

BILAG TIL RAPPORT

Version **1**
Udarbejdet af **Lise Hvid Horup Sørensen & Mathilde Mattson**
Kontrolleret af **Christine Collin**

Dato 28-10-2020

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

Case byggerier

Case byggerierne i dette studie repræsenterer både nybyggeri fra projekter af nyere dato samt renoveringsprojekter og derved byggerier fra ældre tid. I nedenstående skema ses en oversigt over casestudierne samt oprindelses år.

Tabel 1: Oversigt over casestudier

CASE	Renovering	Nybyggeri
CASE 1 Enfamiliehus & Rækkehus	1970/2016	
CASE 2 Enfamiliehus & Rækkehus		2018
CASE 3 Enfamiliehus & Rækkehus		2018
CASE 4 Enfamiliehus & Rækkehus		2019
CASE 5 Enfamiliehus & Rækkehus		2019
CASE 6 Erhvervsbyggeri	1750/2020	
CASE 7 Erhvervsbyggeri	1992/2022	
CASE 8 Erhvervsbyggeri		2022
CASE 9 Etageboliger	1906/2018	
CASE 10 Etageboliger	1866/1940/2015	
CASE 11 Etageboliger		2020
CASE 12 Etageboliger		2022
CASE 13 Offentlige byggerier	1966/2022	
CASE 14 Offentlige byggerier		2017
CASE 15 Offentlige byggerier		2018
CASE 16 Offentlige byggerier		2022

CASE 1: RÆKKE- OG KLYNGGEHUS RESULTATER SAMLET

Casestudiet viser, at et basiccase byggeri efter 1966 standard kan opnå betydeligt lavere driftsenergi ved en opgradering og energirenovering af klimaskærmen. En lavere driftsenergi resulterer i en reduktion af CO₂ samt økonomiske omkostninger til drift. Når nybyggeriet sammenlignes med de 3 renoveringsniveauer, viser analysen, at nybyggeri er betydeligt dyrere set over en 50årig periode.

BYGNINGSTYPE	Rækkehuse
OPVARMET AREAL	799,2
BRUTTOAREAL	799,2
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	2
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	1970/2016
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



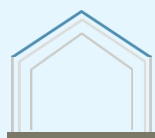
Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem tilbage til 1972 standard, BR1966. Taget isoleret med 80mm isolering og ydervægge består af 290mm hulmur med formur af tegl, 30mm isolering og bagmur af letklinkerbeton. Vinduerne er 2 lags glas.

Elforbrug: 195,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 4,4 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

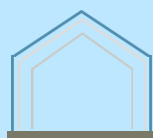


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 290 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,12 W/m²K. Ny dampspærre.

Elforbrug: 162,3 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 4,4 kWh/m² pr. år

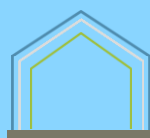
Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)



Renovering af tag samt ydervæg og vinduer
Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 220 mm isolering svarende til U-værdi på 0,18 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 114 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 4,4 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer
Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 100,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 7,1 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

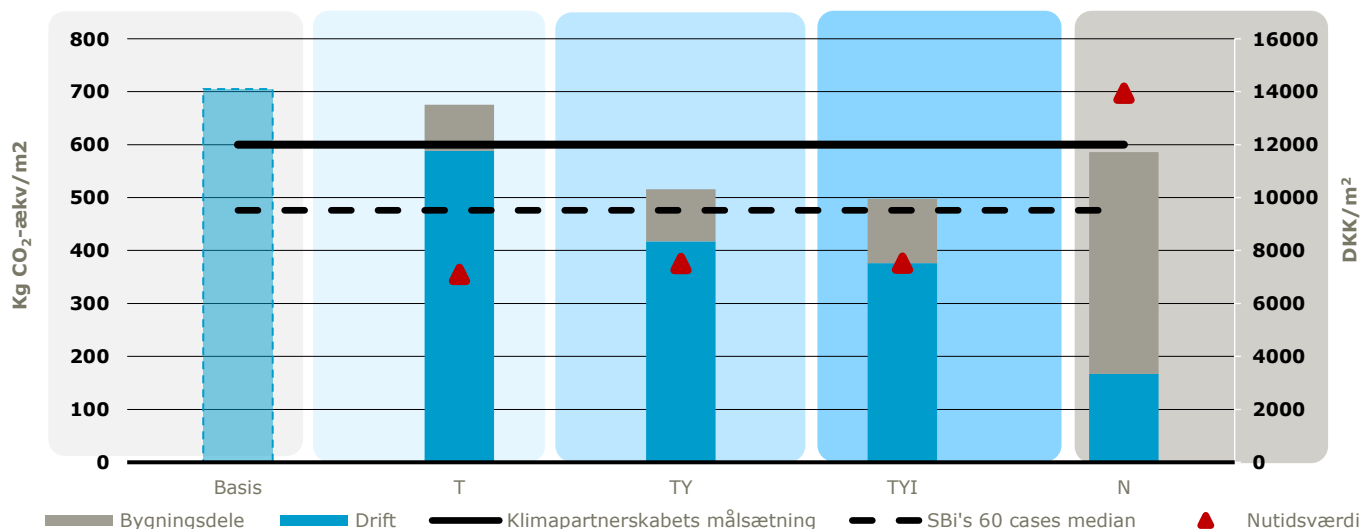
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt
Eksisterende byggeri nedrives og nyt byggeri opføres svarende til BR2018

Elforbrug: 43 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 5 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

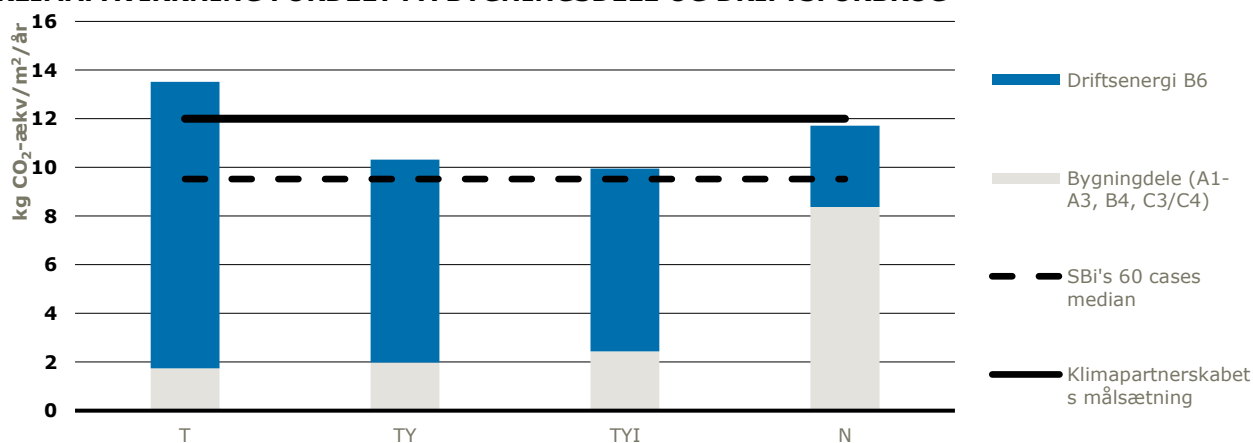


Figur 1: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen af casestudiet viser, at de primære klimapåvirkninger over en 50årig periode i renoveringsscenarierne stammer fra driften af bygningen. Den høje drift i de 3 renoveringsscenarier, sammenlignet med nybyg, forårsages af en ringe isoleret og utæt bygning. For nybyg scenariet er der højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet end der er fra byggeriets energiforbrug. Med blik på de 3 renoveringsniveauer ses en markant forbedring af resultat for klimabelastning ved at renovere tag, ydervægge og vinduer (TY) sammenlignet med alene en tagrenovering (T). I renoveringsscenarie TYI øges elforbruget til bygningen, da renoveringen indebærer tilførsel af mekanisk ventilation og opgraderingen af bygningens elnet, hvilket samtidig er med til at øge forbrugerens komfort. Denne forøgelse i elforbrug opvejes dog af et mindre energiforbrug til varme.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG



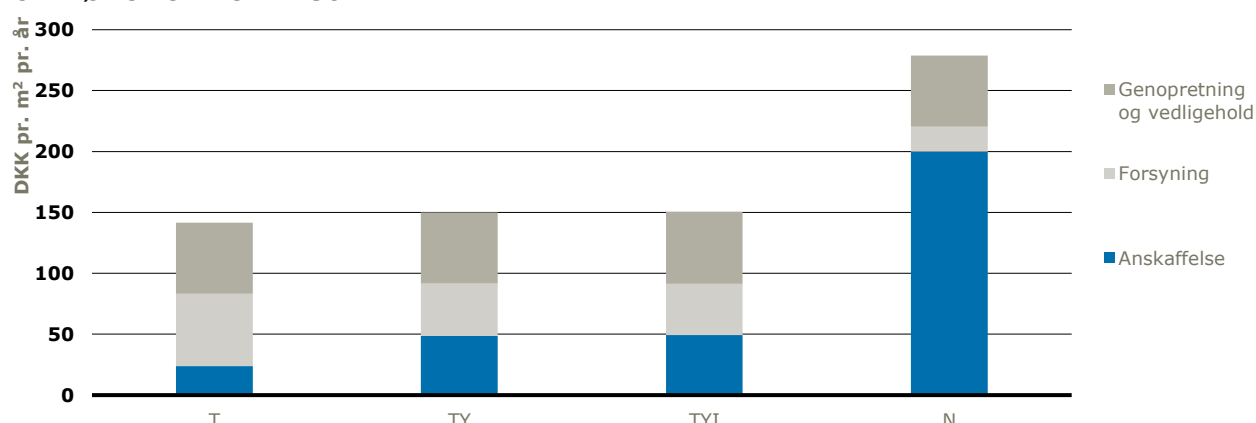
Figur 2: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode

RESULTATER LCC

I den totaløkonomiske beregning for rækkehuset er der medregnet anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning. Casen er et boligbyggeri hvorfor renhold ikke medregnes. Renholdudgiften afhænger af den enkelte beboer, og der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Resultaterne af LCC-analysen viser samme tendens som LCA-analysen for renoveringsscenarierne og nybyg scenariet. For nybyggeri er forsyningsomkostningerne lave, men anskaffelsespriserne væsentligt højere. Ved renoveringsscenarierne er det omvendte tilfældet. Der er omfanget af nye materiale lille, hvilket vil sige lave anskaffelsesomkostninger.

Forsyningen er høj pga. højt driftsforbrug i utætte bygninger. Vedligeholdelsesprisen i analysen er den samme for alle scenarierne, da den er baseret på kvadratmeterpriser bestemt for bygningens typografi. Det bemærkes dog, at i praksis vil det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 3: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 2: ENFAMILIEHUS RESULTATER SAMLET

Følgende præsenterede analyse er for et enfamiliehus i beton. Figur 4 illustrerer at ved en antaget basiccase, ringe isoleret og utæt bygning, efter 1966 standarden, er det muligt at opnå en stor besparelse af bygningens driftsforbrug ved forskellige renoveringsniveauer. For niveau TY, TYI og N (nybyg) kommer en større andel af klimapåvirkningerne fra bygningsdele, hvilket gør det væsentligt i en vurdering af tiltag, at se på totaløkonomien ift. anskaffelse, drift og vedligehold. Scenarie TYI har lavest totaløkonomi.

BYGNINGSTYPE	ENFAMILIEHUS
OPVARMET AREAL	99,8
BRUTTOAREAL	116
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	1
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2019
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



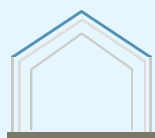
Basis Case

Bygning efter 1966 standard. U-værdi for taget er 0,45 W/m²K svarende til 8 cm isolering. U-værdi for Ydervæggen er 1,0 W/m²K svarende til 290 mm hulmur med formur af tegl, 30mm isolering og bagmur af letklinkerbeton. Vinduerne er 2 lags glas.

Elforbrug: 81,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 0 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

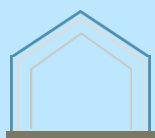


Renovering af taget

Taget udskiftes, og der lægges 360 mm isolering i. Limtræsbjælker og -søjler udskiftes ikke.

Elforbrug: 65,7 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 0 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

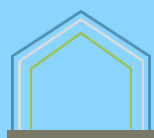


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 265 mm isolering svarende til U-værdi på 0,15 W/m²K og 2 lags vinduer udskiftes til 3lags. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 30,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 0 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 28 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 0 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

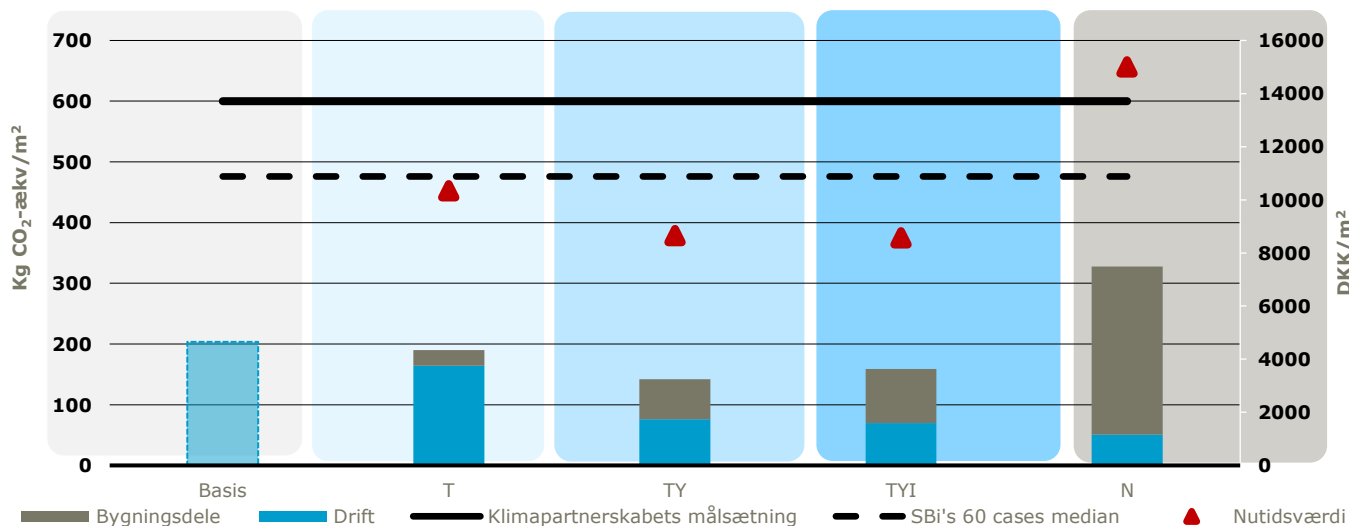
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 20,3 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 0 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

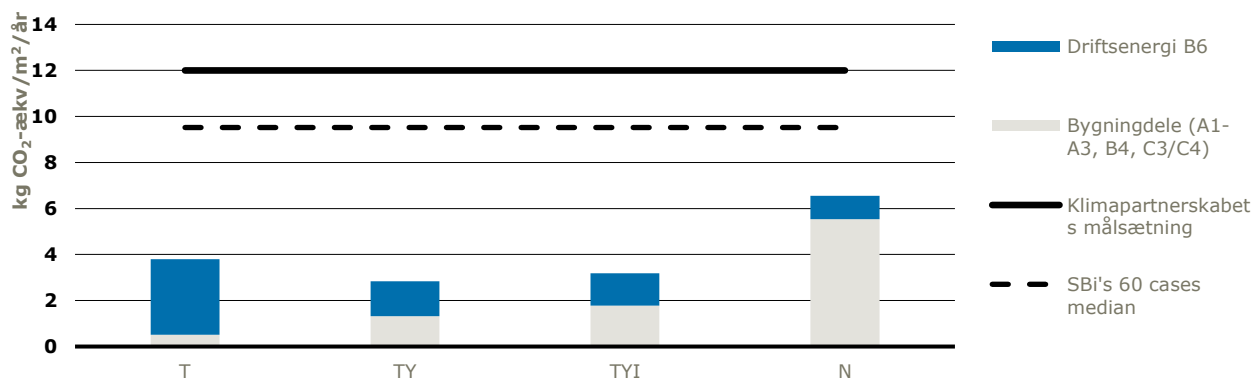


Figur 4: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen af casestudiet viser, at over en 50 årig periode vil de primære klimapåvirkninger for nybygscenariet stamme fra bygningsdele og omvendt for renoveringsscenarierne vil de stamme fra driften af bygningen grundet en dårlig isoleret og utæt bygning. Nybygscenariet (N) har sammenlignet med renoveringsscenariet en lav påvirkning fra byggeriets energiforbrug. Ses der på de 3 renoveringsniveauer fås en markant forbedring af resultat for klimabelastning ved at renovere tag, ydervægge og vinduer (TY) sammenlignet med alene en tagrenovering (T). I renoveringsscenarie TYI øges elforbruget til bygningen, da renoveringen indebærer tilførsel af mekanisk ventilation og opgraderingen af bygningens elnet, hvilket samtidig er med til at øge forbrugerens komfort. Denne forøgelse i elforbrug opvejes dog af et mindre energiforbrug til varme.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

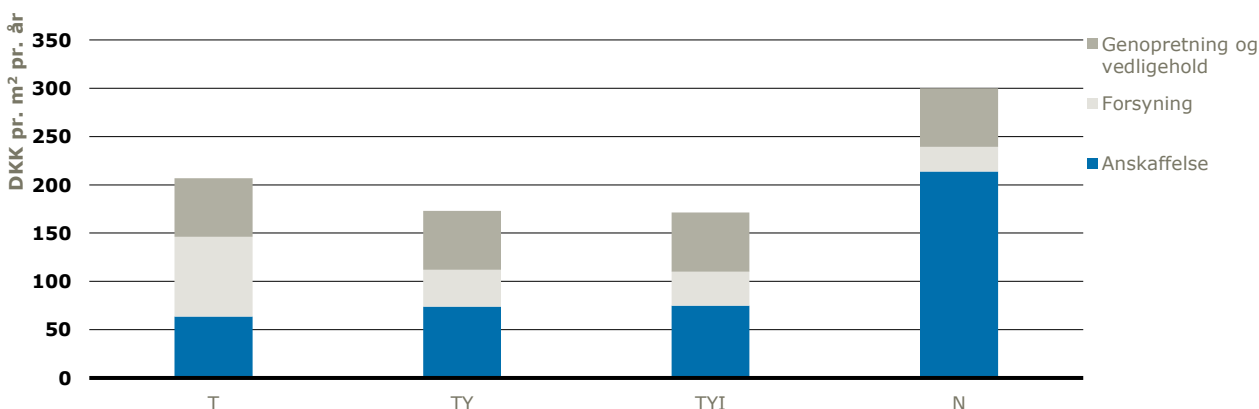


Figur 5: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

Den specifikke case er et enfamiliehus. For den totaløkonomiske beregning af enfamiliehuset er medtaget; anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning. Renholdsudgiften er ikke medtaget, da udgiften er afhængig af den enkelte beboer, og da der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Samme tendens som viste sig i LCA-analysen, går igen i LCC-analysen. For renoveringsscenarierne opnås en gradvis større besparelse på forsyning, med anlægsudgifterne stiger i takt hermed. For nybygscenariet er forsyningsomkostningerne væsentligt reduceret sammenlignet med renoveringsscenarierne, til gengæld ligger en stor udgift i anskaffelse af materialer. Omkostning til vedligehold er i analysen ens for alle scenarierne, da den er baseret på kvadratmeterpriser bestemt for bygningens typografi. Det bemærkes dog, at i praksis vil det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR

