

G. Ejendomseksempel 4

Ejendomstype 4 er et større alment boligbyggeri i Herlev. Renoveringsprojektet omfatter sammenlagt ca. 900 boligenheder, som er en kombination af rækkehuse og boligblokke, der renoveres i etaper frem til år 2019. Det samlede bruttoareal er på 70.600 m². Tegnestuen Vandkunsten A/S står for det nye design, Ene-mærke & Petersen er entreprenør og Wissenberg A/S er rådgivende ingeniør på projektet. Boligforeningen 3B er bygherre.

Teknologisk Institut har haft særlig fokus på én boligblok i forbindelse med dataindsamling, da denne etape af renoveringen passede med projektperioden.

G.1 Bygningen før renovering

Det oprindelige byggeri stod færdigt i år 1976 og består sammenlagt af 10 boligblokke i 5 plan og 53 rækkehusblokke i 2 plan. Dette projekt omhandler kun boligblokkene, der tilsammen udgør 558 lejligheder. Den undersøgte blok er på 3.200 m² fordelt på 40 lejligheder i varierende størrelser, og har en uopvarmet kælder og lavt tagrum. Konstruktionen er betonsandwichelementer bestående af en tung bærende indervæg, ca. 70 mm isolering og et gulligt riflet udvendigt betonlag. Der er fritstående åbne altaner i tilknytning til hver lejlighed.

De eksisterende gavle er konstrueret af sandwichelementer med 70 mm isolering og har en anslået U-værdi på 0,5 W/m²K. Etagedækkene er ligeledes af beton, og tagrummet er isoleret med 125 mm udlagt på dækket med en anslået samlet U-værdi på 0,3 W/m²K. Vinduerne er 2-lags termovinduer af ældre dato. Bygningen er opvarmet med fjernvarme, der er tilsluttet radiatorer. Bygningen har en parterre kælder med direkte udgang til fælles område.

G.2 Renoveringstiltag og formål

Renoveringen har til formål at fremtidssikre området, og skabe trygge og indbydende rammer for beboerne. Samtidig er der udført et par tiltag, der skal forbedre energi og indeklime. Byggeriet er således ikke en total energioptimering, hvor der har været fokus på at opnå så store besparelser som muligt.

Inddragelsen af projektet skal derimod illustrere hvad der kan og er blevet opnået ved de pågældende tiltag og belyse i, hvor høj grad man skaber en forskel ved at lave en række ændringer. Derfor har det sociale og arkitektoniske perspektiv i ligeså høj grad været prioriteret som det mere byggetekniske. De største ændringer ses også primært på de omkringliggende uderum og bygningernes facadeudtryk. I lejlighederne gennemgår badeværelser en omfattende renovering, hvor nye brusekabiner etableres. Badeværelserne tilføres elektrisk gulvvarme. Elforbruget betragtes som sagt ikke i dette projekt, men det er vigtigt at notere, da den samlede varmebalance ændrer sig og fordelingen af varmemeforbruget ligeledes. Det reducerer formodentligt det betragtede energiforbrug, der kan tilskrives det vandbårne varmesystem, hvilket belyses i dette projekt.

Det opvarmede etageareal er forøget minimalt ved den ekstra vægtykkelse på gavlen. Det er negligeret i analysearbejdet. I løbet af projektet er flere af de forestående renoveringstiltag blevet droppet igen, og dermed ikke gennemført. Det har bl.a. betydet, at tilføjelsen af nye moderne balancerede ventilationsanlæg i de enkelte lejligheder er blevet droppet. Det er et meget udslagsgivende sted at spare, eftersom ventilation kan forbedre både energiforbrug og indeklime markant. Etablering af et nyt balanceret ventilationsanlæg var også forud for renoveringen beregnet af ingeniørerne til at være det renoveringstiltag, der ville generere den største energibesparelse. Det er tydeligt, at det har været prioriteret, at gennemføre de renoveringstiltag, der ville påvirke arkitekturen og give området et visuelt kvalitetsløft.

