

D. Ejendomseksempel 1

Ejendomstype 1 er et klassisk alment betonbyggeri fra 1980'erne, hvor funktionalitet og udnyttelse af kvadratmeter har været i fokus, samt at kunne holde boligomkostningerne nede. Ejendommens konstruktion består af sandwichbetonelementer.

D.1 Bygningen før reovering

Bygningen er opført i 1981 med et bebygget areal på 978 m². Bygningen er i 4 etager og har et samlet beboelsesareal på 4.218 m². Bygningen er en del af et større lejlighedskompleks, som udelukkende består af almennyttige lejligheder. Bygningen der er udvalgt, er én blok ud af de sytten som Gadehavegård består af. Klimaskærmsopbygningen består af betonsandwichelementer i ydervægge og sadeltag med teglsten. Vinduerne er de oprindelige termoruder fra 1981, der opvarmes med fjernvarme, som fordeles indirekte fra en central varmecentral. Det varme vand produceres i 10 varmfordelingscentraler.

Klimaskærmsdel	U-værdi [W/m ² K]
Ydervæg mod balkon - syd	0,38
Ydervæg mod betonvæg	0,57
Tag	0,37
Kælderloft	0,35
Kælder ydervæg/sokkel	3,70
Vinduer, indbygget gennemsnit	2,93

Tabel D.1.1 - Oplyste værdier for før-situationen

Kilde: Cowi, Rapport: Gadehavegård - Renovering til passivhusstandard

Energiberegningen er nøgletal fra Energy10¹, der er benyttet som led i beregning af den forventede energibesparelse og ændring af Energimærke til Energiklasse A2020.

Energimærkning	Energimærke 2009
Opvarmning	58,0 kWh/m ² pr. år
Varmt brugsvand	13,1 kWh/m ² pr. år
Tab fra VBV-anlæg	22,4 kWh/m ² pr. år
El	1,4 x 2,5 kWh/m ² pr. år
Overtemperatur/Køl	0 kWh/m ² pr. år
Samlet varmebehov	93,8 kWh/m ² pr. år
Samlet energibehov	99,2 kWh/m ² pr. år

Tabel D.1.2 - Nøgletal fra Energy10 energiberegning af eksisterende boligblok i Gadehavegård

På Tabel D.1.3 nedenfor, er der opstillet de målte varmeforbrug for den udvalgte blok fordelt på opvarmning og varmt brugsvand inkl. rørtaf. Det fælles elforbrug er ikke målt, da dette ikke har større interesse for projektets fokus på sammenligningen mellem teoretisk beregnet energiforbrug og faktisk energiforbrug. Dette skyldes, at det fælles elforbrug først og fremmest bidrager til en meget lille andel af det samlede energiforbrug, og derudover er det oftest også meget lettere at kontrollere end den enkelte beboers brugsvaner i lejligheden.

¹ Energy10: Energiberegningsværktøj til bestemmelse ved Energimærkning

Målt forbrug	Ejendom, før renovering
Opvarmning	67,1 kWh/m ² pr. år
Varmt brugsvand	28,7 kWh/m ² pr. år
Samlet Varmebehov	95,8 kWh/m ² pr. år

Tabel D.1.3 - Målt varmeforbrug i eksisterende ejendom (gennemsnit over en 3-årig periode)

D.2 Renoveringstiltag og formål

Renoveringsprojektet gennemføres med støtte fra Energistyrelsens Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP).

Denne renovering har udelukkende fokus på selve bygningsmassen, hvor ønsket har været at passivhusrenovere, så ejendommens energiforbrug til opvarmning overholder kravet på 15 kWh/m² pr. år. Det betyder derfor også at der ikke er fokus på nedbringelse af energiforbruget til varmt brugsvand, da det ikke er indeholdt i opfyldelseskriterierne for passivhuse. I Tabel D.2.1 er en oversigt over hvad U-værdien på den enkelte klimaskærmsdel bringes ned på. Ved at sammenligne den med Tabel D.1.1 kan forskellen ses.

Klimaskærmsdel	U-værdi [W/m ² K]
Ydervæg mod balkon - syd	0,13
Ydervæg mod betonvæg	0,14
Tag	0,11
Kælderloft	0,35
Kælder ydervæg/sokkel	0,10
Vinduer, indbygget gennemsnit	0,92

Tabel D.2.1 - Oplyste værdier for før-situationen

Kilde: Cowi, Rapport: Gadehavegård - Renovering til passivhusstandard

Ejendommen gennemgår en række renoveringstiltag, som alle har tilfælles at nedbringe behovet for energiforbrug til opvarmning, med henblik på overholdelse af passivhuskravene.

D.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag

Lejlighederne får ombygget de eksisterende overdækkede altaner, så der etableres permanent lukkede altaner med mulighed for komplet åbning af altanens samlede vindueshul, når dette ønskes, se billeder af eksisterende og renoverede altanforhold i Figur D.2.1 nedenfor. De renoverede altaner bliver monteret med 3-lags energiruder, som giver ekstra høj isoleringsevne og gør også altanen mere anvendelig i overgangsperioder, hvor solen varmer, men udetemperaturen er kølig.



Figur D.2.1 - Eksisterende altaner (tv.) og altaner efter renovering (th.)

De enkelte renoveringstiltag er listet i Tabel D.2.2 nedenfor jf. rådgiver og arkitektens oplysninger.

Renoveringstiltag	Forbedring	Oplyste værdier
Udvendig facade- og gavlisolering	245mm mineraluld	U-værdier 0,126-0,14 [W/m ² K]
Efterisolering af loftrum	250mm mineraluldsgranulat	U-værdier
Efterisolering af loft over altaner	145mm mineraluld + 250mm mineraluldsgranulat	U-værdi 0,093 [W/m ² K]
Nye vinduer i lukket sydvendt altan samt nordlig facade	3 lags energiruder	U-værdi ≤ 0,8 [W/m ² K]
Efterisolering af sokler	220mm polystyren	-
Efterisolering af terrændæk (altan gulv)	400mm polystyren	U-værdi 0,092 [W/m ² K]
Efterisolering af kælderloft ²	200mm PUR-isolering	-
Udvendig solafskærmning mod syd	-	Afskærmningsfaktor Ej medtaget i beregning
Decentral mekanisk balanceret ventilation	Nyt anlæg i hver lejlighed	Luftskifte: 0,5 [h ⁻¹] SEL-værdi: 1000 [J/m ³]
Solcelleanlæg på sadeltag (fælles elforbrug)	-	Areal: 203 m ²

Tabel D.2.2 - Ejendommens renoveringstiltag m. dertilhørende relevant energidata

D.2.2 Planløsning - før og efter renoveringen

Renoveringen af ejendommen har givet mulighed for ændring af bygningens eksisterende planløsningsdesign. Der er valgt at fokusere på altanerne, som efter renoveringen er aflukkede altaner med vinduer der kan åbnes fuldt op, så altanen kan fremstå åben i de varme perioder af året. Den nye facade på den lukkede altan bliver velisoleret i ydervæg såvel som vinduer. Dermed kan solens varme udnyttes som gratisvarme til altanen, mens skodder kan afhjælpe overophedning om sommeren. På Figur D.2.2 ses eksempel på et lejemål før og efter renovering.



Figur D.2.2 - Plantegning af typisk lejlighed. Tv: Eksisterende forhold, th: Renoverede forhold

² Forslaget blev på anbefaling af rådgiver ikke udført

Renoveringen giver dermed nye muligheder for udnyttelsen af lejligheden, som bl.a. kan ses på Figur D.2.2, hvor altanen er blevet lukket og velisoleret efter renoveringen. Denne renoveringsløsning har gjort det muligt at nedrive den eksisterende ydervæg, som noten på figuren pointerer. Her er det værd at bemærke, at fjernelse af eksisterende ydervæg vil betyde øget lejlighedsareal, da altanen dermed bliver en del af lejemålets bruttoareal, som vil betyde en huslejestigning. Ud fra vores observationer var der ingen af beboerne som valgte at få fjernet den gamle ydervæg.