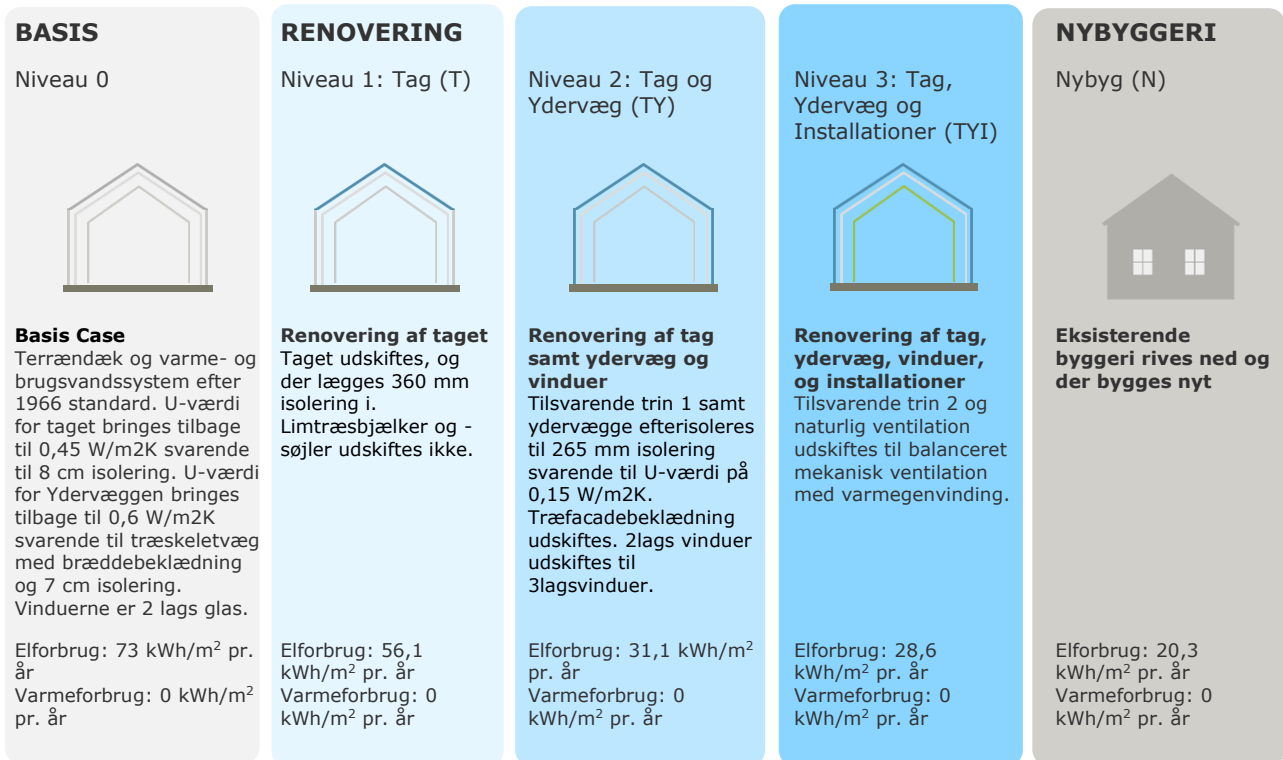


Figur 6: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

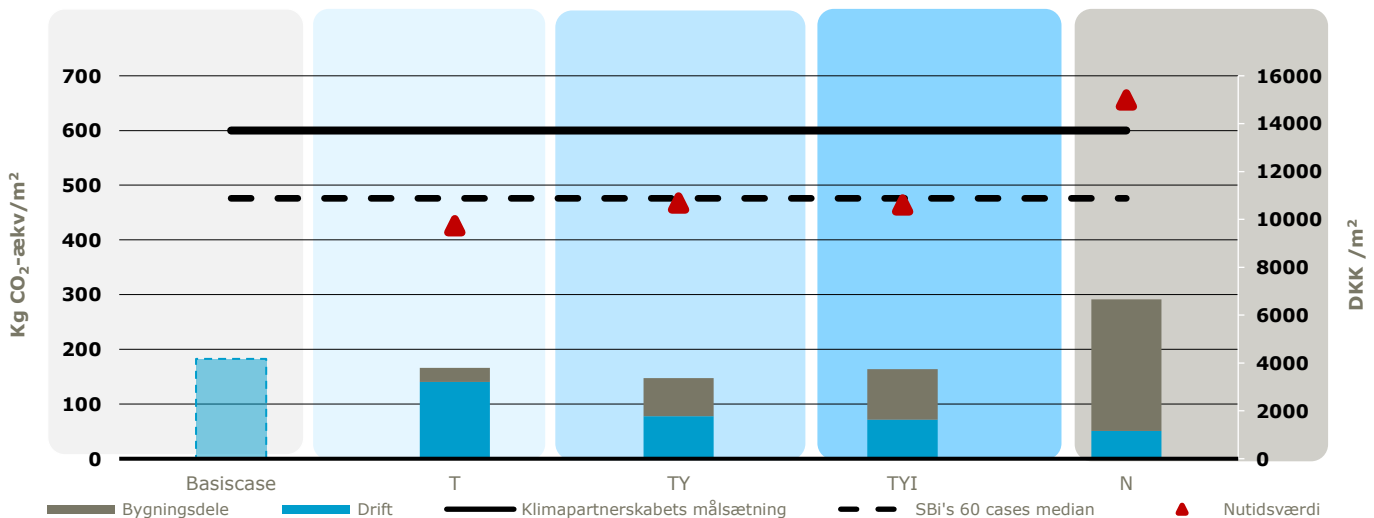
CASE 3: ENFAMILIEHUS RESULTATER SAMLET

Følgende case er et enfamiliehus i træ. Basicasen er bragt tilbage til 1966 standard med ringe isolering og utæt klimaskærm, hvilket tydeligt ses på klimapåvirkningen fra energiforbruget. Niveau 1, hvor taget er isoleret, performer derfor lidt bedre end basicasen. De laveste klimapåvirkninger opnås i renoveringsscenario TY og TYI. Nybygscenariet (N) har den laveste driftspåvirkning, men samtidig casen med højest påvirkning af materialeforbrug og dermed scenariet med sammenlagt størst klimapåvirkning.

BYGNINGSTYPE	ENFAMILIEHUS
OPVARMET AREAL	99,8
BRUTTOAREAL	116
KONSTRUKTIONSTYPE	LET
ANTAL ETAGER	1
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2019
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME



KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

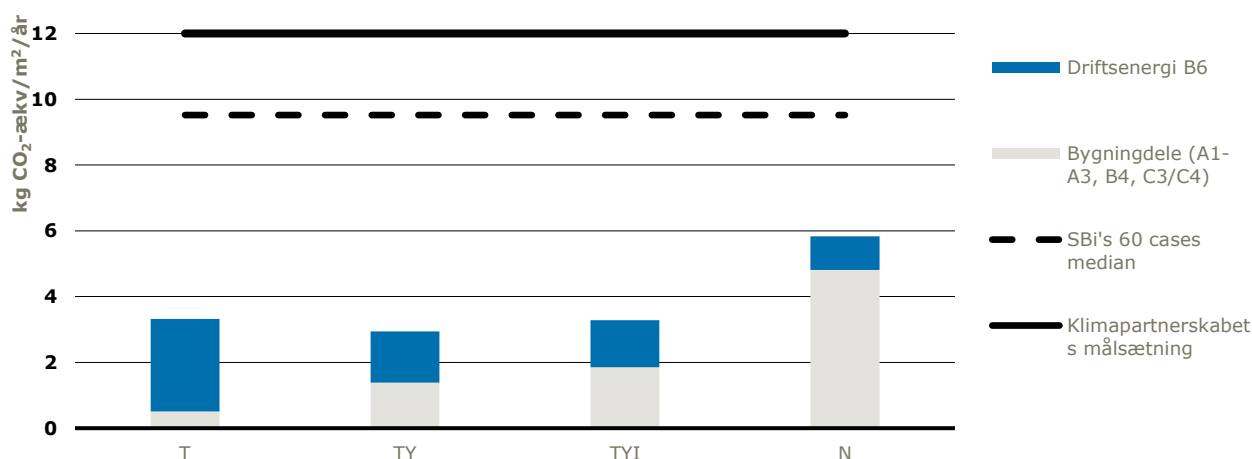


Figur 7: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen viser, at for det specifikke casestudie vil den betydelige klimabelastning for et nybyggeri ligge i bygningsdele og kun en lille mængde af de totale klimapåvirkninger stammer fra driftsenergi til nybyggeriet. Resultaterne viser den omvendte fordeling af klimapåvirkninger på bygningsdele kontra driftsenergi for de 3 renoveringsscenarier. For alle 3 scenarier T, TY og TYI gælder det, at driftsenergi udgør en betydelig del af klimapåvirkningerne. Ved renovering af tag, ydervæg og installationer opnås lavest driftsenergi med dermed større andel klimapåvirkninger på bygningsdelene, selvom elforbruget til bygningen øges, da renoveringen indebærer tilførsel af mekanisk ventilation og opgraderingen af bygningens elnet. Det giver for scenarie TYI samtidig en øget komfort hos forbrugeren. Denne forøgelse i elforbrug opvejes dog af et mindre energiforbrug til varme.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

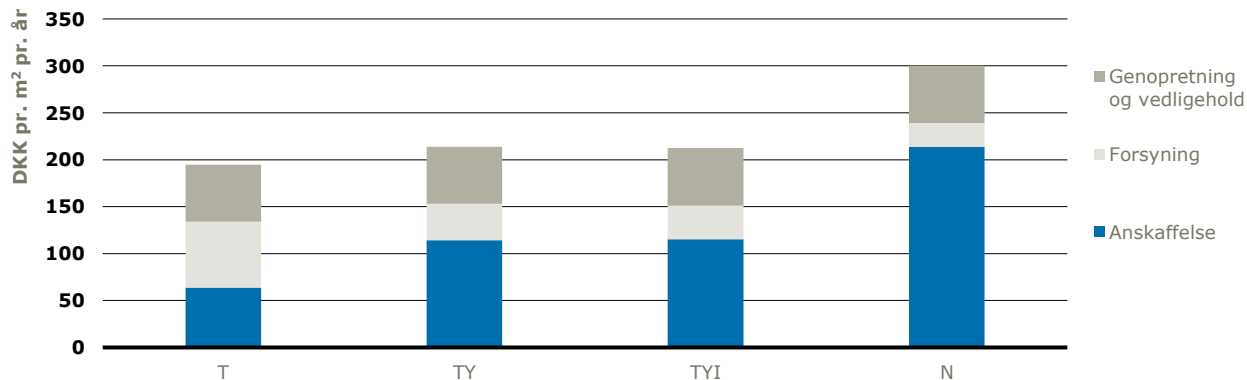


Figur 8: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode

RESULTATER LCC

For enfamiliehuset medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. Byggeriet er boligbyggeri og medregner ikke renhold, da udgiften afhænger af den enkelte beboer, og da der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Resultaterne af LCC-analysen viser samme tendens som LCA-analysen for renoveringsscenarierne og nybyg scenariet. Anskaffelsesprisen er betydeligt højere for nybyggeri mens forsyningsomkostningerne er lave. Modsat gælder det for renoveringsscenarierne hvis udgifter er høje for forsyning grundet højt driftsforbrug i utætte bygninger, men væsentligt lavere anskaffelsesomkostninger. I analysen er vedligeholdelsesprisen den samme for alle scenarierne, da den er baseret på kvadratmeterpriser bestemt for bygningens typografi. Det bemærkes dog at i praksis vil det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 9: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 4: RÆKKEHUS RESULTATER SAMLET

Med afsæt i et antaget basiscase byggeri efter 1966 standard er der i dette casestudie vist, at en opgradering og energirenovering af klimaskærmen kan give en betydeligt lavere driftsenergi, som både resulterer i en reduktion af CO₂ og økonomiske omkostninger til drift. Ved sammenligning af 3 renoveringsniveauer med nybyggeri viser analysen, at nybyggeri er betydeligt dyrere set over en 50årig periode.

BYGNINGSTYPE	Rækkehuse
OPVARMET AREAL	9092
BRUTTOAREAL	9092
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	2
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2019
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem tilbage til 1966 standard. Taget har 80 mm isolering og ydervæggen består af 290 mm hulmur med formur af tegl, 30mm isolering og bagmur af letklinkerbeton. Vinduerne er 2 lags glas.

Elforbrug: 1,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 178,1 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

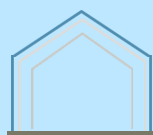


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 360 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,11 W/m²K. Ny dampspærre tilføres.

Elforbrug: 1,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 157,7 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

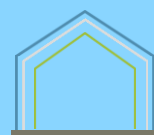


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 225 mm isolering svarende til U-værdi på 0,16 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 1,3 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 73,5 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer. Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 3,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 59,2 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

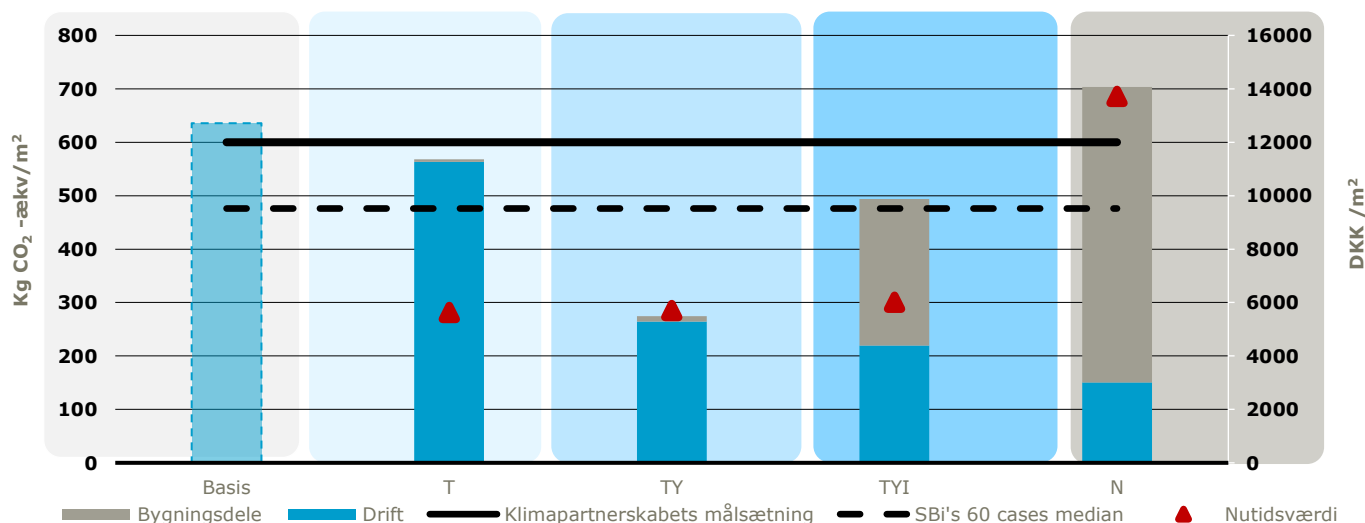
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der opføres et nyt svarende til BR2018.

Elforbrug: 2,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 40,2 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

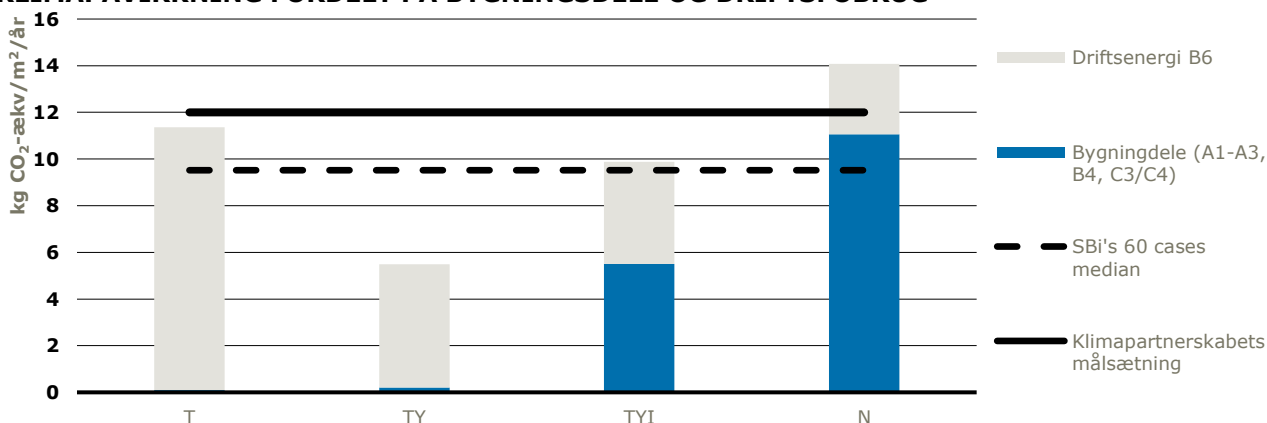


Figur 10: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

For det specifikke casestudie viser analysen, at over en 50årig periode vil de primære klimapåvirkninger ved renoveringsscenarierne stamme fra driften af bygningen. En høj drift for de 3 renoveringsscenarier skyldes en utæt og ringe isoleret bygning. Modsat gælder det for det nybyggede scenarie. Nybyg vil have en lav påvirkning fra byggeriets energiforbrug med derimod en højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet. Ses der på de 3 renoveringsniveauer fås en markant forbedring af resultat for klimabelastning ved at renovere tag, ydervægge og vinduer (TY) sammenlignet med alene en tagrenovering (T). I renoveringsscenarie TYI øges elforbruget til bygningen, da renoveringen indebærer tilførsel af mekanisk ventilation og opgraderingen af bygningens elnet, hvilket samtidig er med til at øge forbrugerens komfort. Denne forøgelse i elforbrug opvejes dog af et mindre energiforbrug til varme.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

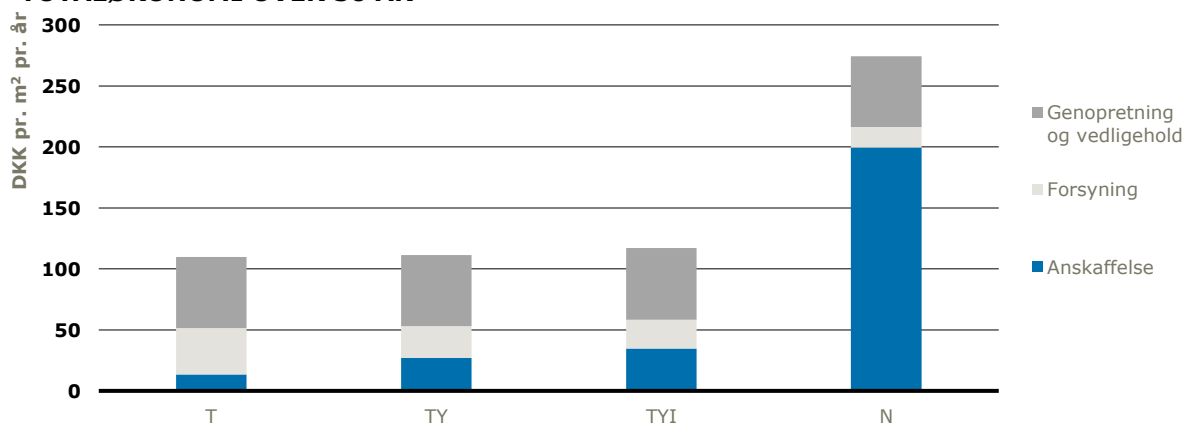


Figur 11: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

For enfamiliehuset medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. Byggeriet er boligbyggeri og medregner ikke renhold, da udgiften afhænger af den enkelte beboer, og der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Resultaterne af LCC-analysen viser samme tendens som LCA-analysen for renoveringsscenarierne og nybyg scenariet. Anskaffelsesprisen er betydeligt højere for nybyggeri, mens forsyningsomkostningerne er lave. Modsat gælder det for renoveringsscenarierne, hvis udgifter er høje for forsyning grundet højt driftsforbrug i utætte bygninger, men væsentligt lavere anskaffelsesomkostninger. I analysen er vedligeholdelsesprisen den samme for alle scenarierne, da den er baseret på kvadratmeterpriser bestemt for bygningens typografi. Det bemærkes dog, at i praksis vil det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 12: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 5: TYPEHUS RESULTATER SAMLET

Denne case tager afsæt i et typehus bragt tilbage til BR1966 standard. Basicasen er dårligt isoleret samt en utæt konstruktion, hvilket tydeligt ses på klimapåvirkningen fra energiforbruget. Niveau 1 hvor taget er isoleret performer derfor lidt bedre end basicasen, men de laveste klimapåvirkninger opnås i TY, TYI og N. Nybygscenariet (N) har laveste påvirkning, men er også det dyreste scenarie kigges der på totaløkonomien. Vægtet LCA og LCC analysernes resultater ligeligt er TY eller TYI de mest fordelagtige løsninger.