G.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag

Bemærk, at de nedenstående energibesparelser er angivet i kWh, som en samlet mængde for alle Hjortegårdens etageboliger, og ikke kun for den specifikke bygning, som vi har undersøgt. Der er fra rådgiver beskrevet følgende:

- Gavlen er efterisoleret med 250 mm isoleringsplader og afdækkes med pladebeklædning. Ny samlede U-værdi forventes at blive på 0,12 W/m²K. Tiltaget forventes at bespare 173.963 kWh årligt
- Tagrummet efterisoleres med yderligere 275 mm isolering, så der opnås en samlet isoleringstykkel på 400 mm og en anslået U-værdi på 0,10 W/m²K. Tiltaget forventes at bespare 188.750 kWh årligt
- Eksisterende betonelementer skæres ud og erstattes af ny glasfacade i opgangene
- Udskiftning af altanværn og etablering af foldevinduer på nogle af altanerne
- Kanalerne i det eksisterende udsugningsanlæg renses
- Udskiftning af brugsvandsinstallationer inkl. forbedret isolering af rørene
- Udskiftning af termostatventiler

G.2.2 Byggeprocessen

Den udvendige renovering af den fulgte blok, kan ses på billederne G.2.1-G.2.7. Renoveringen blev foretaget mens beboerne stadig boede i lejlighederne. Der blev opsat toilet- og badevogne i gården til benyttelse, mens badeværelserne blev renoveret. Som det fremgår af figur G.2.2, blev der lavet en midlertidig løsning under renoveringen, så opgangstrappen stadig kunne benyttes.



Figur G.2.1 - Foto af indgangsparti inden renovering



Figur G.2.2 - Foto af indgangsparti under renovering



Figur G.2.3 - Foto af indgangsparti efter renovering

På altansiden af ejendommen, er nedslidte halvtage over parterreniveau blev fjernet, parterreniveauets facade blev opdateret, og altaner fik et nyt og mere individuelt udseende, se Figur G.2.4 til G.2.7.



Figur G.2.4 - Foto af altan og kælderetage før renovering



Figur G.2.5 - Foto af altaner før renovering



Figur G.2.6 - Foto af altan og parterre kælder efter renovering



Figur G.2.7 - Foto af altaner efter renovering

G.3 Indeklima

Der blev foretaget målinger af indeklimaet før og efter renovering i tilfældigt udvalgte lejligheder i blokken. Der blev foretaget 6 kontinuerede målinger henover varmesæsonen 15/16, og 10 målinger henover varmesæsonen 17/18. Data har logget i intervaller af 1 time henover perioden 1. november til 31. marts. Det har så vidt muligt været forsøgt at placere målere i både soveværelser og stuer, da der ofte kan forekomme temperaturforskelle mellem rummene i de samme lejligheder. Målingerne blev foretaget med Testo temperatur- og fugtmålere.

Måler	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	RF Middel [%]	RF Spredning [%]
Målt i stue	20	0,7	47	6
	22	0,5	38	6
	22	0,5	47	7
	23	2,2	40	6
	21	1,1	38	7
	21	1,0	42	7
Gennemsnit	21	0,8	42	7

Tabel G.3.1 - Temperatur- og fugtighedsmålinger før renoveringen i opvarmningssæsonen 2015/2016 i de målte lejligheder

Måler	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	RF Middel [%]	RF Spredning [%]
Sove1	21	0,7	55	7
Sove2	21	0,7	34	5
Sove3	20	1,0	49	8
Sove4	19	1,1	43	6
Sove5	20	0,9	36	8
Stue1	23	0,6	45	5
Stue2	23	0,8	30	5
Stue3	22	1,2	40	7
Stue4	20	0,9	38	7
Stue5	22	1,0	31	7
Gennemsnit	21	0,9	40	7

Tabel G.3.2 - Temperatur- og fugtighedsmålinger efter renoveringen i opvarmningssæsonen 2017/2018 i de målte lejligheder

Det skal desuden bemærkes, at gennemsnitstemperaturen differentierer med 2 °C mellem soveværelser og stuer. Af naturlige årsager er den relative fugtighed deraf lidt højere i soveværelserne.

G.4 Ventilation

Ejendommens infiltration er ikke blevet målt ved hverken blowerdoortest eller sporgasmetoden. Denne prioritering er valgt, da den mekaniske udsugning var uændret, hvormed infiltrationen beregningsmæssigt ikke skal medtages separat hverken før eller efter renovering. Eksemplet for ejendomsstype 2 har en lignende opbygning af klimaskærmen, hvor det blev konstateret, at tætheden før og efter renovering var tæt og meget identisk, hvilket antyder, at tætheden er høj i denne type konstruktion og derfor behøver mindre opmærksomhed ifm. renovering. For denne ejendom, er vinduerne ikke udskiftet, hvilket ydermere antyder, at infiltrationen kan antages uændret.

Der er foretaget luftmængdemålinger på udsugningsanlægget, inden renoveringen. Det var oprindeligt tiltænkt, at der skulle etableres mekanisk balanceret ventilation i lejlighederne. Dette endte dog med ikke at blive udført, og der antages derfor samme udsugningsmængde før og efter renovering.