D.2.3 Byggeprocessen

Den udvendige facadeisolering med afsluttende pudslag giver bygningen et komplet nyt udtryk, som ændrer bygningens design fra et klassisk betonbyggeri fra 70'erne til et mere moderne etagebyggeri. På Figur D.2.3 nedenfor, kan der ses eksempler på ændringerne i bygningens udtryk.



Figur D.2.3: Billeder fra ejendommens nordlige facade. Tv: Eksisterende ejendom, th: Renoveret ejendom

På Figur D.2.4 ses billeder fra ejendommens sydlige facade, hvor den nye altan giver en ændring i ejendommens udtryk. På nederste billede til højre kan de nye solceller på tegltaget ses. På dette billede er der endnu ikke blevet monteret de farverige skodder, som ses på billedet øverst til højre.



Figur D.2.4 - Billeder fra ejendommens sydlige facade med altaner. Tv: Eksisterende ejendom, th: Renoveret ejendom

D.3 Indeklima

Der er opsat temperatur- og fugtmålere i 6 tilfældigt udvalgte lejligheder fordelt på to opgange, én i hver ende af bygningen. Målerne har logget data på timebasis i perioden fra 9. december 2014 til 1. juni 2015, men værdierne i tabellen er kun fra perioden 9. dec. 2014 - 31. marts 2015, da projektet har defineret denne periode som en sikker opvarmingsperiode. Det målte temperaturniveau benyttes til en bedre tilnærmelse af energiberegningens temperatursetpunkt i Be10. Den samlede middelværdi for indetemperaturen i de målte lejligheder var 21,7 °C i Tabel D.3.1. Der vil blive afrundet til nærmeste hele grader celsius, så energiberegningen benytter temperatursetpunkt på 22 °C for den eksisterende ejendom. Da målingerne kun er et mindre udsnit af den samlede bygningsmasse, bør der forventes at de målte temperaturer kun er et retvisende resultat for ejendommen, og derfor anbefales der afrundet til nærmeste 0,5-1 °C.

Loggernr.	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	RF Middelværdi [%]
G10	22,1	0,6	31
G12	23,6	0,9	42
G13	22,3	0,8	45
G15	20,8	0,9	40
G20	20,6	0,6	34
G21	21,0	0,6	41
Middel	21,7	0,7	39

Tabel D.3.1 - Førmåling, længerevarende måleresultater for indetemperatur og relativ luftfugtighed

Der er målt på samme måde for den renoverede blok (eftermåling). Den samlede middelværdi for indetemperaturen i de målte lejligheder kan aflæses til 23,3 °C i Tabel D.3.2. Der vil blive afrundet til nærmest

hele grader celsius, så energiberegningen benytter temperatursetpunkt på 23 °C for den eksisterende ejendom. Da målingerne kun er et mindre udsnit af den samlede bygningsmasse, bør der forventes at de målte temperaturer kun er et retvisende resultat for ejendommen, og derfor anbefales der afrundet til nærmeste 0,5-1 °C. En gennemsnitlig indetemperatur på 23 °C er en anelse højere end forventet, og kan være medvirkende til en reduceret energibesparelse ift. forventet teoretisk energibesparelse.

Loggernr.	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	RF Middelværdi [%]
G01	24,9	0,4	40
G03	23,6	0,4	28
G0X	21,9	0,5	29
G04	22,0	0,8	28
G06	24,2	1,2	30
G08	23,2	0,6	26
Middel	23,3	0,7	30

Tabel D.3.2 - Eftermåling, længerevarende måleresultater for indetemperatur og relativ luftfugtighed

Af måleresultaterne i Tabel D.3.2 ses, at alle målingerne har samme temperaturspredninger efter renoveringen. Hvilket indikerer, at indetemperaturen efter renoveringen er lige så stabil.

Det ses ligeledes at den gennemsnitlige værdi for den relative luftfugtighed ligger betydeligt lavere efter renoveringen, hvilket betyder, at risikoen for skimmelsvamp er yderligere mindsket i samspil med efterisoleringens reduktion af kuldebroer.

Indetemperaturen er i gennemsnit steget fra 21,7 °C til 23,3 °C, hvilket er en stigning på 1,6 °C. Temperaturspredningen er ca. den samme, hvilket antyder at afvigelsen mellem lejemålene omtrent er ens mellem den eksisterende bygning og den renoverede bygning. En spredning på godt 1 °C anses som relativt lille.

Der forventes dermed at være en relativt jævn fordeling af temperaturen for hele ejendommen. Den relative luftfugtighed er i gennemsnit faldet fra 39 % til 30 %, hvilket er et fald på 9%. Temperaturstigningen har en vis indflydelse på dette fald, som må forventes at være omkring 3 %, mens det yderligere fald må antages at skyldes etableringen af mekanisk balanceret ventilation, som har givet et mere jævnt luftskifte imellem rummene, og dermed tilfører mere udeluft til opholdsrummene, samt sikrer effektiv fjernelse af den fugtige luft fra køkken og bad.

D.4 Ventilation

Ventilationen i boligerne bestod inden renoveringen af ren mekanisk udsugning fra køkken (emhætte) og bad. Udsugningsanlægget var placeret på loftet. Anlæggene var af nyere dato, og udsugede også luftmængder, som lå omkring Bygningsreglementets forskrifter på 0,30 l/s pr. m². Billeder af det eksisterende anlæg kan ses på Figur D.4. i næste afsnit. Der blev gennemsnitlig udsuget 0,33 l/s pr. m² til ejendommen, hvor Bygningsreglementet jf. lejlighedernes gennemsnitlige areal på 69 m² foreskriver, at der bør udsuges godt 0,51 l/s pr. m². Denne ejendom overholder altså ikke nutidig forskrifter i Bygningsreglementet, men må stadig konstateres at have et velfungerende udsugningsanlæg.

Efter renoveringen er der etableret decentrale mekanisk balancerede ventilationsanlæg med varmegenvinding i de enkelte lejligheder. De eksisterende udsugningskanaler i lejlighederne er benyttet, mens nye indblæsningskanaler er etableret over nedhængt loft eller ved kanalkasser nedhængt fra loft, se Figur D.4.1. Der er monteret indblæsningsarmaturer i alle opholdsrum, mens udsugningen fortsat foregår fra køkken og bad. Der er ikke monteret indblæsningsarmatur på den nye lukkede altan, da denne del ikke anses som en del af boligarealet.



Figur D.4.1 - TV: Installationsrum til mekanisk ventilationsanlæg, MF: Indblæsningsarmatur i værelser, TH: Udsugningsarmatur i køkken

Førmåliger

Ved målinger er det erfaret, at udsugningsmængden for den mekaniske udsugning lå en anelse over den foreskrevne luftmængde jf. Bygningsreglementet 2015.