BYGNINGSTYPE	TYPEHUS
OPVARMET AREAL	148,2
BRUTTOAREAL	166
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	1
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2019
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



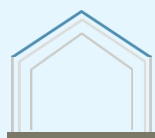
Basis Case

Terrændæk, varme- og brugsvandssystem bygget efter 1966 standard. Det eksisterende byggeri antages at have 80 mm isolering i taget samt 290 mm hulmur med formur af tegl, 30 mm isolering og bagmur af letklinkerbeton. Vinduer består af 2 lag glas

Elforbrug: 1,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 247,3 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

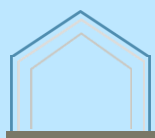


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 555 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,07 W/m²K. Taggap udskiftes og dampspærre tilføres.

Elforbrug: 1,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 207,9 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

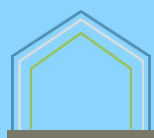


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 190 mm isolering svarende til U-værdi på 0,14 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 1,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 100,9 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 2,9 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 79,7 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

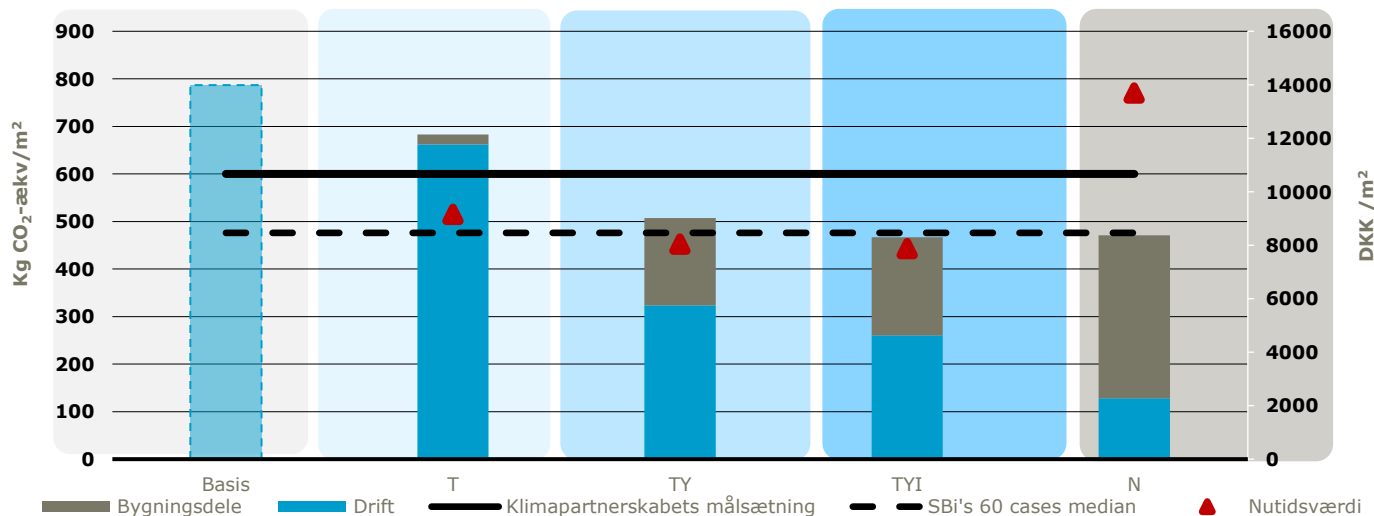
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 1,3 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 39,4 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

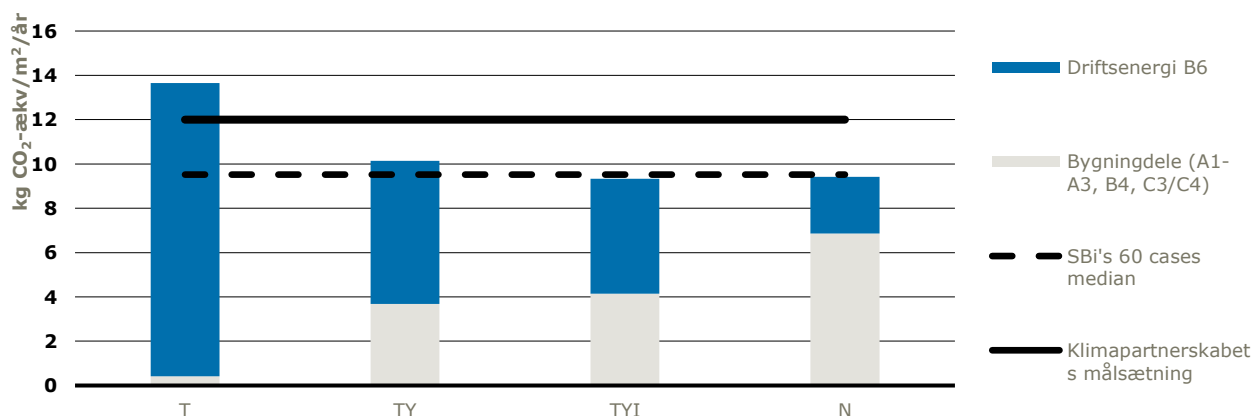


Figur 13: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

For det specifikke casestudie viser analysen, at over en 50årig periode vil de primære klimapåvirkninger ved renoveringsscenerierne stamme fra driften af bygningen. En høj drift for de 3 renoveringsscenerier skyldes en utæt og ringe isoleret bygning. Modsat gælder det for det nybyggede scenarie. Nybyg vil have en lav påvirkning fra byggeriets energiforbrug med derimod en højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet. Ses der på de 3 renoveringsniveauer fås en markant forbedring af resultat for klimabelastning ved at renovere tag, ydervægge og vinduer (TY) sammenlignet med alene en tagrenovering (T). I renoveringsscenario TYI øges elforbruget til bygningen, da renoveringen indebærer tilførsel af mekanisk ventilation og opgraderingen af bygningens elnet, hvilket samtidig er med til at øge forbrugerens komfort. Denne forøgelse i elforbrug opvejes dog af et mindre energiforbrug til varme.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSENERGI

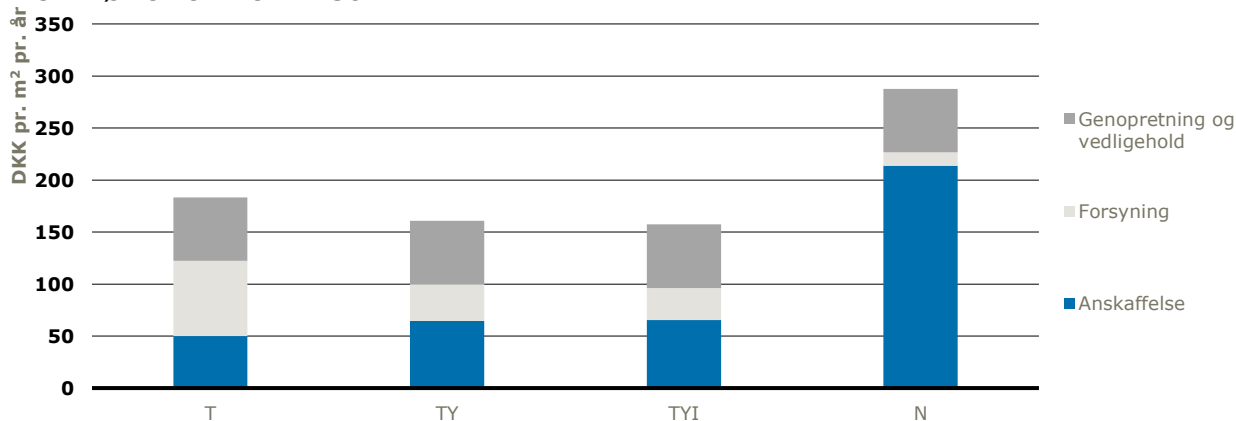


Figur 14: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

For enfamiliehuset medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. Byggeriet er boligbyggeri og medregner ikke renhold, da udgiften afhænger af den enkelte beboer, og der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Resultaterne af LCC-analysen viser samme tendens som LCA-analysen for renoveringsscenerierne og nybyg scenariet. Anskaffelsesprisen er betydeligt højere for nybyggeri, mens forsyningsomkostningerne er lave. Modsat gælder det for renoveringsscenerierne, hvis udgifter er høje for forsyning grundet højt driftsforbrug i utætte bygninger, men væsentligt lavere anskaffelsesomkostninger. I analysen er vedligeholdelsesprisen den samme for alle scenarierne, da den er baseret på kvadratmeterpriser bestemt for bygningens typografi. Det bemærkes dog, at i praksis vil det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 15: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 6: ERHVERV RESULTATER SAMLET

Udgangspunktet for dette case studie var et byggeri i indre København fra 1750 dog antaget, at byggeriet har haft mellemrenoveringer. Det ses her, at en energirenovering af klimaskærmen kan give et betydeligt lavere driftsenergi, hvilket resulterer i både en CO₂ reduktion samt lavere økonomiske omkostninger til drift. Desuden viser analysen, at det er betydeligt dyrere at bygge nyt kontra at renovere set over en 50 årig periode for dette casestudie.

BYGNINGSTYPE	ERHVERV
OPVARMET AREAL	23.994
BRUTTOAREAL	23.994
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	5
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	1750
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



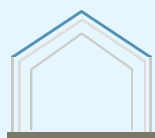
Basis Case

Fra 1750 med mellemrenoveringer senest i 1970. Ydervæg af 47cm massiv tegl, U-værdi 1,30 W/m²K. Tag af tagpap med 8 cm mineraluld, U-værdi 0,45 W/m²K. 2-lags termorude. Ventilation installeret i 1970 med tidssvarende temperaturvirkningsgrad og SEL-værdi. Standard belysning.

Elforbrug: 30,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 129,9 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

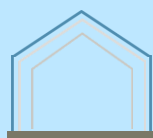


Renovering af taget

Tag renoveres jf. BR15 kapitel 7.4.2 til en U-værdi på 0,12 W/m²K. Svarer til 300 mm isolering i alt. Tagpap og dampspærre udskiftes

Elforbrug: 30,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 112,9 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

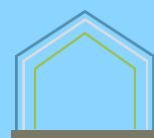


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende niveau 1 samt ydervæg renoveres jf. BR15 kapitel 7.4.2 til en U-værdi på 0,18 W/m²K. Svarer til 175 mm isolering i alt. Vinduer udskiftes til 3-lags

Elforbrug: 32,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 64,6 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til mekanisk ventilation. Belysning opgraderes til LED.

Elforbrug: 17,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 59,8 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

Nybyg (N)

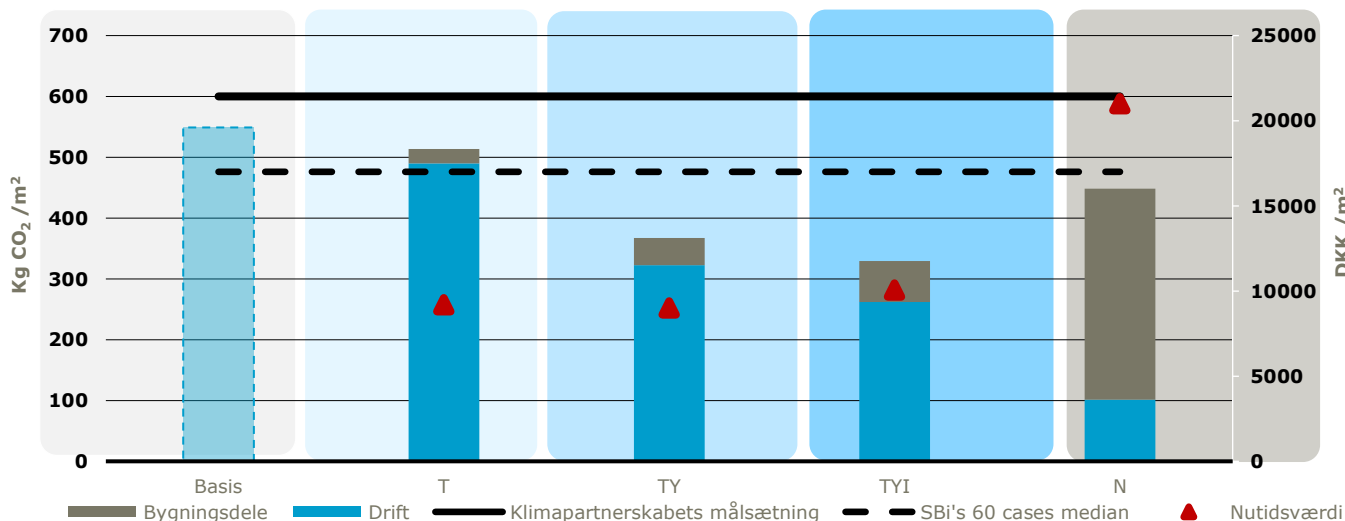


Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Til at repræsentere det nybyggede byggeri er der anvendt statistik fra SBI's LCA rapport for kontorbyggerier. LCA resultatet præsenterer medianen for kontorbyggeri.

Elforbrug: 8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 30 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

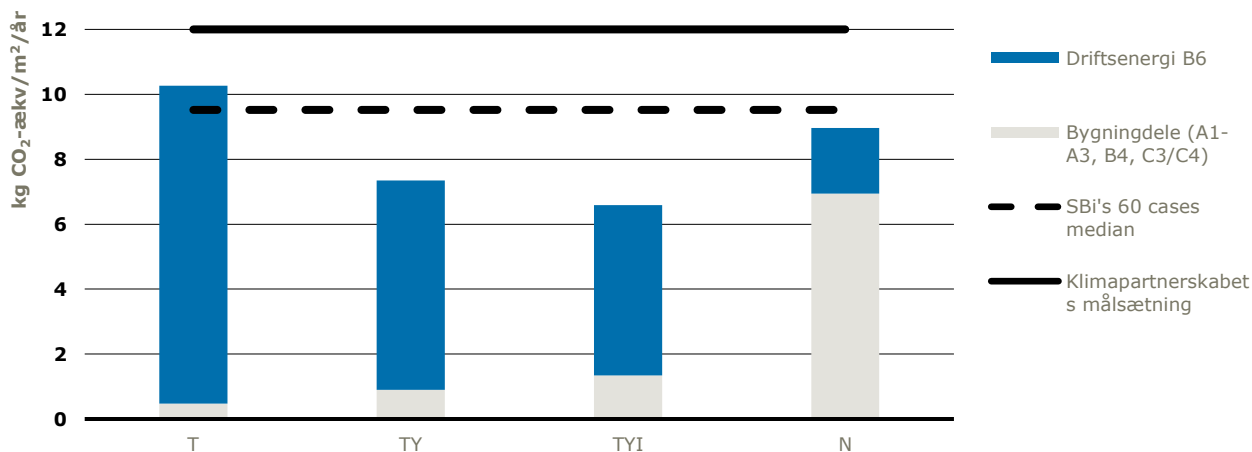


Figur 16: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen af klimapåvirkningen over 50 år viser, at ved renoveringsscenarierne vil den primære påvirkning stamme fra driften af bygningen, da denne er høj grundet en utæt og uisoleret bygning. Derimod vil et nybyg scenarie have en lav påvirkning fra energiforbruget, og en højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet. På resultatet for klimabelastningen ses en markant forbedring ved renovering af tag, ydervægge og vinduer, svarende til scenarie (TY).

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ LIVCYKLUSSTADIER

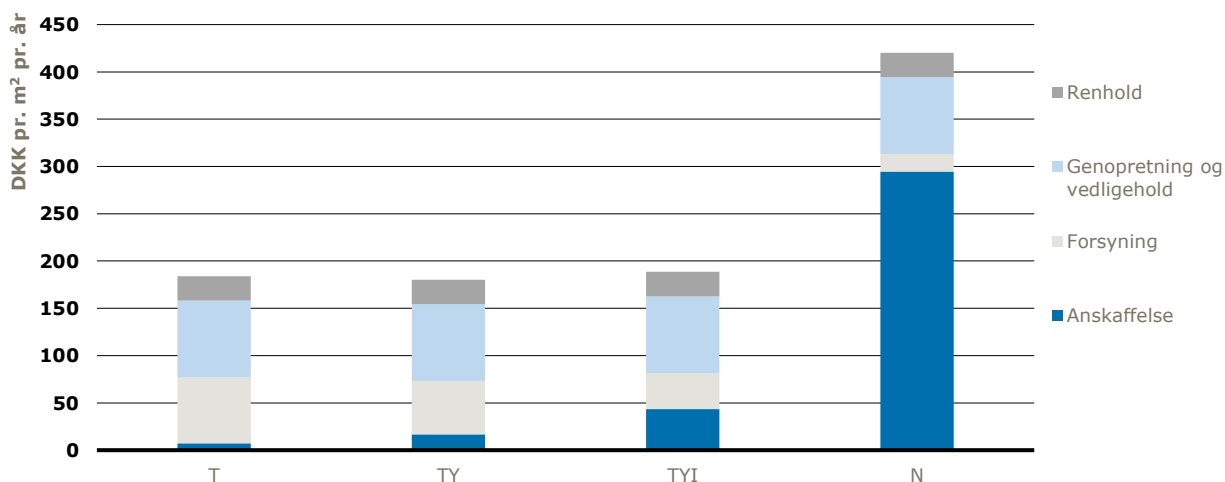


Figur 17: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode

RESULTATER LCC

For hotellet medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. I den totaløkonomiske analyse ser vi de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som i livscyklusvurderingen - at anskaffelsesprisen er høj for nybyggeri mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog at i praksis ville det være rimeligt at antage at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 18: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 7: ERHVERV RESULTATER SAMLET

Denne case tager afsæt i en kontorbygning bygget i 1990. Basiscasen er dårligt isoleret samt en utæt konstruktion, hvilket tydeligt ses på klimapåvirkningen fra energiforbruget. Det ses her, at energiforbruget ikke bliver bragt betydeligt ned af udelukkende at lave tagrenovering, hvilket skyldes den store facade grundet de 5 etager. Renoveringsscenarie (TYI) har laveste påvirkninger, men og det ses at nybygscenariet er betydeligt dyrere end renoveringsscenarierne.

BYGNINGSTYPE	ERHVERV
OPVARMET AREAL	27295
BRUTTOAREAL	27895
KONSTRUKTIONSTYPE	Kontor
ANTAL ETAGER	5
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	1922/2022
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



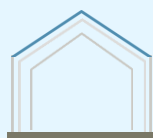
Basis Case

Opført i 1990 efter BR1982. Ydervæg med 80 mm isolering, tag med 175 mm isolering. Vinduer: 2-lags termorude. Ventilation: Installeret i 1990 med tidssvarende temperaturvirkningsgrad og SEL-værdi. Belysning: Standard ikke LED uden dagslysstyring.

Elforbrug: 26,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 95,1 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

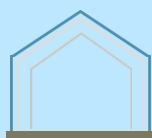


Renovering af taget

Tag renoveres jf. BR18 paragraf 279 til en U-værdi på 0,12 W/m²K. Svarer til 300 mm isolering i alt. Tagpap og dampspærre udskiftes.

Elforbrug: 26,6 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 92,2 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

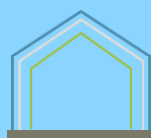


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende niveau 1 samt ydervæg renoveres jf. BR18 paragraf 279 til en U-værdi på 0,18 W/m²K. Svarer til 175 mm isolering i alt.

Elforbrug: 27,3 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 59,1 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Ventilationsaggregat udskiftes til nyt der møder BR18 krav. Belysningssystem udskiftes til LED med dagslysstyring.

