år overvejes.

Grundlaget for energimærkningsrapporterne er opdateret, så der både opgives simpel tilbagebetalingstid som hidtil, men desuden rentabiliteten for de enkelte tiltag, som foreslås gennemført. Ved gennemgang af en række energimærkningsrapporter (bl.a. Nordhavnsgården, som er anvendt til de økonomiske beregninger i forhold til formulering 1 af kravet samt en erhvervsejendom ejet af Københavns Kommune) er det konkluderet, at rentabilitetskravet er opfyldt for en række besparelsesforslag, som har længere tilbagebetalingstid end 15 år. Med andre ord stiller BR 2015 større krav, end Københavns Kommune ønsker at gøre.

Københavns Kommune har i revisionsprocessen – og dermed undervejs i tilblivelsen af denne analyse – foreslået nye formuleringer af krav til mindre renoveringer. Se diskussion heraf i afsnit 3.6.3 Vurdering af krav 2: Udformning og implementerbarhed.



## 3.2 Typiske virkemidler

I grove træk kan energirenovering deles i to kategorier:

- › Renovering af installationer (varmeanlæg, brugsvandsanlæg, elinstallationer, ventilation)
- › Renovering af klimaskærm (tag, facade, fundament, vinduer)

Renovering af installationer kan være udskiftning af pumper, ventilatorer, tavler eller anden teknik, teknisk efterisolering, udskiftning af belysningsarmaturer, tidsstyring mv. Renovering af klimaskærm kan være udskiftning af vinduer, døre eller ruder heri, tætning, efterisolering af vinduesbrystninger eller hele facader/gavle, kviste, mellem tagrum og øverste opvarmede etage, isolering af dæk mod jord eller mod kælder, isolering af fundament.

Såvel energimærkningsrapporter som generelle erfaringer viser, at renovering af installationer ofte er høstning af de 'lavthængende frugter' – tiltag med kort tilbagebetalingstid og dermed gunstig totaløkonomi.

Mange af tiltagene på klimaskærm har betydeligt længere tilbagebetalingstid, da investeringerne er større. Samtidig støder en del af disse på hensyn til bevaringsværdier i byggeriet eller praktiske forhold til adkomst til at gennemføre tiltaget.

## 3.3 Økonomisk bæredygtighed

Den økonomiske analyse er gennemført på basis af MBA 2010 versionen.

### 3.3.1 Beskrivelse af casen

For at belyse konsekvenserne af kravet er udvalgt en case, hvor vi ser på renovering af et alment boligbyggeri. Vi analyserer de ekstra investeringer, der er nødvendige for at opfylde energimærkningskrav på en konkret renoveringssag for et almennyttigt boligprojekt. Prioriterede energimærkningstiltag fremgår af energimærkerapporterne (f.eks. efterisolering af rør, vinduer, efterisolering af tag, hulrumsisolering m.v.)

Basis er et byggeri uden energirenovering, og alternativet er et byggeri med energirenovering af hhv. tagflade og energiruder. Der analyseres to løsninger bestående af ekstra isolering af tagfladen og udskiftning af to lags termoglas med to lags energiruder.

### 3.3.2 Forudsætninger

I beregningerne er der udvalgt en konkret case, som er Nordhavnsgården, hvor der er set på renovering af alment boligbyggeri. Der er et etageareal på 18.486 m<sup>2</sup>, 6 etager, en klimaskærm på 9.800 m<sup>2</sup> og et tagareal på 3.080 m<sup>2</sup>. I tabellen nedenfor ses de konkrete forudsætninger for de to løsninger.

Tabel 3-1 Forudsætninger for krav 2.2

	Løsning 1	Løsning 2
	2 ekstra lag 170 mm mineraluld (lambda 37) på taget	Udskiftning af eksisterende to lags termoglas med to lags energiruder i alt 2664 m <sup>2</sup> vinduer.
<b>Varmebesparelse (kWh/m<sup>2</sup>/år)</b>	6	17
<b>Levetid</b>	70	40

### 3.3.3 Anlægsøkonomi

For denne case vil der være en anlægsomkostning på ca. 50 kr./m<sup>2</sup> for at få det eksisterende tag udskiftet, dette er en væsentlig billigere løsning i forhold til at udskifte vinduerne, som har en omkostning på ca. 350 kr./m<sup>2</sup>. Alt i alt vil der være en anlægsomkostning på 0-400 kr./m<sup>2</sup>.

Tabel 3-2 Anlægsøkonomiske omkostninger ved initial investeringen DKK/m<sup>2</sup> etageareal

	Løsning 1	Løsning 2
	2 ekstra lag 170 mm mineraluld (lambda 37) på taget	Udskiftning af eksisterende to lags termoglas med to lags energiruder i alt 2664 m <sup>2</sup> vinduer.
Anlægsøkonomiske omkostninger	50	400

### 3.3.4 Totaløkonomi

Totaløkonomien i de to løsninger spænder bredt. Løsning 1, hvor der foretages tagisolering, giver et totaløkonomisk overskud pga. det sparede varmeforbrug hvert år. Der er antaget, at tagisoleringen skal udskiftes op til to gange i løbet af de 100 år. Der er indregnet en skrapværdi.

I løsning 2 udskiftes to lags termoglas med to lags energiruder. Dette er en relativ dyr løsning, idet anlægsinvesteringen er 10 gange så stor pr. m<sup>2</sup> som tagisolering.

Sammenlignes løsning 1 og 2, er varmesparelsen op til tre gange så stor ved rudeudskiftning som ved tiltaget med tagisolering. Løsning 1 giver en besparelse på 50 kr./m<sup>2</sup> etageareal, hvorimod løsning 2 giver en omkostning på 250 kr./m<sup>2</sup> etageareal ved at håndhæve dette krav.

### 3.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk er løsning 1 en gevinst. Det reducerede varmemeforbrug giver en besparelse af luftforurening i forhold til SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>. Der er desuden en klimaefekt, som ikke er værdisat i den samfundsøkonomiske analyse, da denne er afspejlet i elprisen.

Samfundsøkonomisk er løsning 2 ikke rentabel. Det ses dog, at klimaeffekten ved dette tiltag er op til tre gange så stor som ved løsning 1.

Alt i alt vil der være samfundsøkonomiske konsekvenser på 0-250 kr./m<sup>2</sup> etageareal i NNV over 100 år.

### 3.3.6 Opsummering

I vurderingen af kravets total- og samfundsøkonomiske effekt er der taget udgangspunkt i et konkret renoveringsprojekt for et almennyttigt boligbyggeri (Nordhavsgården), som har givet et billede af de økonomiske konsekvenser ved de tiltag som kan foretages. I Tabel 3-3 ses de økonomiske konsekvenser af kravet.

Tabel 3-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 2.2 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup>etageareal

	Løsning 1	Løsning 2
<b>Anlægsøkonomi</b>	50	500
<b>Totaløkonomi</b>	-50	250
<b>Samfundsøkonomi</b>	0	250

Tabel 3-4 Klimaeffekt, elforbrug og varmemeforbrug for krav 2.2 DKK pr. m<sup>2</sup>etageareal

	Enhed	Løsning 1	Løsning 2
<b>Klimaeffekt</b>	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /år	-1	-2
<b>Elforbrug</b>	kWh/m <sup>2</sup>	0	0
<b>Varmeforbrug</b>	kWh/m <sup>2</sup>	-6	-17

Note: Bemærk de afrundede tal gør, at det ligner, der ikke er nogen forskel. Simpelt gennemsnit over hele perioden.

I tabellen ovenfor ses, at det sparede varmemeforbrug har en positiv effekt på klimaet. Denne værdisættes dog ikke i den samfundsøkonomiske analyse, da den indgår i det kvotebelagte forbrug.

## 3.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er foretaget en livscyklusvurdering af casestudiet.

Ud fra en miljømæssig betragtning er løsning 2 den klart mest fordelagtige. Dette ses ud fra samtlige parametre: sparet energiforbrug, reduceret emission af drivhusgasser, undgået luftforurening samt mindre forbrug af knappe ressourcer. For-

holdstallet er omtrent 4:1 – dvs. at besparelserne i løsning 2 er fire gange så store i forhold til løsning 1. Begge løsninger er miljømæssigt bæredygtige set i forhold til udgangspunktet.

## 3.5 Social bæredygtighed

Beskæftigelseseffekten ved løsning 2 er størst grundet de større anlægsomkostninger.

Langt de fleste energitiltag ved renovering af bygninger har samtidig en positiv effekt på indeklimaet – reduktion af træk, bedre styring af termisk og atmosfærisk indeklima. Indeklimaforbedringer indgår ofte i overvejelserne om implementering af energitiltag, særligt hvis tilbagebetalingstiden i sig selv ikke er oplagt for tiltaget.

Også her vurderes effekten af rudeudskiftning at være størst, da alle boliger vil mærke en forbedring, mens kun de øverste lejligheder vil mærke effekten af den ekstra tagisolering.

## 3.6 Samlet vurdering af krav

### 3.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Der er en række forskellige tekniske muligheder for at opfylde kravet afhængig af byggeriets tilstand. Energirenovering kan omfatte renovering af installationer og renovering af klimaskærm.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, baseret på en eksisterende renoveringssag. Den fokuserer på to typer renovering af klimaskærm, herunder ekstra isolering af tagfladen og udskiftning til energiruder. Analysen viser at det i dette tilfælde er totaløkonomisk fordelagtigt at isolere tagfladen, men at det giver totaløkonomisk omkostning at udskifte til energiruder.

Samfundsøkonomisk er isolering af tagfladen en gevinst. Det reducerede varme- forbrug giver en besparelse af luftforurening i forhold til SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>. Der er desuden en klimaeffekt, som ikke er værdisat i den samfundsøkonomiske analyse, da denne er afspejlet i elprisen. Udskiftning til energiruder giver samfundsøkonomisk underskud i denne case.

Der er foretaget en livscyklusvurdering af casestudiet. Ud fra en miljømæssig betragtning er begge løsninger fordelagtige. Dette ses ud fra samtlige parametre: sparet energiforbrug, reduceret emission af drivhusgasser, undgået luftforurening samt mindre forbrug af knappe ressourcer.

Kravet understøtter social bæredygtighed i flere dimensioner. Det skaber flere arbejdspladser, og det skaber bedre indeklima.

### 3.6.2 Vurdering af krav: Udformning og implementerbarhed

Kravet til større renoveringer fremmer energirenovering i ældre byggeri, som er udbredt i København, både kommunale og private ejendomme. Det er centralt for at nå kommunens målsætning om CO<sub>2</sub>-neutralitet og understøtter innovation på området. Implementering i praksis hindres ofte på grund af bevaringsværdige bygninger eller byområder. Dette område bør belyses nøjere, hvis energirenoveringen skal spille en større rolle. Kravet skal understøttes af krav til idriftsættelse, uddannelse af driftspersonale og regelmæssig opfølgning.

Kravet peger på enkelttiltag og understøtter derfor især 'de lavthængende frugter' inden for energioptimering, hvilket på kort sigt er en fordel, men på lang sigt fjerner det fokus fra de tunge investeringer, som kunne implementeres, hvis de blev betragtet som en del af en helhedsløsning.

Kravet anses generelt for at være et realistisk krav, der samtidig er med til at fremme en meget nødvendig udvikling af energioptimeringsløsninger til den ældre bygningsmasse.

Det bør overvejes ved større renoveringer at stræbe mod anvendelse af renoveringsklasserne som alternativ til krav på komponentniveau. Dette giver en større frihed til det samlede projekt i metode til at opnå energibesparelser, hvilket især er relevant, hvor en besparelse ikke er mulig at opnå for den enkelte komponent.

### 3.6.3 Krav til mindre renoveringer: Udformning og implementerbarhed

Undervejs i projektforløbet har COWI sammen med projektgruppen vurderet og diskuteret en række mulige formuleringer af krav til mindre renoveringer som erstatning af tidligere krav til vinduer og andre komponenter. Det har været vigtigt at stille et krav, som på den ene side fremmer energirenovering også i forbindelse med mindre renoveringer og udskiftning af bygningsdele, og som på den anden side ikke bliver en bremse for renovering.

Det anbefales at arbejde videre med scenarie 3 i KK's oplæg "Renoveringskrav i BBA" (18.08.2015):

"Ved en mindre renovering skal det vurderes, om implementering af rentable (rentabilitetsfaktor større end 1,33) energitiltag anført i energimærkningsrapporten er hensigtsmæssig i forbindelse med den konkrete byggesag."

## 4 Krav 2.8: Ventilation

### 4.1 Definition og formål med kravet

#### 4.1.1 Definition af kravet

Ved etablering eller renovering af ventilations- og varmeanlæg skal anlæggene energioptimeres, så der sikres en temperaturvirkningsgrad på min 85 % (Energitalet i anlægget må maks. være 15 %).

#### 4.1.2 Formål med kravet

Kravet skal sikre, at energiforbrug til bygningsventilation minimeres uden at påvirke indeklimaet negativt.

### 4.2 Typiske virkemidler

Kravet opfyldes ved brug af særlige komponenter til ventilationsanlægget i såvel nybyggeri som renovering – samt efterfølgende driftsoptimering, herunder instruktion af driftspersonale samt løbende opfølgning.

### 4.3 Økonomisk bæredygtighed

#### 4.3.1 Beskrivelse af casen

Den kvantitative analyse er baseret på beregninger på analyse fra Aalborg Universitet '*Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations*' og omsat til et eksempel på en standardbolig. I beregningerne af de økonomiske omkostninger er der set på en løsning, hvor kravet opfyldes ved at installere et ventilationsanlæg med en virkningsgrad på 85 % i stedet for et med en virkningsgrad på 70 %.

### 4.3.2 Forudsætninger

Det er antaget, at energiforbruget ved et standard ventilationsanlæg er 72 kWh/m<sup>2</sup>/år og ved et forbedret ventilationsanlæg 58 kWh/m<sup>2</sup>/år.

Levetiden for ventilationsanlæg er 25 år. Ventilationsanlægget opsættes på en bygning, hvorfor det antages, at fjernvarme bliver fortrængt ved øget varmeproduktion.

### 4.3.3 Anlægsøkonomi

I den kvantitative analyse er der set på meromkostningerne ved et ventilationsanlæg med en virkningsgrad på 85 % sammenlignet med et ventilationsanlæg med en virkningsgrad på 70 %. Et ventilationsanlæg med en virkningsgrad på 85 % er 125 kr./m<sup>2</sup> dyrere end et ventilationsanlæg med en virkningsgrad på 70 %.

Beregningen er foretaget i forhold til et areal på 2700 m<sup>2</sup>, hvilket vil resultere i en meromkostning for bygherren på 350.000 kr.

*Tabel 4-1 Anlægsøkonomiske omkostninger ved initial investeringen*

	Kr./m <sup>2</sup> etageareal/år
Anlægsøkonomiske omkostninger	150

### 4.3.4 Totaløkonomi

Energiforbruget ved et forbedret ventilationsanlæg er lavere, hvorfor der vil være et sparet varmekonsum. Det er antaget, at forbruget af varme for bygningen er konstant, hvorfor der vil blive fortrængt fjernvarme ved en højere varmevirkningsgrad. Totaløkonomisk viser beregningerne, at den sparede forsyningsomkostning ikke vil opveje omkostningerne ved et forbedret ventilationsanlæg. Over en 100 års horisont vil anlægsomkostningerne være omkring 200 kr./m<sup>2</sup> og der vil være driftsomkostninger på ca. 100 kr./m<sup>2</sup>. Samlet set vil der være totaløkonomiske omkostninger for ca. 100 kr./m<sup>2</sup>.

### 4.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk er der en gevinst i form af sparet luftforurening og klimaeffekter. Klimaeffekterne er ikke værdisat, da disse er afspejlet i elprisen. Klimaeffekten er på samme niveau som kravet om to lags energiruder. Samlet set vurderes det, at tiltaget ikke er samfundsøkonomisk rentabelt.

Samlet set vil der være samfundsøkonomiske omkostninger på 100 kr./m<sup>2</sup> i NNV over 100 år.

### 4.3.6 Opsummering

Samlet set er kravet en økonomisk omkostning både anlægs-, total og samfundsøkonomisk. I Tabel 4-2 ses alle omkostninger.

Tabel 4-2 *Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 2.8 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal*

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	200
<b>Totaløkonomi</b>	100
<b>Samfundsøkonomi</b>	150

Tabel 4-3 *Klimaeffekt, elforbrug og varmekonsum for krav 2.8 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal*

	Enhed	Løsning 1
<b>Klimaeffekt</b>	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /år	-2
<b>Elforbrug</b>	kWh/m <sup>2</sup>	0
<b>Varmeforbrug</b>	kWh/m <sup>2</sup>	-14

Note: Bemærk de afrundede tal gør, at det ligner, der ikke er nogen forskel. Simpelt gennemsnit over hele perioden.

## 4.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er foretaget livscyklusvurdering af dette krav. I den miljømæssige vurdering af forskellen mellem de to ventilationsanlæg er det kun de potentielle miljøpåvirkninger fra driften, der er indregnet. Dermed er de potentielle miljøpåvirkninger ved produktion af selve ventilationsanlægget ikke medregnet.

Når driften mellem de to anlæg sammenlignes, er det naturligvis det effektive ventilationsanlæg, der er det mest fordelagtige ud fra en miljømæssig betragtning, da der spares energi med reduceret emission af drivhusgasser, reduceret forbrug af knappe ressourcer samt mindre luftforurening til følge.

## 4.5 Social bæredygtighed

De beskæftigelsesmæssige effekter af løsning 1 vurderes at være ca. 0,3 årsværk. Der vurderes ikke at være andre mærkbare effekter på social bæredygtighed i kravet.

## 4.6 Samlet vurdering af krav

### 4.6.1 Økonomisk, miljømæssige og social bæredygtighed

Kravet opfyldes ved brug af særlige komponenter til ventilationsanlægget samt efterfølgende driftsoptimering og instruktion af driftspersonalet.



Den økonomiske analyse er baseret på en case, som sammenligner et standard ventilationsanlæg på 72 kWh/m<sup>2</sup>/år og et forbedret ventilationsanlæg på 58 kWh/m<sup>2</sup>/år. Analysen viser imidlertid, at det ikke giver totaløkonomisk gevinst at vælge det forbedrede ventilationsanlæg, da besparelsen ikke kan opveje merudgiften til anlægsomkostningerne. Samfundsøkonomisk er der en gevinst i form af sparet luftforurening og klimaeffekter, men de er ikke store nok til at kompensere for merudgiften ved de dyrere anlæg.

Den miljømæssige bæredygtighed er vurderet ved hjælp af en livscyklusvurdering. I den miljømæssige vurdering af forskellen mellem de to ventilationsanlæg fokuseres på miljøpåvirkninger fra driften. Ud fra en ren miljømæssig betragtning er kravet godt, da der spares energi med reduceret emission af drivhusgasser, reduceret forbrug af knappe ressourcer samt mindre luftforurening til følge.

Den sociale bæredygtighed er vurderet kvalitativt. Kravet vurderes at give lidt flere arbejdspladser. Det er neutralt i forhold til indeklima, idet energioptimering af anlæggene ikke giver nogen indeklimaeffekt.

#### 4.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Kravet er operationelt og kan opfyldes primært ved brug af de rigtige komponenter. Dog bør der skelnes mellem ventilations- og varmeanlæg, hvor implementerbarheden i ventilationsanlæg kan være overordentlig vanskelig rent teknisk og pladsmæssigt. I BR15 vil kravet til ventilationsanlæg være en virkningsgrad på 80 %, hvilket i praksis vil være mere realistisk. Det anbefales derfor at fastholde BR15-kravet.