BR15 krav	Minimumskrav	Forøgelseskrav
Beboelsesrum	0,3 l/s pr m ²	-
Bade	-	15 l/s
Køkken	-	20 l/s

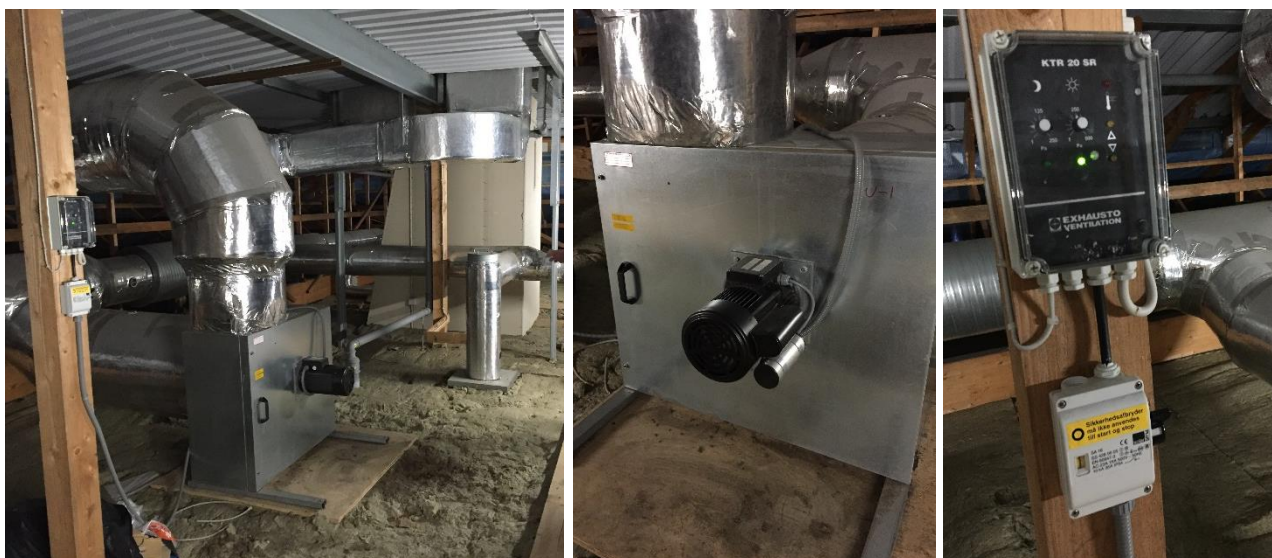
Tabel D.4.1 - Minimumskrav for ventilation

Den forøgede volumenstrøm som her kræves, vil ofte medføre et større samlet luftskifte i boligen end det krævede grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m². Ved antagelse om en gennemsnitlig lejlighedsstørrelse på 69 m² vil udsugningsmængden være på 0,51 l/s pr. m².

Der blev udsuget ca. 0,33 l/s pr. m², hvilket understreger at anlægget er velfungerende, ligesom anlæggets gode stand også indikerer på Figur D.4.2. Dog leverer det stadig i underkanten af det ønskede jf. Bygningsreglementet 2015. Da der for køkken og badeværelset ikke er mulighed for tilstrækkelig forøgelse, men kun kan levere minimumsluftskiftet.

	Etageboligareal [m ²]	Kanalhastighed [m/s]	Kanalareal [m ²]	Luftmængde [l/s pr. m ²]
Anlæg 1	1.769	1,80	0,312	0,32
Anlæg 2	1.607	1,78	0,312	0,35
Samlet	3.376			0,33

Tabel D.4.2 - Førmåliger af udsugningsanlæggene i den udtagne bygning med opdelt værdier og en samlet middelværdi for bygningens udsugede luftmængde



Figur D.4.2 - Eksisterende udsugningsanlæg på loft. TV: Overblik af anlæg og kanalføring, MF: Zoom på udsugningsanlæg, TH: Styringsenhed til udsugningsanlæg

Eftermålinger

Der er som del af renoveringen blevet monteret decentrale ventilationsanlæg, i hver lejlighed. Hvor der førhen var store centrale anlæg på loftet.

Ved målinger er det erfaret, at indblæsnings- og udsugningsmængden for den mekaniske ventilation var i fin balance. Luftmængden afhang af ventilationsanlæggets fire trinindstillinger, hvor trin 2 var specificeret som standardindstilling. Som det kan ses på Tabel D.4.3, lå ventilationsmængden en meget passende på den foreskrevne minimumsluftmængde jf. Bygningsreglementet 2015, se Tabel D.4.1.

Der blev udsuget ca. 0,30 l/s pr. m², hvilket understreger at anlægget er velfungerende, ligesom anlæggets vedligeholdelsesstand også indikerer på Figur D.4.3. For at opfylde kravet til forøgelse, skal beboeren manuelt skifte trin på kontrolpanelet. Ved en lejligheds størrelse på 85 m², vil forøgelseskravet svare til 0,41 l/s pr m², hvilket anlægget præcist overholder for Trin 4. Det skal dog bemærkes, at lejlighedens brugsareal ikke officielt har ændret sig efter renoveringen, men praktisk set blev den lukkede altan fuldt benyttet som en del af stuen, da målingerne blev foretaget. Dermed er ventilationsmængden i praksis lavere pr. kvadratmeter.

	Trin 1	Trin 2	Trin 3	Trin 4
Indblæsning [l/s pr. m ²]	0,21	0,32	Som Trin 2	0,43
Udsugning [l/s pr. m ²]	0,22	0,30	Som Trin 2	0,41
SEL [J/m ³]	759	913	Som Trin 2	1311

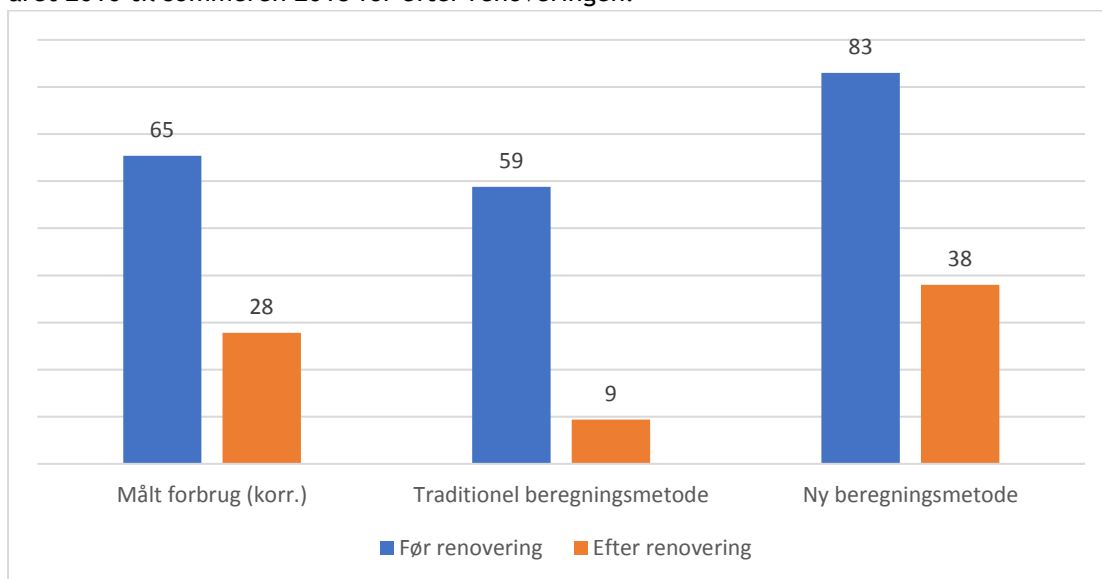
Tabel D.4.3 - Målte mekaniske ventilationsmængder i udvalgt lejlighed i den renoverede bygning



Figur D.4.3 - Nyt decentralt balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding placeret i skab. TV: Ventilationsaggregat inkl. kanalføring og lyddæmper, TH: Zoom på ventilationsaggregat

D.5 Energi

Den reelle og beregnede energi som er brugt til varme ses i Tabel D.5.1 efter der er korrigeret for de klimatiske forhold. De beregnede energiforbrug, der ses i tabellerne er nøgletal fra Be15 og Be18, udleveret af bygherre. Den reelle varmekonsumtion er målt i perioden år 2013 til år 2015 for før renovering og i fra efteråret 2016 til sommeren 2018 for efter renoveringen.



Figur D.5.1 - Grafisk overblik [kWh/m² pr år]

	Før renovering		Efter renovering	
	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]
Opvarmning	58	62	9	28
Varmt brugsvand	36	29	-	-
Samlet energiforbrug	94	91	-	-

Tabel D.5.1 - Sammenhold af Reelt og beregnet energiforbrug til opvarmning inkl. varmt brugsvand [kWh/m² pr. år]

Da det varme brugsvand produceres i en fælles beholder, har det ikke været muligt at lave en eftermåling på denne. Den indgår dog heller ikke i bygherrens beregninger og er derfor ikke væsentlig i forhold til sammenligningen mellem før og efterforbruget samt det beregnede og det reelle forbrug.