Elforbrug: 15,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 46,5 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

Nybyg (N)

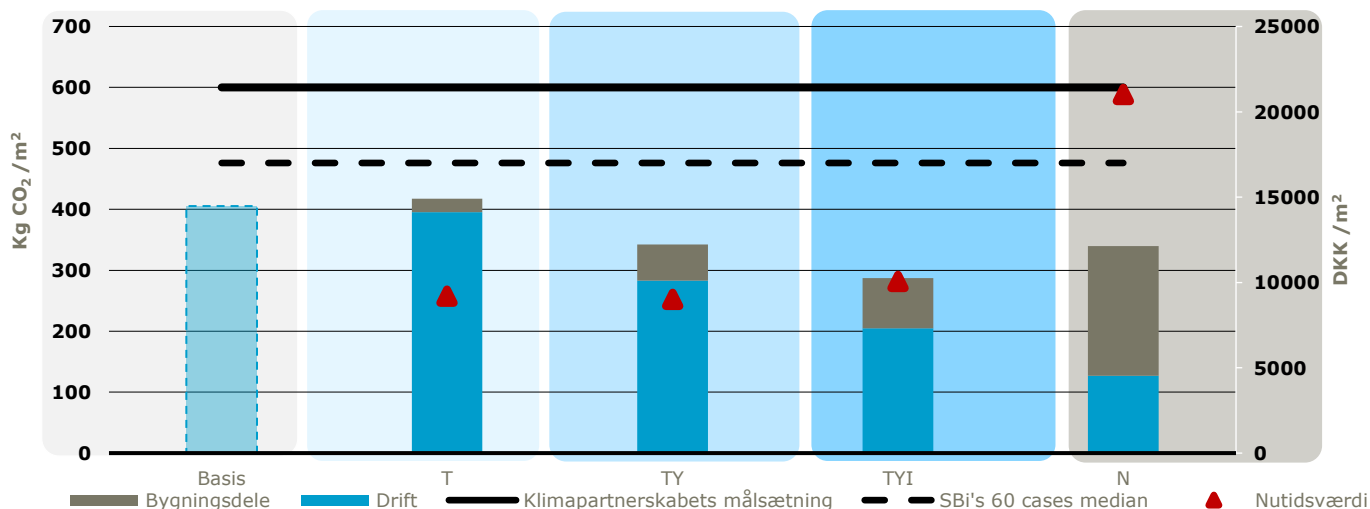


Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Eksisterende byggeri nedrives og nyt byggeri opføres svarende til BR2018. Til dette scenarie anvendes Statistik på kontorbyggeri fra SBI rapport.

Elforbrug: 8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 30 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

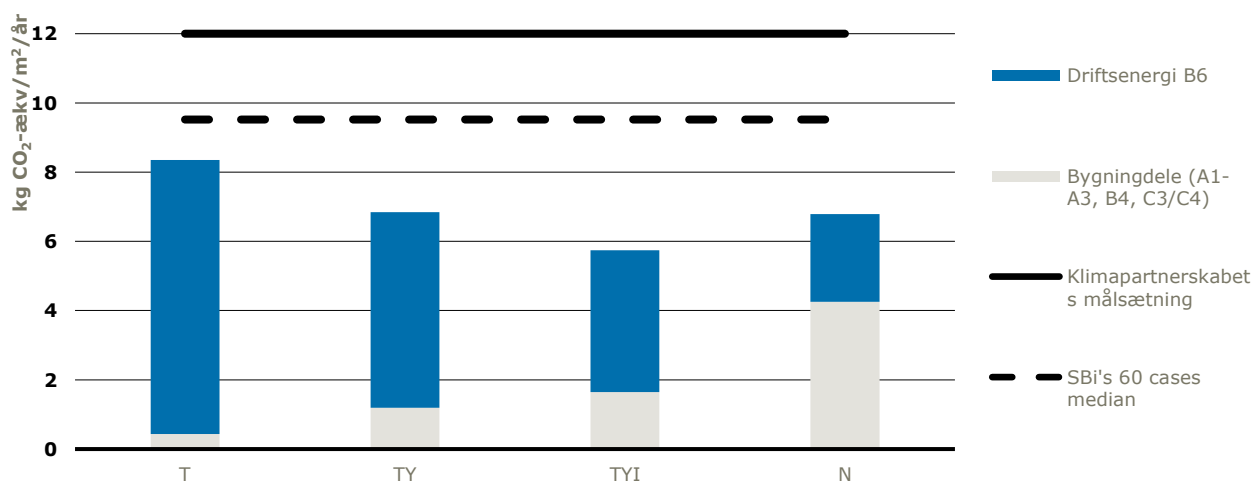


Figur 19: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Resultaterne for LCA-analysen viser, at for renoveringsscenarierne stammer den primære klimapåvirkning fra driften af bygningen, set over en 50-årig periode. Bygningens driftsforbrug vil falde i takt med omfanget af renoveringen, ses fra niveau T til TYI, da bygningens klimaskærm isoleres bedre og får en øget tæthed. For nybyg scenariet (N) vil den primære klimapåvirkning stamme fra materialerne tilført byggeriet og modsat være lav for energiforbruget i bygningen. På resultatet for klimabelastningen ses en markant forbedring ved renovering af tag, ydervægge og vinduer, svarende til scenarie (TY), hvilet skyldes at den 5 etager høje bygning har fået efterisoleret hele klimaskærmen.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

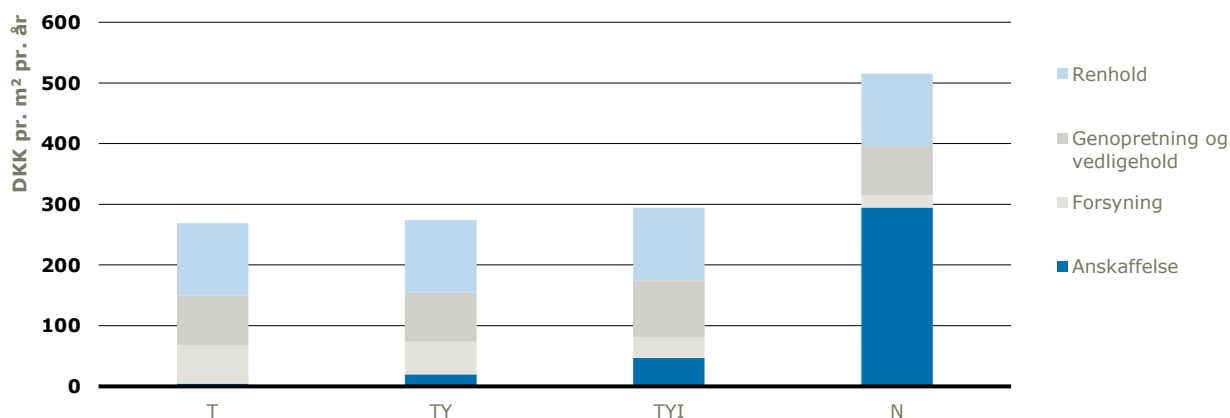


Figur 20: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode

RESULTATER LCC

Den specifikke case er et kontorhus, hvor der i den totaløkonomiske beregning er medtaget; anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter, renhold samt udgifter til forsyning. For renoveringsscenarierne opnås en gradvis større besparelse på forsyning, jo større grad af renovering, mens anlægsudgifterne stiger i takt hermed. For nybygscenariet er forsyningsomkostningerne væsentligt reduceret sammenlignet med renoveringsscenarierne, til gengæld ligger en stor udgift i anskaffelse af materialer. Omkostning til vedligehold er i analysen ens for alle scenarierne, da den er baseret på kvadratmeterpriser bestemt for bygningens typografi. Det bemærkes dog at i praksis vil det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 21: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 8: ERHVERV RESULTATER SAMLET

Casebyggeriet er et kontorbyggeri der er bragt tilbage til et byggeri efter 1966 standard. Byggeriet er utæt og ringe isoleret og får derfor sit energiforbrug bragt betydeligt ned ved at gennemrenovere. Det laveste energiforbrug er i nybyg scenariet, men de store emissioner fra den nye bygning samt høje omkostninger til nybyg viser, at den mest fordelagtige scenarie over en 50-årig periode er TYI både økonomisk og klimamæssigt.

BYGNINGSTYPE	ERHVERV
OPVARMET AREAL	3280
BRUTTOAREAL	3400
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	5
BYGNINGSEJER	PRIVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2022
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



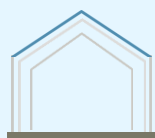
Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem efter 1966 standard. Taget består af 80 mm isolering. Ydervæggen er opbygget af 290 mm hulmur med formur af tegl, 30mm isolering og bagmur af letklinkerbeton. Vinduerne er 2 lags glas

Elforbrug: 28,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 141,3 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

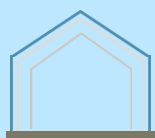


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 400 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,08 W/m²K. Tagpap udskiftes og ny dampspærre.

Elforbrug: 29,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 127,1 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

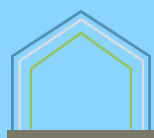


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 325 mm isolering svarende til U-værdi på 0,15 W/m²K og 2-lags vinduer udskiftes til 3 lags vinduer

Elforbrug: 33 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 55,6 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Belysning opgraderes til LED system.

Elforbrug: 15,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 25,1 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

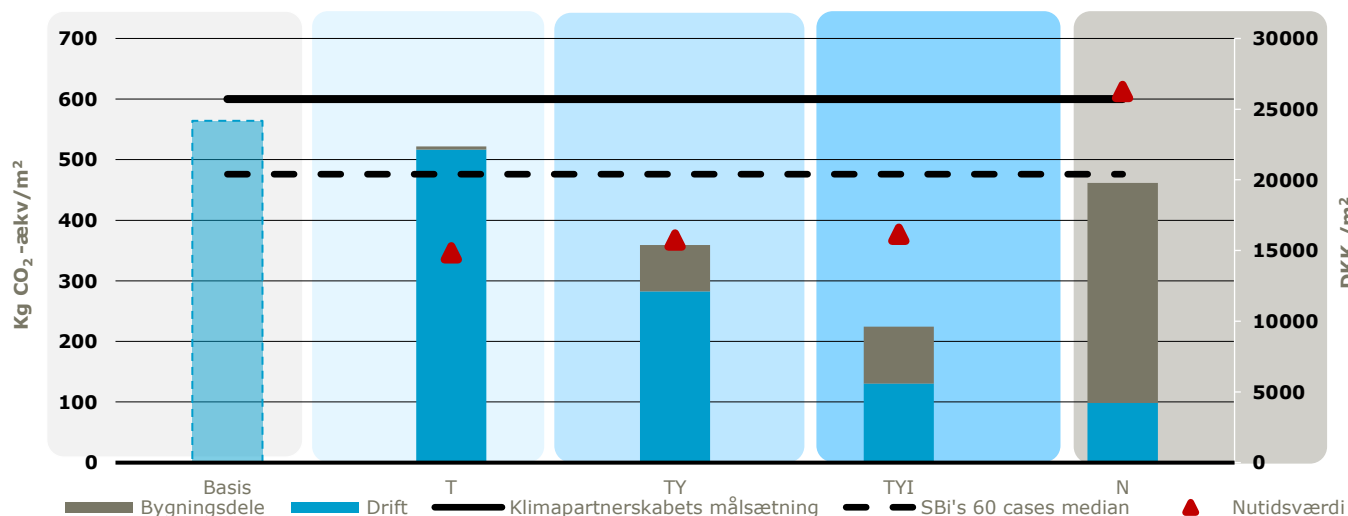
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 13,9 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 17,5 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.



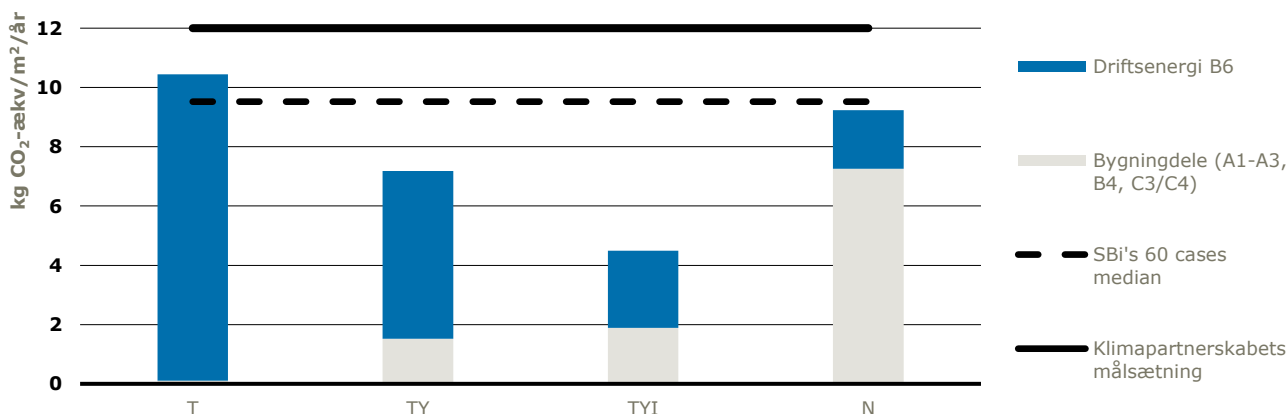
Figur 22: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Livscyklusanalyser viser klimapåvirkningerne i CO₂ udledninger set over en 50 årig periode. Det ses her, at for en utæt og ringe isoleret bygning, vil klimapåvirkningerne primært stamme fra driftenergien, og jo mere der renoveres, vil påvirkningen fra drift og bygningsdele være mere ligeligt fordelt. For nybyg scenariet, er driftsenergien lav og påvirkningerne stammer primært fra bygningen som er opført på ny.

Sammenlignes resultaterne med SBI's 60 case studier ligger nybyg scenariet lige under medianen, mens der ved at renoveres kan opnå en betydeligt lavere klimapåvirkning.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBURG



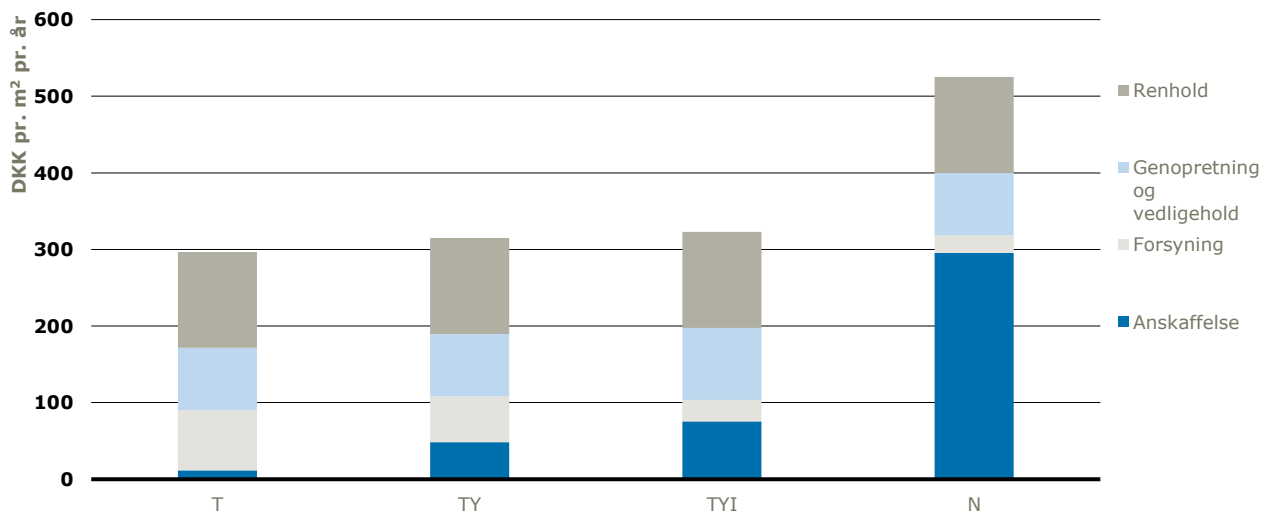
Figur 23: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

Den totaløkonomiske beregning viser de økonomiske konsekvenser over 50 år ved de fire scenarier.

Anskaffelsesomkostningen er lav ved scenarie T og bliver gradvist højere jo mere der renoveres og de højeste anskaffelsesomkostninger ses i nybyg scenariet, når der skal bygges nyt. Grundet antagelsen om samme geometri, funktion og udnyttelse af byggeriet er renhold og vedligehold ens for alle fire scenarier, på trods af at det ville være en fair antagelse at vedligeholdelsesomkostningerne er højere for ældre byggeri. Dette har dog ikke været muligt at tage højde for, da Molio prisdata er anvendt til at prissætte bygningens omkostninger. For forsyningen vil denne være høj og gradvis lavere jo mere der renoveres mens dens for nybyg er meget lav. Det mest omkostningstunge scenarie findes ved nybyg, mens de tre renoveringsscenarier har næsten ens totaløkonomi set over 50 år.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 24: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 9: ETAGEBOLIG RESULTATER SAMLET

Basiscasen for analysen tager afsæt i en etagebolig fra 1930'erne. Resultaterne af analysen viser, at en energirenovering af klimaskærmen reducerer driftsenergien betydeligt. En reduktion af driftsenergien resulterer både i lavere klimapåvirkninger samt lavere økonomiske omkostninger til drift.

Analysen for dette casestudie viser yderligere, at det er betydeligt dyrere at bygge nyt kontra at renovere set over en 50 årig periode.

BYGNINGSTYPE	ETAGEBOLIG
OPVARMET AREAL	4313
BRUTTOAREAL	4313
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	5
BYGNINGSEJER	PIRVAT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	1906/2018
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



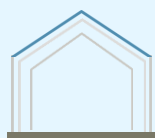
Basis Case

Antaget bygning er fra 1930'erne. Taget er uisolaret, ydervæggen består af massiv teglvæg, vinduerne er tidligere skiftet til 2lags termorude.

Elforbrug: 0,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 204,2 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

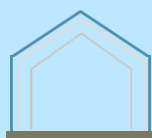


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 300 mm isolering svarende til en Uværdi på 0,12 W/m²K. Tagpap og dampspærre udskiftes.

Elforbrug: 0,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 177,7 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

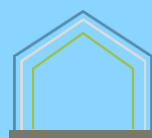


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres med 175 mm isolering svarende til U-værdi på 0,18 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 0,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 86,4 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 3,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 59,9 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

Nybyg (N)

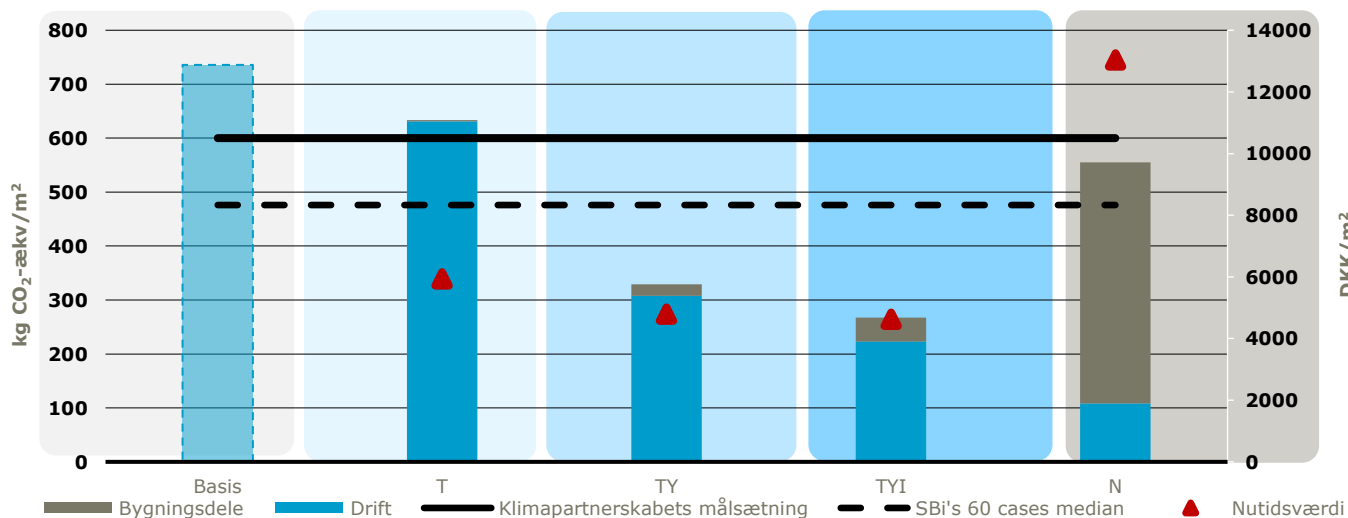


Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Til at repræsentere det nybyggede byggeri er der anvendt statistik fra SBI's LCA rapport for etagebyggeri. LCA resultatet præsenterer medianen for etagebyggeri.