Krav til høj virkningsgrad understøtter i lighed med øvrige energikrav den miljømæssige bæredygtighed og dermed Københavns Kommunes strategi om CO<sub>2</sub>-neutralitet og generel energioptimering. Det bør differentieres i forhold til ventilationsbehovet for yderligere optimering og bedst mulig økonomisk bæredygtighed.

Uanset krav til virkningsgrad bør der stilles krav til idriftsættelse, uddannelse af driftspersonale og regelmæssig opfølgning. Samtidig understøtter det produktudvikling og vækststrategi, hvor dansk industri i forvejen står stærkt.

## 5 Krav 2.21: Fjernvarme

### 5.1 Definition og formål med kravet

#### 5.1.1 Definition af kravet

Bygningerne skal så vidt muligt tilsluttes fjernvarme for at udnytte den effektive varmeproduktion fra affaldsforbrænding og brug af biomasse på de store centrale kraftvarmeværker. Varmeanlæg skal udformes, så der opnås en effektiv afkøling af returløbet.

#### 5.1.2 Formål med kravet

Kravet skal understøtte effektiv udnyttelse af fjernvarmeproduktionen og fjernvarmenettet gennem tilslutningspligt til fjernvarmesystemet samt aftagepligt, når det er muligt. Kravet er et led i bestræbelserne på overordnet CO<sub>2</sub>-neutralitet i kommunen.

Såfremt der er tale om centralvarmeanlæg større end 250 kW, er kravet ikke nogen skærpelse i forhold til de nuværende regler – i hvert fald ikke så længe fjernvarmen falder samfundsøkonomisk bedre ud end individuelle opvarmningsformer. Af varmemforsyningsloven følger det nemlig, at centralvarmeanlæg større end 250 kW (såkaldte blokvarmecentraler), såfremt de ligger tæt på et kollektivt fjernvarmenet, og såfremt det er samfundsøkonomisk fordelagtigt, skal tilsluttes fjernvarmen.

For individuelle bygninger samt centralvarmeanlæg mindre end 250 kW, som ikke er omfattet af varmemforsyningsloven, er der imidlertid tale om en skærpelse, eftersom de som følge af kravet ikke længere har mulighed for at vælge en anden varmemforsyningsløsning end fjernvarme. Brugerøkonomisk (anlægs- og totaløkonomisk) falder fjernvarmen dog godt ud, så formentligt ville mange af brugerne også uden kravet vælge fjernvarmeløsningen til trods for at energirammeberegningerne giver en fordel til varmepumperne.

## 5.2 Typiske virkemidler

Bygningerne forsynes med fjernvarmeunits i stedet for med individuelle varmforsyningsløsninger, herunder solvarmeanlæg, varmepumper eller andre løsninger, som i øvrigt anvendes som bæredygtige virkemidler. På den måde kan bygningerne tilsluttes fjernvarmenettet.

Herudover er det et krav, at bygningerne er forsynet med et vandbaseret radiator- eller gulvarmeanlæg, hvilket nye bygninger som regel er. Dette er i øvrigt også en forudsætning, såfremt bygningen skal opvarmes med en luft-til-vand varmepumpe, hvilket er vurderet som det mest realistiske alternativ til fjernvarmeforsyningen. Luft-til-luft varmepumper ses ind imellem i lavenergibyggeri, f.eks. passivhuse, da anlægsomkostningerne er lave på grund af sparede rørforinger.

I relation til selve fjernvarmenettet kan der være behov for en udvidelse af dette, så det omfatter området, hvor de nye bygninger etableres.

## 5.3 Økonomisk bæredygtighed

### 5.3.1 Beskrivelse af casen

I den økonomiske beregning er der foretaget en sammenligning af forsyning af nyt boligbyggeri i København med fjernvarme og med individuel luft-til-vand varmepumper på bygningsniveau. Denne sammenligning er relevant, idet luft-til-vand varmepumper vurderes at være det mest realistiske alternativ til fjernvarmen.

Der sammenlignes således en løsning, hvor et nyt boligområde i det ene tilfælde kobles til Hovedstadens fjernvarmesystem, og hvor den i det andet tilfælde forsynes af luft-til-luft varmepumper. I tilfældet med fjernvarme er der taget højde for den yderligere udbygning af fjernvarmenettet, som er nødvendig for at fjernvarmeforsyning det nye boligområde.

### 5.3.2 Forudsætninger

Beregningerne, som er foretaget, tager udgangspunkt i en konkret samfundsøkonomisk analyse, hvor der er gennemført en sammenligning af fjernvarme med varmepumper. I de gennemførte beregninger er anvendt forudsætninger og resultater fra den konkrete case. Den konkrete case var dog meget detaljeret både i forhold til brændselsmiks for fjernvarmeproduktion, brændselspriser, elpriser samt afgifter og tilskud. Det har derfor ikke været muligt at overføre alle detaljer til den model, som anvendes i indeværende projekt. De overordnede konklusioner er dog de samme i de to typer beregninger. I det nedenstående har vi opsummeret forudsætningerne.

Den konkrete case er et område med nyere private boligbyggerier (byggeperiode 2008 til nu) og dermed bygget efter BR08 og BR10 og et samlet etageareal på cirka 90.000 m<sup>2</sup>. Data er hentet fra en analyse udført af COWI for HOFOR. Det er fundet relevant at se på et byområde frem for et enkelt byggeri, da fjernvarme ud-

lægges i større områder ad gangen. I tabellen er opstillet de forudsætninger, som blev anvendt i analysen.

Tabel 5-1 Forudsætninger for krav 2.21

Parameter	Levetid	Enhed	Varmepumper	Fjernvarme
<b>Investeringsomkostninger, i alt</b>		Mio.kr.	40	30
Fjernvarmeledninger	50	Mio.kr.		21
Fjernvarmeunit	20	Mio.kr.		9
Varmepumper	20	Mio.kr.	35	
Eltilslutning	50	Mio.kr.	4	
<b>Drift og vedligehold</b>		kr./år	500.000	300.000
<b>El</b>		kWh/m <sup>2</sup> /år	13	-18
<b>Brændsel</b>		kWh/m <sup>2</sup> /år		70

Når fjernvarmeløsningen har et negativt elforbrug, er det fordi, der i denne løsning produceres el på kraftvarmeverkerne (i samproduktion med varme). Brændselsforbruget er derfor også det samlede brændselsforbrug til både el- og varmeproduktion.

### 5.3.3 Anlægsøkonomi

Anlægsøkonomisk vil det bedst kunne svare sig at investere i fjernvarme i forhold til individuelle varmepumper. I den første investeringsperiode vil der være en besparelse ved fjernvarme på ca. 100 kr./m<sup>2</sup>. I ovenstående tabel ses, at omkostningen for varmepumper er ca. 40 mio. kr. og for fjernvarme omkring 30 mio. kr.

Tabel 5-2 Anlægsøkonomiske omkostninger i de første år

	Kr./m <sup>2</sup> etageareal
Anlægsøkonomiske omkostninger	-100

### 5.3.4 Totaløkonomi

Totaløkonomisk er det markant billigere at tilslutte til fjernvarme sammenlignet med varmepumper. Dette skyldes både den lavere anlægsomkostning og de lavere driftsomkostninger (ekskl. energi). Foruden drifts- og investeringsomkostningerne indgår el og brændselsforbruget også i totaløkonomien. Elforbruget for varmepumperne ligger omkring 13 kWh/m<sup>2</sup>/år. El til varmepumper er billigere end den almindelige elpris, fordi den er afgiftsfritaget. Fjernvarmeløsningen er baseret på anden brændsel, og der er ikke forbrug af el, men derimod en produktion af el, som bliver modregnet i prisen på fjernvarmen. Alt i alt er fjernvarmeløsningen totaløkonomisk mere fordelagtig end luftvarmepumper trods større brændselsforbrug, fordi der an-

vendes billigere brændselstyper. I denne case vil fjernvarmen give en totaløkonomisk besparelse på 400 kr./m<sup>2</sup> i forhold til varmepumper.

### 5.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk vil fjernvarmeløsningen også kunne svare sig. Samfundsøkonomisk vil der både være en gevinst ved luftforurening og klimaforbedringer. Miljømæssigt vil luftforurening fra varmepumper sammenlignet med fjernvarme være mindre, da der bruges mindre el til at producere den samme mængde varme. Dette er ikke indregnet, men var dette værdisat, ville resultatet ikke ændre sig. Der vil samlet set være en samfundsøkonomisk gevinst på 250 kr./m<sup>2</sup>.

### 5.3.6 Opsummering

Tabellen nedenfor opsummerer anlægsøkonomien, totaløkonomien og samfundsøkonomien. Som det fremgår, så er fjernvarmeløsningen billigere anlægsøkonomisk end varmepumpeløsningen. I fjernvarmeløsningen består investeringsomkostningerne af dels nogle netudvidelser og dels fjernvarmeunits i de enkelte bebyggelser, men samlet set er dette altså billigere end at etablere varmepumper i bebyggelserne. Totaløkonomisk og samfundsøkonomisk falder fjernvarmeløsningen også bedst ud.

Tabel 5-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 2.21 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	-250
<b>Totaløkonomi</b>	-400
<b>Samfundsøkonomi</b>	-250

Tabellen nedenfor viser el- og brændselsforbruget pr. m<sup>2</sup> etageareal i de to alternative varmforsyningsløsninger. Omkostningen ved de to typer er forskellig, hvorfor der skelnes. I fjernvarmeløsningen er der et brændselsforbrug på 70 kWh/m<sup>2</sup>. Men til gengæld er der også en elproduktion, som sker i samproduktion med fjernvarmeproduktionen på de store centrale kraftvarmeværker. Omvendt er der i varmepumpeløsningen et elforbrug. Derfor bliver forskellen i elforbrug mellem de to løsninger relativ stor. Brændslet, som anvendes i fjernvarmeløsningen, er i øvrigt for en stor dels vedkommende biomasse.

Tabel 5-4 El og brændselsforbrug pr. kWh/m<sup>2</sup>

	KWh/m <sup>2</sup> etageareal
<b>Brændsel til fjernvarme</b>	70
<b>Total elforbrug fra fjernvarmeproduktion og elforbrug til varmepumper</b>	-30

Note: Bemærk de afrundede tal gør, at det ligner, der ikke er nogen forskel. Simpelt gennemsnit over hele perioden.

## 5.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er foretaget en livscyklusvurdering af casestudiet. Ved miljøvurdering af fjernvarme kontra varmepumper i dette krav er der valgt at inkludere de potentielle miljøpåvirkninger, der forekommer som følge af driftsenergi samt produktion fra varmepumperne<sup>1</sup>. Det vil sige, at de potentielle miljøpåvirkninger ved produktion og bortskaffelse af varmepumperne er inkluderet i beregningerne.

Resultaterne af beregningerne for miljøvurderingen viser, at der er store driftsenergiebesparelser ved anvendelse af varmepumper. Men varmepumperne giver anledning til større emissioner af drivhusgasser, luftforurening samt ressourceforbrug, da elforbrug til varmepumperne giver anledning til højere potentielle miljøpåvirkninger end de brændselstyper, der bruges til fjernvarme. Resultatet afspejler dermed de grundlæggende input til beregningerne, hvor fjernvarme anvender store mængder energi, men på den anden side også producerer el, som systemet dermed krediteres.

Selve produktionen og bortskaffelsen af varmepumperne har mindre betydning for det samlede resultat.

## 5.5 Social bæredygtighed

Der er negativ beskæftigelseseffekt ved tiltaget.

Indeklimaet eller sundhed hos slutbruger påvirkes ikke af energiforsyningen.

## 5.6 Samlet vurdering af krav

### 5.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Kravet opfyldes ved at forsyne bygningerne med fjernvarme units i stedet for med individuelle varmeforsyningsløsninger, herunder solvarmeanlæg, varmepumper og andre løsninger, der anvendes som bæredygtige virkemidler.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor et nyere boligbyggeri i København med fjernvarmeforsyning sammenlignes med individuel luft-til-vand varmepumper på bygningsniveau. Analysen viser, at det er markant billigere totaløkonomisk at tilslutte til fjernvarme sammenlignet med varmepumper til trods for et lavere energiforbrug til varmepumper, da prisen på fjernvarme er billigere end prisen på el, og det er også samfundsøkonomisk fordelagtigt.

Der er foretaget livscyklusvurdering af casestudiet. Analysen viser, at der er store driftsenergiebesparelser ved anvendelse af varmepumper. Men varmepumperne giver anledning til større emissioner af drivhusgasser, luftforurening samt ressourceforbrug.

---

<sup>1</sup> Miljøpåvirkninger fra vugge til gate. Dvs. fra udgravning af råvarer til varmepumperne er produceret.

ceforbrug, da elforbrug til varmepumperne giver anledning til højere potentielle miljøpåvirkninger end de brændselstyper, der bruges til fjernvarme. Resultatet afspejler dermed de grundlæggende input til beregningerne, hvor fjernvarme anvender store mængder energi, men på den anden side også producerer el, som systemet dermed krediteres.

Der er negativ beskæftigelseseffekt ved at vælge varmepumper frem for fjernvarmeløsningen. Effekt på indeklimate er ikke vurderet.

## 5.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Kravet er først og fremmest relevant for områder, hvor fjernvarmenettet allerede er etableret eller ønskes etableret. Fjernvarme er højt udviklet i Danmark, og kravet understøtter vores stærke position på teknologiudviklingen.

Fremadrettet bør der skeles mere til samlede forsyningsstrategier og kombination af fjernvarmen med andre forsyningssteknologier, ikke mindst i takt med, at affaldsforbrænding søges begrænset gennem genanvendelse, og el i stigende grad produceres på sol- og vindenergi. Med andre ord er det ikke blot forsyningskilderne, som skal vurderes, men hvordan disse fremkommer.

Tilsvarende bør de øgede krav til lavenergibyggeri tages i betragtning. Opvarmingsbehovet er stærkt faldende i nybyggeri og ved tilslutningspligt bliver de faste udgiftsandele til opvarmning relativt større i forhold til forbrugsudgifterne. Samtidig bliver den mængde fjernvarme, som aftages, relativt mindre og derfor af mindre betydning for forsyningsgesellschaften. Det bør derfor i det enkelte projekt undersøges, hvor 'break-even' for såvel kunden som forsyningsgesellschaften ligger både ved lavenergibyggeri i eksisterende fjernvarmeområder og i områder, hvor der endnu ikke er etableret forsyningsnet.

## 6 Krav 3.1: Vedligehold

### 6.1 Definition og formål med kravet

#### 6.1.1 Definition af kravet

Konstruktioner og materialer skal afstemmes efter byggeriets forventede levetid, så der er begrænset behov for vedligeholdelse og gode muligheder for miljørigtig drift, inkl. rengøring, og så flest mulige materialer kan genanvendes ved bortskaffelse (fokus på knappe ressourcer).

#### 6.1.2 Formål med kravet

Formålet er at sikre optimal ressourceudnyttelse gennem behovstilpasning af de enkelte konstruktioner til byggeriets forventede levetid, miljøvenlig drift samt mulighed for genanvendelse efter endt brug.

### 6.2 Typiske virkemidler

Kravets mangfoldighed opfyldes ved at anlægge et helhedssyn på bygnings- og konstruktionsudformning samt materialevalg, som tilfredsstiller kravet. Konstruktioner og overflader vælges efter det miljø og dermed slitage/belastninger, de udsættes for samt muligheden for reparation og vedligeholdelse.

Genanvendelsesaspektet er i stigende grad blevet væsentligt af hensyn til både minimering af ressourceforbrug og affaldsmængder. I dette ligger nogle designmæssige overvejelser om at kunne adskille bygningskomponenter i genanvendelige dele og undgå stoffer og materialer, som ikke kan genanvendes.



## 6.3 Økonomisk bæredygtighed

### 6.3.1 Beskrivelse af casen

De økonomiske konsekvenser ved dette krav belyses ved, at se på et nybyggeri, hvor der ses på forskellen mellem en basis situation, hvor der ikke er noget krav sammenlignet med et alternativ, hvor der er et krav. I basis anvendes en ydervæg, som er en tung væg med bagmur bestående af beton, isolering og skelmur samt en indervæg af gasbeton. I alternativet er det en let mur, bestående af træskelet med gipsplade, isolering, dampspærre, vindpap og en beklædning, f.eks. eternit samt en indervæg af stålskelet med gipsvægge. Dette betyder, at der i casen sammenlignes valg af billige materialer med hyppig udskiftning undervejs med valg af konstruktioner og materialer, som passer til bygningens levetid på 50 år. Analysen er udført i en teoretisk analysemodel.

### 6.3.2 Forudsætninger

I de beregninger, som er foretaget, er det antaget, at nybyggeriet har et etageareal på 2.700 m<sup>2</sup>, 3 etager, en klimaskærm på 1.454 m<sup>2</sup>, indervæg på 2.000 m<sup>2</sup> samt et tagareal på 900 m<sup>2</sup>.

I løsning 1 er enhedsomkostningen i basis 2.500 kr./m<sup>2</sup>, og i alternativet er omkostningen 2.000 kr./m<sup>2</sup>.

I løsning 2 er enhedsomkostningen i basis ca. 900 kr./m<sup>2</sup>, og i alternativet vil omkostningen ca. være 550 kr./m<sup>2</sup>.

Tabel 6-1 Forudsætninger for krav 2.1

	Løsning 1- Ydervægge	Løsning 2-Indervægge
<b>Basis</b>	518 mm hulmur, tegl /250 mm isolering /beton	Indervæg af letklinkerblokke, t=120 mm
<b>Alternativ</b>	Dobbelt træskelet 50x100 mm med fyrretræ	70 mm stålskelet, 2 x to lags gipsplader
<b>Levetid</b>	50	50

### 6.3.3 Anlægsøkonomi

Anlægsomkostningerne for begge løsninger er rentable, og det er beregnet, at der både for ydervæg og indervæg vil være et anlægsøkonomisk overskud fra 250 til 300 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

Tabel 6-2 Anlægsøkonomiske omkostninger ved initiale investering i kr./m<sup>2</sup> etageareal/år

	Løsning 1	Løsning 2
<b>Anlægsøkonomiske omkostninger</b>	-300	-250

### 6.3.4 Totaløkonomi

For begge løsninger vil der være et totaløkonomisk overskud ved at anvende materiale med mindre vedligehold, og som kan genanvendes ved bortskaffelse. Der er ikke regnet på den positive gevinst ved genanvendelse af materialerne. Den totaløkonomiske analyse indeholder kun anlægsomkostningerne over en periode på 100 år.

Beregningerne viser, at der vil være totaløkonomiske besparelser ved begge løsninger på ca. 300 kr./m<sup>2</sup> etageareal i NNV over 100 år.

### 6.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk vil der ligeledes være et overskud, hvilket er mindre end det totaløkonomiske overskud. Dette skyldes bl.a., at der ved lavere udgifter for bygherrer vil være et tabt provenu via skattetrykket fra byggebranchen. Der vil alt i alt være samfundsøkonomiske besparelser på 250 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

### 6.3.6 Opsummering

Samlet set er kravet en økonomisk omkostning både anlægs-, total- og samfundsøkonomisk. I Tabel 6-3 ses alle omkostninger.

Tabel 6-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 3.1 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal

	Løsning 1- Ydervægge	Løsning 2- Indervægge
<b>Anlægsøkonomi</b>	-300	-300
<b>Totaløkonomi</b>	-300	-300
<b>Samfundsøkonomi</b>	-250	-250

Der er ikke regnet nogen påvirkning på el, varme og klima.

## 6.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er foretaget en livscyklusvurdering af casestudiet. I den første sammenligning, hvor to ydervægge sammenlignes, er der valgt et træskelet i en let ydervæg. Det må her understreges, at metoden til vurdering af de potentielle miljøpåvirkninger fra træ, p.t. ikke vurderes at være direkte anvendelige.