Før renovering	Teoretisk, anvendt	0,10 l/s pr m ²
	Reel, målt (dag)	0,40 l/s pr m ²
	Reel, målt (nat)	0,20 l/s pr m ²

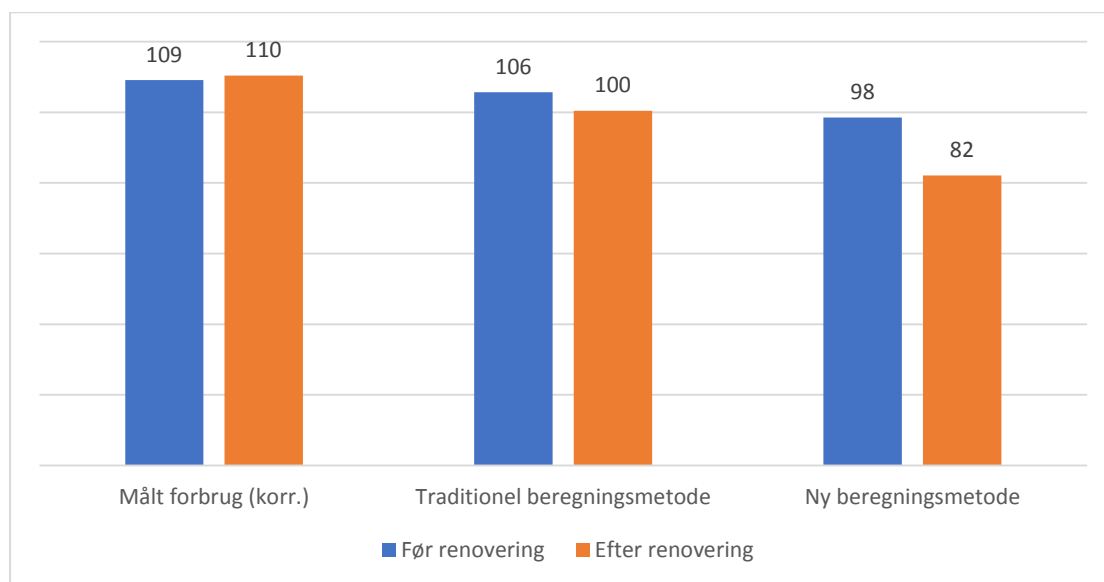
Tabel G.4.1 - Ejendommens udsugningsmængder før og efter renoveringen

G.5 Energi

De projekterende ingeniører har foretaget deres energiberegninger på komponentniveau, tilsvarende de energimængder, der ses angivet oppe under renoveringstiltagene i afsnit G.2.1. Der er dermed ikke beregnet et forventeligt "nyt" energiforbrug efter renoveringen på bygningsniveau. Desuden er der ikke en total overensstemmelse mellem de værdier de har anvendt og dem energimærket er beregnet ud fra. Et eksempel er den vigtige parameter - indetemperaturen i lejlighederne, hvilket der påvirker det samlede energiforbrug betydeligt. Energimærket lavet for ejendommen anvender en gennemsnitlig temperatur i bygningen

på de traditionelle 20 °C. Ingeniørernes forventede energibesparelser bygger dog på beregninger, hvor 21 °C er anvendt, hvilket bedre matcher de faktiske forhold. I kontekst af dette projekt, er det dermed lidt upræcist hvad det forventede energiforbrug efter renoveringen vil være, da alle renoveringstiltagene heller ikke er gennemført. Det forventede energiforbrug før renovering, angivet i Tabel G.5.1, stammer fra energimærket.

I energimærket er det noteret, at varmeanlægget lukkes i sommermånederne, så der kun anvendes varme til varmt brugsvand. Der har været påsat varmemaal separat på hhv. radiator- og brugsvandssystem, hvilket afslører, at der i sommermånederne stadigvæk er et mindre varmemeforbrug udover det varme brugsvand.



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

	Før renovering			Efter renovering		
	Traditionel beregning [kWh/m² pr år]	Ny metode beregning [kWh/m² pr år]	Reelt [kWh/m² pr år]	Traditionel beregning [kWh/m² pr år]	Ny metode beregning [kWh/m² pr år]	Reelt [kWh/m² pr år]
Opvarmning	87	87	98	81	74	102
Varmt brugsvand	19	11	11	19	8,4	8,4
Samlet energiforbrug	106	98	109	100	82	110

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

Det ses i Tabel G.5.1 og Figur G.5.1, at der ikke er opnået en besparelse ved renoveringen, tværtimod viser målingen på det reelle forbrug, at der er en lille stigning på energiforbruget. Der er dog mange faktorer der kan spille ind på sådan en lille afvigelse. Da der samtidigt ikke har været varmere i de observerede lejligheder, kan dette udelukkes.