Besparelserne på varme kan derfor opstillet således:

- Beregnet: 49 kWh/m² pr år
- Reelle: 34 kWh/m² pr år

Der opnås altså ikke for denne renovering den beregnede besparelse. Det beregnede forbrug inden passer meget godt overens med det reelle forbrug.

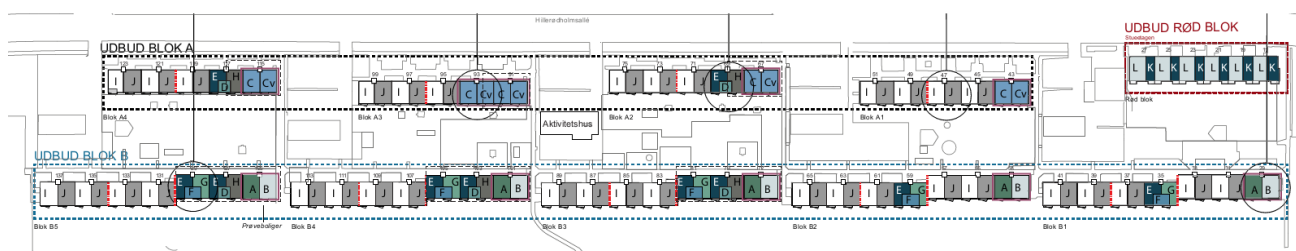
E. Ejendomseksempel 2

Projektet i Skoleparken består af 9 boligblokke på Hillerødsholmsallé nr. 29-137, 3400 Hillerød. Blokkene ligger centralt i byen og har alle, inklusiv det omkringliggende byrum, været igennem en omfattende renovering, der for alle blokkes vedkommende endnu ikke er afsluttet ved udgangen af dette projekt. Renoveringstiltagene har været mere eller mindre identiske fra blok til blok, så Blok A4 og B4 har været undersøgt og dermed fungeret som repræsentativ for samtlige boliger.

Inden renoveringen bar Skoleparken tydeligt præg af nedslidning på især facadeelementer, men også tage, installationer og badeværelser manglede vedligeholdelse. Hertil kom, at der ikke fandtes egnede boliger til kørestolsbrugere. Disse forhold skulle der, i form af en gennemgribende renovering, rettes op på, så Skoleparken fremover kan tiltrække ressourcestærke beboere³. Overordnet er ejendommen energi- og indeklimamæssigt langt fra moderne standarder, og renoveringen har haft fokus på at optimere begge områder. Boligselskabet Nordsjælland er Bygherre på projektet, der løber fra år 2014 til forventet 2018. Rambøll har haft rollen som både arkitekt og ingeniør på projektet.

E.1 Bygningen før renovering

Eksisterende ejendom er opført i år 1965-1968 og var ligeledes igennem en renovering i år 1993-1995. Ejendommen er 3-etages boligblokke med sadeltag og 5 (Type A) eller 7 opgange (type B) i hver blok. Boligarealet pr blok udgør 2.676 m² (Type A) eller 3.747 m² (Type B). Sammenlagt er der 390 lejligheder på gennemsnitlig 82 m². Derudover er der sammenlagt 12.272 m² uopvarmet kælder med varmecentral, vaskeri, pulterrum og lignende. Der er altaner langs de sydvestlige facader.



Figur E.1.1 - Skoleparkens 9 blokke og "Rød blok" oppe i højre hjørne. De fem nederste blokke med knæk er af typen B og de øverste fire er af typen A

Klimaskærmen er udført som betonsandwichelementer med 70-75 mm isolering, og er sammenlagt 275 mm tykke i gavlene og 215 mm i facaderne. Termovinduer med træramme er af ældre dato. Tagkonstruktionen er røde teglsten og loft mod uopvarmet tagrum er udført som betondæk. Det overliggende betondæk er isoleret med 200 mm mineraluldsgranulat, men over tid er det så nedtrådt, at det ifølge Energimærket vurderes at have en isoleringsevne svarende til 150 mm mineraluldsgranulat. Etagedæk mod kælder er udført som 200 mm armeret betondæk, og jf. Energimærket er der isoleret med 30 mm isoleringsmåtte under trægulv i stueetagen. Varmeinstallationerne er de oprindelige, og er opført som direkte fjernvarmeforsyning i 2-strengsanlæg med radiatorer. Blokkenes eksisterende udsugningsanlæg var centralt placeret oppe på tagrummene. Anlæggene var af oprindelig dato og virkede ikke til at blive servicerede. Af de 3 testede anlæg var den ene slet ikke funktionsdygtig, da anlægget manglede kilerem og den anden udsugede kun minimalt. Dermed var det eksisterende luftskifte stort set kun genereret af infiltration og naturlig ventilation. Udsugningen var fra køkken (emhætte) og bad.

³ http://www.bn-skoleparken.dk/uf/40000_49999/41258/602009c2fd6caf8a475771216c83551c.pdf



Figur E.1.2 - Foto af to ventilatorer til udsugning før renoveringen af Skoleparken, TV. uden rem



Figur E.1.3 - Foto af gavl og facaderne

E.2 Renoveringstiltag og formål

Hensigten med renoveringen er at give boligkvaliteten et løft i Skoleparken ved at gennemføre en omfattende renovering ud fra en helhedsplan, udarbejdet i samarbejde med beboerne. Det inkluderer både bygningen indvendig og udvendig, samt byrummene omkring blokkene. Det har været målet at løfte arkitekturen, så området fremstår attraktivt med lyse og mere åbne facader inkl. altaner. Indeklimamæssigt er der fokus på ventilationen, men det har også været målet at få mere dagslys i boligerne. Der er etableret 60 tilgængelighedsboliger til kørestolsbrugere med adgang til elevator. I den forbindelse blev de eksisterende 1-værelses lejligheder nedlagt, og arealet fordelt på de 2 øvrige lejligheder på etagen. Derudover er et nyt fælleshus kommet til, og der er skabt adgang fra stuelejlighederne direkte til det grønne fællesareal. Der har været fokus på at nedbringe energiforbruget ved primært at minimere det eksisterende varmetab gennem hele klimaskærmen. Renoveringen forøger det samlede opvarmet etageareal til 2.826 m² for Blok A og 3.942 m² for Blok B.

E.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag

- Efterisolering udvendig med 150 mm mineraluld beklædt med en ny teglfacade på nyt fundament
- Altanerne udvides med ca. 2 m² og udstyres med oplukkelige skydeglaspartier
- Udskiftning til 2-lags træ/alu vinduer med energiruder med varm kant
- 70 mm efterisolering bag altanerne med højisolerende materiale ($\lambda = 0,020$ W/mK)
- Etablering af gulvvarme og isolering, 75-125 mm, i badeværelserne i tilgængelighedsboligerne
- Nyt tag og 250 mm efterisolering ovenpå de eksisterende 150 mm
- Nyt balanceret centralt ventilationsanlæg med ca. 80 % varmegenvinding og SFP på max. 1500 J/m³
- Etablering af nye ventilationskanaler til indblæsningsdelen
- Isolering af kælderydervægge under terræn
- Fuldstændig renovering af varmeinstallationer i tilgængelighedsboligerne
- Nye cirkulationsledninger til varmt brugsvand med 30-40 mm isolering
- Nye indgangspartier med store vinduespartier
- Det forventes at den nye klimaskærm forbedrer tætheden til BR10 niveau

E.2.2 Byggeprocessen

Som indledning på renoveringsprojektet blev der opført en prøve-opgang. Selve renoveringen blev udbudt i to omgange, med opdeling af A-blokkene og B-blokkene. Begge udbud blev vundet af samme selskab. De to renoveringsudbud er udført parallelt med hinanden.