Det skyldes, at der er anvendt en ældre metode til beregning af de undgåede CO<sub>2</sub>-emissioner. Dette udtrykkes i de data, der findes i både den europæiske database ESUCO samt den tyske database Ökobau.dat 2013, som indgår i DGNB's LCA-værktøj.

Disse data reflekterer, at anvendelse/forbrug af træ giver anledning til en negativ, potentiel miljøpåvirkning. Dermed bliver LCA-resultatet mere og mere positivt jo mere træ, der anvendes. Som anført i flere studier er dette ikke korrekt, og det anbefales således, at disse data for træ ikke anvendes.

Derudover er der en væsentlig anden forudsætning, der også kan påvirke valget af materialer: Netop at mursten typisk har en levetid over 100 år. I det tilfælde, hvor mursten således f.eks. har en levetid på 200 år, halveres de potentielle miljøpåvirkninger gennem husets levetid. Særligt er den seneste udvikling omkring genanvendelse af mursten med både kalk- og cementstabiliseret mørtel betydningsfuld i forbindelse med bestræbelserne på at øge genanvendelsen. Disse betragtninger kan således også få indflydelse på valget af materialer til en ydervæg.

I den anden løsning sammenlignes to typer af indervægge: En der er opbygget ved anvendelse af letklinkerblokke og en anden, hvor der er anvendt gipsvægge på stålskelet. Forskellen er, at besparelserne i energiforbrug, undgåede emissioner af drivhusgasser, reduceret luftemission samt reduceret forbrug af knappe ressourcer taler klart til fordel for den lette indervæg.

Genanvendelse af materialerne er indirekte indregnet ved, at det ved generering af data til databaserne er forudsat, at materialerne allerede er anvendt en gang. Det vil med andre ord sige, at gipsen til gipspladerne stammer fra affaldsgips, og at stålskelettet er produceret ved anvendelse af genbrugsstål.

Når denne regnemetode er anvendt, kan den pågældende byggevare således ikke også blive krediteret for materialer, der genanvendes efter brug (byggevaren krediteres dermed for genbrug i den ene eller den anden ende af livscyklus).

Derimod består letklinkerblokke ikke af genanvendt materiale og krediteres heller ikke efter endt brug for genanvendelse af materialerne. Det vurderes dog, at denne forskel i vurderingen i indervægge er ubetydelig, da genanvendelse af letklinkerblokke ikke giver anledning til en betydelig reduktion i den potentielle miljøpåvirkning.

Generelt må det understreges, at de data, der forefindes i LCA-databaserne Ökobau.dat 2013 samt ESUCO, ikke er tiltænkt sammenlignende studier på byggevareniveau. Det anbefales dermed, at der ikke træffes valg af byggevarer på basis af det anvendte datagrundlag.

## 6.5 Social bæredygtighed

De beskæftigelsesmæssige effekter af løsning 1 vurderes at være ca. 0,3 årsværk. Dette billede kan ændre sig i takt med stigende krav til genanvendelse.

Der ses ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem produkters levetid/genanvendelighed og indeklimate. Mindre behov for vedligeholdelse kan have positiv effekt på indeklimaet (reduktion af emissioner fra rengørings- og vedligeholdelsesmidler)

## 6.6 Samlet vurdering af krav

### 6.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Kravet opfyldes ved at vælge konstruktioner og overflader efter det miljø og dermed slitage/belastninger, de udsættes for, samt muligheden for reparation og vedligeholdelse.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor der vurderes forskellige tekniske løsninger for ydermure og indermure i et nybyggeri. For hver type mur sammenlignes en dyr løsning, som holder hele byggeriets levetid (ydermur af mursten og indervægge af gasbeton), med en løsning med billigere materialer (træskelet med gipsplader og indervægge af stål og gipsplader), som kræver hyppigere udskiftning.

Specielt for indvendige vægge vil der være både et totaløkonomisk og et samfundsøkonomisk overskud ved at anvende materialer med mindre vedligehold og hyppigere udskiftning, som kan genanvendes ved bortskaffelse. Det giver med andre ord god mening at anvende materialer med kortere levetid, men som kan genanvendes.

Den miljømæssige vurdering er baseret på en livscyklusvurdering af casestudiet. Resultaterne reflekterer, at det er en miljømæssig fordel at anvende træ. Der er imidlertid debat omkring, hvorvidt opgørelsesmetoden er misvisende for CO<sub>2</sub> forbruget. Endvidere er man ved at udvikle metoder til genanvendelse af mursten, der fremover vil gøre dette mere fordelagtigt. LCA-databaserne er ikke tiltænkt sammenlignede studier på byggevareniveau, og der bør derfor ikke træffes generelle valg på basis af denne delanalyse.

Generelt betraget er byggematerialeindustrien i stigende grad i stand til at anvende nedrivningsprodukter i nye byggevarer. Mineraluldsindustrien er et godt eksempel på dette, da man inden for relativt få år har udviklet metoder til rentabel genanvendelse af brugte isoleringsmaterialer.

Der kan ikke konkluderes noget entydigt om den sociale bæredygtighed. De beskæftigelsesmæssige effekter af basisløsninger med megen vedligehold vurderes at være ca. 0,3 årsværk. Dette billede kan ændre sig i takt med stigende krav til genanvendelse. Der ses ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem produkters levetid/genanvendelighed og indeklima.

### 6.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Kravet er opdelt i to ret forskellige del-elementer: nemlig vedligeholdelse og genanvendelse. Genanvendelse er også en del af krav 3.2 (beskrevet i kapitel 7. Det anbefales, at kravet omformuleres således at kravet udelukkende omfatter vedligeholdelse – og dermed at krav til genanvendelse udelukkende beskrives i krav 3.2.

Kravet om tilpasning til byggeriets (bygningsdelens) forventede levetid er meget relevant, når og hvis det samtidig er muligt at genanvende materialet efter endt brug, hvad enten der er i forbindelse med ombygning eller nedrivning. Adskillelse til genanvendelige komponenter er en forudsætning, ligesom det er nødvendigt at undgå, at komponenten forurenes med stoffer i brugsfasen, som hindrer genanvendelse.

Af hensyn til overskueligheden anbefales det at opdele kravet i mere operationelle enkeltkrav – som dog skal ses i en helhed. Det kunne være krav til energiforbrug i brugsfasen, forbrug af rengøringsmidler, mandetimer mv.

Derudover skal det sikres, at kravet operationaliseres i den konkrete byggesag, hvor materialevalg målrettes til byggeriets anvendelse, placering og andre faktorer samt deres behov for vedligeholdelse. Særligt er der fokus på sikring af, at de af leverandøren lovede krav til vedligehold rent faktisk også er realistiske.

## 7 Krav: 3.2: Genanvendelse

### 7.1 Definition og formål med kravet

#### 7.1.1 Definition af kravet

Der må ikke anvendes byggematerialer eller konstruktioner, der efter endt levetid kun kan forventes bortskaffet ved deponering, medmindre der ikke findes egnede alternativer.

#### 7.1.2 Formål med kravet

Formålet er at undgå byggematerialer, som kun kan deponeres efter endt anvendelse, dvs. uden mulighed for genanvendelse eller forbrænding, fordi de enten ikke kan adskilles i anvendelige komponenter eller indeholder stoffer, som ikke ønskes i nye materialer, eller fordi de ved forbrænding ikke er genanvendelige.

### 7.2 Typiske virkemidler

Virkemidlerne til at efterleve dette krav kan deles i tre grupper:

- › Valg af materialer, der muliggør genanvendelse
- › Sikring af, at byggematerialerne/komponenterne kan adskilles i genanvendelige enkeltkomponenter (ikke nødvendigvis rene materialekomponenter)
- › Sikring af, at komponenterne ikke indeholder stoffer, som hindrer genanvendelse

Sidstnævnte rummer ofte den udfordring, at mængden af nye produkter og indholdsstoffer er enorm og ikke altid veldokumenteret. Det kan være svært som projekterende dels at få adgang til de relevante informationer, dels at tolke dem korrekt.

Hertil kommer, at viden om problematiske stoffer ofte kommer 'på bagkant', når erfaringer fra praksis afslører problemer med et materiale eller indholdsstof. Eksempler på dette er asbest og PCB, som oprindeligt blev anvendt på grund af fremragende tekniske egenskaber, og hvis sundhedsskadelige effekter først langt senere blev dokumenteret.

Dog skal et nyligt opstartet projekt for Miljøstyrelsen håndtere og fremsætte løsninger på disse problemstillinger. Projektet skal afsluttes i starten af december 2015, hvorefter enkelte krav er tiltænkt indarbejdet i bygningsreglementet. Hvornår disse nye krav er inkorporeret og dermed er gældende vides endnu ikke.

Antallet af genanvendelige materialer vokser i takt med produktudvikling – ofte med baggrund i et stigende affaldsproblem, som herved løses. Eksempler på dette er genanvendelse af brugt mineraluld og PVC.

## 7.3 Økonomisk bæredygtighed

### 7.3.1 Beskrivelse af casen

Der er sammenlignet et basisscenarie, hvor valg af materialer skal bortskaffes ved deponering med et alternativ, hvor valg af materialer kan genanvendes.

Der er opstillet to forskellige gulvløsninger:

- |            |  |
|------------|--|
| Løsning 1) | Basis er vinylgulv sammenlignet med alternativet klinkegulv til vådrum     |
| Løsning 2) | Basis linoleumsgulv sammenlignet med alternativ Junckers trægulv, fyrretræ |

Der er valgt en kvalitet, der sikrer samme energieffektivitet for de forskellige alternativer, så det primære fokus for analysen er LCA af forskellige typer materialer.

### 7.3.2 Forudsætninger

Det forudsættes, at både vinyl- og linoleumsgulve skal afsættes til deponering, da materialerne betragtes som farligt affald grundet forventning om indhold af PCB. Vi har talt med Miljøstyrelsen, og med deres viden antager vi i denne analyse, at der er linoleumsgulve i det byggeri, som er opført før 1977.

Priserne på afsætning af affald er taget fra RGS90. Deponering har en omkostning på 1.250 kr./ton, hvor statens provenu er 475 kr./ton. Klinkegulve afsat til genanvendelse koster 160 kr./ton og trægulve til forbrænding koster 575 kr./ton.

I de beregninger, som er foretaget, er det antaget, at nybyggeriet har et etageareal på 2.700 m<sup>2</sup> på 3 etager, hvoraf toilet, bad og køkken udgør 200 m<sup>2</sup>. Andet gulv er 2.000 m<sup>2</sup>.

Tabel 7-1 Forudsætninger for krav 3.2

	Løsning 1- Toilet, bad, køkken	Løsning 2-Andet gulv
<b>Basis</b>	Vinylgulvfliser på betongulv	Linoleumsgulv på beton
<b>Alternativ</b>	Gulvklinker	Trægulv, 300 mm

Levetiden på vinyl- og linoleumsgulve er 15 år, hvorimod træ- og klinkegulve har en levetid på 40 år.

### 7.3.3 Anlægsøkonomi

I løsning 1 vil der samlet være en meromkostning i anlægsfasen. Omkostningen består dels i prisen på gulvene, dels prisen på bortskaffelse af affaldet. Det ses, at klinkegulve er dyrere på lang sigt i forhold til vinylgulve. Det vil dog være billigere at afskaffe affaldet på deponi i modsætning til genanvendelse.

Løsning 2 indeholder en sparet omkostning. Trægulvene er dyrere, men da levetiden på disse gulve er meget længere, vil der være en besparelse. Det er desuden meget dyrt at bortskaffe affaldet fra trægulvene.

Tabel 7-2 Anlægsøkonomiske omkostninger ved initiale investering, kr./m<sup>2</sup>/år

	Løsning 1	Løsning 2
<b>Anlægsøkonomiske omkostninger</b>	50	250

### 7.3.4 Totaløkonomi

For dette krav er der set på to løsninger, hvor totaløkonomien kun medregner anlægsomkostningerne, hvorfor der i dette tilfælde ikke er den store forskel på de to løsninger. Forskellen mellem de anlægsøkonomiske og totaløkonomiske tal er derfor kun, at tallene fordeles ud over en 100 års periode. Analysen viser, at det er lidt dyrere at anvende genanvendelige materialer.

### 7.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk vil der ikke være nogen omkostninger forbundet med at opfylde kravet.

### 7.3.6 Opsummering

Samlet set er kravet en økonomisk omkostning både anlægs-, total- og samfundsøkonomisk. I

Tabel 7-3 ses alle omkostninger.



Tabel 7-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 3.2 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup>m<sup>2</sup> etageareal

	Løsning 1	Løsning 2
<b>Anlægsøkonomi</b>	0	0
<b>Totaløkonomi</b>	0	0
<b>Samfundsøkonomi</b>	0	0

## 7.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er foretaget en livscyklusvurdering af casestudiet. I dette krav opstilles to scenarier, hvor materialer sammenlignes. I lighed med vurderingen af miljømæssig bæredygtighed i afsnit 6 (krav 3.1 Vedligehold) må det understreges, at de data, der forefindes i LCA-databaserne Ökobau.dat 2013 samt ESUCO, ikke er tiltænkt sammenlignende studier. Det anbefales dermed, at der ikke træffes valg af byggevarer på basis af det anvendte datagrundlag. Derimod kan produktspecifikke miljøvaredeklarerationer anvendes, såfremt man ved, hvilke byggevarerproducenter der skal levere byggevarer til det pågældende byggeri.

I dette krav forudsættes det, at vinyl og linoleum deponeres, samt at cementslidlag og klinker knuses og genanvendes som erstatning for stabilgrus. Det antages endvidere, at træ forbrændes.

I første scenarie, hvor vinylgulv sammenlignes med klinker, viser resultaterne, at vinyl er fordelagtigt til trods for, at levetiden for et vinylgulv er antaget til at være lav sammenlignet med klinker. Dette resultat udtrykker, at de forskellige materialetyper, der anvendes til et klinkegulv (cementslidlag, fliseklæber og fliser) tilsammen påvirker mere end vinylgulvet. Derimod anvendes der færre knappe ressourcer ved klinkegulvet.

I det andet scenarie, hvor linoleum sammenlignes med trægulv, opstår der – ligesom i krav 3.1 – problemer med data for træ. Det skyldes, at data i LCA-databaserne opererer med en miljømæssig 'gevinst' ved anvendelse af træ. Dette bevirker, at trægulv i denne sammenligning opnår en fordel, som ikke er reel. Det anbefales således, at denne sammenligning mellem disse materialetyper ikke foretages.

Igen skal det understreges, at udviklingen i genanvendelsesmuligheder sker løbende ikke mindst for de materialer, som hidtil er krævet deponeret, som f.eks. vinyl (= blød pvc).

## 7.5 Social bæredygtighed

Der vurderes ikke at være den store beskæftigelseseffekt ved nogle af løsningerne.

Der ses ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem produkternes genanvendelighed og indeklime. De valgte produkter i casen har dog vidt forskellige indeklimatekniske egenskaber i forhold til såvel luftkvalitet som akustik.

## 7.6 Samlet vurdering af krav

### 7.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Der er en række forskellige tekniske forudsætninger for at opfylde kravet, herunder 1) valg af materialer, der muliggør genanvendelse, 2) sikring af at byggematerialer/komponenter kan adskilles i genanvendelige komponenter og 3) sikring af, at komponenterne ikke indeholder stoffer, som hinder genanvendelse.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor der vurderes forskellige materialevalg til gulve i tørrum og vådrum. For hver type gulv sammenlignes en løsning, hvor materialerne skal bortskaffes (vinylgulv og linoleumsgulv), med en løsning, som kan genanvendes (klinkegulv og fyrretræsgulv). Analysen viser, at det vil være dyrere totaløkonomisk og samfundsøkonomisk at vælge den løsning, hvor materialerne kan genanvendes.

Den miljømæssige vurdering er baseret på en livscyklusvurdering af casestudiet. Resultaterne af den ene case viser, at vinyl er bedre miljømæssigt end klinkegulv, som er lavet af cementslidlag og fliser. Men der anvendes færre knappe ressourcer end ved vinyl. Resultaterne af den anden case viser, at der er en miljømæssig gevinst ved at anvende træ. I lighed med miljøvurdering af krav 3.1 skal det dog understreges, at der er en debat omkring, hvorvidt opførelsesmetoden for træ er misvisende for CO<sub>2</sub> forbruget, så det anbefales, at man ser bort fra dette resultat.

Der kan ikke konkluderes noget entydigt om den sociale bæredygtighed. Der vurderes ikke at være den store beskæftigelseseffekt ved nogle af løsningerne. Der ses ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem produkternes genanvendelighed og indeklime. De valgte produkter i casen har dog vidt forskellige indeklimatekniske egenskaber i forhold til såvel luftkvalitet som akustik.

### 7.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Kravet fokuserer alene på, at deponering skal undgås; genanvendelse eller forbrænding prioriteres ikke, heller ikke på hvilket niveau genanvendelse skal foregå. Kravet er delvist dækket ind af andre materialekrav, herunder krav til indholdsstoffer, som af naturlige årsager kun omfatter stoffer med kendte negative sundheds- og miljøskadelige egenskaber.

I praksis kan det være vanskeligt at forudsige, hvad der sker fremadrettet og dermed om materialerne rent faktisk må deponeres efter en lang brugsfase. For at sikre, at kravet er operationelt, kan ønskerne omformuleres til at omfatte krav til indhold af miljøfremmede stoffer, mulighed for adskillelse af materialetyper, mulighed for sortering mv.

Et eksempel på et mere specifikt krav er "design for adskillelse", som er forudsætning for højest mulig kvalitet i genanvendelsen ud fra en målsætning om, at genanvendelsen skal ske på så højt et niveau som muligt med udspring i en vugge-til-vugge tankegang (uden dog at stille direkte krav om vugge-til-vugge principper).

Industrien er i stigende grad i stand til at anvende byggeaffald i produktion af nye byggevarer, uanset om de indeholder rester af andre produkter eller snavs. Denne udvikling antages at være drevet af dels økonomiske incitamentter ved at anvende genbrugsmaterialer frem for råvarer, som ofte medfører et langt større energiforbrug, dels stigende efterspørgsel efter genanvendte materialer og dermed et behov for at markere produkt og virksomhed med et grønt image.

Det anbefales, at kravet fastholdes, men gør opmærksom på muligt input fra Miljøstyrelsens to projekter omkring de kommende krav til bæredygtig affaldsforebyggelse og genanvendelse samt miljøfremmede stoffer i byggevarer, som begge afsluttes i starten af december i år. Ud fra disse projekter vil der fremkomme operationelle og verificerbare krav inklusive tilhørende vejledning, som kan anvendes i forbindelse med en eventuel senere revurdering af kravet.

## 8 Krav 3.6: Miljømærkning af byggevarer

### 8.1 Definition og formål med kravet

#### 8.1.1 Definition af kravet

Byggevarer skal overholde krav svarende til miljømærkerne Svanen, Blomsten eller Indeklimamærket.

Eksempler: Maling, overfladebehandling, holdbart træ (erstatte imprægneret træ), byggeplader af træ (f.eks. spånplader) og andre (se ecolabel.dk).

Der skal vælges CE-mærkede byggevarer, hvis de er underlagt en harmoniseret europæisk standard. CE-mærket sikrer, grundlæggende lovkrav er overholdt, som især er vigtigt ved brug af ikke-EU importvarer.

#### 8.1.2 Formål med kravet

Det overordnede formål med kravet er følgende:

- › At opnå en reel miljø- eller indeklimagevinst
- › At øge efterspørgslen af miljøvenlige produkter

Kravet skal dermed understøtte udvikling og anvendelse af miljø- og indeklimavenlige byggevarer gennem dokumentation og overholdelse af de krav, som stilles i mærkningsordningerne. Mærkerne viser på en let forståelig måde, at der er taget specielle hensyn, uden at brugeren, herunder de projekterende og udførende, skal sætte sig ind i komplicerede målinger og data.