Elforbrug: 3,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 27,7 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

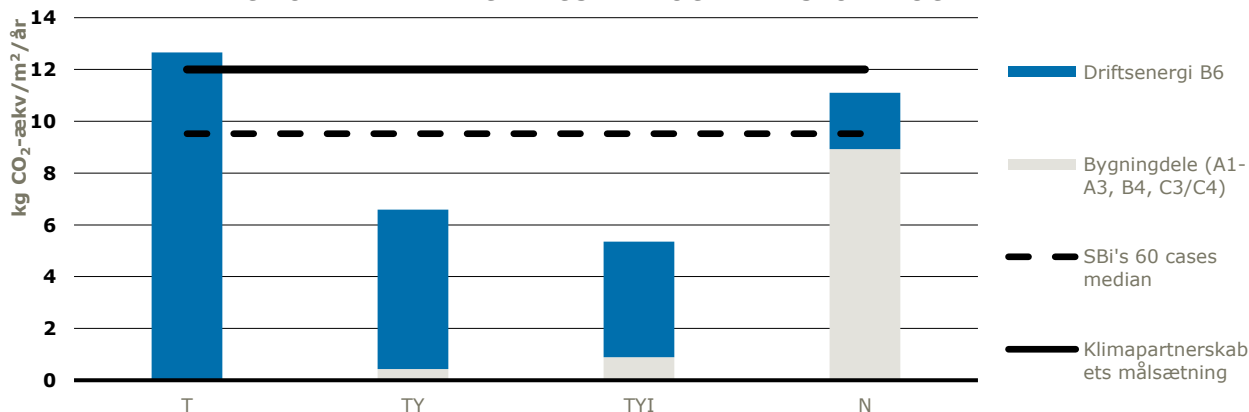


Figur 25: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Resultaterne af analysen viser entydigt, at klimapåvirkningerne over en 50årig periode primært vil stamme fra driften af bygningen for de 3 renoveringsscenarier. For renoveringsscenarie T, renovering af taget, er klimapåvirkningerne fra driftsenergien så høje, at klimapåvirkningerne fra bygningsdelene syner ubetydelige. Ved gradvis renovering af etageboligen, TY og TYI, kommer flere klimapåvirkninger fra bygningsdelene, men stadig primært fra driftsenergien. Det ses på figur 35, at renoveringsscenarie TY, efterisolering af tag og vægge samt opgradering af vinduerne, øger isoleringsevnen så meget, at driftsenergien reduceres betydeligt. Ved nybyg af tilsvarende etagebolig kommer de primære klimapåvirkninger fra materialerne tilført byggeriet.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSEDELE OG DRIFTSFORBRUG

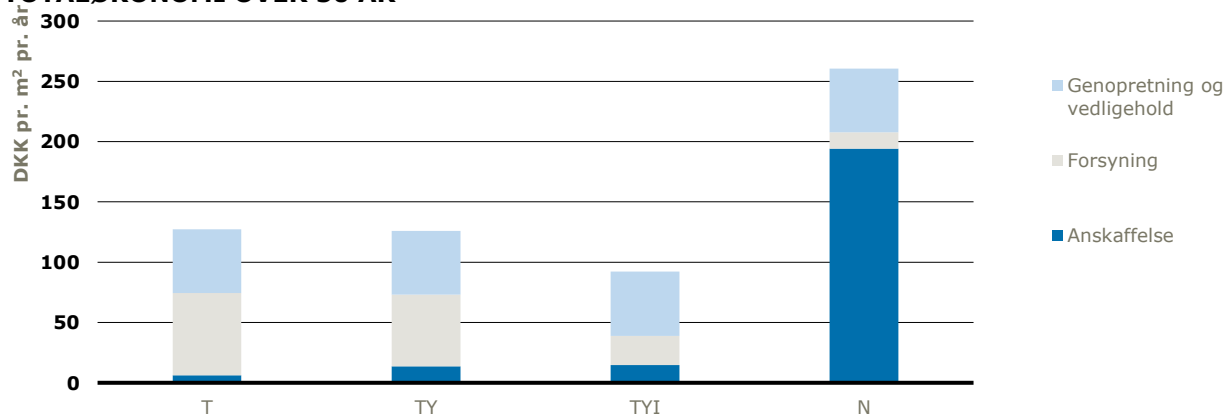


Figur 26: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

I den totaløkonomiske beregning for etagebyggeriet er anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning medregnet. Udgifter til renhold er ikke medregnet, da udgiften afhænger af den enkelte beboer, samt at der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Det bemærkes desuden, at denne udgift vil være ens for de forskellige scenarier. Resultaterne af LCC-analysen viser samme tendens som LCA-analysen. For nybyggeriet (N) er anskaffelsesomkostningerne høje, mens forsyningsomkostningerne kun udgør en lille andel af totaløkonomien. For renoveringsscenarierne gælder det omvendte. Her er forsyningsomkostningerne de betydelige udgifter og anskaffelsesomkostningerne de laveste. Renoveringsscenarie T har lavest anskaffelsesomkostninger, men højest forsyningsomkostninger. Renoveringsscenarie TYI har totalt lavest årlige omkostninger pr. m² over en 50 årig betragtningsperiode. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser. I praksis vil det dog være rimeligt at antage at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 27: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 10: ETAGEBOLIG RESULTATER SAMLET

Udgangspunktet for dette case studie var et byggeri af ældre dato med et uisolere tag samt ydervægge af massiv tegl. Det ses her, at en energirenovering af klimaskærmen kan give et betydeligt lavere driftsenergi, hvilket resulterer i både en CO2 reduktion samt lavere økonomiske omkostninger til drift. Desuden viser analysen, at det er betydeligt dyrere at bygge nyt kontra at renovere set over en 50 årig periode for dette casestudie.

BYGNINGSTYPE	ETAGEBYGGERI
OPVARMET AREAL	3514
BRUTTOAREAL	3514
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	3
BYGNINGSEJER	OFFENTLIG
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	1866/1940
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



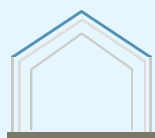
Basis Case

Uisolere tag, massiv teglydervæg samt vinduer der tidligere er skiftet til 2-lags termorude. Til udregning af driftsenergi er eksempelsamling 1930er byggeri anvendt og trinvis renoveret.

Elforbrug: 0,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 204,2 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

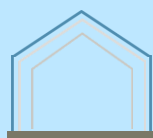


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 300 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,12 W/m²K.

Elforbrug: 0,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 177,7 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

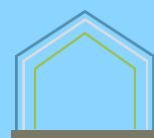


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres med 175 mm isolering, en U-værdi på 0,18 W/m²K. 2-lags vinduer udskiftes til 3-lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 0,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 86,4 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 3,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 59,9 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

Nybyg (N)

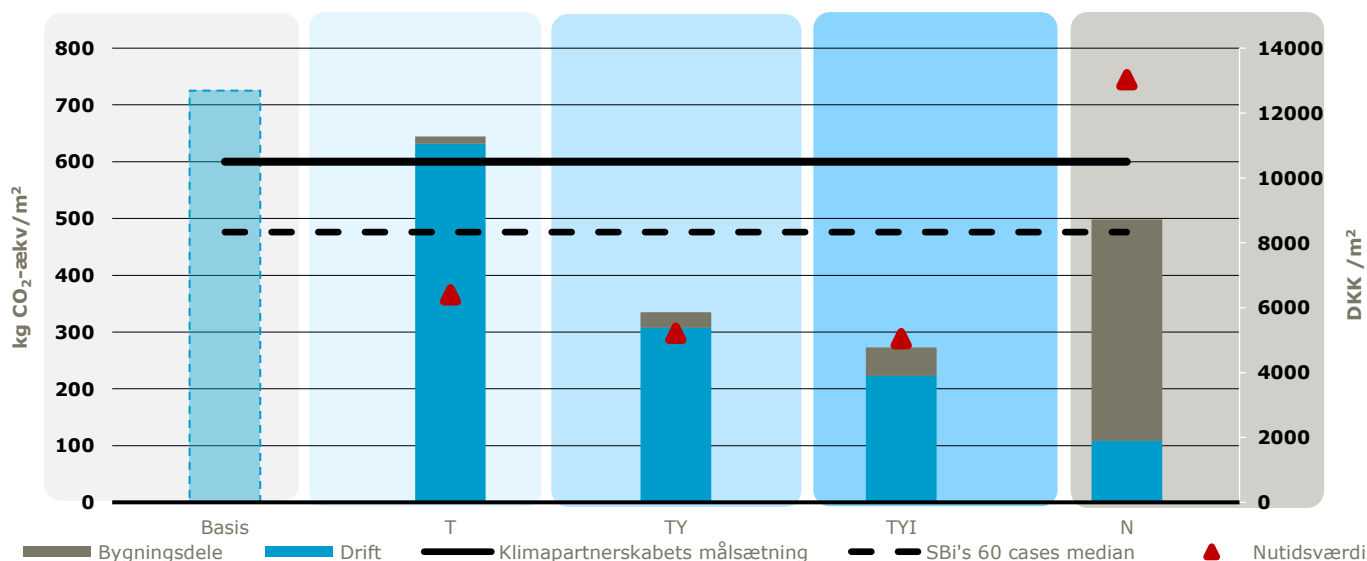


Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Til at repræsentere det nybyggede byggeri er der anvendt statistik fra SBI's LCA rapport for etagebyggeri. LCA resultatet præsenterer medianen for etagebyggeri.

Elforbrug: 3,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 27,7 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

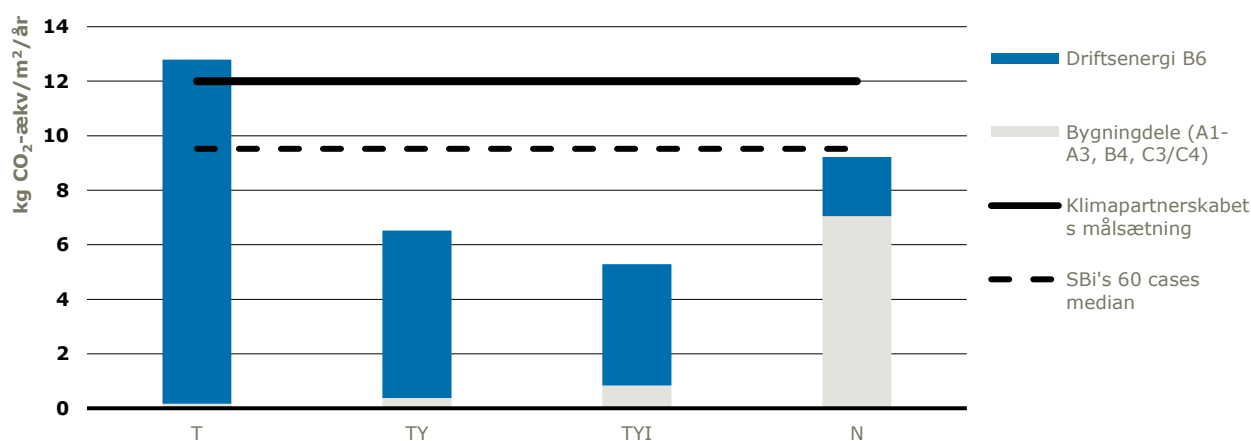


Figur 28: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen af klimapåvirkningen over 50 år viser, at ved renoverings scenarierne vil den primære påvirkning stamme fra driften af bygningen, da denne er høj grundet en utæt og uisoleret bygning. Derimod vil et nybyg scenarie have en lav påvirkning fra energiforbruget, og en højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet. På resultatet for klimabelastningen ses en markant forbedring ved renovering af tag, ydervægge og vinduer, svarende til scenarie (TY). Dette skyldes, at basicscasen har et uisoleret tag samt en ydervæg af massiv tegl. Da de første centimeters isolering er dem som giver den største forbedring i isoleringsevne, er der virkelig noget at hente i en sådan bygning. I scenarie TYI øges el forbruget, hvilket skyldes at bygningen får mekanisk ventilation, dette øger desuden komforten for forbrugeren.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

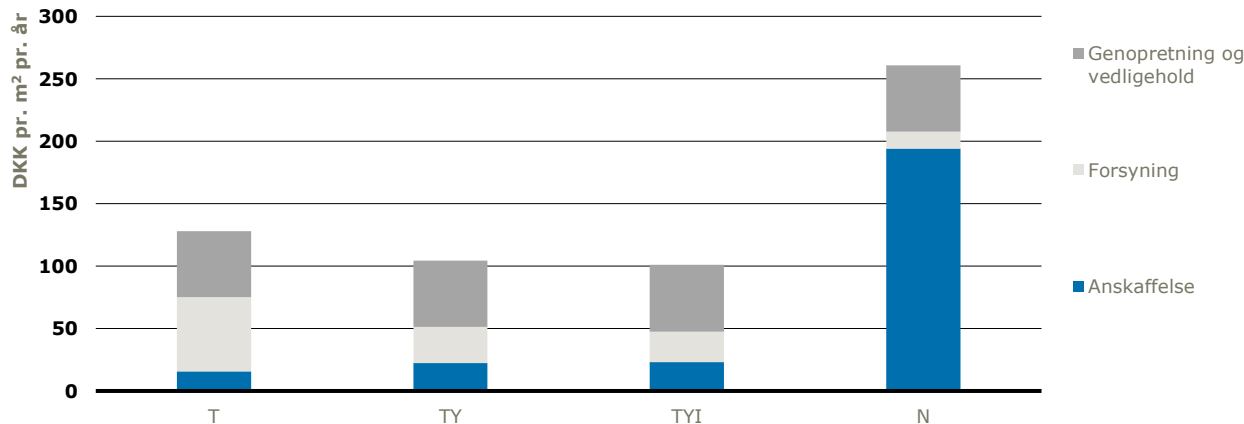


Figur 29: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

For etagebyggeriet medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. Da byggeriet er boligbyggeri medregnes ikke renhold, da denne udgift er meget afhængig af den enkelte beboer, og der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Det bemærkes desuden, at denne udgift vil være ens for de forskellige scenarier. I LCC analysen ser vi desuden de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som for LCA analysen - at anskaffelsesprisen er høj for nybyggeri mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog at i praksis ville det være rimeligt at antage at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 30: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 11: ETAGEBOLIG RESULTATER SAMLET

Med afsæt i et antaget basiscase byggeri efter 1966 standard, er der i dette casestudie vist, at en opgradering og energirenovering af klimaskærmen kan give en betydeligt lavere driftsenergi, som både resulterer i en reduktion af CO₂ og økonomiske omkostninger til drift. Nybyg casen er baseret på et moderne træbyggeri med meget lave CO₂-udledninger ved opførelsen. Ved sammenligning af 3 renoveringsniveauer med nybyggeri viser analysen, at nybyggeri er betydeligt dyrere set over en 50årig periode.

BYGNINGSTYPE	ETAGEBYGGERI
OPVARMET AREAL	2851
BRUTTOAREAL	2851
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	3
BYGNINGSEJER	ALMENT
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2020
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	Elvarme

BASIS

Niveau 0



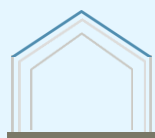
Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem tilbage til 1966 standard og solceller fjernes. U-værdi for taget bringes tilbage til 0,45 W/m²K svarende til 8 cm isolering. U-værdi for Ydervæggen bringes tilbage til 0,6 W/m²K svarende til 7 cm isolering. Vinduerne er 2 lags glas.

Elforbrug: 0 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 75,8 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

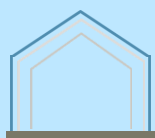


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 545 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,07 W/m²K. Tagpap udskiftes og ny dampspærre.

Elforbrug: 65,7 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: Opvarmet af el

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

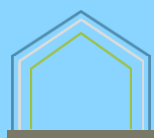


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 390 mm isolering svarende til U-værdi på 0,10 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag

Elforbrug: 35,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: Opvarmet af el

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 32,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: Opvarmet af el

NYBYGGERI

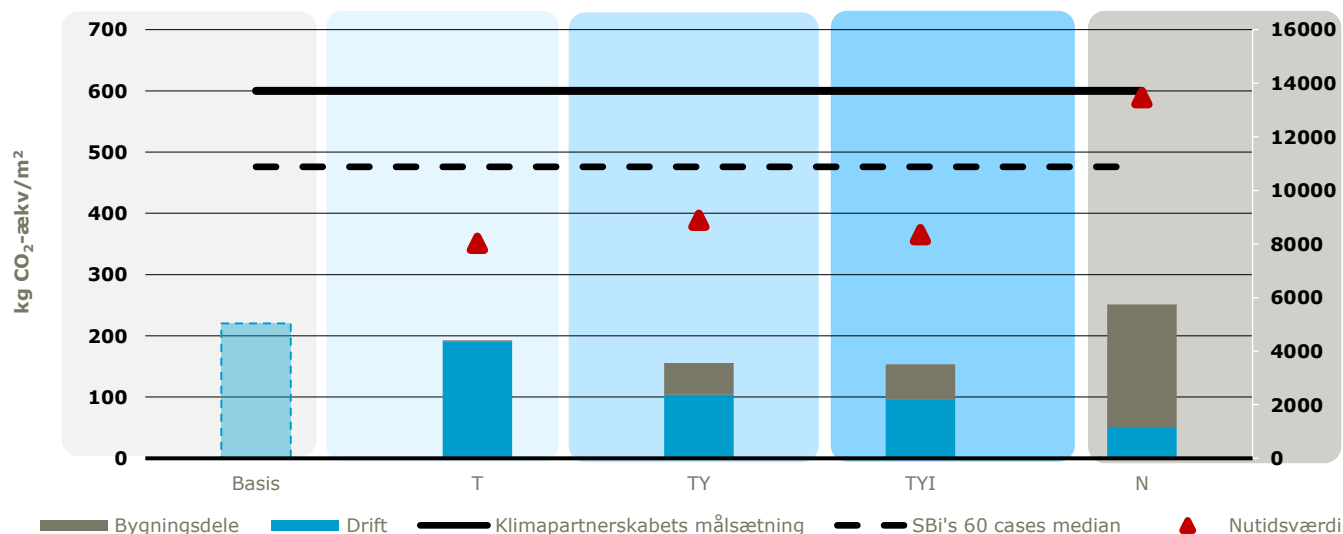
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt
Eksisterende byggeri nedrives og nyt byggeri opføres svarende til BR2018

Elforbrug: 17,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: Opvarmet af el

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

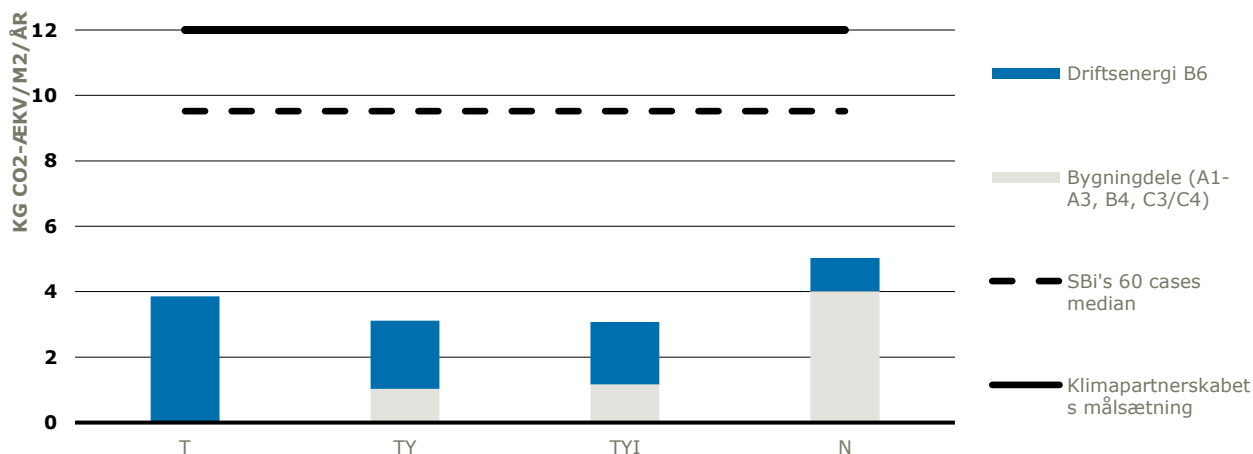


Figur 31: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen af klimapåvirkningen over 50 år viser, at ved renoveringsscenarierne vil den primære påvirkning stamme fra driften af bygningen, da denne er høj grundet en utæt og uisoleret bygning. Derimod vil et nybyg scenarie have en lav påvirkning fra energiforbruget, og en højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet. På resultatet for klimabelastningen ses en markant forbedring ved renovering af tag, ydervægge og vinduer, svarende til scenarie (TY).