Der blev i den indledende fase fundet, at maling på rørisoleringen i kælderen var PCB, bly- og asbestholdig, hvilket krævede at hele kælderen blev afspærret for fjernelse af dette.

Det meste af byggeprocessen er udført udefra, mens beboerne stadig bor i lejlighederne. Da der også skulle installeres bl.a. ventilation i lejlighederne, blev beboerne i den forbindelse flyttet midlertidigt til andre lejligheder. Nogle lejligheder blev sammenlagt og i den forbindelse blev nogle lejermål opsagt. En del af renoveringen var også at ændre indgangspartierne, hvilket i en længere periode gjorde at folk skulle gå ud gennem kælderen, som skulle koordineres med håndtering af de farlige materialer fra kælderen. I forbindelse med at det gamle tag blev fjernet og det nye skulle på, blev ventilationsanlæggene installeret på loftsrummet.

Under byggeprocessen er den eneste registrerede ændring i forhold til udbuddet, at ruderne blev 2-lags i stedet for 3-lags.

Gennem samtale med beboerne løbende under byggeprocessen, oplevede vi til tider frustration over alle de håndværkere der skulle ind og ud af lejlighederne, og at beboerne havde svært ved at følge med i processen samt hvad der var i gang. Flere var indledningsvis også i tvivl om hvad de egentligt ville ende med at få udført. Beboerne virkede dog også tilfredse med det endelige resultat.



Figur E.2.2 - TV ses den nye facade med de 2 typer af nye indgangspartier. TH ses et af de nye balancerede ventilationsanlæg på loftet



Figur E.2.3 - TV en næsten færdig bygning med de nye altaner og adgang til det grønne fællesområde. TH ses det hvordan den grå eksisterende facade er efterisoleret og beklædt med tegl

E.3 Indeklima

Indeklimaet blev målt før og efter renoveringen i en række lejligheder med opsatte temperatur- og fugtmålere. Før renoveringen var der opstillet 6 målere i tilfældigt udvalgte lejligheder fordelt på to opgange i Blok A4, og der var opsat 7 målere i blok B4. De loggede data før renoveringen er på timebasis og fra perioden 9. december 2014 til 31. marts 2015. Eftermålingerne har været foretaget i perioden 1. november 2017 - 31. marts 2018, hvor der er foretaget målinger både i stue og soveværelse. De målte værdier er angivet i de to efterfølgende tabeller E.3.1 og E.3.2.

Måler	Middelværdi [° C]	Spredning [° C]	RF Middelt [%]	RF Spredning [%]
Blok A	20,4	0,7	52	4
	19,3	0,9	51	4
	21,1	0,77	41	5
	21,8	0,6	32	5
	21,0	1,1	43	5
	22,4	0,7	43	5
Blok B	21,0	0,6	47	7
	22,3	0,8	46	7
	23,4	0,8	51	8
	19,6	0,5	52	5
	22,6	0,5	55	6
	22,3	1,0	44	8
	23,3	0,6	34	6
Gennemsnit	21,6	0,7	45	6

Tabel E.3.1 - Temperatur- og fugtighedsmålinger i Skoleparken blok A4 og B4 før renoveringen i opvarmingsæsonen 14/15 i de målte lejligheder

Måler	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	RF Middel [%]	RF Spredning [%]
Blok B	20,3	0,9	33	6
	18,7	1,6	35	7
	23,8	0,7	33	5
	18,7	0,6	32	8
	22,1	0,8	29	7
	20,5	0,4	30	7
	22,2	0,3	30	7
	20,6	1,0	31	7
	23,2	0,5	29	7
	21,0	0,5	36	6
	23,2	0,5	29	7
	23,4	0,4	28	6
	21,9	0,6	32	7
	21,1	1,5	32	7
Gennemsnit	21,5	0,7	31	7

Tabel E.3.2 - Temperatur- og fugtighedsmålinger i Skoleparken blok A4 og B4 efter renoveringen i opvarmningssæsonen 17/18 i de målte lejligheder

Undersøgelserne viser, at gennemsnitstemperaturen er uændret før og efter renoveringen. Det viser, at beboerne har de samme temperaturpræferencer til trods markante energi- og indeklimaændringer i ejendommen. Gennemsnitstemperaturen på omkring 22 °C er meget forventelig. Differencen på 2 °C i forhold til de standardantagende 20 °C i beregninger er nok til at gøre en betydelig energimæssig forskel på ca. 15 % højere varmekonsum. Det skal desuden bemærkes, at temperaturen er ret stabil i de enkelte lejligheder og spredningen er relativ lille. Det fremgår af målingerne, at der i flere lejligheder er et ønske om en lavere rumtemperatur i soveværelset.

Det ses, at den gennemsnitlige relative fugtighed er faldet 14 procentpoint efter renoveringen, til trods for at temperaturen er stort set uændret. Det skyldes en kombination af, at luftsiftet var meget lavt før renoveringen, og at etableringen af det nye balancerede ventilationsanlæg sikrer et øget luftskifte i lejlighederne svarende til gældende krav.

E.4 Ventilation

De eksisterende vinduer i Skoleparken var flere steder i utrolig dårlig stand, hvilket gav en udfordring ift. udførelsen af blowerdoortesten i ejendommen. Det blev vurderet, at der ville være en risiko for at vinduerne blev trykket ud af vindueshullerne ved udsættelse for overtryk. Blowerdoortesten blev derfor kun gennemført med undertryk. Blowerdoortesten blev også udført i blok B4, her kunne den gennemføres med både over- og undertryk. Infiltrationen blev i de to blokke målt til at være ens.

Før renovering	Teoretisk, anvendt	0,12 l/s pr m ²
	Reel, målt	0,16 l/s pr m ²
Efter renovering	Teoretisk, anvendt	0,13 l/s pr m ²
	Reel, målt	0,15 l/s pr m ²

Tabel E.4.1 - Ejendommens luftskifte ved infiltration

Som det ses i Tabel E.4.1 har denne type ældre betonbyggeri en tæthed der lever op til nutidens krav og derfor passer godt med standardværdierne som anvendes i beregningerne.

De eksisterende udsugningsventilatorer blev undersøgt før renoveringen. Anlæggene havde ikke været vedligeholdt gennem en lang periode, hvilket også tydeligt fremgår på Figur E.1.2, hvor den ene ventilator er uden rem. Dermed kørte den ene ventilator slet ikke og den anden kørte så lavt, at infiltrationen gav højere luftskifte, og det samme gjorde sig gældende for blok A4.

I Energy10 beregninger har der for begge blokke været anvendt en luftmængde til mekanisk udsugning på 0,37 l/s pr. m². Man skal således være opmærksom på, hvorvidt ens luftmængder er antagende eller ventilationsanlægget faktisk er inspiceret, da det kan medføre store afvigelser i kvantificering af hvorvidt en

energirenovering er rentabel eller ej når man har med ældre anlæg at gøre. I dette tilfælde har Energikon-sulenten vurderet, at de udsugede luftmængder svarer til hvad Bygningsreglementet foreskriver, selvom der ikke foreligger oplysninger omkring anlæggets drift eller årgang. Det er højst utilstrækkeligt, set fra et indeklimamæssigt perspektiv, ikke at have den tiltænkte og tilstrækkelige mængde ventilation, da det går stærkt udover luftkvaliteten.

Fra et energimæssigt perspektiv spiller det også en stor rolle i og med at en klart mindre mængde varm luft end antaget, blev suget ud af lejligheder. Det betyder, at opvarmningsbehovet var reduceret i forhold til det forventede. Elforbruget betragtes ikke i dette projekt, men energiforbruget vil også her være noget mindre, når ikke alle ventilatorer kører som antaget.

Der er ligeledes foretaget målinger af det nye anlægs volumenstrømme ved "Normal drift". Der er anvendt anlæg af forskel størrelse, eftersom der forefinder to mindre anlæg i B blokkene og et større i A blokkene, men dog af samme type og omtrent samme specifikationer.