Efterspørgslen efter dokumenterede/mærkede byggevarer øger erfaringsmæssigt udvalget af produkter med mærkning.

## 8.2 Typiske virkemidler

Grundlaget for at opfylde kravet lægges i de tidlige projekteringsfaser, hvor de overordnede arkitektoniske, konstruktive og tekniske valg træffes i en byggesag. Her skal det sikres, at det er muligt at anvende mærkede/dokumenterede produkter i det pågældende projekt. Hen gennem projekterings- og udførelsesprocessen indsnævres spektret af anvendelige byggevarer, og kravet bør her være en beslutningsparameter.

I de tilfælde, hvor der findes få eller ingen mærkede produkter, skal man være opmærksom på, at der skal et vist volumen til for, at leverandører/producenter fremstiller ny dokumentation til et enkelt projekt. Dog er der for nyligt (2013) kommet nye krav fra EU kommissionen vedr. dokumentation af det 7. krav til CE mærkede produkter. Hermed skal der leveres en miljøvaredeklaration, som udtrykker den enkelte byggevares potentielle miljøpåvirkninger. Hvis byggevareproducenten endnu ikke har fået udarbejdet og kan fremsende denne dokumentation, kan man se generiske data for byggevarer af LCA Byg ([www.lcabyg.dk](http://www.lcabyg.dk)).

Endvidere skal man være opmærksom på det konkurrencemæssige spørgsmål. I henhold til **udbudsdirektivet (nuværende direktiv 2004/18/EC) art. 23** skal ordregiverne fastsætte deres tekniske specifikationer, så de ikke forhindrer konkurrencen vedr. f.eks. at stille krav, som usagligt udelukker leverandører på markedet. Tekniske specifikationer fastsættes med henvisning til EU-standarder, hvor dette er muligt, og hvor dette ikke er muligt til nationale standarder og forskrifter. Ordregiver kan inddrage f.eks. miljømæssige krav i kravspecifikationen, hvis mærket er relateret til produktionsmetoden ved fremstillingen af varerne. Ordregiver kan ikke henvisse til et bestemt mærke, men er forpligtet til at beskrive de bagvedliggende kriterier for det ønskede mærke.

Efter det **nye direktiv (2014/24/EU) artikel 43** kan ordregiver godt kræve et bestemt mærke, f.eks. et miljømærke, som dokumentation for at produktet lever op til specifikke miljømæssige egenskaber. Dog skal mærkekravene vedrøre kriterier, som er forbundet med kontraktens genstand, mærkekravene skal være baseret på objektivt verificerbare og ikke-diskriminerende kriterier, mærkerne må ikke være eksklusive. Ordregiveren skal endvidere acceptere alle de mærker, der viser, at produktet lever op til tilsvarende mærkekrav. Direktivet skulle have været trådt i kraft i DK senest i slutningen af marts 2014. Det forventes, at den nye regering i løbet af efteråret genfremsætter forslag til ny udbudslov, som blev trukket tilbage pga. valget, så enten vil loven eller direktivet være i kraft ultimo marts 2016.

## 8.3 Økonomisk bæredygtighed

### 8.3.1 Beskrivelse af casen

Udgangspunktet for casen er et boligbyggeri, som skal renoveres uden krav om miljømærkning eller tilsvarende dokumentation af nogen art. I dette byggeri ses på en række specifikke bygningsdele, komponenter og overflader, hvor der sammen-

lignes et traditionelt/billigt produkt med et miljømærket alternativ valgt fra [www.ecolabel.dk](http://www.ecolabel.dk). Følgende komponenter er vurderet:

- > Maling
- > Spartel
- > Akustikpaneler
- > Linoleum

### 8.3.2 Forudsætninger

Der er antaget et byggeri på en størrelse af 2700 m<sup>2</sup> med en facade på 539 m<sup>2</sup>. Den totale størrelse på indervægge er ca. 2.000 m<sup>2</sup> og toilet/bad/køkken gulv på 200 m<sup>2</sup> samt andre gulve på 2.000 m<sup>2</sup>.

Tabel 8-1 Forudsætninger for krav 3,6

Kr./m <sup>2</sup>	Almindelig	Miljømærket
<b>Maling</b>	19	21
<b>Spartel</b>	20	30
<b>Akustikpaneler</b>	271	310
<b>Linoleum</b>	308	350

Det ses, at priserne for de miljømærkede produkter er lidt højere i alle tilfælde. Der er ikke set på levetiderne for de enkelte produkter, men antaget, at levetiderne er de samme, uanset om der anvendes almindelig eller miljømærkede produkter.

### 8.3.3 Anlægsøkonomi

Anlægsøkonomisk vil der være en omkostning på ca. 50 kr./m<sup>2</sup> etageareal ved at indføre kravet.

Tabel 8-2 Anlægsøkonomiske omkostninger i de første år, kr./m<sup>2</sup> etageareal/år

<b>Anlægsøkonomiske omkostninger</b>	50
--------------------------------------	----

### 8.3.4 Totaløkonomi

For dette krav indeholder totaløkonomien kun de anlægsøkonomiske omkostninger over tid. I nærværende er det vurderet, at omkostningerne til materialer er anlægsomkostninger og vil ikke være lig driftsomkostningerne. Samlet set vil kravet have en totaløkonomisk omkostning på ca. 100 kr./m<sup>2</sup> etageareal i NNV.

### 8.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk vil der ligeledes være en omkostning på 100 kr./m<sup>2</sup> etageareal. I den samfundsøkonomiske beregning er der ved dette krav ikke regnet emissi-

oner fra luft. Den samfundsøkonomiske beregning indeholder det totaløkonomiske resultat, samt forvridninger der vil være.

### 8.3.6 Opsummering

Samlet set er kravet en økonomisk omkostning både anlægs-, total- og samfundsøkonomisk. I Tabel 8-3 ses alle omkostninger.

*Tabel 8-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 3.6 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal*

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	100
<b>Totaløkonomi</b>	100
<b>Samfundsøkonomi</b>	100

## 8.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er ikke lavet livscyklusvurdering af casestudierne.

Miljømærkede produkter er ikke nødvendigvis – men højst sandsynligt – mere miljøvenlige end ikke-mærkede tilsvarende produkter. Der er både eksempler på mærkede produkter, der er bedre end ikke-mærkede produkter, og der er eksempler på ikke-mærkede produkter, der er bedre end mærkede produkter. Med andre ord er billedet ikke entydigt. Samtidigt er vurderingen af grad af miljøvenlighed ikke entydigt.

Et eksempel herpå kan f.eks. være et epoxygulv sammenlignet med et trægulv. I dette eksempel påvirkes mennesker under lægning af et epoxygulv, og der er mange arbejdsmiljømæssige forholdsregler, der skal følges. Trægulvet påvirker ikke under lægning, men derimod er mange trægulve produceret ved anvendelse af træ, der ikke er certificeret med PEFC, FSC eller lignende. Dermed er træet ikke bæredygtigt. Det er således tydeligt, at der er mange hensyn, der skal inddrages i en vurdering af miljøforhold – og dermed også at det kan være vanskeligt at sammenligne produkter med de eksisterende data og oplysninger om byggevarer. Dog arbejdes der intenst med at etablere tilstrækkelig viden til, at byggevarers miljøperformance kan sammenlignes. Det forventes, at man i starten af 2016 er nået tilstrækkeligt langt til, at man kan tage et skridt videre imod opstilling af miljøkrav til byggevarer.

Ved mærkning af byggevarer sikrer den bagvedliggende dokumentation, at en række krav er overholdt, som man kan gå i dybden med efter behov. Mærkningen og dokumentationen sikrer under alle omstændigheder en transparent og veldokumenteret opgørelse af miljøforhold mv.

Der er samtidigt mange eksempler på, at arbejdet med mærkningen direkte indgår i og påvirker produktudviklingen, især i forhold til det konkrete produkt, som søges mærket, men også i forhold til tilsvarende produkter.

## 8.5 Social bæredygtighed

Erfaringsmæssigt er det ofte produkter af lidt højere kvalitet og produceret i nærområdet, som også er miljø- eller indeklimatemærket (den omvendte konklusion kan ikke drages!). Det vil derfor være rimeligt at antage, at øget anvendelse af miljømærkede produkter giver en øget beskæftigelseseffekt.

Miljømærkede produkter giver samtidig en langt større sikkerhed for, at produkterne ikke indeholder stoffer, som er sundhedsskadelige enten i forbindelse med produktion eller genanvendelse eller i brugsfasen. Samtidig er de den bedste garanti for, at råvarer og produkter er fremstillet under bæredygtige og arbejdsmiljøvenlige forhold. Miljømærket træ er et godt eksempel herpå.

For indeklimatemærkede produkter stiller sagen sig lidt anderledes. Mærkningen beskæftiger sig primært med afgang i brugsfasen (dog må produkterne ikke indeholde kræftfremkaldende og andre skadelige stoffer). Her er det derfor den sociale bæredygtighed i brugsfasen, som er i centrum, mens der ikke stilles krav til f.eks. bæredygtig produktion.

## 8.6 Samlet vurdering af krav

### 8.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Grundlaget for at opfylde kravet lægges i de tidlige projekteringsfaser, hvor de overordnede arkitektoniske, konstruktive og tekniske valg træffes i en byggesag. Her skal det sikres, at det er muligt at anvende mærkede/dokumenterede produkter i det pågældende projekt.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor forskellige traditionelle materialevalg sammenlignes med miljømærkede alternativer, herunder maling, spartel, akustikplader og linoleum. Analysen viser, at produkterne er lidt dyrere totaløkonomisk og samfundsøkonomisk.

Der er foretaget en kvalitativ vurdering af den miljømæssige bæredygtighed. Der er ikke nogen entydig konklusion. Miljømærkede produkter er ikke nødvendigvis – men højst sandsynligt – mere miljøvenlige end ikke-mærkede tilsvarende produkter. Der er både eksempler på mærkede produkter, der er bedre end ikke-mærkede produkter, og der er eksempler på ikke-mærkede produkter, der er bedre end mærkede produkter.

Der er ligeledes foretaget en kvalitativ vurdering af den sociale bæredygtighed. Erfaringsmæssigt er det ofte produkter af lidt højere kvalitet og produceret i nærområdet, som også er miljømærket. Det vil derfor være rimeligt at antage, at øget anvendelse af miljømærkede produkter giver en øget beskæftigelseseffekt.

Det vurderes endvidere, at miljømærkede produkter sandsynligvis har bedre effekt på indeklimaet, da de giver en langt større sikkerhed for, at produkterne ikke indeholder stoffer, som er sundhedsskadelige enten i forbindelse med produktion eller



genanvendelse eller i brugsfasen. Sikkerhed for et indeklimavenligt produkt fås dog kun ved valg af et indeklimamærket produkt.

## 8.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Kravet vurderes at understøtte Københavns Kommunes bæredygtighedsstrategi i og med, at efterspørgsel efter mærkede/dokumenterede produkter øger udvalget af miljøvenlige produkter med alle de sundheds- og miljømæssige fordele, dette indebærer for nogle produktgruppers vedkommende.

Det vurderes dog, at kravet skal stilles således, at producenter uden miljømærkede produkter skal kunne levere tilsvarende information – der behandles på lige fod med miljømærkede produkter. Det skyldes, at miljømærkede produkter ikke nødvendigvis har de største fordele inden for bæredygtighed – andre produkter uden mærkning kan performe ligeså godt.

Derudover er der en række produktgrupper, der ikke har miljømærkning, hvor andre parametre da skal anvendes ved vurdering og valg af materialer og byggevarer<sup>2</sup>.

Der gøres opmærksom på to igangværende projekter omkring bæredygtige byggematerialer, som forventes offentliggjort i december 2015. Disse projekter omhandler indhold af miljøfremmede stoffer, affaldsforebyggelse og genanvendelse.

Et fremtidsscenario vil være at stille krav om fremsendelse af miljøvaredeklarationer for de byggematerialer, der har den største betydning i byggeriet for også at inkludere øvrige miljøpåvirkninger såsom drivhuseffekt, forsuring osv. Det anbefales at efterspørge, men ikke stille krav, om miljøvaredeklarationer for at fremme deklarerede produkter, men i lighed med mærkede produkter, må der forventes en implementeringsperiode, før rådgivere er i stand til at anvende deklARATIONERNE konstruktivt, og industrien er i stand til at fremstille dem.

Når Københavns Kommune får erfaring med disse miljøvaredeklarationer, kan der stilles krav til de potentielle miljøpåvirkninger (f.eks. at emissionen af drivhusgasser skal være lavere end x kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>) fra de mest betydende byggevarer, bygningsdele eller det samlede byggeri.

---

<sup>2</sup> Et eksempel herpå er Nordisk Wavin, som ikke CE mærker deres produkter. For at påvise og dokumentere god kvalitet, anvender de i stedet VA-godkendelsesordningen.

## 9 Krav 4.5: Genanvendelse af regnvand

### 9.1 Definition og formål med kravet

#### 9.1.1 Definition af kravet

I forbindelse med nybyggerier anvendes regnvand til toiletskyl og vaskemaskiner. I institutioner og bygninger med offentlig adgang må brug af regnvand til WC-skyl kun ske med kommunalbestyrelsens tilladelse efter drøftelse med Sundhedsstyrelsen. I institutioner og bygninger med offentlig adgang må regnvand ikke anvendes til tøjvask. Kommunalbestyrelsen kan ikke give tilladelse til brug af regnvand til WC-skyl og tøjvask i institutioner for børn under 6 år (f.eks. vuggestuer og børnehaver), hospitaler og plejehjem og andre institutioner for særligt følsomme grupper (f.eks. fysisk og psykisk handicappede).

#### 9.1.2 Formål med kravet

Formålet med kravet er primært at spare drikkevand til formål, hvor vand af ringere kvalitet/renhedsgrad er lige så velegnet. Regnvandet er velegnet til toiletskyl og tøjvask såfremt det er uden misfarvning, og alle forskrifter for opsamling, filtrering og opspædning med drikkevand overholdes.

Lovgivningen har sat en række sikkerhedsmæssige restriktioner for, hvor regnvandet må anvendes, som begrænser kommunens muligheder for at anvende det i egne bygninger. Kravet retter sig derfor først og fremmest mod almene boliger, dernæst mod kommunale kontorbyggerier, hvor der ikke er offentlig adgang, og institutioner, som ikke falder inden for myndighedernes afgrænsning.

Et sekundært formål med kravet er at aflaste systemerne for afledning af regnvand – offentlig kloak og/eller lokal afledning og nedsivning af regnvandet samt lokal opsamling og forsinkelsesbassiner (LAR).

Kravet påvirker udformning af taget og valg af tagmateriale og hænger derfor sammen med kommunens materialekrav, lokalplaner, fredningsbestemmelser mv.

## 9.2 Typiske virkemidler

Den mest almindelige og udbredte brug af regnvand er opsamling i regnvandstønder og lignende med henblik på brug til vanding i haver. Flere bruger også dette vand til bilvask, da vandet er blødt og ikke indeholder kalk, som kan give skjolder på bilen.

Den mere intensive og integrerede anvendelse af opsamlet tagvand knytter sig til toiletskyl og i mindre grad til tøjvask.

Anvendelse af opsamlet tagvand kræver et separat rørsystem til det opsamlede vand og en tydelig markering på anvendelsesstederne, at der er tale om regnvand og ikke drikkevand.

Typisk ledes tagvandet via et filter til en regnvandstank i kælderen, hvorfra det pumpes i et separat rørsystem til de tapsteder, hvor det skal anvendes. Typisk til toiletter og vaskemaskiner, hvor der ikke ved en fejl kan blive tappet vand til drikkeformål.

Regnvandssystemet skal være fysisk adskilt fra brugsvandssystemet. Anvendes brugsvand (drikkevand) som spædevand til regnvandstanken i tørre perioder, skal det ske ved en ikke rørført forbindelse, hvor vandet løber frit og ikke har mulighed for at komme fra regnvandstanken ind i brugsvandssystemet.

## 9.3 Økonomisk bæredygtighed

### 9.3.1 Beskrivelse af casen

Casen tager udgangspunkt i et nyt boligbyggeri på størrelse med Nordhavnsgården, men med større lejligheder, som de typisk ville blive opført i dag, dvs. 6 etager og boliger til 2½ person i gennemsnit i 240 lejemål. Toiletter er med 3/6 l skyl.

Regnvandet anvendes til toiletskyl. Regnvand til vaskeri er fravalgt, da behovet til toiletskyl alene ikke kan dækkes af regnvand. Det antages, at alle lejligheder forsynes med regnvand.

Bebyggelsen uden regnvandsanlæg og med regnvandsanlæg sammenlignes.

### 9.3.2 Forudsætninger

Årlig regnmængde i København er gennemsnitligt 6-700 mm/år. Der er regnet på en total regnmængde på 650 mm. På grund af fordampning, overløb i tanken ved kraftige regnskyl og utætheder kan ca. 75 % af den totale mængde regnvand forventes udnyttet.

Følgende bygningsdata anvendes i den konkrete case:

Tabel 9-1 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 4.6 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup>

Grunddata	
Tagflade	3100 m <sup>2</sup>
Etagér	6
Lejligheder pr. etage	40 lejligheder/etage
Lejemål /beboere	240 lejligheder / 2½ beboere
Tank	75 m <sup>3</sup> svarende til 3 ugers forbrug
Levetid for tank og filtre	40 år
Opsamlet regnvand/år	1.511 m <sup>3</sup>
Samlet vandbehov til toilet/år*)	8.640 m <sup>3</sup>
Samlet vandbehov/år, total*)	33.700 m <sup>3</sup>
<b>Samlet vandbesparelse, toilet/år</b>	17 %
Besparelse, regnvand/total vandbehov	4,5 %
Samlet anlæg, oversigt	Rørføring fra tag til kælder, filtre, tank, pumpe, tilførsel af drikkevand, rør fra kælder til lejligheder

\*) Vandforbrug til toilet i ejendommen ved årligt forbrug på 40 l/person pr. dag og samlet vandforbrug 150 m<sup>3</sup>/person, jf. Bolius.dk. Tankstørrelse og øvrige data er indhentet fra en leverandør af regnvandsanlæg.

Som det fremgår af oversigten, kan anlægget dække ca. 17 % af det samlede vandbehov til toiletskyl, når hele bygningen skal forsynes. Generelle anbefalinger fra leverandører er, at regnvand til toiletskyl kan anvendes til boliger i to etager. Der vil altid skulle spædes til med drikkevand, da tankens størrelse optimeres efter forholdet mellem forbrug og opsamlingsareal.

### 9.3.3 Anlægsøkonomi

Der vil være anlægsøkonomiske omkostninger på ca. 100 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

Tabel 9-2 Anlægsøkonomiske omkostninger i de første år, kr./m<sup>2</sup> etageareal/år

<b>Anlægsøkonomiske omkostninger</b>	100
--------------------------------------	-----

### 9.3.4 Totaløkonomi

Totaløkonomisk giver kravet anledning til både anlægs- og driftsøkonomiske omkostninger, men samlet set vil kravet give et totaløkonomisk overskud under forudsætning af, at der vil være sparede forsyningsomkostninger i forbindelse med spildevandsafledning. Kravet giver anledning til en totaløkonomisk omkostning på ca. 250 kr./m<sup>2</sup>.

### 9.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk er kravet en omkostning. For bygherrer vil der være en sparet omkostning fra spildevandsafledning, men denne besparelse vil henfalde til forsyningen, som vil miste denne indtægt. Dette er begrundelsen for, at det samfundsøkonomisk ikke vil kunne svare sig.