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

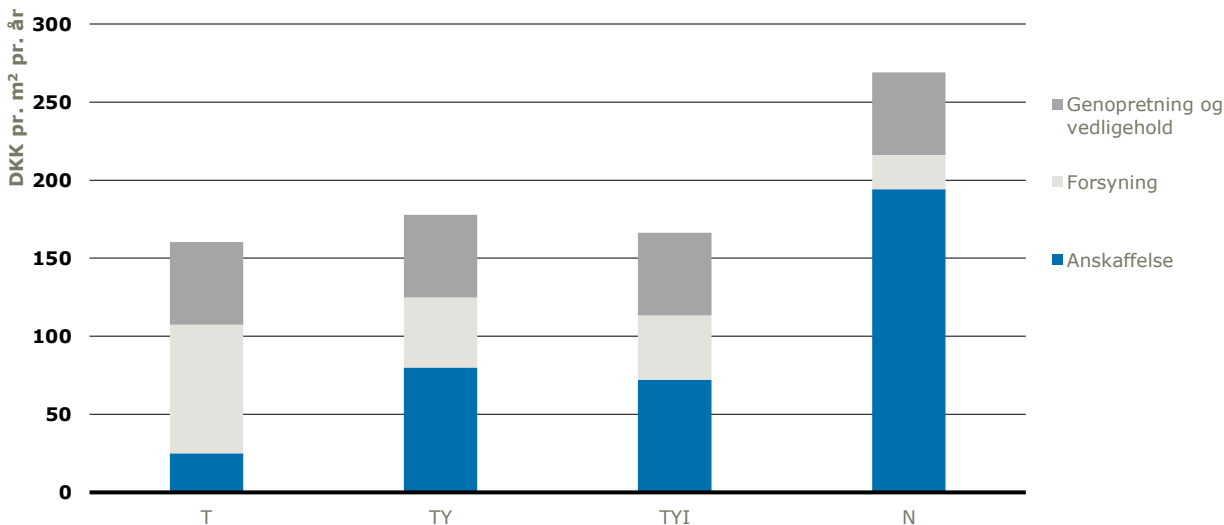


Figur 32: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

For bebyggelsen medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. Da byggeriet er boligbyggeri medregnes ikke renhold, da denne udgift er meget afhængig af den enkelte beboer, og der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Det bemærkes desuden, at denne udgift vil være ens for de forskellige scenarier. I den totaløkonomiske analyse ser vi de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som i livscyklusvurderingen - at anskaffelsesprisen er høj for nybyggeri, mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog at i praksis ville det være rimeligt at antage at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 33: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 12: ETAGEBOLIG RESULTATER SAMLET

Resultaterne af analysen for denne specifikke case, viser at en renovering af klimaskærmen for et antaget basiscase etagebyggeri efter 1966 standard, kan betyde lavere driftsenergi, og dermed resulterer i en reduktion af CO₂ og økonomiske omkostninger til drift. Ved sammenligning af de 3 renoveringsniveauer (T, TY og TYI) med nybyggeri viser analysen, at nybyggeri er betydeligt dyrere set over en 50-årig periode.

BYGNINGSTYPE	ETAGEBOLIG
OPVARMET AREAL	4246
BRUTTOAREAL	4246
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	7
BYGNINGSEJER	OFFENTLIG
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2022
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



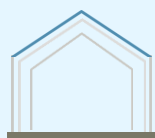
Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem tilbage til 1966 standard og solceller fjernes. U-værdi for taget bringes tilbage til 0,45 W/m²K svarende til 8 cm isolering. U-værdi for ydervæggen bringes tilbage til 1,0 W/m²K svarende til 3 cm isolering. Vinduerne er 2 lags glas.

Elforbrug: 0,6 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 127,4 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

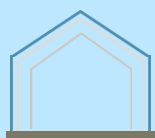


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 400 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,10 W/m²K. Tagpap udskiftes og ny dampspærre.

Elforbrug: 0,6 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 118,5 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

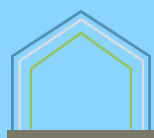


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 200 mm isolering svarende til U-værdi på 0,18 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lags. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 0,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 54,1 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Elforbrug: 5,3 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 36,7 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

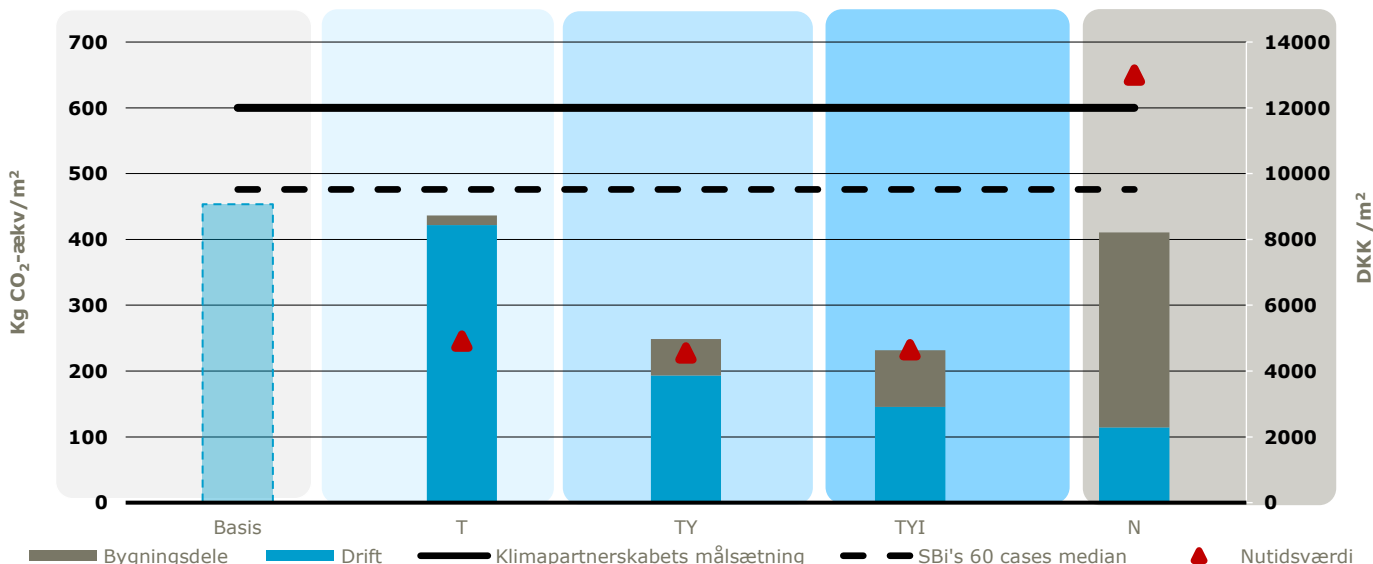
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 2,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 30,4 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNINGER OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR

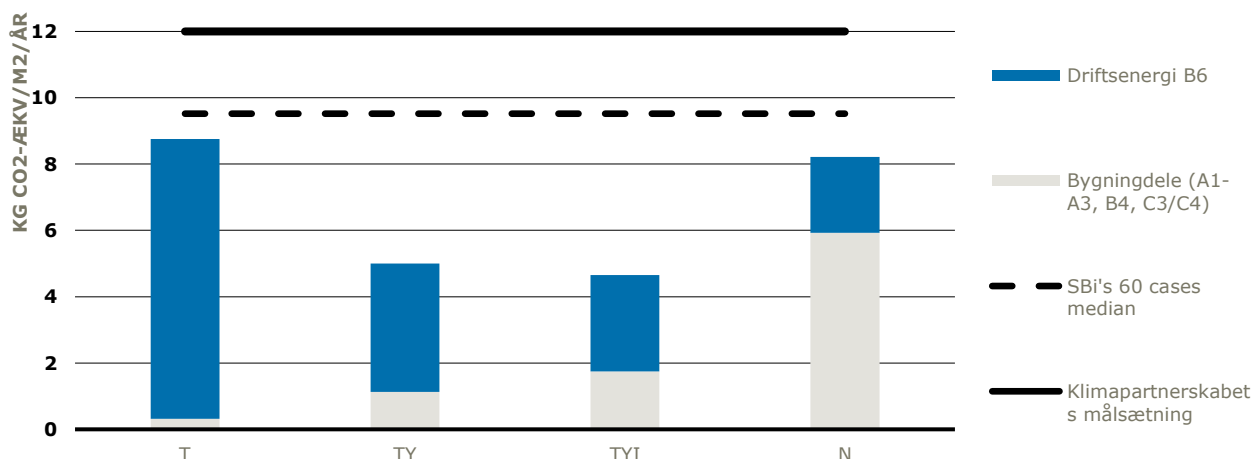


Figur 34: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Resultaterne for LCA-analysen fortæller, at for renoveringsscenarierne stammer den primære klimapåvirkning fra driften af bygningen, set over en 50-årig periode. Bygningens driftsforbrug vil dale i takt med omfanget af renoveringen, ses fra niveau T til TYI, da bygningens klimaskærm isoleres bedre og får en øget tæthed. For nybyg scenariet (N) vil den primære klimapåvirkning stamme fra materialerne tilført byggeriet og modsat være lav for energiforbruget i bygningen. På resultatet for klimabelastningen ses en markant forbedring ved renovering af tag, ydervægge og vinduer, svarende til scenarie (TY). I scenarie TYI øges elforbruget, hvilket skyldes, at bygningen får mekanisk ventilation. Dette øger desuden komforten for forbrugeren.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

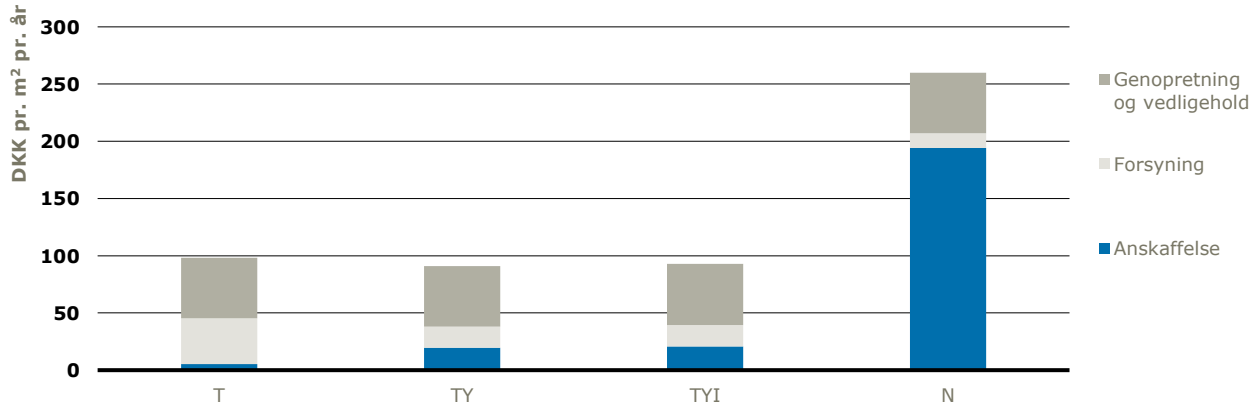


Figur 35: Klimapåvirkning set over en 50-årig periode.

RESULTATER LCC

For denne specifikke case er der i den totaløkonomiske beregning medtaget anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter, samt udgifter til forsyning. Da byggeriet er boligbyggeri medregnes ikke renhold, fordi denne udgift er afhængig af den enkelte beboer, og der ikke findes Molio prisdata for denne typologi. Det bemærkes desuden, at denne udgift vil være ens for de forskellige scenarier. LCA-analysen og LCC-analysen viser de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som i livscyklusvurderingen. For nybyggeri (N) er anskaffelsesprisen høj mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog, at i praksis ville det være rimeligt at antage at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI



Figur 36: Totaløkonomisk beregning set over en 50-årig periode.

CASE 13: OFFENTLIG BYGGERI RESULTATER SAMLET

Med afsæt i et antaget basiscase byggeri efter 1966 standard er der i dette casestudie vist, at en opgradering og energirenovering af klimaskærmen kan give en betydeligt lavere driftsenergi, som både resulterer i en reduktion af CO₂ og økonomiske omkostninger til drift. Ved sammenligning af 3 renoveringsniveauer med nybyggeri viser analysen, at nybyggeri er betydeligt dyrere set over en 50årig periode.

BYGNINGSTYPE	UNIVERSITETS-BYGNING
OPVARMET AREAL	8043
BRUTTOAREAL	8861
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	3
BYGNINGSEJER	OFFENTLIG
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	1966
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



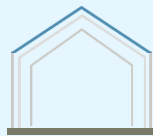
Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem efter 1966 standard. Taget er isoleret med 80 mm isolering. Ydervæggen er opbygget af 290 mm hulmur med formur af tegl, 30mm isolering og bagmur af letklinkerbeton. Vinduerne er 2 lags glas

Elforbrug: 33,9 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 146,4 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

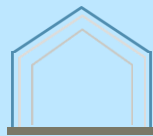


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 390 mm isolering svarende til en Uværdi på 0,1 W/m²K. Tagpap udskiftes og ny dampspærre.

Elforbrug: 34,3 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 132,5 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

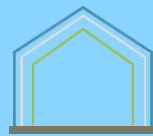


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 200 mm isolering svarende til U-værdi på 0,19 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 40,1 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 53,6 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Belysning opgraderes til LED system.

Elforbrug: 20,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 26,3 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

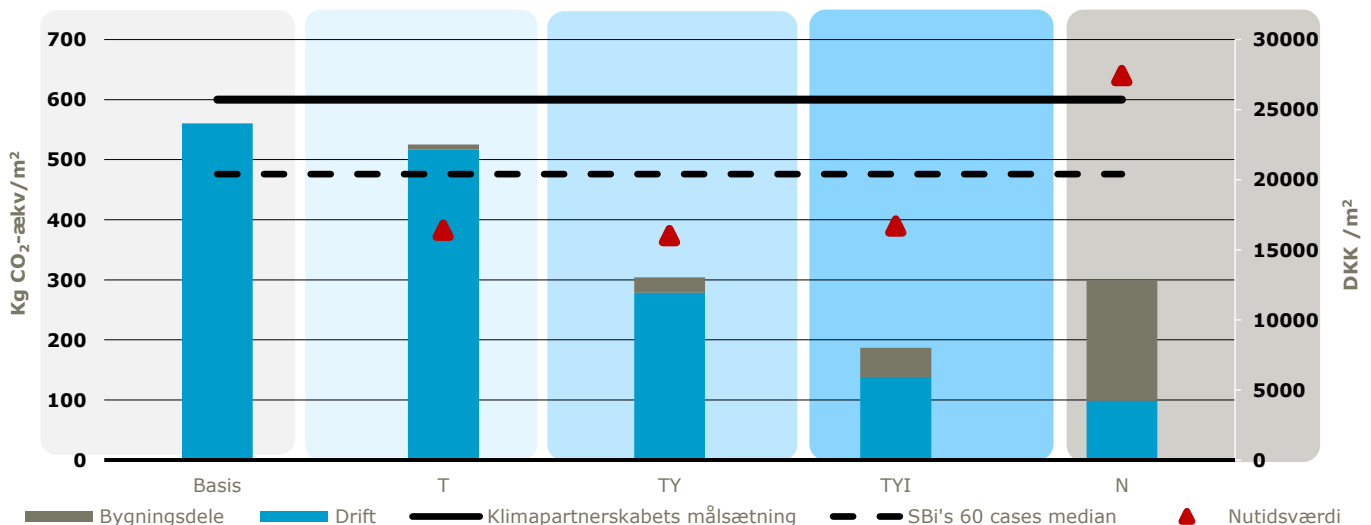
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 12,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 20,2 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

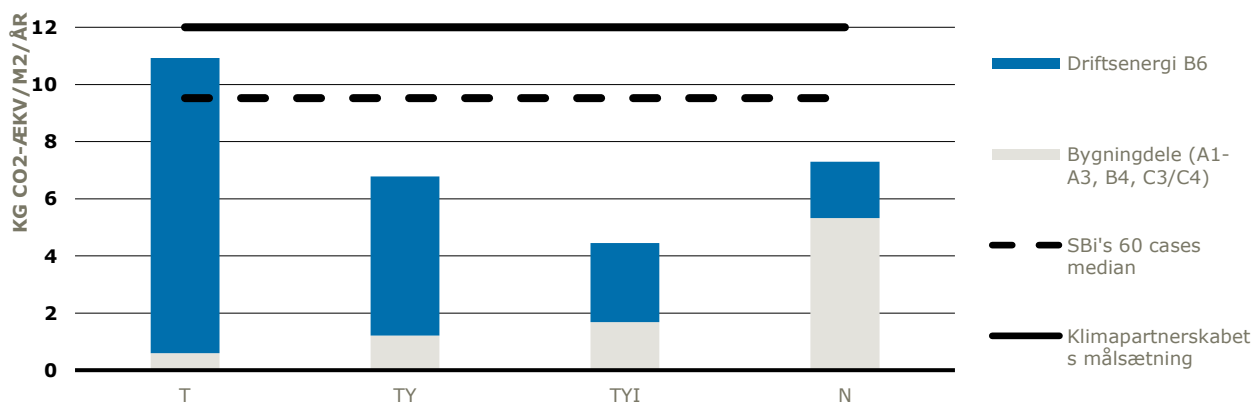


Figur 37: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen for klimapåvirkninger over en 50 årig periode viser, at for det specifikke casestudie vil den betydelige klimabelastning for et nybyggeri ligge i bygningsdele og kun en lille mængde af de totale klimapåvirkninger stammer fra driftsenergien til nybyggeriet. Resultaterne viser den omvendte fordeling af klimapåvirkninger på bygningsdele kontra driftsenergi for de 3 renoveringsscenarier. For alle 3 scenarier T, TY og TYI gælder det, at driftsenergien udgør en betydelig del af klimapåvirkningerne. Ved renovering af tag, ydervæg og installationer (TYI) opnås lavest driftsenergi med dermed større andel klimapåvirkninger på bygningsdelene, selvom elforbruget til bygningen øges, da renoveringen indebærer tilførsel af mekanisk ventilation og opgraderingen af bygningens elnet. Det giver for scenarie TYI samtidig en øget komfort hos forbrugeren. Denne forøgelse i elforbrug opvejes dog af et mindre energiforbrug til varme.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

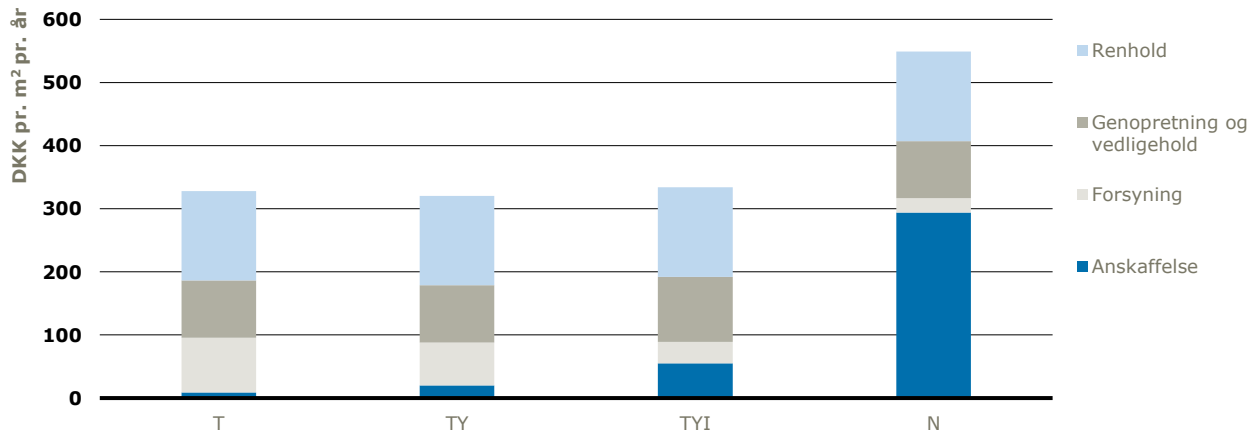


Figur 38: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

For universitetsbygningen medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. I den totaløkonomiske analyse ser vi de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som i livscyklusvurderingen - at anskaffelsesprisen er høj for nybyggeri mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog at i praksis ville det være rimeligt at antage at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 39: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 14: OFFENTLIG BYGGERI RESULTATER SAMLET

Casestudiet er lavet på en skole med et bruttoareal på 1207 m².

Livscyklusanalysen (LCA) viser, at de to renoveringsscenarier TY og TYI har betydeligt lavere klimapåvirkning over 50 år sammenlignet med renoveringsscenarie T og nybyg scenariet N. Det ses desuden, at nybyg scenariet er betydeligt dyrere analyseres scenariernes totaløkonomi over 50 år grundet de høje anskaffelsesudgifter.