Samlet	Indblæsning		Udsugning	
	m ³ /h	l/s pr. m ²	m ³ /h	l/s pr. m ²
Blok A	3.153	0,31	3.865	0,38
Blok B	5.469	0,41	4.576	0,34

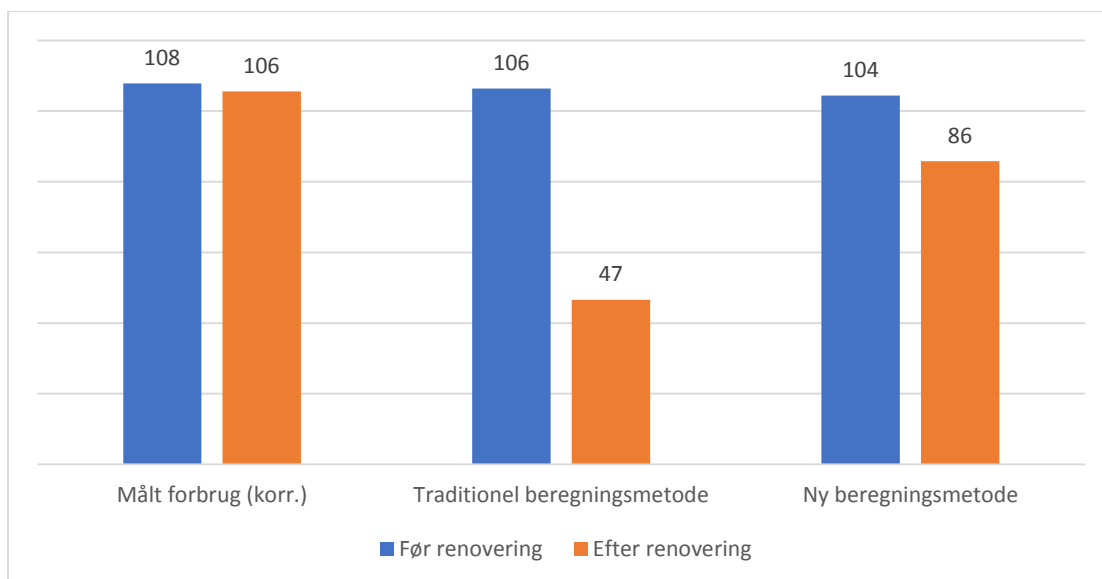
Tabel E.4.2 - Samlet målte luftmængder på de nye balanceret ventilationsanlæg for hver Blok i Skoleparken

Det ses i Tabel E.4.2, at bygningen overholder Bygningsreglementets minimumskrav på 0,30 l/s pr. m². Der forekommer ubalance i begge anlæg med en difference på 0,07 l/s pr. m². Det skal bemærkes, at den samlede ubalance i blok B kan tilskrives det ene anlæg, som var ude af balance, modsat det andet anlæg, der var i balance. I det ubalancerede anlæg blev der indblæst 47 % mere luft end der blev udsuget. For anlægget i blok A, blev der omvendt udsuget 22 % mere end indblæst.

Dette påvirker også forudsætninger for korrekte beregninger. Beregningsmodellerne som Be18 og Energy10 er til tider for simplificeret til præcist at korrigere for denne type af uoverensstemmelser, mellem teori og virkelighed. I dette tilfælde er det ikke muligt, både at indtaste eksakt indblæsning- udsugningsmængde, men bare den maksimale af de to volumenstrømme. Dette påvirker energiforbruget på flere måder, f.eks. vil varmegenvindingen være mindre effektiv end teoretisk, hvis der udsuges en mindre luftmængde end indblæst som i Blok B. Dette kompenseres derved i de korrigeret energiberegninger ved at sænke varmegenvindingen til 65 %. Dette gøres med antagelsen om, at der forekommer en tilnærmelsesvis lineær sammenhæng mellem varmegenvindingen og forholdet mellem luftmængderne. Desuden skal massebalancen opretholdes, så differencen mellem indblæsning- og udsugningsmængden tillægges eller fraregnes infiltrationsmængden, hvilket ligeledes kan medføre et forstørret varmetab.

E.5 Energi

Fra ingeniørernes side er der kun udført én beregning over det forventede energiforbrug for Skoleparken i "Be10". Beregningen tager udgangspunkt i Blok A, og man har en forventning om at energiforbruget for Blok B vil være tilsvarende. Eftersom der findes Energy10 beregninger for hver bloktype før renoveringen og det reelle forbrug er målt på hver blok både før og efter renovering, betragtes hver blok stadigvæk individuelt. Energidata om brutto varmeforbrug er leveret af Hillerød Forsyning med data fra hver blok. Det er antaget, at der er lukket for varmetilføjeisen til opvarmning i juni-august, og at alt forbruget i sommermånederne kan tilskrives opvarmning af varmt brugsvand. Energisignaturen er lavet på baggrund af data fra 3 seneste års forbrug inden renovering og energisignaturen efter er på baggrund af 18 måneders forbrug.



Figur E.5.1 - Grafisk overblik [kWh/m² pr år]

Blok A	Før renovering		Efter renovering	
	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]
Opvarmning	-	76	-	68
Varmt brugsvand	-	32	-	40
Samlet energiforbrug	106	108	47	106

Tabel E.5.1 - Oversigt med sammenligning af beregnede og reelle energiforbrug, målt i [kWh/m² pr. år]

Blok B	Før renovering		Efter renovering	
	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]
Opvarmning	-	79	-	68
Varmt brugsvand	-	28	-	42
Samlet energiforbrug	104	107	47	110

Tabel E.5.4 - Oversigt med sammenligning af beregnede og reelle energiforbrug, målt i [kWh/m² pr. år]

Det er meget vigtigt at bemærke i tabel E5 og E6, at man ikke har formået at opnå den beregnede energibesparelse på varme som forventet. Bygningerne bruger faktisk ca. det samme som før, til trods for massive energibesparende tiltag. Det kan dermed konkluderes, at efterisolering, udskiftning af forældede komponenter osv. ikke nødvendigvis medfører energibesparelser. Undersøgelsen viser, at årsagen er generel, da energiforbruget i Blok A og B udvikler sig tilsvarende. Formentlig kan noget af afvigelsen relateres til beboernes adfærd, men det bliver der ikke redegjort for i dette projekt. Det er forventeligt, at beboerne tager deres vaner med sig fra før renoveringen og f.eks. åbner og lukker vinduer som tidligere, selvom behovet ikke længere eksisterer i sammen grad.

F. Ejendomseksempel 3

Eksisterende ejendom var et klassisk 5 etagers københavnerbyggeri opført i år 1906, og bestod af en klimaskærm med mursten og dannebrogsvinduer med træramme af ældre dato. Taget var belagt med mørke teglsten, der ligesom vinduerne også var af ældre dato. Ejendommen er delt op i fem opgange. Lejlighedsstørrelserne varierer mellem hver opgang, som typisk har to størrelsestyper pr. opgang. Lejlighederne var generelt mellem 50 og 100 m². Der var totalt 35 lejligheder.

F.1 Bygningen før reovering

Ejendommen var nedslidt både indvendig og udvendig og trængte til en gennemgribende reovering, og blev besluttet og gennemført i år 2016 og 2017. Reoveringen af ejendommen har fået stor fokus, og den har været en del af flere omfattende videnskabelige projekter med mange involverede partnere. Projektet er bl.a. det første DGNB certificerede reoveringsprojekt i Danmark, og er tænkt som en forbedret udgave af en tilsvarende reovering af Ryesgade 30, som i år 2013 vandt RENOVER-prisen.

Den oprindelig facade skulle bevares og loftsetagen var ubenyttet. Ejendommen har fjernvarmetilslutning, som går til rumopvarmning og varmt brugsvand, og blev distribueret til lejlighederne via en varmecentral placeret i kælderen igennem det 1-strengs radiatorsystem, som var opført som opvarmingskilde.