### 9.3.6 Opsummering

Samlet set er kravet et totaløkonomisk og samfundsøkonomisk underskud.

I Tabel 9-3 ses alle omkostninger.

*Tabel 9-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 4.5 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal*

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	150
<b>Totaløkonomi</b>	250
<b>Samfundsøkonomi</b>	200

## 9.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er ikke foretaget livscyklusvurdering af casen i dette krav.

En kvalitativ vurdering tager udgangspunkt i, at den miljømæssige gevinst ved genanvendelse af regnvand antages at være besparelse af rent drikkevand. Gevinsten er derfor størst, hvis drikkevandsressourcen er under pres, og der kan opnås en mærkbar besparelse af drikkevand. Grundvandsressourcen er generelt ikke under stort pres i Danmark. Samtidig er den beregnede besparelse på 4 % af det totale vandforbrug dog meget lille i forhold til den økonomiske investering. København henter dog alt sit drikkevand i omliggende kommuner, hvor forsyningen er mere presset og har som forsyningsansvarlig derfor en interesse i at begrænse forbruget.

Da København stort set består af etagebyggeri, er opsamlingsarealet pr. indbygger begrænset, og casen regnes for nogenlunde repræsentativ for kravets målgruppe. Leverandører af regnvandsanlæg oplyser som nævnt, at i boligbyggeri kan et regnvandsanlæg typisk dække forbruget til lejligheder i to etager, når opsamlingsareal og tankstørrelse dimensioneres optimalt. Dette begrænser den miljømæssige gevinst ved regnvandsanlæg i bymæssig boligbebyggelse højere end to etager, medmindre man nøjes med at forsyne de nederste to etager. Dette vil dog kræve en differentieret afregningsmodel for forbrug på linje med individuel afregning af varmetalet. Anderledes er det for tæt-lavt byggeri og erhvervsbyggeri, hvor forbruget er lavere og opsamlingsarealet er større.

Klimasikringseffekten ved oplagring af regnvand vurderes at være begrænset taget regnvandstankens kapacitet sammenlignet med forsinkelsesbassiners ditto i be-

tragtning. Når regnvandstanken ved større regnskyl er fyldt, ledes overskydende vand typisk i kloaksystemet eller til et LAR-anlæg, hvis dette er tilgængeligt.

De miljømæssige omkostninger hænger sammen med investeringen i dobbelt rørledning og de øvrige installationer, som skal indbygges alene på grund af regnvandsanlægget. Hertil kommer elforbrug til drift af pumper.

## 9.5 Social bæredygtighed

Genanvendelse af regnvand kræver ekstra installationer og har dermed et positivt beskæftigelsespotentiale.

Kravet vil gælde for alment boligbyggeri. Kravet medfører øgede anlægsomkostninger, og der er dermed risiko for, at kravet sætter en bremse for igangsættelse af andre renoveringer eller moderniseringer, fordi de ikke kan finansieres. Et regnvandsanlæg kan komme i modvind blandt beboerne i det almene byggeri, som er medbestemmende om ændringer i deres boligforening.

Derudover vurderes kravet ikke at påvirke aspekter af social bæredygtighed.

## 9.6 Samlet vurdering af krav

### 9.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Den mest almindelige og udbredte brug af regnvand er opsamling i regnvandstønder og lignende med henblik på brug til vanding i haver. Den mere intensive og integrerede anvendelse af opsamlet tagvand knytter sig til toiletskyl og i mindre grad til tøjvask.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som analyserer genanvendelse af regnvand til toiletskyl i en nybygget etageejendom på 6 etager. Totaløkonomisk vil kravet give et totaløkonomisk overskud under forudsætning af, at der vil være sparede forsyningsomkostninger i forbindelse med spildevandsafledning. Resultatet vil dog afhænge af tagarealets størrelse i forhold til antal af boligareal og dermed toiletter. Såfremt den sparede udgift til spildevandsafledning ikke afspejler reduktion i driftsudgifter hos forsyningselskabet, vil der ikke være en gevinst, der samfundsøkonomisk kan retfærdiggøre investeringen.

En positiv samfundsøkonomi er således betinget af, at genanvendelsen af regnvand giver mulighed for at reducere udgifterne i forsyningsvirksomhederne. Da forsyningselskaberne i tørre perioder skal være i stand til at levere 100 % dækning af byggeriets vandforbrug, er de nødt til at være dimensioneret til denne opgave, og det er dermed svært at reducere udgifterne.

Hvis man derimod ser på anvendelse af gråt vand (vand fra bad og håndvask), er der her tale om en langt mere stabil ressource, som tilmed forventes at blive produceret i nogenlunde samme takt, som der forbruges vand til toiletskyl. Dette vil

give forsyningsselskaberne større sikkerhed for et konstant fald i vandforbrug og dermed grundlag for tilpasning af forsyningsanlæg.

Der er foretaget en kvalitativ vurdering af den miljømæssige bæredygtighed. Den miljømæssige gevinst ved genanvendelse af regnvand antages at være besparelse af rent drikkevand. Gevinsten er derfor størst, hvis drikkevandsressourcen er under pres, og der kan opnås en mærkbar besparelse af drikkevand. Grundvandsressourcen er generelt ikke under stort pres i Danmark, men København henter alt sit drikkevand i omliggende kommuner, hvor forsyningen er mere presset og har som forsyningsansvarlig derfor en interesse i at begrænse forbruget. De miljømæssige omkostninger hænger sammen med investeringen i dobbelt rørføring og de øvrige installationer, som skal indbygges alene på grund af regnvandsanlægget. Hertil kommer elforbrug til drift af pumper.

Social bæredygtighed er analyseret kvalitativt. Genanvendelse af regnvand kræver ekstra installationer og har dermed et positivt beskæftigelsespotentiale.

## 9.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Casens resultater hænger ganske godt sammen med de generelle erfaringer for, hvem der kan have økonomisk fordel af et regnvandsanlæg. Under alle omstændigheder er den kommunale afgiftspolitik for afledning af spildevand en afgørende faktor for at opnå en god totaløkonomi.

- › Nybyggede enfamiliehuse har de største gevinster af et regnvandsanlæg. I eksisterende enfamiliehuse afhænger besparelsen af placering af toilet og vaskemaskine samt tagfladens størrelse.
- › Etageejendomme med boliger i 2-3 etager kan under visse forudsætninger bruge regnvandsanlæg. For højere ejendomme er tagfladen for lille i forhold til forbruget og energjudgifterne til at pumpe vandet højt op i bygningen for høje.
- › Vaskerier, herunder fællesvaskerier i etageejendomme, kan have stor fordel af at anvende regnvand under forudsætning af, at der ikke er vaskemaskiner i de enkelte lejligheder.
- › Kontorejendomme med tilstrækkelig tagflade i forhold til vandforbruget og forholdsvis central placering af toiletter kan have fordel af at benytte regnvand. Her spiller bygningshøjde og etager en rolle i lighed med etageejendommene.

Det vil på den baggrund være relativt få af de byggerier, som kravet vil berøre, som også vil have en fornuftig anlægs- og totaløkonomi ved at efterleve kravet. Med udgangspunkt alene i de økonomiske beregninger er gevinsten i København, hvor der primært bygges etageejendomme, begrænset, og det anbefales ikke at fastholde kravet.

I stedet bør følgende alternativer overvejes:

- › At der stilles krav om teknisk og økonomisk dokumentation af, om genanvendelse er teknisk muligt og økonomisk rentabelt i det konkrete tilfælde, idet udviklingen inden for området betyder, at prisen på sådanne anlæg falder.
- › Om der desuden kan findes incitamenter og tekniske muligheder til at anvende regnvand til vanding af offentlige grønne anlæg på dækkonstruktioner (som har et vandingsbehov på grund af mindre jordlag) og i øvrigt prioritere LAR-indsatsen. Samtidig anbefales det at undersøge mulighederne for anvendelse af gråt vand og dermed et fremtidigt krav om dette.



## 10 Krav 4.6: LAR-løsning

### 10.1 Definition og formål med kravet

#### 10.1.1 Definition af kravet

Ikke forurenede regnvand fra tage og befæstede opholdsarealer skal genanvendes lokalt eller om muligt afledes til et vandområde eller et kunstigt vandelement eller nedsives efter principper for lokal afledning af regnvand (LAR) efter spildevandsplanen.

Kravet ønskes også at gælde renovering.

#### 10.1.2 Formål med kravet

Formålet er at undgå ovebelastning af kloaknettet og oversvømmelse ved ekstremregn. Ved at anvende LAR-løsninger bliver belastningen af kloaksystemet mindre, og derved kan udbygning af det eksisterende kloaksystem til at modstå de forøgede regnmængder undgås eller reduceres.

I forhold til oversvømmelser vil LAR anlæg ikke i sig selv være en løsning som alternativ til kloaksystemet, da anlæggene sjældent dimensioneres til at kunne håndtere mere vand end de traditionelle kloakker. LAR skal således ses som et alternativ til at udvide kloakkapaciteten i takt med, at den dimensionsgivende regn bliver kraftigere.

Desuden indgår det i bestræbelserne på at skabe et attraktivt bymiljø og biodiversitet i byen. Kravet opfyldes gennem en kombination af virkemidler på byherres egen grund og overordnede tiltag i byområder og på kommunalt plan.

### 10.2 Typiske virkemidler

I København har man en målsætning om, at 30 % af alle befæstede arealer frakobles fælleskloaksystemet.

Opnås dette niveau, vil kloakkernes nuværende serviceniveau teoretisk kunne opretholdes frem til 2110, uden at øge dimensionerne af kloaksystemerne. De typiske virkemidler til begrænsning af belastningen af fælleskloakken vil være:

- › LAR-Løsninger (grønne/vegetative anlæg med nedsivning eller forsinkelse)
- › Lokal opmagasiner og forsinkelse
- › Separatkloakering
- › Nedbringelse af befæstede og impermeable arealer

I åbne parcelhusområder er det mest almindelige faskiner eller regnvandsbede, men også direkte udledning på græsplæner med diffus nedsivning er set anvendt. I tættere karrebebyggelser er det mest regnvandsbede og faskiner i gårdene kombineret med regnvandsrender og belagte fordybninger til forsinkelse af regnvandet, der anvendes.

Faskiner og belagte forsinkelsesfordybninger kræver mindst drift og foretrækkes mange steder frem for de grønne plantebaserede løsninger, som kræver hyppig pleje og vedligehold.

## 10.3 Økonomisk bæredygtighed

### 10.3.1 Beskrivelse af casen

For at kunne belyse de økonomiske konsekvenser ved kravet om LAR er der set på et standard byggeri. I basisscenariet er der kloakker, men de skal tilsluttes til det nuværende system. Hvis der er stor belastning af kloaknettet i områder, vil det være nødvendigt med kloakudvidelser. Omkostningerne i basis afhænger derfor af belastning på kloaknettet. I denne analyse vil vi beregne omkostninger i basis med og uden kloakudvidelser. I alternativet vil der skulle etableres en LAR-løsning.

Det skal bemærkes, at fokus for denne analyse er klimatilpasning af kloaksystemet – ikke genanvendelse af regnvand – og der fokuseres på nedsivning af regnvand på egen grund. Lokal afledning af regnvand ved hjælp af nedsivning kan være et muligt alternativ til traditionel kloakering, såfremt de fysiske rammer tillader det.

Jordens nedsivningsevne, jordforureninger og dybde til grundvandsspejlet er nogle af de faktorer, som skal undersøges og som har afgørende betydning for om LAR-løsninger baseret på nedsivning kan lade sig gøre ud fra tekniske og miljømæssige hensyn.

I det følgende er fire forskellige LAR-løsninger med nedsivning af tag og pladsvand for etageejendommen undersøgt, og betydningen af jordens nedsivningsevne er fremhævet. Der er også analyseret en mere traditionel løsning, hvor regnvandsafstrømningen fra ejendommen forsinkes i et åbent bassin, så belastningen af kloaksystemet nedbringes. Analysen er udført i en teoretisk analysemodel. De valgte løsninger er som følger:

- Løsning 1: Faskiner  
 Løsning 2: Regnvandsbede  
 Løsning 3: Regnvandsbede kombineret med permeabel belægning på parkeringsplads  
 Løsning 4: Forsinkelsesbassin med afløbstal på 1 l/s/ha (I denne case bliver afløbet 2 l/s, da arealet forudsættes at være 2 ha)

### 10.3.2 Forudsætninger

I tabellen nedenfor er angivet de fire løsninger, som der er lavet beregninger for. I de første tre løsninger er der foretaget en følsomhedsanalyse for jordens nedsvivningsevne, da den er altafgørende for anlæggenes størrelse og dermed også anlægs- og driftsøkonomien. I skemaet nedenfor ses de tre løsningers anlægsstørrelser ved forskellige nedsvivningshastigheder. 1.00E-06 svarer til sandet ler, mens 5.00E-05 svarer til silt med lidt ler og sand.

Tabel 10-1 Forudsætninger for løsningerne

Løsning	Jordens nedsvivningsevne (m/s)	Anlæg	Kommentar
1	5.00E-05	51 m <sup>3</sup> faskine	Volumen af faskine med 95 % hulrum
1	1.00E-06	161 m <sup>3</sup> faskine	Volumen af faskine med 95 % hulrum
2	5.00E-05	85 m <sup>2</sup> regnvandsbed	Dybde: 0,5m
2	1.00E-06	302 m <sup>2</sup> regnvandsbed	Dybde: 0,5m
3	5.00E-05	14 m <sup>3</sup> faskine, 24 m <sup>2</sup> regnvandsbed og 700 m <sup>2</sup> permeabel belægning	Belægningen skal kunne holde 7 mm regn
3	1.00E-06	44 m <sup>3</sup> faskine, 85 m <sup>2</sup> regnvandsbed og 700 m <sup>2</sup> permeabel belægning	Belægningen skal kunne holde 37 mm regn
4	Ubetydelig	56 m <sup>3</sup> bassinkapacitet	Ved afløb på 2 l/s

Alle løsninger dimensioneres til en 10 års hændelse med klimafaktor 1.3, således at kloakkens funktion erstattes. I den case, som vi har set på, er der antaget følgende:

- Samlet areal på 3.400 m<sup>2</sup>
- Befæstet areal 1.600: 700 m<sup>2</sup> på jord og 900 m<sup>2</sup> på tag
- Etageareal på 2.700 m<sup>2</sup>
- 800 m<sup>2</sup> svarer til 1 boligenhed

Alle omkostninger er angivet i forhold til etagearealet.

#### Besparelser ved etablering af LAR

I den økonomiske vurdering er der set på to typer besparelser, som vil være ved etablering af LAR:

- Tilslutningsomkostning
- Kloakudvidelser

Den besparelse, som bygherrer vil få ved at etablere en LAR-løsning, afhænger af, om det er en bolig- eller erhvervsejendom.

Er det et erhvervsmaal, vil bygherre kunne spare 40 % af tilslutningsomkostningen på 60.177 kr./m<sup>2</sup>, hvilket er ca. 25.000 kr. pr boligenhed. I denne case er der et areal på 3400 m<sup>2</sup>. I vores antagelser svarer 1 boligenhed til 800 m<sup>2</sup>, hvilket betyder, at der i vores case arbejdes med ca. 4 boligenheder. Dette udgør en samlet besparelse på ca. 100.000 kr.

For en boligejendom har HOFOR to beregningsmåder til at finde frem til den besparelse, som privatpersonen skal have tilbage. Det er 300 kr./befæstet areal, dog højst 40 % af standardbidraget. I vores beregning svarer det til

- 300 kr. \* 1.600 m<sup>2</sup> = 480.000 kr.

- 40 % af 61.177 kr. \* 27 boliger = 650.000 kr.

Privatpersonen kan få det laveste beløb tilbage af ovenstående beregning, hvilket er 480.000 kr.

Samlet set vil der ved en LAR-løsning kunne spares fra 100.000 kr.- 500.000 kr., hvilket svarer til 40-200 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

Den anden besparelse, som vi har valgt at se på, er kloakudvidelser. Det er antaget, at Københavns Kommune i alt vil kunne spare 20 mia. kr., hvis det ikke bliver nødvendigt med kloakudvidelser. I Københavns Kommune er fælleskloak arealet 4.100 ha. Dette svarer til en besparelse på ca. 500 kr./m<sup>2</sup> befæstet areal. I denne case er det samlede befæstede areal 1.600 m<sup>2</sup>, derfor vil der være en samlet besparelse på ca. 800.000 kr. hvilket svarer til 300 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

I KK forventes det, at LAR løsningen bliver realiseret på ca. 30 % af det befæstede areal. Dette svarer til en besparelse på 2.6 mio. kr. Fordeles dette beløb ud på de 2700 etageareal, så vil det svare til en besparelse på 1.000 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

Alt i alt er der de to typer besparelser ved dette krav, som er opsummeret i nedenstående tabel. Tilslutningsbesparelsen har konsekvens for bygherre og hermed det totaløkonomiske resultat, hvorimod besparelsen ved kloakudvidelserne har konsekvens for det samfundsøkonomiske resultat.

Figur 10-1 Besparelser ved kravet i kr./m<sup>2</sup> etageareal

	Tilslutningsomkostning	Kloakudvidelser
Lavt skøn	40	300
Højt skøn	200	1.000

### 10.3.3 Anlægsøkonomi

Anlægsomkostningerne er beregnet for de fire løsninger. Der er lavet en følsomhedsberegning på de tre første løsninger på nedsivningsevnen. Som det ses af nedenstående tabel, så ligger anlægsomkostningerne fra 0-350 kr./m<sup>2</sup>. I de anlægsøkonomiske omkostninger er fraregnet den omkostning, der vil være for bygherre ved at være tilsluttet til det nuværende kloaksystem. Det er antaget, at denne

er ca. 100.000 kr., det betyder et lavt skøn. Følsomhedsanalysen viser, at nedsivningsevnen i jordbunden er afgørende for, hvilken løsning der er den bedste. Ved stor nedsivning er regnvandsbed den løsning, der har den laveste omkostning. Ved lav nedsivning er det regnvandsbed og forsinkelsesbassin, som er billigste løsning. I basis er der i den nedenstående tabel ikke medregnet de omkostninger, der vil være i basis ved udvidelse af kloaksystemet. Det er godt nok kommunen, som vil have denne omkostning, men det må forventes at hvile i sig selv, og at omkostningen vil blive pålagt bygherre. Medregnes denne omkostning, vil der være en besparelse på ca. 147 kr./m<sup>2</sup>/år, hvilket vil betyde, at LAR-løsningen er en god løsning.

Tabel 10-2 Anlægsøkonomiske omkostninger initiale investering, kr./m<sup>2</sup>/år

Anlægsomkostninger	Løsning 1 Faskine	Løsning 2 Regnbed	Løsning 3 Regnbed med permeable fliser	Løsning 4 Forsinkelses- bassin
Stor nedsivning	100	0	50	50
Lav nedsivning	350	50	150	50

### 10.3.4 Totaløkonomi

I totaløkonomien sammenejes anlægsomkostningerne med driftsomkostningerne. Desuden er de totaløkonomiske omkostninger angivet over en tidshorisont på 100 år. For hver af LAR-løsningerne er der driftsomkostninger forbundet med vedligehold af løsningen. I tabellen nedenfor ses disse:

Tabel 10-3 Driftsomkostninger i kr.