BYGNINGSTYPE	FOLKESKOLE
OPVARMET AREAL	1155
BRUTTOAREAL	1207
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	3
BYGNINGSEJER	OFFENTLIG
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2017
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



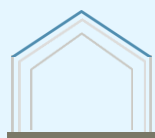
Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem efter 1966 standard. Taget er isoleret med 80 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,45 W/m²K. Ydervæggen består af 70 mm isolering med en U-værdi på 0,6 W/m²K. Vinduerne er 2 lags glas

Elforbrug: 23 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 130,7 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

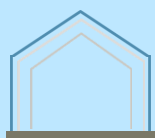


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 350 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,1 W/m²K. Taggap udskiftes og ny dampspærre.

Elforbrug: 23,5 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 115,7 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

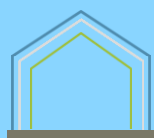


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 300 mm isolering svarende til U-værdi på 0,12 W/m²K. 2 lags vinduer udskiftes til 3 lags. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 27,6 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 37,5 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 samt naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Belysning opgraderes til LED system.

Elforbrug: 11,6 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 35,8 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

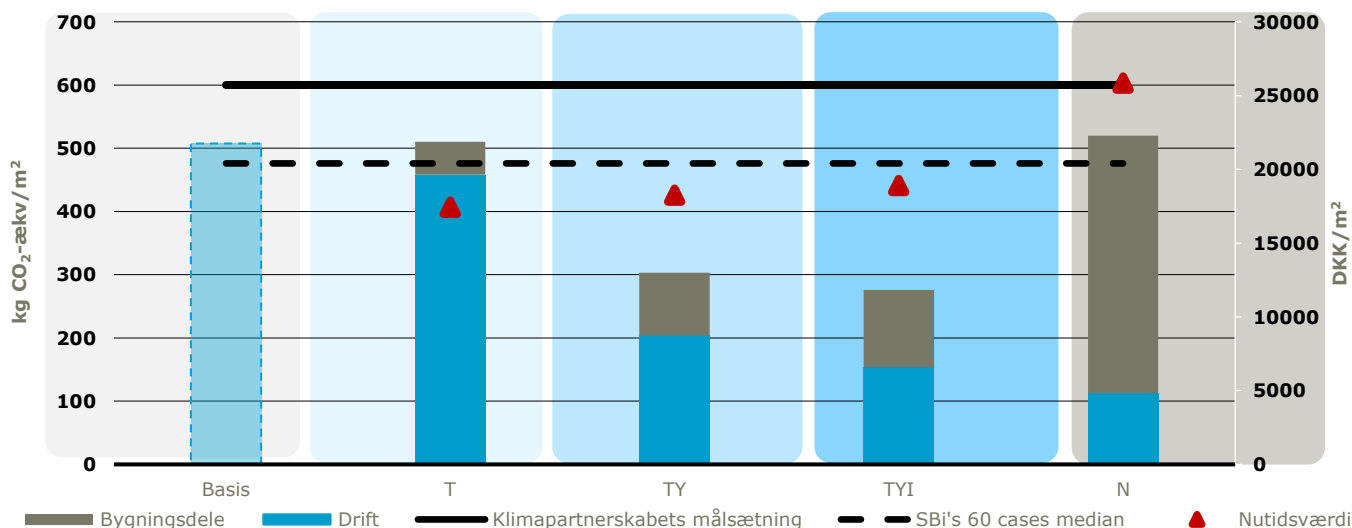
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 24,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 11,1 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.



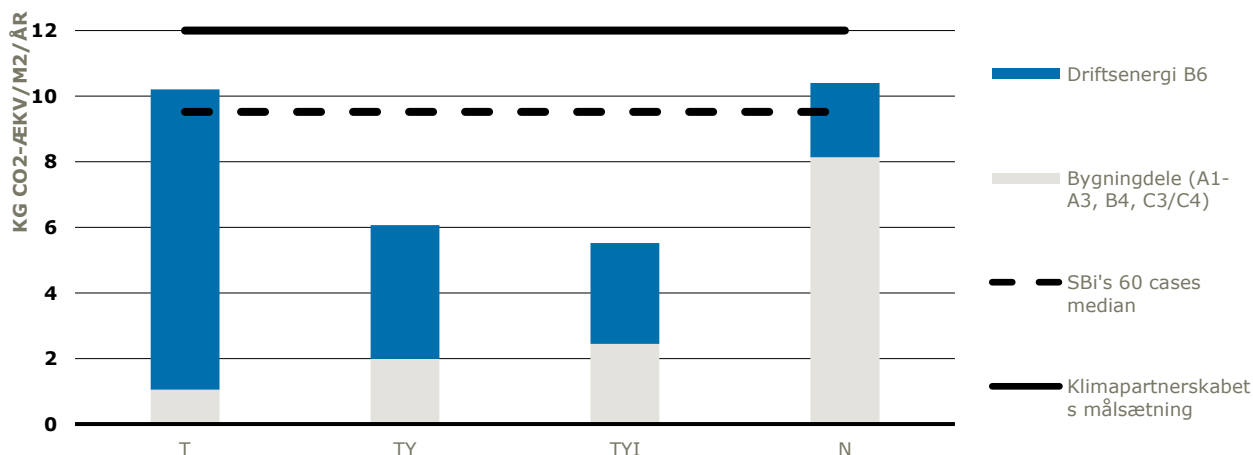
Figur 40: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analyseres skolens klimapåvirkninger ved livscyklusanalyser ses her, at for en utæt og ringe isoleret skole vil klimapåvirkningerne primært stamme fra driftsenergien, og jo mere der renoveres, vil påvirkningen fra drift og bygningsdele være mere ligeligt fordelt. For nybyg scenariet, er driftsenergien lav og påvirkningerne stammer primært fra bygningen, som er opført på ny.

Sammenlignes resultaterne med SBI's 60 case studier ligger både nybyg scenariet og renoveringsscenarie T lige over medianen, mens der ved at renovere i TY og TYI kan opnå en betydeligt lavere klimapåvirkning.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

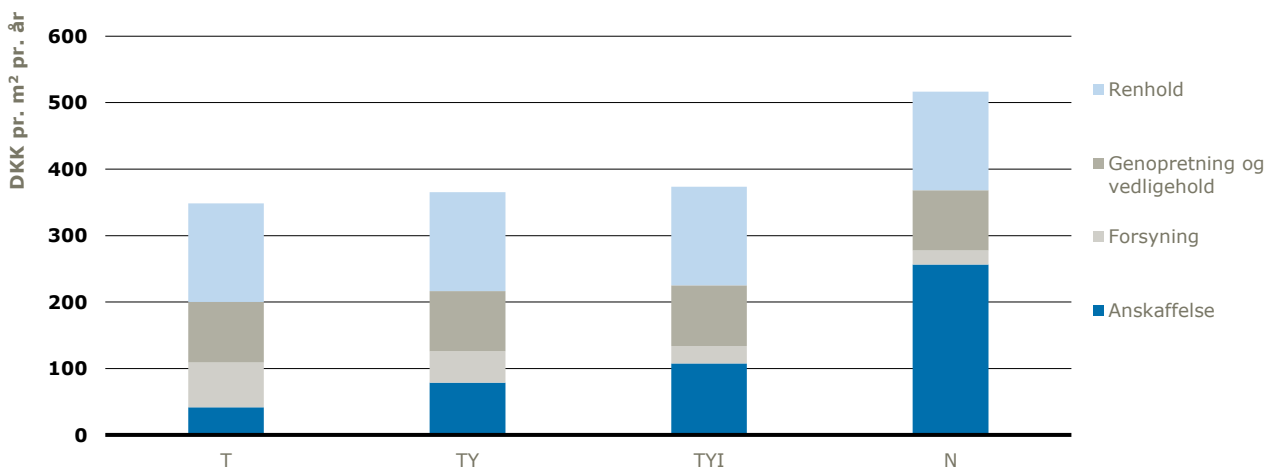


Figur 41: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

I den totaløkonomiske beregning af casestudiet af skolen medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter, renholdsudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. I den totaløkonomiske analyse ser vi de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som i livscyklusvurderingen - at anskaffelsesprisen er høj for nybyggeri mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog, at i praksis ville det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 42: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 15: OFFENTLIG BYGGERI RESULTATER SAMLET

Udgangspunktet for denne case var en nybygget daginstitution fra 2018, som føres tilbage til byggestandard efter BR1966, med reduceret isolering i tag og ydervæg. Resultaterne viser, at en øget tæthed af bygningen betyder lavere driftsenergi og reducerede økonomiske og CO₂ omkostninger til drift. Samtidig viser resultaterne, at nybyg kontra renovering er dyrere set over en 50-årig periode.

BYGNINGSTYPE	DAGINSTITUTION
OPVARMET AREAL	850
BRUTTOAREAL	853
KONSTRUKTIONSTYPE	LET
ANTAL ETAGER	1
BYGNINGSEJER	OFFENTLIG
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2018
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



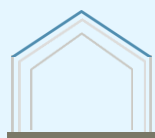
Basis Case

Terrændæk, varme- og brugsvandssystem bygget efter 1966 standard. Taget består af 80 mm isolering. Ydervæg af træskeletvæg, udvendig bræddebeklædning indvendig forskalling og puds, hulrum isoleret med 70 mm mineraluld. Vinduer består af 2 lag glas.

Elforbrug: 23,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 189,8 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

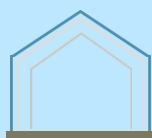


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 400 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,09 W/m²K. Tagpap udskiftes og dampspærre tilføjes.

Elforbrug: 23,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 146,5 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

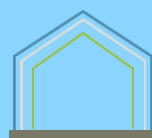


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1. Ydervægge efterisoleres til 290 mm isolering svarende til U-værdi på 0,14 W/m²K. 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer.

Elforbrug: 23,7 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 86,5 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til mekanisk ventilation. Belysning opgraderes til LED.

Elforbrug: 11,7 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 77,4 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

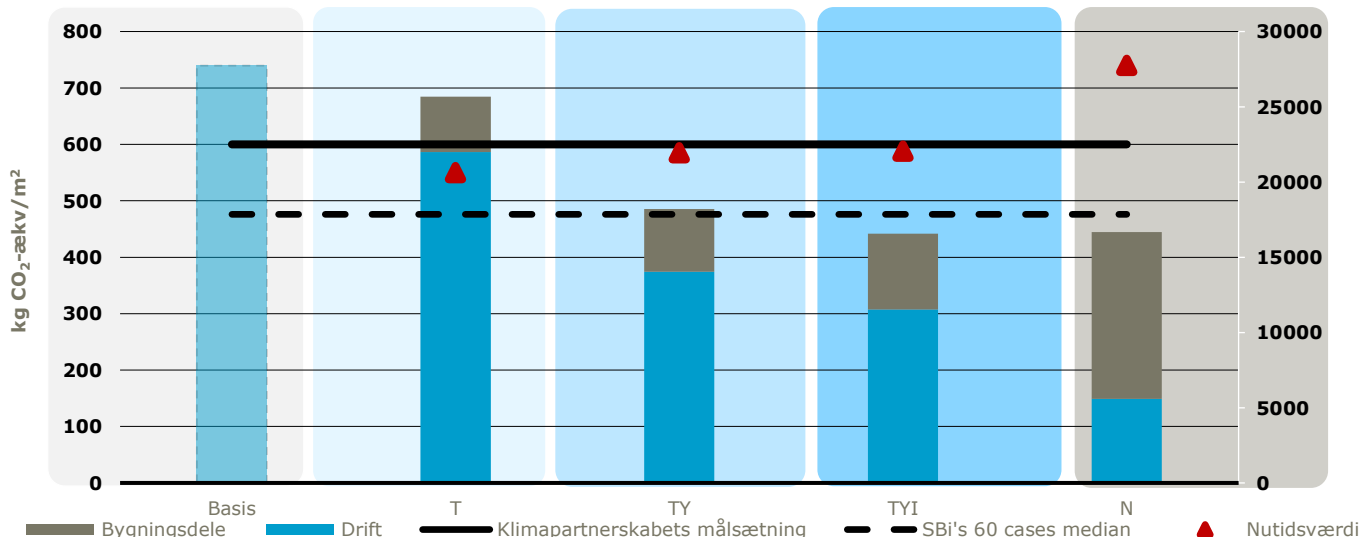
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 5,2 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 37,9 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

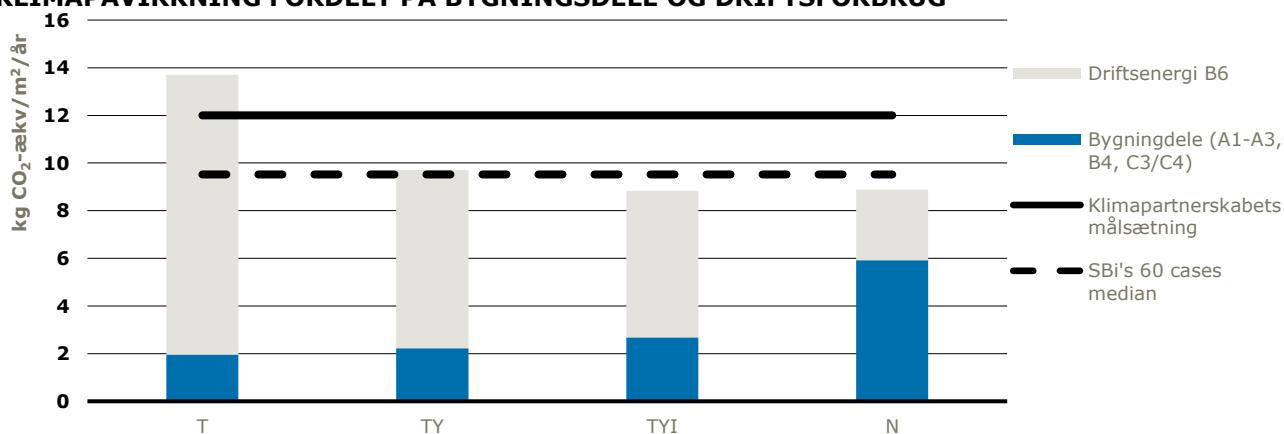


Figur 43: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

Analysen af klimapåvirkningen over 50 år viser, at ved renoveringsscenarierne vil den primære påvirkning stamme fra driften af bygningen, da denne er høj grundet en utæt og uisoleret bygning. Derimod vil et nybyg scenarie have en lav påvirkning fra energiforbruget, og en højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet. På resultatet for klimabelastningen ses en markant forbedring ved renovering af tag, ydervægge og vinduer, svarende til scenarie (TY).

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

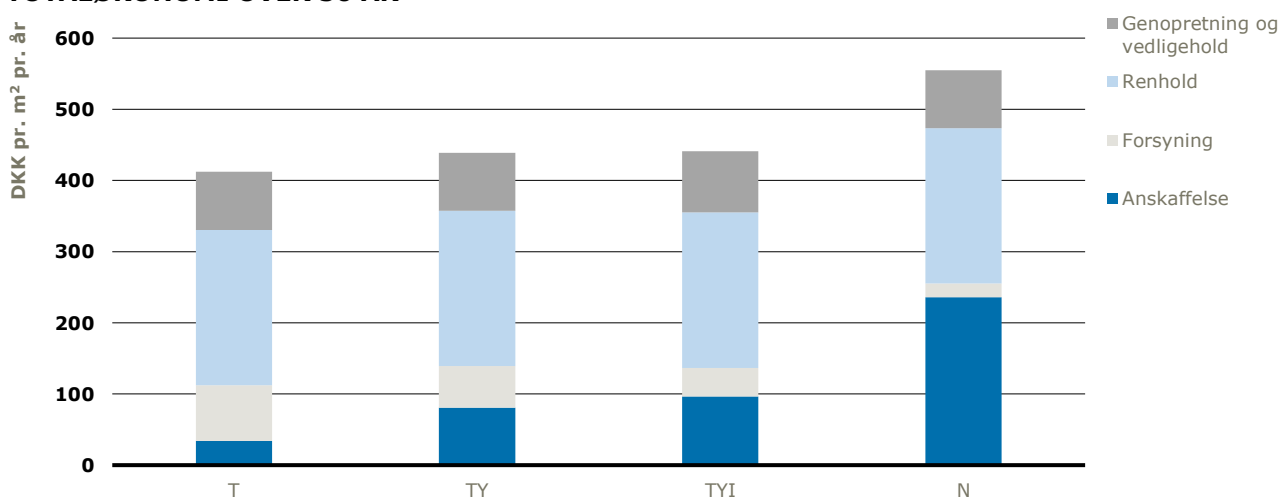


Figur 44: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

For daginstitutionen medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. I den totaløkonomiske analyse ser vi de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som i livscyklusvurderingen - at anskaffelsesprisen er høj for nybyggeri mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog, at i praksis ville det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



Figur 45: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

CASE 16: OFFENTLIG BYGGERI RESULTATER SAMLET

Udgangspunktet for dette casestudie var et byggeri efter 1966 standarden med ringe isolering og utæt konstruktion. Det ses her, at en energirenovering af klimaskærmen kan give et betydeligt lavere driftsenergi, hvilket resulterer i både en CO₂ reduktion samt lavere økonomiske omkostninger til drift. Desuden viser analysen, at det er betydeligt dyrere at bygge nyt kontra at renovere set over en 50-årig periode for dette casestudie.

BYGNINGSTYPE	Sundhedscenter
OPVARMET AREAL	5870
BRUTTOAREAL	5870
KONSTRUKTIONSTYPE	TUNG
ANTAL ETAGER	2
BYGNINGSEJER	OFFENTLIG
CASE BYGNINGENS OPRINDELIGE OPFØRELSE	2022
BETRAGTNINGSPERIODE	2020-2069
FORSYNING	FJERNVARME

BASIS

Niveau 0



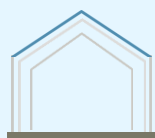
Basis Case

Terrændæk og varme- og brugsvandssystem efter 1966 standard. Taget er isoleret med 80 mm isolering. Ydervæggen består af 290 mm hulmur med formur af tegl, 30mm isolering og bagmur af letklinkerbeton. Vinduerne er 2 lags glas

Elforbrug: 29,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 135,8 kWh/m² pr. år

RENOVERING

Niveau 1: Tag (T)

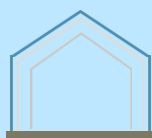


Renovering af taget

Taget efterisoleres til 400 mm isolering svarende til en Uværdi på 0,09 W/m²K. Tagpap udskiftes og ny dampspærre.

Elforbrug: 29,8 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 123,5 kWh/m² pr. år

Niveau 2: Tag og Ydervæg (TY)

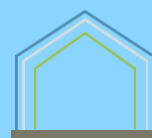


Renovering af tag samt ydervæg og vinduer

Tilsvarende trin 1 samt ydervægge efterisoleres til 300 mm isolering svarende til U-værdi på 0,17 W/m²K og 2lags vinduer udskiftes til 3lagsvinduer. Bygningens tæthed øges som afledt effekt af ovenstående tiltag.

Elforbrug: 30 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 63,7 kWh/m² pr. år

Niveau 3: Tag, Ydervæg og Installationer (TYI)



Renovering af tag, ydervæg, vinduer, og installationer

Tilsvarende trin 2 og naturlig ventilation udskiftes til balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Belysning opgraderes til LED system.