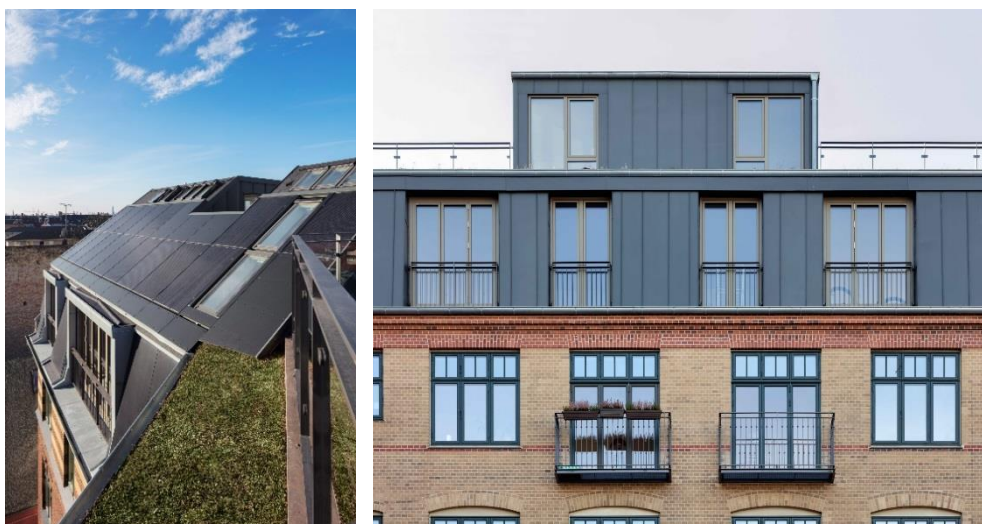
F.2 Reoveringstiltag og formål

Formålet med reoveringen var at skabe en attraktiv ejendom med tidssvarende og moderne faciliteter, især i forhold til de udtjente toilet- og køkkenfaciliteter. Der har været fokus på at minimere energiforbruget ved at sænke varmetabet og forny installationerne, på indeklimaet for bl.a. at sikre muligheden for at kunne opretholde en behagelig temperatur i opvarmningssæsonen, minimere trækgener fra de oprindelige slidte vinduer, øge mængden af dagslys samt løfte lejlighedernes generelle stand.

Alle eksisterende lejligheder er blevet disponeret om og blevet større eftersom den sekundære trappeopgang er blevet inddraget. Ejendommen udgør stadigvæk 35 lejligheder fordelt på de 5 nederste etager, men deres størrelser varierer nu mellem 65 og 135 m². Den oprindelige tagkonstruktion er blevet fjernet og 7 nye taglejligheder med tagterrasser er blevet etableret. Deres størrelse varierer mellem 85 og 130 m². Den bevaringsværdige teglfacade er blevet rensat.

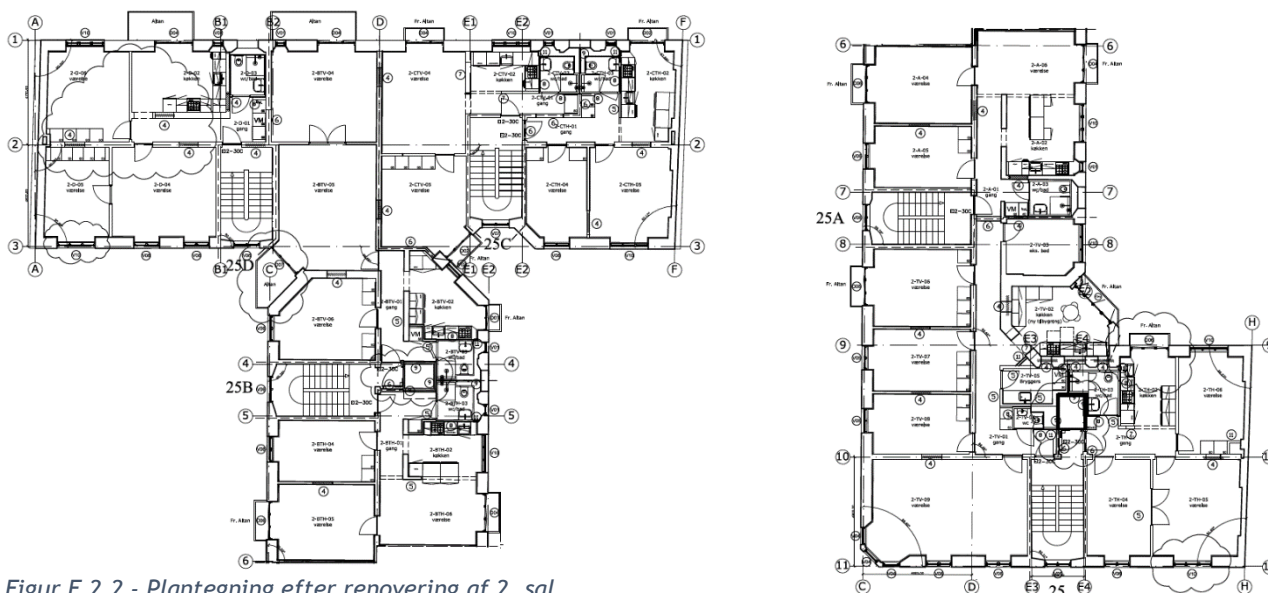
F.2.1 Energi- og indeklimateoptimeringstiltag

- Indvendig efterisolering af facade med højisolerende skum ($\lambda = 0,02 \text{ W/mK}$)
- Udvendig efterisolering af gavl med mineraluldsisolering
- Ny grundig isolerende tagkonstruktion med 280 m² integrerede solceller
- Nye 1+2 lags dannebrogsvinduer og 3 lags altandøre
- Effektivt isoleret to-strengs radiatoranlæg er installeret med ny automatik
- Etablering af decentrale ventilationsanlæg i de enkelte lejligheder med 85% varmegenvinding
- Behovsstyret ventilation efter luftens fugtindhold, der kan overstyres



Figur F.2.1 - Den etablerede tagetage med 7 lejligheder og integrerede solcellepaneler

Kilde: <http://krydsrum.dk/projekter/ryesgade-25/>



Figur F.2.2 - Plantegning efter renovering af 2. sal

F.2.2 Byggeprocessen

Da lejlighederne skulle totalrenoveres, blev beboerne genhuset og nogle endda opsagt, da deres lejlighed blev nedlagt. Nogle beboere valgte også selv at opsigte, grundet udsigten til en væsentligt forhøjet husleje. På Figur F.2.3 ses hvor nedslidte lejlighederne var indvendigt, lige inden renoveringen blev påbegyndt. På Figur F.2.4 ses foto af ejendommen udefra, før og under renoveringen. Der blev udført helt ny tagetage med integrerede solceller i taget. På Figur F.2.5, ses hvordan køkken og badeværelserne renoveres, og der isoleres indvendigt på ydermuren, samt etableres ventilation.



Figur F.2.3 - Foto indvendigt i lejligheder før renovering



Figur F.2.4 - TV facade og gavl før renovering, MF og TH facade, gavl og tagetage under renovering



Figur F.2.5 - Badeværelse og køkken under renovering

F.3 Indeklima

Der er opsat temperatur- og fugtmålere i så mange lejligheder, som det har været muligt at komme ind i. I de lejligheder som i forbindelse med renoveringen vil blive sammenlagt, er der kun opsat en logger i den ene lejlighed. Før renovering har 29 målere logget data på timebasis i perioden fra 1. november 2014 til 31. marts 2015. Efter renovering har 21 målere logget data på timebasis i perioden fra 11. december 2017 til 31. marts 2018. Målerne har været placeret jævnt rundt i de forskellige lejligheder på tværs af etager og opgange.