	Årlig driftsomkostning
<b>51 m<sup>3</sup> faskine</b>	17.000
<b>161 m<sup>3</sup> faskine</b>	23.000
<b>85 m<sup>2</sup> regnvandsbed</b>	10.000
<b>302 m<sup>2</sup> regnvandsbed</b>	30.000
<b>14 m<sup>3</sup> faskine, 24 m<sup>2</sup> regnvandsbed og 700 m<sup>2</sup> permeabel belægning</b>	23.500
<b>44 m<sup>3</sup> faskine, 85 m<sup>2</sup> regnvandsbed og 700 m<sup>2</sup> permeabel belægning</b>	28.000
<b>56 m<sup>3</sup> bassinkapacitet</b>	15.000

De totaløkonomiske omkostninger ligger i intervallet 100-800 kr./m<sup>2</sup> etageareal med en tilslutningsbesparelse på 40 kr./m<sup>2</sup> etageareal. Hvis tilslutningsbesparelsen er ca. 200 kr./m<sup>2</sup>, så vil den totaløkonomiske omkostning være fra en besparelse på 50 kr./m<sup>2</sup> etageareal til en omkostning på 650 kr./m<sup>2</sup> etageareal. Den billigste løsning er løsning 2 med lav nedsivning ved regnvandsbed. Antages det her, at bygherre vil spare omkostning til kloakudvidelser (omtalt i afsnittet omkring anlægsøkonomi), så vil dette være rentabelt totaløkonomisk.

Tabel 10-4 Totaløkonomiske omkostning

	Højt skøn	Lavt skøn
<b>Løsning 1 - Faskiner</b>	200-650	300-800
<b>Løsning 2 - Regnvandsbede</b>	-50-200	100-350
<b>Løsning 3 - Regnvandsbede med permeabel belægning</b>	200-400	350-550
<b>Løsning 4 - Forsinkelsesbassin</b>	100	250

### 10.3.5 Samfundsøkonomi

I samfundsøkonomien indregnes alle omkostningerne for samfundet. Det ses, at der reelt ikke er direkte økonomisk sparede omkostninger for bygherre ved anvendelse af LAR frem for tilslutning til kloak. I samfundsøkonomien indregnes den besparelse kommunen/forsyningen opnår ved at undgå at lave kloakudvidelser.

Den samfundsøkonomiske omkostning ligger i spændet fra en besparelse på 250 kr./m<sup>2</sup> etageareal til en omkostning på 300 kr./m<sup>2</sup> etageareal, hvor det er antaget, at tilslutningsomkostningen er 40 kr./m<sup>2</sup> etageareal og en kloakudvidelses besparelse på 300 kr./m<sup>2</sup> etageareal. Den billigste løsning er regnvandsbed. I vores samfundsøkonomiske resultat er der ikke værdisat øvrige sidegevinster (miljømæssige og sociale), herunder værdien af øget biodiversitet, grønne områder, herlighedsværdi, rekreative formål mv.

Hvis tilslutningsbesparelsen er 200 kr./m<sup>2</sup> etageareal, og kloakudvidelsesbesparelsen er 1.000 kr./m<sup>2</sup> etageareal, så vil der være en besparelse fra 550 til 1.100 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

Anlægsøkonomiske omkostninger	Totaløkonomi	Samfundsøkonomi
Lavt skøn	100-800	-250-300
Højt skøn	-50-650	-1.100(-550)

### 10.3.6 Opsummering

I Tabel 10-5, Tabel 10-6 og Tabel 10-7 ses henholdsvis anlægs-, total- og samfundsomkostninger for kravet 4.6. Som det ses af tabellerne, så kan kravet give anledning til både en omkostning og en besparelse. Disse beregninger er lavet under antagelse af lavt skøn for besparelserne.

*Tabel 10-5 Anlægsøkonomiske omkostninger i NNV over 100 år i kr./m<sup>2</sup> etageareal*

Anlægsøkonomiske omkostninger	Løsning	Løsning	Løsning	Løsning 4
	1	2	3	Forsinkelses-
	Faskine	Regnbed	Regnbed med permable fliser	bassin
Stor nedsivning	150	0	150	100
Lav nedsivning	600	50	250	100

*Tabel 10-6 Totaløkonomiske omkostninger i NNV over 100 år i kr./m<sup>2</sup> etageareal*

Totaløkonomiske omkostninger	Løsning	Løsning	Løsning	Løsning 4
	1	2	3	Forsinkelses-
	Faskine	Regnbed	Regnbed med permable fliser	bassin
Stor nedsivning	300	100	350	250
Lav nedsivning	800	350	550	250

*Tabel 10-7 Samfundsøkonomiske omkostninger i NNV over 100 år i kr./m<sup>2</sup> etageareal*

Samfundsøkonomiske omkostninger	Løsning	Løsning	Løsning	Løsning 4
	1	2	3	Forsinkelses-
	Faskine	Regnbed	Regnbed med permable fliser	bassin
Stor nedsivning	-50	-250	-50	-150
Lav nedsivning	300	-50	100	-150

## 10.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er ikke gennemført en livscyklusvurdering af dette krav.

Formålet med LAR er først og fremmest at beskytte mennesker, bygninger og anlæg mod skader fra ekstremregn, som i stigende grad påvirker landet på grund af klimaforandringer. Behovet for og effekten af LAR er på samme måde som kloakudvidelse, derfor størst, hvor skaderisikoen er størst, dvs. hvor regnvandet ikke af sig selv kan sive/løbe væk.

I forhold til kloakanlæg kan der være både miljømæssig og økonomisk gevinst ved LAR-løsninger, hvis der inddrages en række sidegevinster i form af værdien af øget biodiversitet, grønne områder, herlighedsværdi, rekreative formål mv.

## 10.5 Social bæredygtighed

Beskyttelse af vores fælles og individuelle værdier ved at sikre værdierne mod ødelæggelse understøtter vores livsvilkår, historie og kulturarv, som er et vigtigt aspekt af social bæredygtighed. LAR-løsninger er et centralt element heri. En prioriteret indsats for LAR har derfor stor samfundsmæssig social betydning.

LAR-løsninger kan samtidig udformes, så de bidrager til bymiljøet. Eksempler er at indrette regnvandsbedene i forbindelse med grønne arealer og åbne afledningskanaler og opsamlingsbassiner i beton, som kan anvendes til leg og ophold i tørre perioder.

Københavns Kommune anfører, at der i almensektoren er et stort ønske om, at LAR-kravet sættes i relation til den samlede anlægssum i renoveringssager. F.eks. max 2 % i sager over 5 mio. kr. og max 5 % i sager under 5 mio. kr. el. lign. graderet beløbsgrænse. Samtidig er der risiko for, at kravet sætter en bremse for igangsættelse af andre renoveringer eller moderniseringer, fordi de ikke kan finansieres. Selv rentable LAR-løsninger kan dermed risikere at komme i modvind blandt beboerne i det almene byggeri, som er medbestemmende om ændringer i deres boligforening.

Der er desuden typisk bedre økonomi i LAR-løsninger i enfamiliehuse med haver end i etageejendomme med store befæstede arealer.

## 10.6 Samlet vurdering af krav

### 10.6.1 Økonomisk, miljømæssige og social bæredygtighed

Der er en række forskellige LAR-løsninger, som kan anvendes til nedsivning og forsinkelse af regnvand. Jordens nedsivningsevne, koten, andelen af befæstet areal i området og kloakering i området er af afgørende betydning for, hvilke løsning der er teknisk og miljømæssigt hensigtsmæssige.



Den økonomiske analyse er baseret på en case, hvor der analyseres 4 forskellige tekniske løsninger (faskine, regnbed, permeable fliser og forsinkelsesbassin), og hvert scenarie analyseres for jord med høj og lav nedsivningsevne.

Der er to typer besparelser på projektet, 1) bygherrens rabat på tilslutningsomkostninger, når der etableres LAR-løsninger og 2) forsyningsselskabets besparelse, hvis man kan undgå kloakudvidelser. Bygherrens besparelse er væsentlig lavere for erhvervsjendomme end for boligejendomme. Forsyningsselskabets besparelse (den samfundsøkonomiske besparelse) afhænger af, om LAR-projekterne er store og strategiske, så de virkelig kan aflaste kloaksystemet, eller om der er tale om mindre projekter, der kun har lokal effekt.

Den totaløkonomiske analyse viser, at det kun meget sjældent giver overskud for bygherre. Der er anlægsudgifter og væsentlige driftsudgifter, og det er kun i særlige tilfælde, at rabatten på tilslutningsafgiften kan opveje udgifterne. F.eks. hvis der laves regnvandsbed i et boligområde, hvor jorden har høj nedsivningsgrad.

Den samfundsøkonomiske analyse viser, at LAR-løsninger kan give overskud eller underskud afhængig af forholdene i området. Forsyningsselskaberne vurderes at kunne få en besparelse på 20 mia. kr., hvis udvidelse af kloak kan undgås. Det er dog kun de større LAR-projekter, der virkelig aflaster systemet, og derfor tillægges den samfundsøkonomiske højere værdi end LAR-projekter, der kun har lokal effekt. I case beregningen vurderes, at meget lokale LAR-projekter samfundsøkonomisk kan give en besparelse 250 kr./m<sup>2</sup> op til en merudgift på 300 kr. pr m<sup>2</sup>. Strategiske, store LAR-projekter kan give en samfundsøkonomisk besparelse på 1.100 kr. pr. m<sup>2</sup>, hvis forudsætningerne er i orden. Store LAR-projekter vil oftest skulle være fælles for en række grundejere og/eller kommunen.

Der er foretaget en kvalitativ vurdering af den miljømæssige bæredygtighed. I forhold til kloakanlæg kan der være både miljømæssig og økonomisk gevinst ved LAR-løsninger, hvis der inddrages en række sidegevinster i form af værdien af øget biodiversitet, grønne områder, herlighedsværdi, rekreative formål mv. Det skal her bemærkes, at der i den samfundsøkonomiske analyse ikke er medregnet sideeffekter såsom rekreative værdier, herlighedsværdi, øget livskvalitet, værdiforøgelse af ejendommen, sundhed og miljøeffekt af biodiversitet. Indregnes sideeffekterne, kan der afhængigt af den økonomiske vægtning af disse effekter evt. opnås en besparelse. Desuden kan kloakudvidelser medføre store påvirkninger af trafik og det lokale miljø, mens arbejdet pågår, mens dette i mindre grad er tilfældet for LAR. De økonomiske og sociale (negative) effekter af dette er heller ikke medtaget i beregningerne.

## 10.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Vand kender ingen grænser, og det kommunalt ejede byggeri eller de almene boliger, som har installeret LAR i forbindelse med eget byggeri, kan også blive påført skader fra vand, der kommer fra nærliggende private ejendomme, som ikke kan pålægges LAR. Sammenholdt med vurderingen af den miljømæssige bæredygtighed af LAR bør det overvejes at målrette indsatsen geografisk frem for mod særlige bygningskategorier. Sikres ejendommen ikke mod tilbagestrømning fra fællesklo-

akken, der modtager spildevandet fra ejendommen, vil sandsynligheden for oversvømmelser af kældre mv. være uændret uanset om der etableres LAR anlæg for regnvandet eller ej.

Det anbefales at kravet opretholdes, men nok i en let modificeret form. Lokal håndtering af så meget regnvand som muligt har mange positive effekter, men løsningen kræver meget areal og en række tekniske og miljømæssige forhold vedrørende jordbundsforhold, grundvand, jordforurening mv. skal være opfyldt for, at løsningen kan anvendes. Et modificeret krav om anvendelse af LAR i det omfang, det er teknisk og miljømæssigt muligt, vil sandsynligvis også give et økonomisk mere positivt resultat i det konkrete tilfælde.

## 11 Krav 4.16: Grønne tage

### 11.1 Definition og formål med kravet

#### 11.1.1 Definition af kravet

Ved nybyggeri skal tage med en taghældning på 30 grader eller derunder så vidt muligt begrønnes (grønne tage). Ved renovering af eksisterende byggeri skal der også ske en begrønning, hvis forudsætningerne er til stede.

#### 11.1.2 Formål med kravet

Formålet er at bidrage til lokal håndtering af regnvand for at aflaste kloaksystemet og medvirke til at minimere risiko for oversvømmelse. Desuden kan grønne tage have rekreative formål og/eller virke forskønnende i bymiljøet. Kravet kan opfyldes på forskelligt niveau lige fra simple og forholdsvis lette sedumtage til tungere og vandingskrævende beplantninger og taghaver.

### 11.2 Typiske virkemidler

Grønne tage kan normalt udføres på tage med en hældning, der er mindre end 30 grader. Grønne tage udføres ofte på meget flade tage, hvor arealerne også kan bruges som taghaver. Der findes to hovedprincipper for grønne tage:

- 1 Ekstensive tage med en tynd og forholdsvis let opbygning af små tørketolerante planter som sedum, mos eller græs.
- 2 Intensive tage med en tykkere og dermed tungere opbygning beplantet med stauder, buske og evt. træer og opholdsarealer.

For begge typer gælder, at der skal være en tæt og rodsikker membran, som beskytter den underliggende konstruktion mod vand indtrængen. Tilsvarende skal der over membranen findes et drænende lag, som evt. kan udformes, så det samtidig udgør en form for vandmagasin.

De lette ekstensive tage er højst 10 cm tykke og kan normalt placeres oven på den eksisterende tagkonstruktion og kræver konstruktionsmæssigt kun foranstaltninger til fastholdelse af den drænedede sedum eller lignende.

De tunge intensive tage er 20-80 cm tykke og kan normalt kun udføres på flade tage. Disse tage kræver normalt forstærkning af de bærende konstruktioner, da vægten ligger på 300-1100 kg/m<sup>2</sup> og hertil kommer evt. vægt af ophold på taget.

## 11.3 Økonomisk bæredygtighed

### 11.3.1 Beskrivelse af casen

For denne case er der set på et nybyggeri. I basis betragtes et tag med konventionelt tagpap. I alternativet ses på et grønt tag, som kan bidrage til LAR.

### 11.3.2 Forudsætninger

I de beregninger, som er foretaget, er det antaget, at nybyggeriet har et etageareal på 2.700 m<sup>2</sup>, 3 etager, en klimaskærm på 1.454 m<sup>2</sup> samt et tagareal på 900 m<sup>2</sup>.

I basisscenariet er der set på et betontag, som er lavet af tagpap (mineraluld) med en U-værdi 0,10 W/m<sup>2</sup>K. Tagkonstruktion med en bærende plade af beton, taghældning min. 01:40. Levetiden for denne tagløsning er 30 år.

I alternativet ses på et grønt tag, som er et Mos-sedum tag med en U-værdi på 0,10 w/m<sup>2</sup>K. Levetiden for denne løsning er 50 år.

I Tabel 11-1 er angivet omkostningerne for de to typer af tag. I løsningen ses på forskellen i omkostningerne over 100 år, hvorfor det betyder en del, at der er forskellig levetid.

Tabel 11-1 Forudsætninger for krav 4. 16

Parameter	Alm. tag	Grønt tag
Investeringsomkostninger for tag på 900 m <sup>2</sup>	1 mio. kr.	2 mio. kr.
Levetid	30	50
Beskrivelse	Tagpap/mineraluld, betontag, U-værdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K	Grønt tag med Mos-sedum, U-værdi 0,10 W/m <sup>2</sup> K

### 11.3.3 Anlægsøkonomi

Der vil anlægsøkonomisk være en meromkostning i forbindelse med opsætning af grønt tag. I det første år vil der være en meromkostning på ca. 300 kr./m<sup>2</sup> etage-

areal, hvilket er de ca. 1 mio. fordelt på 2.700 m<sup>2</sup>. Det er ikke muligt at fratække omkostningen til opkobling til kloaksystemet, da der skal ske tilkobling til kloak eller anden form for afledning af 'overskydende' regnvand. Det er kun de helt små regn, der kan opsuges i taget. Alle kraftigere regn giver en afstrømning, hvor fordelingen består i, at afledningen forsinkes noget i stedet for at komme momentant, som det sker fra et normalt tag. Anlægsomkostningerne er her fordelt ud på de 2700 m<sup>2</sup>.

Tabel 11-2 Anlægsøkonomiske omkostninger ved den initiale investering, kr./m<sup>2</sup> etageareal/år

Løsning 1	
<b>Anlæg af tag</b>	300

Samlet set vil der være en anlægsomkostning på 300 kr./m<sup>2</sup> i det første år.

### 11.3.4 Totaløkonomi

I totaløkonomien indregnes anlægs- og driftsomkostningerne for bygherre over en 100 års periode. Anlægsomkostningerne udgør ca. 250 kr./m<sup>2</sup> etageareal, dertil vil der være sparede driftsomkostninger på ca. 200 kr./m<sup>2</sup> etageareal. Alt i alt vil der være en totaløkonomisk omkostning på 50 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

### 11.3.5 Samfundsøkonomi

I den samfundsøkonomiske beregning ses på alle omkostningerne for samfundet, hvilket betyder, at opsætning af grønne tage kan afhjælpe noget af det vand, som afledes til kloakken. Det antages ikke, at kommunen vil kunne spare omkostningerne ved evt. udbygning af kloaknet, da det ikke er realistisk, at kravet med de grønne tage vil kunne aflede vandet. Samlet set vil der være en samfundsøkonomisk omkostning på 50 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

### 11.3.6 Opsummering

Samlet set vil der være relativt små total og samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med kravet. I Tabel 11-3 ses alle omkostninger både for bygherre og for samfundet. De største omkostninger vil være i forbindelse med anlæg af taget.

Tabel 11-3 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 4.16 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal.

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	250
<b>Totaløkonomi</b>	50
<b>Samfundsøkonomi</b>	50

## 11.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er ikke gennemført livscyklusvurdering for dette krav. Nedenfor er beskrevet en række kvalitative vurderinger af kravets miljømæssige bæredygtighed, primært med hensyn til energi og vand.

Påvirkning af energiforbrug og CO<sub>2</sub> udledning fra bygningen afhænger af begrønningens tykkelse – jo tykkere, desto bedre isolerings-/køleeffekt. Køleeffekten er også mærkbar i bymiljøet, da taget ved fordampning absorberer solenergi, hvilket mindsker 'heat island effekten'.

De ekstra foranstaltninger i selve taget og tagkonstruktionen, som kan være nødvendige for etablering af et grønt tag, skal regnes med i det samlede miljøregnskab for et konkret grønt tag.

De ekstensive grønne tage, sedumbaserede, er på alle måder mindst krævende, men samtidig med mindst miljøeffekt. De er ikke vandingskrævende, og tilbageholder begrænsede mængder regnvand. Det kræver ingen eller få byggetekniske foranstaltninger, men har nogen isolerings- og køleeffekt.

De mere intensive tage stiller først og fremmest større krav til tagkonstruktion og tagflade pga. vægt og opholdsmuligheder på taget. De er ofte en blanding af hård belægning og bede/plantekummer med vandingskrævende beplantning. Samlet tilbageholdelse af vand afhænger af, hvor intensivt taget er dækket af muld og planter. De intensive tage har behov for et vandingsanlæg og kan med fordel kombineres med opsamling af regnvand for ikke at belaste forbruget af drikkevand. Disse tage etableres ofte med udgangspunkt i social bæredygtighed (øget adgang til udearealer, dyrkning af grøntsager mv.), hvilket skal tages med i overvejelserne om det rimelige i at anvende drikkevand hertil.

Jo mere vækst, der er på et grønt tag, desto mere CO<sub>2</sub> bindes i planterne i forbindelse med fotosyntesen. Den samlede effekt er dog begrænset, særligt i tørre perioder, hvor et sedumtags vækst går i stå. Tage med tykkere vækstlag og kraftigere vækst vil derimod binde større mængder CO<sub>2</sub>.

Selvom levetiden for et grønt tag anses for at være den samme eller længere end for et tilsvarende almindeligt tag, indebærer det grønne tag en risiko, som også kan have miljømæssige konsekvenser. Opstår der en utæthed i taget, er det meget svært at finde utætheden uden at fjerne begrønningen. Hvis utætheden på grund af tagets opbygning ikke opdages, kan der opstå svampe- og rådskader på konstruktionen, som kræver reparation og udskiftning.