Elforbrug: 10,9 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 39 kWh/m² pr. år

NYBYGGERI

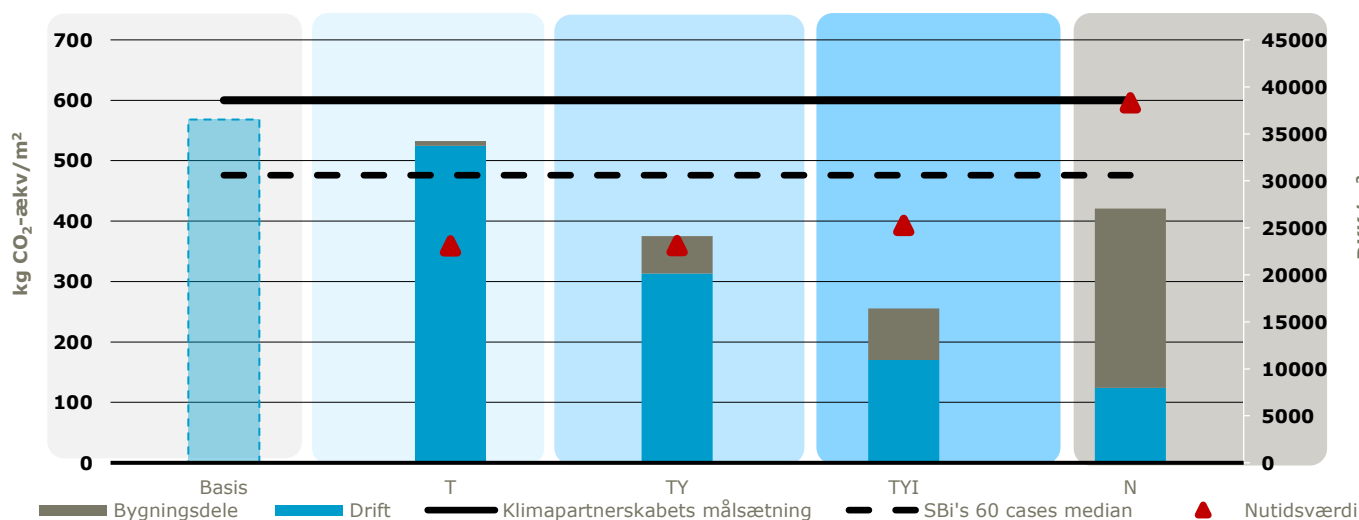
Nybyg (N)



Eksisterende byggeri rives ned og der bygges nyt

Elforbrug: 9,4 kWh/m² pr. år
Varmeforbrug: 27,3 kWh/m² pr. år

KLIMAPÅVIRKNING OG NUTIDSVÆRDI OVER 50 ÅR.

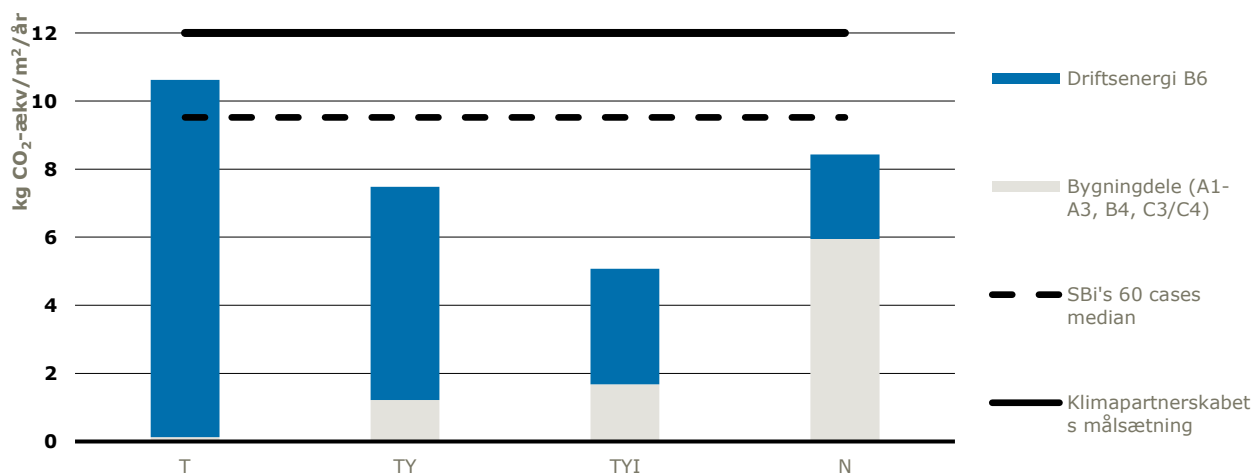


Figur 46: LCA og LCC-resultater over en 50-årig betragtning.

RESULTATER LCA

For det specifikke casestudie viser analysen, at over en 50årig periode vil de primære klimapåvirkninger ved renoveringsscenarierne stamme fra driften af bygningen. En høj drift for de 3 renoveringsscenarier skyldes en utæt og ringe isoleret bygning. Modsat gælder det for det nybyggede scenarie. Nybyg vil have en lav påvirkning fra byggeriets energiforbrug, men derimod en højere påvirkning fra materialerne tilført byggeriet. Ses der på de 3 renoveringsniveauer fås en markant forbedring af resultat for klimabelastning ved at renovere tag, ydervægge og vinduer (TY) sammenlignet med alene en tagrenovering (T). I renoveringsscenarie TYI øges elforbruget til bygningen, da renoveringen indebærer tilførsel af mekanisk ventilation og opgraderingen af bygningens elnet, hvilket samtidig er med til at øge forbrugernes komfort. Denne forøgelse i elforbrug opvejes dog af et mindre energiforbrug til varme.

KLIMAPÅVIRKNING FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG DRIFTSFORBRUG

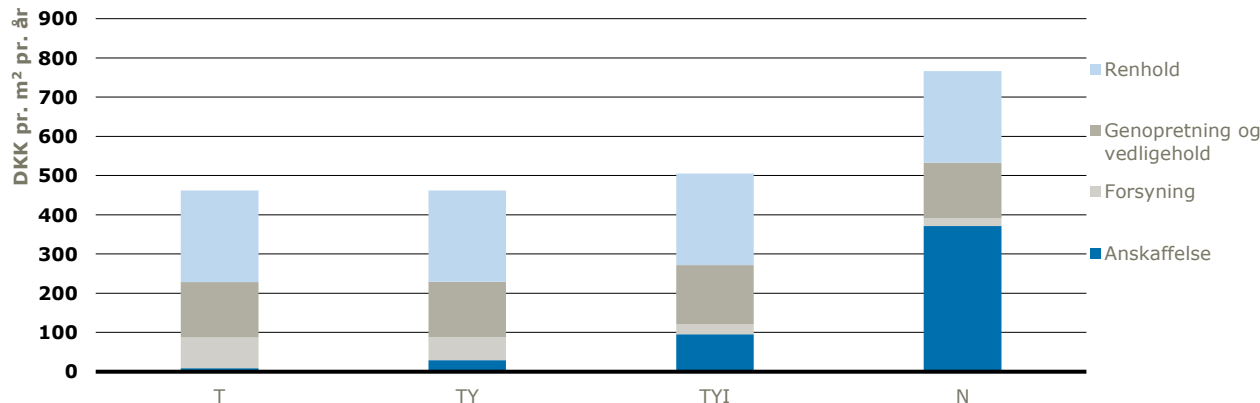


Figur 47: Klimapåvirkning set over en 50 årig periode.

RESULTATER LCC

For sundhedscenter medtages anskaffelsesudgifter, vedligeholdelsesudgifter samt udgifter til forsyning i den totaløkonomiske beregning. I den totaløkonomiske analyse ser vi de samme tendenser for renoveringsscenarierne og nybyggeriet som i livscyklusvurderingen - at anskaffelsesprisen er høj for nybyggeri mens forsyningsomkostninger er relativt lave sammenlignet med renoveringsscenarierne, som har høje udgifter til forsyning grundet høje driftsforbrug i utætte mindre isolerede bygninger. Vedligeholdelsesprisen er i analysen den samme for alle scenarierne, da de er baseret på kvadratmeterpriser, det bemærkes dog, at i praksis ville det være rimeligt at antage, at prisen på vedligehold er mindre for nybyggeri.

TOTALØKONOMI OVER 50 ÅR



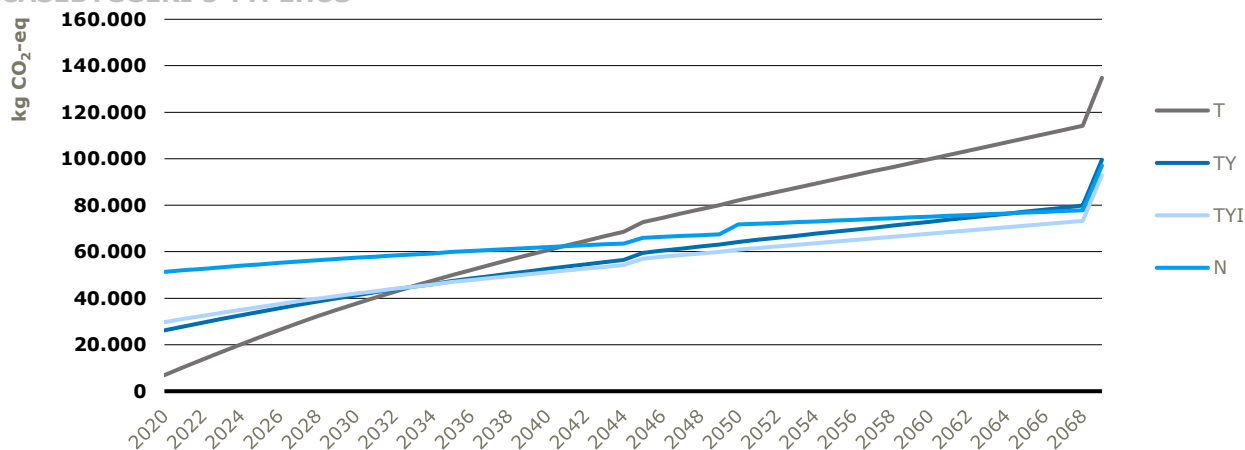
Figur 48: Totaløkonomisk beregning set over en 50 årig periode.

1 Bilag – Akkumuleret globalt opvarmningspotentiale

Figur 49 viser de akkumulerede klimapåvirkninger fra case 5. I grafen ses det at den laveste påvirkning i år 0 er i scenarie T, men på grund af det høje energiforbrug, vil denne graf være stejlere end de andre scenarier, som vil tjene deres investering i renovering ind i løbet af årene, og i år 50 vil T derfor have den største akkumulerede klimapåvirkning. Scenarier TY, TYI og N har næsten ens klimapåvirkning i år 50.

AKKUMULERET GLOBALT OPVARMNINGSPOTENTIALE

CASEBYGGERI 5 TYPEHUS

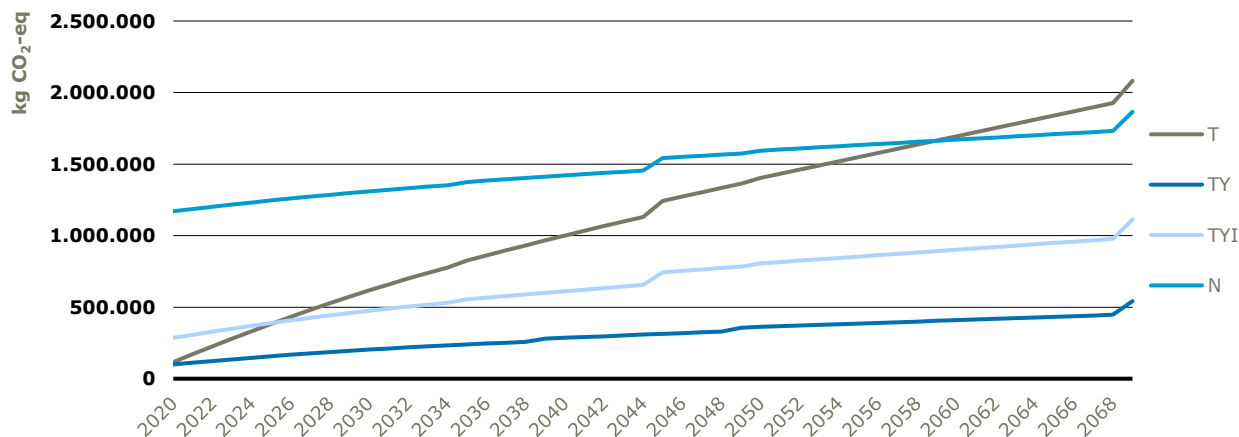


Figur 49: Akkumuleret globalt opvarmningspotentiale over 50 år for casebyggeri 5.

Error! Reference source not found. viser den akkumulerede klimapåvirkning fra casebyggeri 12, som er et etagebyggeri. I dette scenarie ses det at de høje klimapåvirkninger ved nybyg ikke tjenes hjem af et lavt energiforbrug hvis der sammenlignes med renoveringsscenarier TY og TYI, som i denne case har de laveste akkumulerede klimapåvirkninger.

AKKUMULERET GLOBALT OPVARMNINGSPOTENTIALE

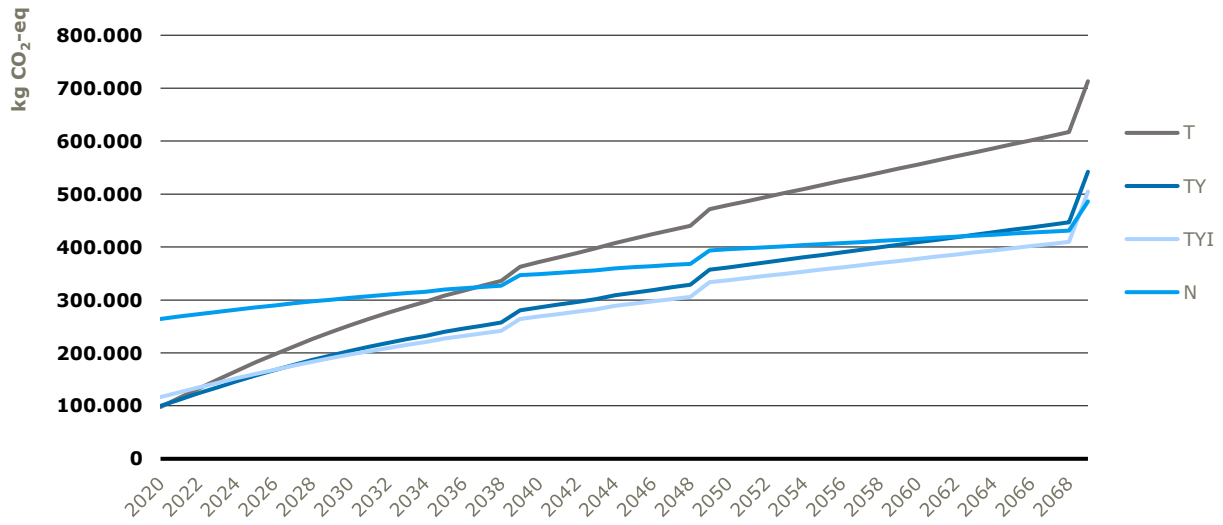
CASEBYGGERI 12 ETAGEBYGGERI



Figur 50: Akkumuleret globalt opvarmningspotentiale over 50 år for casebyggeri 12.

For casebyggeri 15, som er en daginstitution, viser de akkumulerede klimapåvirkninger i **Error! Reference source not found.** at nybyggeriets lave energiforbrug, illustreret ved en meget flad graf, netop vil tjene sig hjem i løbet af 50 år, på trods af at denne har de højeste påvirkninger i år 0, hvor det eksisterende byggeri skal nedrives og der bygges nyt.

AKKUMULERET GLOBALT OPVARMNINGSPOTENTIALE CASEBYGGERI 15 OFFENTLIG BYGGERI



Figur 51: Akkumuleret globalt opvarmningspotentiale over 50 år for casebyggeri 15

2 Bilag - Molio data

Tabel 2: Moliodata anvendt til LCC-beregning

	Nr	Tekst	*	Enhed	Mængde	Enhedspris
Nybyg	04.22.05,12	95 mm mineraluld kl. 34, trækonstruktion	TE	m2	1	186,85
	(59)57.05,07	Ventilation, højere læreanstalter	TBE	m2	1	1.043,17
	(59)57.05,04	Ventilation, børneinstitutioner	TBE	m2	1	376,96
	(59)57.05,09	Ventilation, sygehuse, behandlingsafd.	TBE	m2	1	2.607,22
	(59)57.05,03	Ventilation, etagehuse	TBE	m2	1	47,98
	(59)57.05,14	Ventilation, administrationsbygninger	TBE	m2	1	1.043,17
	(59)57.05,02	Ventilation, række- og klyngehuse	TBE	m2	1	47,98
	(59)57.05,01	Ventilation, enfamiliehuse	TBE	m2	1	47,98
	(99)05.31,01	Højere læreanstalter. Orienterende m ² priser	TBE	m2	1	14.828,48
	(99)05.20,01	Børneinstitutioner. Orienterende m ² priser	TBE	m2	1	11.887,63
	(99)05.40,01	Sygehuse, behandlingsafdelinger. Orienterende m ² priser	TBE	m2	1	18.707,90
	(99)05.15,01	Etagehuse. Orienterende m ² priser	TBE	m2	1	9.789,43
	(99)05.50,01	Administrationsbygninger. Orienterende m ² priser	TBE	m2	1	14.877,95
	(99)05.10,01	Række- og klyngehuse. Orienterende m ² priser	TBE	m2	1	10.061,31
	(99)05.05,01	Enfamiliehuse. Orienterende m ² -priser	TBE	m2	1	10.740,47
Renovering	1.1-6.5,01	Efterisolere tag med tagpap, 100 mm mineraluld	TE	m2	1	1.377,93
	1.1-6.5,02	Efterisolere tag med tagpap, 150 mm mineraluld	TE	m2	1	1.551,07
	1.1-6.5,03	Efterisolere tag med tagpap, 180 mm mineraluld	TE	m2	1	1.658,34
	(47)16.63,01	Udv. isol. 100 mm Hardrock Energy	TE	m2	1	526,58
	(47)16.63,03	Udv. isol. 150 mm Hardrock Energy	TE	m2	1	697,97
	(47)16.63,04	Udv. isol. 180 mm Hardrock Energy	TE	m2	1	777,46
	1.1-3.7,01	Udskifte røde vingetegl + efterisolering	TE	m2	1	2.721,43
	2.5-2.1,02	Hulmursisolering, 130 mm, i ydervæg af tegl	TE	m2	1	385,70
	2.5-2.1,01	Hulmursisolering, 80 mm, i ydervæg af tegl	TE	m2	1	304,63
	(21)36.60,14	80 mm granuleret mineraluld, indblæse	TE	m2	1	247,06
	2.5-3.1,02	Efterisolering, 120 mm mineraluld og fyr, en på to	TE	m2	1	3.288,41

	(21)35.20,01	Træskelet 50 x 100 mm, 95 mm mineraluld	E	m2	1	1.498,22
	2.5-3.1,03	Efterisolering, 145 mm mineraluld og fyr, en på to	TE	m2	1	3.650,86
	2.5-3.3,03	Efterisolering, 145 mm mineraluld og fyr på klink	TE	m2	1	3.437,31
	(21)35.20,03	Træskelet 75 x 150 mm, 145 mm mineraluld	E	m2	1	1.961,84
	2.5-3.2,03	Efterisolering, 145 mm mineraluld og fyr med lister	TE	m2	1	3.470,99
	2.5-5.3,02	Efterisolering, 240 mm mineraluld og fyr på klink	TE	m2	1	4.697,79
	2.5-5.1,02	Efterisolering, 240 mm mineraluld og fyr, en på to	TE	m2	1	4.911,33
	2.5-1.1,02	Isolering, REDArt, 200 mm mineraluld og puds	TE	m2	1	1.871,09
	3.2-6.2,03	Fast vindue af træ, 948 x 1.188 mm, 3 lags	TE	stk	1	5.075,04
	3.2-7.8,02	Fast vindue af alu, 1.188 x 1.188 mm, 3 lags	TE	stk	1	6.168,81
	3.2-6.2,04	Fast vindue af træ, 1.188 x 2.118 mm, 3 lags	TE	stk	1	7.932,76
	(63)88.10,03	Lysinstallationer - række-/klyngehuse	TE	m2	1	933,34
	12.1-5.1,01	Udskiftning af elinstallation	TE	m2	1	1.925,99
	Drift	(228)10.30,015	Rengøre skoler, middel kval., 252 dg/år	TE	m2	1
(228)10.20,015		Rengøre børneinst. middel kval. 252dg/år	TE	m2	1	504,29
(228)10.45,015		Rengøre sygehuse, middel kval. 252 dg/år	TE	m2	1	564,72
(228)10.55,015		Rengøre adm.bygn. middel kval. 252 dg/år	TE	m2	1	299,47
(238)10.30,019		Skoler, sum af samlet vedligehold	TE	m2	1	175,63
(238)10.20,019		Børneinst. sum af samlet vedligehold	TE	m2	1	157,77
(238)10.45,019		Sygehuse, sum af samlet vedligehold	TE	m2	1	273,87
(238)10.15,019		Etagehuse sum af samlet vedligehold	TE	m2	1	102,48
(238)10.55,019		Kontorer, sum af samlet vedligehold	TE	m2	1	157,77
(238)10.10,019		Rækkehuse sum af samlet vedligehold	TE	m2	1	112,88
(238)10.05,019		Enfamiliehuse sum af samlet vedligehold	TE	m2	1	117,33
Forsyning			Fjernvarme		kWh	1
		Elektricitet		kWh	1	1,77