Måler	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	Middelværdi RF [%]	Spredning RF [%]
1	24	0,9	56	4
2	19	1,5	57	2
3	21	1,2	55	4
4	17	1,6	66	3
5	21	1,7	55	3
6	18	2,2	58	3
7	20	1,2	69	3
8	20	2,3	62	4
9	21	1,4	51	6
10	19	1,2	61	5
11	21	1,5	58	4
12	20	0,9	65	5
13	20	0,9	63	4
14	15	1,6	61	4
15	19	1,2	58	4
16	20	1,2	63	4
17	19	1,4	60	4
18	20	1,1	60	4
19	21	1,1	62	6
20	17	1,8	75	5
21	20	0,8	64	4
22	20	1,6	64	4
23	18	2,4	62	3
24	22	0,9	59	5
25	19	1,8	66	6
26	20	2,0	70	8
27	18	2,9	64	4
28	17	1,4	61	3
29	21	1,9	59	4
	19	1,8	62	4

Tabel F.3.1 - Temperatur- og fugtighedsmålinger før renoveringen

Måler	Middelværdi Temp. [°C]	Spredning Temp. [°C]	Middelværdi RF [%]	Spredning RF [%]
R1	23	0,9	27	6
R2	21	1,1	28	7
R3	22	0,9	31	4
R4	22	0,6	29	7
R5	20	1,3	37	7
R6	22	0,6	31	7
R7	24	0,7	23	6
R8	22	0,9	31	5
R9	23	0,8	27	6
R10	22	0,7	32	6
R11	21	0,9	29	6
R12	24	0,8	23	6
R13	23	0,6	28	5
R14	24	0,9	27	4
R15	21	0,9	31	6
R16	20	1,0	44	7
R17	22	0,8	28	6
R18	20	1,3	37	7
R19	17	1,1	38	7
R20	23	0,6	27	5
R21	22	0,8	34	7
	22	0,9	30	6

Tabel F.3.2 - Temperatur- og fugtighedsmålinger efter renoveringen

Når hele ejendommen betragtes, ses det i tabel F.3.1, at middeltemperaturen er 1 °C lavere end standardforudsætningerne før renovering, mens den er 2 °C højere efter renovering ifølge tabel F.3.2. Det ses samtidig, at temperaturen er meget mere stabil efter renoveringen, eftersom temperaturspredningen er en del lavere end før renovering.

F.4 Ventilation

I ejendommen er der stor uoverensstemmelse mellem den teoretiske infiltration i bygningen, som har været anvendt i beregningerne og den reelle fundet ved brug af blowerdoortesten. Det gør sig gældende før renoveringen, men i særdeleshed også efter renoveringen til trods for store opdateringer af selve klimaskærmen. Det bemærkelsesværdige i dette tilfælde er, at bygningen er endnu mere utæt end før renoveringen, og at man ikke har formået at forbedre de energimæssigt problematiske forhold. Infiltrationen har ekstra stor negativ indflydelse på varmebesparelsen, når der samtidig etableres mekanisk balanceret ventilation med høj varmegenvinding.

Før renovering	Teoretisk, anvendt	0,13 l/s per m ²
	Reel, målt	0,35 l/s per m ²
Efter renovering	Teoretisk, anvendt	0,13 l/s per m ²
	Reel, målt	0,43 l/s per m ²

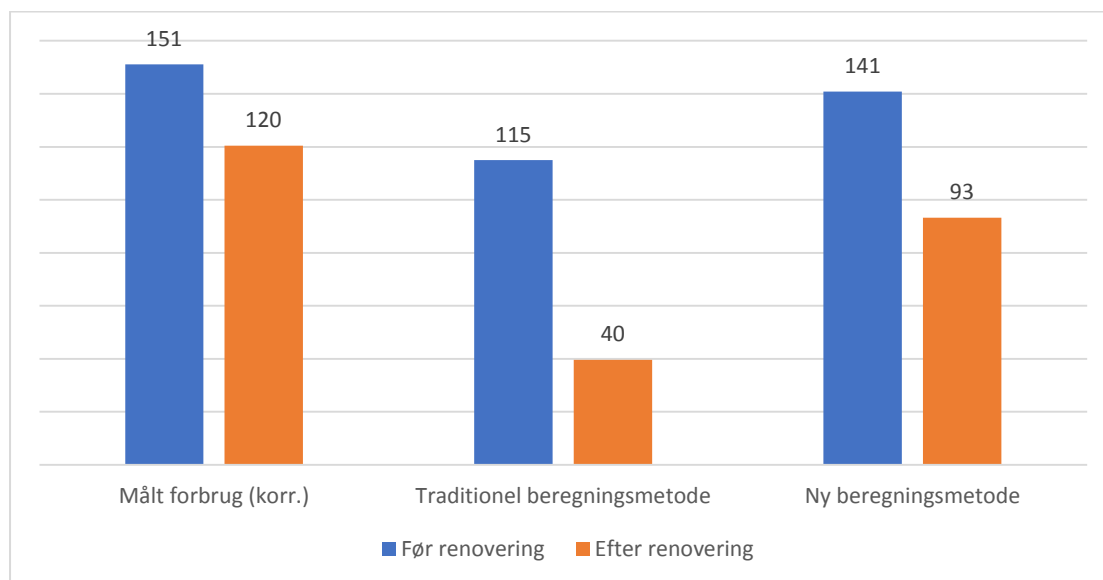
Tabel F.4.1 - Ejendommens luftskifte forårsaget af Infiltration

I denne ejendom er der ikke blevet foretaget målinger på de nye installerede mekaniske ventilationsanlæg. Pejlemærket for de aktuelle luftmængder er indreguleringsrapporten, som er udført på lejlighedsniveau, da anlæggene er decentrale. Der er også mindre chance for overordnet ubalance i anlæggene, når de individuelle anlæg ikke påvirker hinanden. Under antagelse af, at der ikke er blevet justeret på anlæggene efter beboerne er flyttet ind, bliver der sammenlagt indblæst 3.626 m³/h og udsuget 3.656 m³/h ved minimal

drift, svarende til BR18 minimumskrav på 0,3 l/s pr. m². Ved maksimum drift bliver der indblæst 5.525 m³/h og udsuget 5.482 m³/h. Dertil er der mulighed for yderligere forceret drift gennem emhætten.

F.5 Energi

Den reelle og beregnede energi brugt til varme ses i Figur F.5.1 og Tabel F.5.1 efter der er korrigeret for de klimatiske forhold. De beregnede energiforbrug, der ses i tabellerne er nøgletal fra Be15 og Be18. Det reelle varmeforbrug er målt i perioden år 2013 til år 2015 før renoveringen og fra efteråret 2017 til sommeren 2018 efter renoveringen. Baggrundsdata stammer fra HOFORs forbrugsrapporter.



Figur F.5.1 - Grafisk overblik [kWh/m² pr år]

	Før renovering		Efter renovering	
	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]	Beregnet [kWh/m ² pr år]	Reelt [kWh/m ² pr år]
Opvarmning	93	124	21	100
Varmt brugsvand	22	27	19	20
Samlet energiforbrug	115	151	40	120

Tabel F.5.1 - Oversigt med sammenligning af beregnede og reelle energiforbrug, målt i [kWh/m² pr. år]

Det opvarmede etageareal er oplyst til 3.248 m² før renovering og 3.819 m² efter renovering. Arealerne kan dog variere en smule fra hvad der reelt har været beboet i den målte periode. Det reelle forbrug, som divideres med det oplyste areal, vil i så fald kunne ændre sig, hvis det faktisk beboede areal er anderledes. Denne problematik bliver diskuteret nærmere i hovedrapporten.

Forudsætninger for at foretage energirenoveringen er uændret, da ejendommen reelt bruger 36 kWh/m² pr. år mere end beregnet forud for selve renoveringen, hvis man ser på forskellen på det beregnede og reelle forbrug fra tabel F.5.1.

Tabellerne afslører, at ejendommen forbruger 3 gange så meget energi på varme som beregnet. Det oplyses af rådgiver, at bygningen endnu ikke er endeligt indreguleret, og der kan dermed forhåbentlig opnås et lavere varmeforbrug efter den endelige indregulering.