## 11.5 Social bæredygtighed

Ved dette tiltag vil der være en beskæftigelseseffekt på ca. to årsværk som i forhold til de andre tiltag vurderes stor.

Der vil være en vis indeklimateffekt ved grønne tage. I rummene på bygningens øverste etage kan opleves en begrænset temperaturudjævning ved et grønt tag

(mindre varme om sommeren, mindre kulde om vinteren). Derudover vil den generelle øgning af sommertemperaturen i byen som følge af Heat Island-effect mindskes, hvis koncentrationen af grønne tage og andre grønne elementer er tiltrækkelig tæt.

Ved etablering af egentlig taghaver opnås øget adgang til private eller offentlige udearealer og dermed et positivt tilskud til livsvilkår i tætbebyggede bymiljøer. Til gengæld er der risiko for, at drikkevand vil medgå til vanding af beplantningen i taghaverne.

## 11.6 Samlet vurdering af krav

### 11.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Grønne tage kan normalt udføres på tage med en hældning, der er mindre end 30 grader. Grønne tage udføres ofte på meget flade tage, hvor arealerne også kan bruges som taghave. Der er typisk to typer grønne tage, herunder ekstensive tage med sedum, mos eller græs og intensive tage med en tungere opbygning og beplantning.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som analyserer et ekstensivt grønt tag. Der vil være en meromkostning til anlæg, men til gengæld er levetiden længere. Samlet set giver det grønne tag imidlertid et lille totaløkonomisk under-skud. Samfundsøkonomisk er løsningen også en omkostning, fordi det vurderes, at grønne tage ikke tilbageholder så meget vand, at forsyningsselskaberne kan spare omkostningerne ved evt. udbygning af kloaknet.

Der er foretaget en kvalitativ vurdering af den miljømæssige bæredygtighed af kravet. Påvirkning af energiforbrug og CO<sub>2</sub> udledning fra bygningen afhænger af begrønningens tykkelse – jo tykkere, desto bedre isolerings-/køleeffekt og effekt på indeklima. Køleeffekten er også mærkbar i bymiljøet, da taget ved fordampning absorberer solenergi, hvilket mindsker 'heat island effekten'.

Selvom levetiden for et grønt tag anses for at være den samme eller længere end for et tilsvarende almindeligt tag, indebærer det grønne tag en risiko, som også kan have miljømæssige konsekvenser. Opstår der en utæthed i taget, er det meget svært at finde utætheden uden at fjerne begrønningen. Hvis utætheden på grund af tagets opbygning ikke opdages, kan der opstå svampe- og rådskader på konstruktionen, som kræver reparation og udskiftning.

Ved etablering af egentlig taghaver opnås øget adgang til private eller offentlige udearealer og dermed et positivt tilskud til livsvilkår i tætbebyggede bymiljøer. Til gengæld er der risiko for, at drikkevand vil medgå til vanding af beplantningen i taghaverne.

## 11.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Ekstensive grønne tage kan have en god miljømæssig effekt og anbefales, når taghældning og andre fysiske/arkitektoniske forhold samt øgede anlægsomkostninger gør det muligt. I renoveringsprojekter er det ofte ikke muligt at øge vægten på taget af konstruktive årsager uden store omkostninger til forstærkning af de bærende konstruktioner.

Intensive grønne tage – taghaver – er en helt anden problematik. Her forsøges det at løse et bymæssigt problem med at skaffe friarealer til beboerne/brugerne af bygningen. Her skal gøres et aktivt tilvalg, hvor formål med og indretning af taghaven, vanding, pasning mv. skal tages i betragtning.

Alt i alt anbefales det, at der skal tages kvalificeret stilling til grønne tage, herunder specifik type af grønt tag, i det enkelte projekt afhængigt af byggeriets placering og behov for begrønning, projektets udformning og funktion mv.



## 12 Krav 8.3.a: Akustik

### 12.1 Definition og formål med kravet

#### 12.1.1 Definition af kravet

Akustikken skal for boliger mindst følge bygningsreglementets krav. Efterklangstiden (sek.) skal i klasselokaler og institutioner være 0,4 sek. Efterklangstiden skal i enkeltpersons cellekontor være 0,5 sek. Absorptionsarealet i storrumskontor skal være 1,1 x gulvarealet<sup>3</sup>.

#### 12.1.2 Formål med kravet

Formålet er at øge kvaliteten af det akustiske miljø i daginstitutioner og skoler, hvor mange mennesker er samlet i relativt små rum, og der især for skolernes vedkommende er behov for kommunikation. Kravet svarer for daginstitutioners vedkommende til gældende bygningsreglement og for kontorer til gængs praksis.

### 12.2 Typiske virkemidler

Opfyldelse af kravet sker generelt ved at øge absorptionsarealet.

Der tages sjældent virkemidler i anvendelse til regulering af efterklangstiden i boliger, da møbleringen alene sørger for tilstrækkelig absorptionsareal.

I skoler og institutioner samt kontormiljøer er akustiklofter det primære virkemiddel. I kontorer anvender man ofte gulvtæpper til yderligere dæmpning, idet tæpperne samtidig dæmper trinlyd. Dette kan sjældent gøres i skoler og institutioner af hygiejnehensyn, og her er det derfor på (den øverste del af) væggene, der opsættes akustisk dæmpende paneler. Herved opnår man samtidig en god taleforståelighed, da absorptionsarealet placeres på flader, som står vinkelret på hinanden.

---

<sup>3</sup> Kravene til kontorer er gældende BR-krav.

## 12.3 Økonomisk bæredygtighed

### 12.3.1 Beskrivelse af casen

Sammenligning af opgradering af krav til efterklangstid i klasserum fra lovkrav i eksisterende lovgivning (BR10/SBI-anvisning 218), det vil sige maks. 0,6 sek. til MBA-krav, hvor kravet til efterklangstiden er max 0,4 sek. For daginstitutioner siger BR10, at efterklangstiden skal være maks. 0,4 sek. MBA-kravet er således kun en stramning i forhold til gældende lovkrav for skoler. Kravet kan opfyldes ved anvendelse af lydabsorberende materialer. I analysen fokuseres på, hvordan materialer kan forbedre de akustiske forhold.

Analysen gennemføres ved at regne på omkostninger ved at forbedre akustikken i et afgrænset undervisningsrum i et renoveringsprojekt på en skole og vurdere omkostningerne ved at sikre en efterklangstid på maks. 0,4 sek. (MBA-krav) sammenlignet med eksisterende lovkrav på maks. 0,6 sek.

Der er udarbejdet eksempel på et standardskolelokale baseret på en konkret renoveringsopgaveopgave på Lergravsparkens Skole, hvor der var fokus på at opfylde MBA-kravet på efterklangstid.

### 12.3.2 Forudsætninger

I beregningerne er der antaget, at klasselokalet har en størrelse på 60 m<sup>2</sup>. Der er regnet på meromkostningen ved at udskifte til akustiklofter og vægpaneler.

Det er antaget, at akustiklofterne koster 503 kr./m<sup>2</sup> og panelerne koster 73 kr./m<sup>2</sup>. Begge har en levetid på 45 år.

### 12.3.3 Anlægsøkonomi

Anlægsøkonomisk vil det være en omkostning på ca. 600 kr./m<sup>2</sup>.

Tabel 12-1 Anlægsøkonomiske omkostninger i de første år, kr./m<sup>2</sup> etageareal/år

<b>Anlægsøkonomiske omkostninger</b>	600
--------------------------------------	-----

### 12.3.4 Totaløkonomi

I totaløkonomien indregnes anlægs- og driftsomkostningerne. Over 100 år vil der være en anlægsøkonomisk omkostning på ca. 700 kr./m<sup>2</sup> etageareal. Der vil løbende være driftsomkostninger på 500 kr./år, over en længere periode bliver dette til ca. 200 kr./m<sup>2</sup>. Alt i alt giver det en totaløkonomisk omkostning på 900 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

### 12.3.5 Samfundsøkonomi

I den samfundsøkonomiske beregning skelnes ikke mellem interessenter. Investeringer i byggebranchen vil give en merindtægt for det offentlige i form af afgift og skat på bygge- og anlægsinvesteringer. Samlet set giver dette krav en samfundsøkonomisk omkostning på 750 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

### 12.3.6 Opsummering

Både samfundsøkonomisk og totaløkonomisk er der en meromkostning ved større krav til efterklangstiden. Det vurderes ikke at have en positiv effekt på indeklimaet. Der vil være en samfundsøkonomisk gevinst ved investering i byggebranchen, hvor der vil være en indtægt via merprovenu. Der er ikke miljøøkonomiske effekter.

Tabel 12-2 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 8.3 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup>etageareal.

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	700
<b>Totaløkonomi</b>	900
<b>Samfundsøkonomi</b>	750

## 12.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er ikke gennemført livscyklusvurdering af dette krav.

En kvalitativ vurdering viser, at der skal anvendes ekstra materiale og dermed øget miljøbelastning for at opfylde kravet.

## 12.5 Social bæredygtighed

Beskæftigelseeffekt er ca. 1 årsværk.

Indeklima: Generelt er det COWIs opfattelse, at efterklangstider på 0,6 sek. i klasserum, som foreskrevet i SBI-anvisning 218, giver tilfredsstillende akustiske forhold til plenumundervisning. For undervisningslokaler, der primært anvendes til gruppearbejde og lignende og samtidig ønskes anvendt til fritidsformål, kan det være fornuftigt at projektere efter en efterklangstid på 0,4 sekund.

Omvendt kan det være belastende for såvel underviser som elever at tale et så dæmpet lokale op i en plenumsituation, som kravet lægger op til.

Kravet vurderes derfor mest relevant i de mindre klasser. For at understøtte fleksibel anvendelse af skolens lokaler er fokus på taleforståelighed frem for efterklangstid en anden måde at optimere akustikken på, som også tilgodeser begge undervisningssituationer. Herved er det nemmere at fastholde et lavt støjniveau, da man ikke instinktivt hæver stemmen for at blive hørt i hele lokalet eller for at overdøve andre, som taler samtidigt. Bedre taleforståelighed med fastholdelse af den norma-

le efterklangstid på 0,6 sek., opnås f.eks. ved at placere det krævede absorptionsareal på tre på hinanden vinkelrette flader (efter forudgående simulering).

## 12.6 Samlet vurdering af krav

### 12.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Opfyldelse af kravet sker generelt ved at øge absorptionsarealet. I skoler og institutioner samt kontormiljøer er akustiklofter det primære virkemiddel. I kontorer anvender man ofte gulvtæpper til yderligere dæmpning, idet tæpperne samtidig dæmper trinlyd.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som analyserer merudgifterne ved at opgradere til MBA krav i stedet for lovkrav i eksisterende lovgivning. I den konkrete case vil det indebære ekstra akustiklofter og vægpaneler. Analysen viser, at det både totaløkonomisk og samfundsøkonomisk vil være en omkostning at stramme kravet.

Ud fra en miljømæssig bæredygtighedsbetragtning er kravet en belastning, idet der skal anvendes ekstra materiale for at opfylde kravet.

Den sociale bæredygtighed af kravet fokuserer på indeklima. Generelt er det COWIs opfattelse, at den eksisterende lovgivning giver tilfredsstillende akustiske forhold til traditionel kateterundervisning. For undervisningslokaler, der primært anvendes til gruppearbejde og lignende og samtidig ønskes anvendt til fritidsformål, kan det være fornuftigt at stille strammere krav.

### 12.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Det må forventes, at mange klasserum skal anvendes til en række forskellige undervisningssituationer fra plenumundervisning og -diskussioner over gruppearbejde i større eller mindre grupper, selvstudium til fritidsformål og pause. Den akustiske regulering skal derfor sikre mange forskellige situationer og behov.

Derfor anbefales det, at hvis lokaler dæmpes til 0,4 sek., kombineres de med lokaler af mere auditorie lignende karakter, der indrettes og dimensioneres til mere traditionel undervisning. Her vil lokalernes volumen være afgørende for, hvilken efterklangstid, det bør projekteres efter.

Alternativt kan der skelnes mellem lokaler til forskellige klassetrin. De mindre klassetrin skal ofte anvende lokaler også uden for skoletid og har dermed et større behov for dæmpning; generelt kan der også være et højere støjniveau i disse lokaler. Her virker kravet mest relevant.

I de større klasser foreslås det, at efterklangstiden fastholdes på Bygningsreglementets krav samtidig med, at der lægges større vægt på at sikre taleforståelighed.

Samlet set vurderes dette også at kunne give tilfredsstillende lydforhold i de mindre klasser og foreslås derfor anvendt generelt for dermed at sikre størst mulig fleksibilitet i anvendelse af skolens lokaler, herunder faglokaler.

## 13 Krav 8.3.b: Termisk indeklima

### 13.1 Definition og formål med kravet

#### 13.1.1 Definition af kravet

Beregning af temperaturforhold skal vise, at temperaturen ligger på X grader C +/- Y/Z grader C = 0.

Den operative temperatur i boliger og kontorer skal være 24,5 +/- 1,0 (sommer) og 22,0 +/- 1,0 (vinter) (strammere krav til temperaturvariationer).

#### 13.1.2 Formål med kravet

Formålet er ønsket om at sikre et stabilt termisk indeklima (stabile temperaturforhold) i byggeriet.

Kravet er en skærpelse af især temperaturvariationen i forhold til den måde, hvor på Bygningsreglementets anbefalinger håndteres, og overholdelse af især kravet til sommertemperatur vil i flere tilfælde end normalt kræve køling. Dette skyldes dels det lille variationsinterval på +/- 1,0 °C, dels at der ikke tillades overskridelser af temperaturkravet i kortere perioder.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> I BR 2015 (notifikationsudgaven) står følgende:

Funktionskrav og metoder til specifikation, verifikation og kontrol af termisk indeklima findes i DS 474 Norm for specifikation af termisk indeklima. ... For andre bygninger end boliger fastlægger bygherren det maksimale antal af timer pr. år, hvor en indetemperatur på henholdsvis 26 °C og 27 °C må overskrides.

For boliger, hvor der er mulighed for at åbne vinduer og skabe udluftning, kan bestemmelsen normalt anses som overholdt, når der gennem beregning kan påvises, at der maksimalt er 100 timer pr. år, hvor indetemperaturen overskrider 27 °C og 25 timer pr. år, hvor indetemperaturen overskrider 28 °C.

Kommunens krav til operativ temperatur svarer til klasse A i DS 15251/DS 474, altså det strengeste krav og uden overskridelse i kortere perioder. Normal praksis er at anvende klas-

## 13.2 Typiske virkemidler

Kravet kan opfyldes gennem en række virkemidler afstemt i forhold til hinanden, f.eks. udformning af klimaskærm, effektiv solafskærmning, ventilation og opvarmning/køling. Erfaringsmæssigt kan man komme et stykke hen imod at opfylde kravet alene ved passive virkemidler (integreret energidesign) og optimering af installationer til bedst mulig energiudnyttelse. Men i mange tilfælde bliver køling nødvendig, hvis der også er interne varmelaster fra mennesker og varmeproducerende udstyr, som skal fjernes.

## 13.3 Økonomisk bæredygtighed

### 13.3.1 Beskrivelse af casen

Der tages udgangspunkt i et institutionsbyggeri

**Base case** Jf. BR 2015: Der vælges DS 15251/DS 1752 klasse B og max. 100 timer  $\geq 26$  °C og 25 timer  $\geq 27$  °C, jf. DS 474, som bygherre ofte vælger at følge.

**Løsning 1** Samme byggeri bygget efter MBA.

MBA-kravet vil typisk kræve køling samt en meget effektiv solafskærmning også i boliger og institutioner, hvorimod BR 2015 i mange tilfælde kan opfyldes ved mere almindelig solafskærmning og ventilation uden køling. Analysen gennemføres derfor ved at regne på omkostninger ved at tilføje køling og opgradere solafskærmning på et bolig-/institutionsbyggeri bygget efter BR 2015.

### 13.3.2 Forudsætninger

I de beregninger, som er foretaget, er det antaget, at nybyggeriet har et etageareal på 2.700 m<sup>2</sup>, 3 etager og en klimaskærm på 1.454 m<sup>2</sup>.

**Løsning 1** Ekstra væg og tagisolering. Ændring fra kølet loft 30 W/m<sup>2</sup> til kølet loft 50 W/m<sup>2</sup>.

### 13.3.3 Anlægsøkonomi

Anlægsøkonomisk vil det være en omkostning på ca. 200 kr./m<sup>2</sup> i første anlægsperiode.

---

se B med et variationsinterval på +/- 1,5 °C og tillade overskridelse på 100 timer for 26 °C og 25 timer for 27 °C.

Tabel 13-1 Anlægsøkonomiske omkostninger ved initiale investering, kr./m<sup>2</sup> etageareal/år

<b>Anlægsøkonomiske omkostninger</b>	200
--------------------------------------	-----

### 13.3.4 Totaløkonomi

Generelt er kravet ikke totaløkonomisk rentabelt. Der er indregnet en omkostning ved erstatning af ydervægge, lofter samt taget. Denne omkostning vil ikke blive opvejet af det sparede varmeforbrug. Desuden er der indregnet en elomkostning til ventilation, belysning samt køling. Der vil være en elomkostning på 11 kWh/m<sup>2</sup>/år og reduktion i varmeforbrug på 11 kWh/m<sup>2</sup>/år. Prisen på varme er en del lavere end på el, hvor der vil være øgede driftsomkostninger. Totaløkonomisk vil opfyldelse af kravet være en omkostning på 500 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

### 13.3.5 Samfundsøkonomi

Den samfundsøkonomiske pris på el er en del lavere end den budgetøkonomiske, foruden dette vil der være sparede eksternalitetsomkostninger fra luft. Alt i alt giver kravet anledning til en samfundsøkonomisk omkostning på ca. 150 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

### 13.3.6 Opsummering

Der vil være forøgede omkostninger ved efterlevelse af kravet, som ses i nedenstående tabel.

Tabel 13-2 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 8.3 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	200
<b>Totaløkonomi</b>	500
<b>Samfundsøkonomi</b>	150

Tabel 13-3 Klimaeffekt, elforbrug og varmeforbrug for krav 8.3 DKK pr. m<sup>2</sup> etageareal

	Enhed	Løsning 1
<b>Klimaeffekt</b>	Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /år	0
<b>Elforbrug</b>	kWh/m <sup>2</sup>	11
<b>Varmeforbrug</b>	kWh/m <sup>2</sup>	-11

Note: Bemærk de afrundede tal gør, at det ligner, der ikke er nogen forskel. Simpelt gennemsnit over hele perioden.



## 13.4 Miljømæssig bæredygtighed

Som det ses af ovenstående resultater, er det fordelagtigt at bygge efter BR 2015 ud fra en miljømæssig betragtning. Det skyldes to ting:

- › Dels at energiforbruget bestående af el og fjernvarme til henholdsvis ventilation med eventuel køling og opvarmning giver anledning til en højere miljøpåvirkning, hvis MBA-kravet skal overholdes. Det samlede energiforbrug er ens i de to løsninger, men det øgede forbrug af el i forhold til BR 2015-løsningen er afgørende for resultatet. De potentielle miljøpåvirkninger fra fjernvarme er i størrelsesordenen 10 gange mindre og dermed mindre betydende.
- › Dels at isoleringen giver anledning til en relativ stor påvirkning – selvom den anvendte mængde isolering antages at have en levetid som huset.<sup>5</sup>

Resultatet falder klart ud med en fordel for BR 2015-løsningen – også selvom de miljømæssige omkostninger fra isoleringen fjernes.

## 13.5 Social bæredygtighed

Kravet har ringe beskæftigelseseffekt.

Det termiske indeklima bliver mere stabilt og mindre afhængigt af udetemperaturen, hvis kravet efterleves.

Oplevelsen af komfort vil øges i nogle tilfælde, hvor stabile temperaturer er en fordel. Forskellen på +/-1 og +/-1½ grads temperaturvariation er dog begrænset, og den mest mærkbare forskel vil være, at tolerance over for kortvarig overskridelse af maximaltemperaturen er bortfaldet.

I andre tilfælde vil det være generende, at der er stor forskel på ude- og indetemperaturen om sommeren, hvor det vil være svært at tilpasse påklædningen. Dette vil især gælde i boliger, hvor der er jævnlige skift mellem ophold ude og inde om sommeren.

## 13.6 Samlet vurdering af krav

### 13.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Der er en række forskellige tekniske muligheder for at opfylde kravet, og som skal afstemmes indbyrdes, f.eks. udformning af klimaskærm, effektiv solafskærmning,

---

<sup>5</sup> I dette projekt er der anvendt LCA-data fra DGNB's LCA værktøj, hvori databaserne ESUCO og Ökobau.dat 2013 indgår. Det ses af disse data, at de potentielle miljøpåvirkninger fra isolering er relativt høje, og det kan derfor overvejes, om man for denne specifikke byggevarer skal anvende produktspecifikke LCA data fra Saint Gobain ISOVER DK. Ved at anvende disse specifikke data reduceres emissionerne fra isoleringsmateriale.

ventilation og opvarmning/køling. Endvidere er det muligt at anvende passive virkemidler og optimering af installationer til bedst mulig energiudnyttelse.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som analyserer ekstra isolering af klimaskærm, køling og opgradering af solafskærmning. Analysen viser, at det totaløkonomisk er en omkostning, idet forbedring af klimaskærm ikke vil blive opvejet af det sparede varmekonsum. Desuden vil der være øget el omkostninger til ventilation, belysning og køling. Samfundsøkonomisk vurderes kravet også at være en omkostning.

Ud fra en miljømæssig bæredygtighedsbetragtning er kravet en belastning, idet energiforbruget til ventilation samt evt. køling og opvarmning giver anledning til højere miljøpåvirkning. Energiforbruget er ens i de to løsninger, men det øgede forbrug af el i MBA løsningen er afgørende, da miljøpåvirkningerne ved fjernvarme er meget mindre end miljøpåvirkningerne fra fjernvarme.

Den sociale bæredygtighed af kravet vurderes at være positiv, idet det termiske indeklima bliver mere stabilt. I nogle tilfælde vil det opleves som øget komfort, primært fordi tolerance overfor kortvarige overskridelser af maksimaltemperatur er bortfaldet. I andre tilfælde kan det være generende, at der er store forskelle på ude- og indeklima. Samlet set vurderes indeklimateffekten at være begrænset set i relation til anlægs- og driftsomkostninger.

### 13.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Udbyttet af at overholde kravet vurderes ikke i alle tilfælde positivt eller operationelt i praksis, f.eks. i boliger. Opfyldelse af kravet vil i de fleste tilfælde stille krav til ekstra ventilation, køling og styringssystem, hvilket igen øger anlægsomkostninger og energibehovet.

Erfaringsmæssigt er det meget svært og omkostningstungt i praksis at dimensionere ventilation og køling til at overholde MBA-kravet. Pladskrav til ventilationsaggregater samt føringsveje øges ligeledes og medfører øgede byggeomkostninger. Ofte lempes kravet i projekterings- eller anlægsfasen grundet økonomi, medmindre særlige forhold taler for at fastholde det. Dette vurderes ikke at være tilfældet i hverken boliger eller kommunale bygninger generelt. Kravet foreslås at bortfalde og kun stilles i konkrete sager, hvor det er relevant.

Det anbefales, at kravet erstattes af et krav med reference til gældende standarder (den første del af den nuværende kravformulering er meget svær at fortolke!). Det anbefales at kræve klasse 2 i DS 15251 suppleret med muligheden for kortere overskridelser.

Der er tale om teoretiske beregninger af indeklima, når man følger normerne. Det er lige så vigtigt at granske og forholde sig til bygningsfysikken i projekteringsforløbet og foretage kvalitative vurderinger af, om indeklimaet vil fungere efter hensigten i praksis: Udformning af klimaskærm, vinduer, solafskærmning, placering og udformning af ventilation, intern varmelast og fordeling heraf, brugstid af bygningen osv.

## 14 Krav 8.8: Afgasning

### 14.1 Definition og formål med kravet

#### 14.1.1 Definition af kravet

Der skal vælges malingstyper og anden overfladebehandling under hensyntagen til mindst mulig afdampning i forbrugsfasen.

#### 14.1.2 Formål med kravet

Kravet er et arbejdsmiljøkrav, der skal sikre et godt atmosfærisk indeklima/arbejdsmiljø i udførelsesfasen (= forbrugsfasen).

### 14.2 Typiske virkemidler

Det primære virkemiddel til at opfylde kravet er at vælge maling og andre overfladebehandlinger med mal-kode 00-1. Hvor kravet til overfladebehandling medfører, at der kun kan arbejdes med et produkt med en anden mal-kode, skal alle arbejdsmiljømæssige forskrifter følges.

### 14.3 Økonomisk bæredygtighed

#### 14.3.1 Beskrivelse af casen

Sammenligning af traditionel maling med indeklimamærket væg- og loftsmaling. F.eks. silikatmaling som alternativ til traditionel maling

#### 14.3.2 Forudsætninger

Der er antaget en boligejendom på 2700 m<sup>2</sup>.

Det er forudsat, at malingen skal dække et ydre areal på 1.212 m<sup>2</sup>, indre vægge på 3.333 m<sup>2</sup> og lofter på 2.700 m<sup>2</sup>. Dette giver et samlet areal på 7.245 m<sup>2</sup>. Den traditionelle maling er en Flutex fra Flügger til 10,50 kr./m<sup>2</sup>, og malingen med mærkningen 'Dansk indeklimamærkning' koster 18 kr./m<sup>2</sup>.

### 14.3.3 Anlægsøkonomi

Anlægsøkonomisk er der en omkostning på ca. 10 kr./m<sup>2</sup> i investeringsomkostninger.

### 14.3.4 Totaløkonomi

Totaløkonomisk er der en meromkostning for bygherren ved at anvende en indeklimamærket maling. Der er ikke regnet andre omkostninger med for dette krav.

### 14.3.5 Samfundsøkonomi

Samfundsøkonomisk er de miljømæssige gevinster ved at anvende en bedre maling ikke værdisat. Dette betyder, at det samfundsøkonomisk ligeledes er en omkostning. Det kan ikke afvises, at en værdisætning af indeklimaet vil kunne vende det samfundsøkonomiske resultat.

### 14.3.6 Opsummering

Samlet set er kravet en økonomisk omkostning både anlægs-, total- og samfundsøkonomisk. I Tabel 14-1 ses alle omkostninger.

Tabel 14-1 Anlægs-, total- og samfundsøkonomi for krav 8.8 NNV, DKK pr. m<sup>2</sup>etageareal

Løsning 1	
<b>Anlægsøkonomi</b>	15
<b>Totaløkonomi</b>	15
<b>Samfundsøkonomi</b>	12

## 14.4 Miljømæssig bæredygtighed

Der er ikke gennemført livscyklusvurdering af dette krav.

Generelt vurderes effekt på arbejdsmiljø og miljøeffekt at hænge sammen i dette tilfælde, så et krav om at anvende produkter med lavest mulige mal-kode vil samtidig tilgodese det eksterne miljø.

## 14.5 Social bæredygtighed

Kravet er stillet med udgangspunkt i et forhold, som hører under social bæredygtighed og vil derfor være positivt i denne sammenhæng. Det vurderes dog som et

mindre væsentligt krav, da branchen under alle omstændigheder er meget opmærksomme på at benytte produkter med lavest mulige mal-kode. Det vil desuden være et område, som sikkerhedslederen på byggepladsen håndterer, inklusive at sikre brug af eventuelle påbudte værnemidler.

Indeklima: Kravet kan påvirke byggeriets indeklima i brugsfasen, da lav emission i udførelsesfasen kan betyde en længere hærdnings- og afgasningsperiode. Med det efterfølgende delkrav om så vidt muligt at anvende produkter med mal-kode 00-1 vil afgasningen sandsynligvis udelukkende give anledning til lugtgener.

## 14.6 Samlet vurdering af krav

### 14.6.1 Økonomisk, miljømæssig og social bæredygtighed

Det primære virkemiddel til at opfylde kravet er at vælge maling og andre overfladebehandlinger med mal-kode 00-1.

Den økonomiske analyse er baseret på en case, som analyserer traditionel maling med indeklimatemærket væg- og loftsmaling. Totaløkonomisk er der en meromkostning for bygherren ved at anvende en indeklimatemærket maling. Den samfundsøkonomiske vurdering er også negativ, fordi indeklimateffekten ikke er prissat.

Miljømæssigt vurderes det, at effekt på arbejdsmiljø og miljøeffekt hænger sammen i dette tilfælde, så et krav om at anvende produkter med lavest mulige mal-kode vil samtidig tilgodese det eksterne miljø.

Kravet er stillet med udgangspunkt i et forhold, som hører under social bæredygtighed og vil derfor være positivt i denne sammenhæng. Det vurderes dog som et mindre væsentligt krav, da branchen under alle omstændigheder er meget opmærksomme på at benytte produkter med lavest mulige mal-kode.

### 14.6.2 Kravets udformning og implementerbarhed

Mal-kode, hvor 00-1 er den mildeste, angiver sundhedsrisici ved indånding hhv. kontakt med produktet. Ingen af koderne angiver lugtgener, som er relevante for indeklimaet eller det atmosfæriske arbejdsmiljø under udførelse. Der kan således godt være ubehagelige lugtgener ved 00-1 produkter, men der findes p.t. ikke bedre angivelse i arbejdsmiljøsammenhæng.

Det er vigtigt ikke at anvende mal-kode i indeklimatemæssig sammenhæng.

Kravet bør omformuleres, så der direkte henvises til mal-kode kriteriet. Ordet 'forbrugsfasen' er uklart, og kravet kan misforstås. Yderligere bør kravet flyttes væk fra indeklimatekravene og til afsnit om byggepladsen. Det bør dog overvejes, om kravet overhovedet er tilstrækkelig relevant at fastholde, da det ofte håndteres i anden sammenhæng.



## 15 Resultatoversigt

	Anlægsøkonomi i 2015 (kr./m <sup>2</sup> etageareal)	Anlægs- økonomi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Totaløkon- omi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Samfundsøko- nomi (NNV/m <sup>2</sup> etage- areal)	Tilbagebetalingstid ( år)	Elfor- brug (kWh/m <sup>2</sup> etage- are- al/år)	Varmeforbrug ( kWh/m <sup>2</sup> etage- areal/år)
Krav 2,1 - Mere isolering + solceller	350	500	-100	350	29	-10	-4
Krav 2,1 - Mere isolering + solceller + energieff.	550	750	150	550	Teknisk levetid større en TBT	-11	-4
Krav 2,2 - Renovering-isolering af eksisterende tag	50	50	-50	0	18	0	-6
Krav 2,2 - Renovering- udskiftning af vinduer	400	500	250	250	Teknisk levetid større en TBT	0	-17
Krav 2,8 - Ventilation/varme	150	200	100	150	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	-14
Krav 2,21 - Fjernvarme	-100	-250	-400	-250	Ikke fordyrende i anlæg	-30	70
Krav 3,1 - Materialer og kemikalier: Ydervæg	-300	-300	-300	-250	Ikke fordyrende i anlæg	0	0
Krav 3,1 - Materialer og kemikalier: Indervæg	-250	-300	-300	-250	Ikke fordyrende i anlæg	0	0
Krav 3,2 - Materialer og kemikalier: Vinyl	50	0	0	0	Ingen gevinster	0	0
Krav 3,2 - Materialer og kemikalier: Linoleum	250	0	0	0	Ingen gevinster	0	0
Krav 3.6 - Miljømærkning af byggevarer	50	100	100	100	Ingen gevinster	0	0
Krav 4.5 - Genbrug af regnvand	100	150	250	200	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
Krav 4,6 - LAR regnvand - Faskiner	100-350	150-600	300-800	-50-300	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
Krav 4,6 - LAR regnvand - Regnvandsbede	0-50	0-50	100-350	-250(-50)	Øjeblikkelig tilbagebetalt	0	0
Krav 4,6 - LAR regnvand – Regnvandsbede med permeabel belægning	50-150	150-250	350-550	-50-100	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
Krav 4,6 - LAR regnvand - Forsinkelsesbassin	50	100-250	50-250	-150	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
Krav 4,16 - Grønne tage	300	250	50	50	Ingen gevinster	0	0
Krav 8,3a - Akustik	600	700	900	750	Ingen gevinster	0	0
Krav 8,3b - Termisk	200	200	500	150	Gevinster opvejer ikke omkostninger	11	-11
Krav 8,8 - Malingstyper	0	0	0	0	Ingen gevinster	0	0

Note: Et negativt resultat betyder en gevinst. I denne tabel er for krav 4.6 anvendt lavt skøn.

## TILBAGEBETALING

ADRESSE COWI A/S  
Parallelvej 2  
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

## 1 Metode til udregning af tilbagebetalingstider

Tilbagebetalingstiden siger noget om hvornår investeringen er tjent hjem. Det betyder, at tilbagebetalingstiden bestemmes som det tidspunkt, hvor initialinvesteringen udligner den samlede nutidsværdi af driftsomkostningerne. Tilbagebetalingstiden udregnes hermed ved at se på totaløkonomien. Driftsomkostningerne er en sum af drift, sparet el og varme samt øvrige forsyningsomkostninger. Da analysehorisonten er 100 år kan tilbagebetalingstiden ikke udregnes hvis denne overstiger 100 år.

Det skal bemærkes at tilbagebetalingstiden er udregnet ved at tilbagediskontere både omkostninger og gevinster efter finansministeriets diskonteringsrente ( 4%, 3% og 2%). Dette betyder at værdien af en besparelse i dag vurderes at have større værdi end værdien af en besparelse i fremtiden.

I tabellen nedenfor er udregnet tilbagebetalingstiden for alle krav. I de tilfælde hvor det har været muligt at udregne tilbagebetalingstiden er årstallet anført. I de tilfælde hvor det ikke har været muligt, har vi grupperet dem som følger:

1. Gevinster opvejer ikke omkostninger
2. Den tekniske levetid er kortere end tilbagebetalingstiden
3. Ingen gevinster
4. Øjebliklig tilbagebetalt



## 2 Betydning af omkostning for kloakudvidelse

I dette afsnit er set på betydningen af omkostningen for kloakudvidelser. Der er set på en omkostning på hhv. 10, 15 og 20 mia. kr. Se i rapporten for forklaring på hvordan disse tal indgår i beregningen.

Tabel 2-1 Samfundsøkonomisk resultat for hhv. 10 og 15 mia i NNV/m<sup>2</sup> etageareal

NNV/m <sup>2</sup> etageareal	10 mia	15 mia
Krav 4,6 - LAR regnvand - Faskiner	100-500	0-400
Krav 4,6 - LAR regnvand - Regnvandsbede	-100-100	-150-50
Krav 4,6 - LAR regnvand – Regnvandsbede med permeabel belægning	100-250	50-200
Krav 4,6 - LAR regnvand - Forsinkelsesbassin	50	-50
Krav 4,16 - Grønne tage	50	-50

Note: Et negativt resultat betyder at det er en gevinst.

I nedenstående resultat ses på en omkostning på 20 mia. kr svarende til 300 kr/m<sup>2</sup> etageareal for lavt skøn

Tabel 2-2 Anlægs, total og samfundsøkonomisk resultat for 20 mia. kr.

	Anlægsøkonomi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Totaløkonomi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Samfundsøkonomi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Tilbagebetalingstid (år)
Krav 4,6 - LAR regnvand - Faskiner	150-600	300-800	-50-300	Gevinster opvejer ikke omkostninger
Krav 4,6 - LAR regnvand - Regnvandsbede	0-50	100-350	-250-50	Øjeblikkelig tilbagebetalt
Krav 4,6 - LAR regnvand – Regnvandsbede med permeabel belægning	150-250	350-550	-50-100	Gevinster opvejer ikke omkostninger
Krav 4,6 - LAR regnvand - Forsinkelsesbassin	100-250	50-250	-150	Gevinster opvejer ikke omkostninger
Krav 4,16 - Grønne tage	250	50	-150	Gevinster opvejer ikke omkostninger

Note: Et negativt resultat betyder at det er en gevinst.

## 3 Resultater

	Anlægsøkonomi i 2015 (kr./m <sup>2</sup> etageareal)	Anlægs- økonomi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Totaløkonomi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Samfundsøkonomi (NNV/m <sup>2</sup> etageareal)	Tilbagebetalingstid ( år)	Elforbrug (kWh/m <sup>2</sup> etageareal/år)	Varmeforbrug ( kWh/m <sup>2</sup> etageareal/år)
<b>Krav 2,1 - Mere isolering + solceller</b>	350	500	-100	350	29	-10	-4
<b>Krav 2,1 - Mere isolering + solceller + energieff.</b>	550	750	150	550	Teknisk levetid større en TBT	-11	-4
<b>Krav 2,2 - Renovering-isolering af eksisterende tag</b>	50	50	-50	0	18	0	-6
<b>Krav 2,2 - Renovering- udskiftning af vinduer</b>	400	500	250	250	Teknisk levetid større en TBT	0	-17
<b>Krav 2,8 - Ventilation/varme</b>	150	200	100	150	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	-14
<b>Krav 2,21 - Fjernvarme</b>	-100	-250	-400	-250	Ikke fordyrende i anlæg	-30	70
<b>Krav 3,1 - Materialer og kemikalier: Ydervæg</b>	-300	-300	-300	-250	Ikke fordyrende i anlæg	0	0
<b>Krav 3,1 - Materialer og kemikalier: Indervæg</b>	-250	-300	-300	-250	Ikke fordyrende i anlæg	0	0
<b>Krav 3,2 - Materialer og kemikalier: Vinyl</b>	50	0	0	0	Ingen gevinster	0	0
<b>Krav 3,2 - Materialer og kemikalier: Linoleum</b>	250	0	0	0	Ingen gevinster	0	0
<b>Krav 3.6 - Miljømærkning af byggevarer</b>	50	100	100	100	Ingen gevinster	0	0
<b>Krav 4.5 - Genbrug af regnvand</b>	100	150	250	200	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
<b>Krav 4,6 - LAR regnvand - Faskiner</b>	100-350	150-600	300-800	-50-300	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
<b>Krav 4,6 - LAR regnvand - Regnvandsbede</b>	0-50	0-50	100-350	-250-50	Øjeblikkelig tilbagebetalt	0	0
<b>Krav 4,6 - LAR regnvand – Regnvandsbede med permeabel belægning</b>	50-150	150-250	350-550	-50-100	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
<b>Krav 4,6 - LAR regnvand - Forsinkelsesbassin</b>	50	100-250	50-250	-150	Gevinster opvejer ikke omkostninger	0	0
<b>Krav 4,16 - Grønne tage</b>	300	250	50	50	Ingen gevinster	0	0
<b>Krav 8,3a - Akustik</b>	600	700	900	750	Ingen gevinster	0	0
<b>Krav 8,3b - Termisk</b>	200	200	500	150	Gevinster opvejer ikke omkostninger	11	-11
<b>Krav 8,8 - Malingstyper</b>	0	0	0	0	Ingen gevinster	0	0

Note: Et negativt resultat betyder en gevinst. For krav 4.6 er anvendt lavt skøn som er tilslutningsbesparelse på 40 kr/m<sup>2</sup> etageareal og kloakbesparelse på 300 kr/m<sup>2</sup> etageareal