H. Ejendomseksempel 5

Periodetypiske fuldstensmuret etagebyggeri fra 1930-1940'erne, med lejligheder i tagetagen og pulterrum i kælderen. Ejendommen er udformet som en åben karré, der består af 20 lejligheder, samt erhverv og butikker i stueetagen. Sammenlagt svarer det opvarmede etageareal til 2.157 m², hvoraf boligerne udgør 1.761 m² og 695 m² erhvervsareal. Forskellen udgør den andel af erhvervsarealet, som er uopvarmet, hvilket ikke betragtes i projektet. Klimaskærmen er en rødstensejendom (med hulmur uden isolering) med termovinduer og taget er et sadeltag med 50 mm isolering. Lejligheder er udlejningsboliger.

H.1. Bygningen før renovering

Ejendommen er opført med massiv teglstens facader uden isolering. Tagetage er udnyttet og taget er beklædt med røde teglsten og isoleret med ca. 100 mm. Ejendommens tag var utæt og fremstod i dårlig stand, hvilket havde medført vandskader i en lejlighed. Ellers fremstod murværk, vinduer mm. i mindre ringe vedligeholdsmæssig stand med enkelte sætningskader og behov for en klat maling hist og her.



Figur H.1.5 - foto af tag og facade inden renovering

Ejendommen var forsynet med gas som opvarmingskilde. Der eksisterede kun en hovedmåler på gassen [m³]. Varmeregnskabet blev opgjort efter varmefordelingsmålerne på de enkelte radiatorer, samt en kvadratmeter- og haneandel.



Figur H.1.6 - Den gamle gaskedel og måleren

H.2. Renoveringstiltag og formål

Formålet med renoveringen var til dels, at udføre basal vedligeholdelse og energioptimere ejendommen ved primært at udskifte varmeinstallationerne i kælderen til moderne effektive løsninger, så man ville kunne opnå energimærke D. Renoveringen vil ikke ændre på lejlighedernes indretning eller brug.

H.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag

Oversigt over forventet tiltag jf. notat fra DEAS forud for selve renoveringen.

- Ny kondenserende naturgaskedel
- Efterisolering af skråvægge i forbindelse med tagrenovering
- Efterisolering af ydervægge
- Efterisolering af hanebåndsloft og skunkrum
- El-sparepumpe til varmt brugsvand

Hvis ovennævnte forslag var blevet udført, ville ejendommens energimærke være tilsvarende kategori D. Mærket (indsat i "Energy10" - gældende mærkningsmodel) resulterer i følgende energinøgletal:

Ejendom		
- Energinøgletal nu	192,8 kWh/m ²	Energimærke E
- Energinøgletal efter forbedringer	107,6 kWh/m ²	Energimærke D
Bygning		
- Energinøgletal nu	251,2 kWh/m ²	Energimærke G
- Energinøgletal efter alle energiforslag	132,5 kWh/m ²	Energimærke D

De tiltag som endte med at blive udført var:

- Konvertering til fjernvarme
- Efterisolering af skråvægge i forbindelse med tagrenovering
- Efterisolering af hanebåndsloft og skunkrum
- El-sparepumpe til varmt brugsvand

I Tabel H.2.1 ses de af bygherre oplyste beregningsgrundlag.

Udført tiltag	Beregnet besparelse
Konvertering til fjernvarme	58.129 kWh
Efterisolering af skråvægge i forbindelse med tagrenovering	6.249 kWh
Efterisolering af hanebåndsloft og skunkrum	50.761 kWh
Udskiftning af kvistvinduer og altandøre i tagetagen	Ikke beregnet

Tabel H.2.1 - Beregnede besparelser på de udførte tiltag

Der er ikke forlagt en samlet energiberegning på de udførte tiltag. Det beregnede efterforbrug er altså ikke oplyst fra bygherre. Da forslagene vil påvirke hinanden, kan de enkelte "Beregnet besparelser" ikke blot lægges sammen. Tabel H.2.1 indikerer dog stadigvæk tydeligt, at der naturligvis forventes en betydelig reduktion af energiforbruget.

E.2.2 Byggeprocessen

Der blev som led i byggeprocessen opsat stillads rundt om hele ejendommen, hvilket blev varslet til beboerne.



Figur H.2.1 - foto af facade og tag under renovering

H.3. Indeklima

Der har været opsat Testo temperatur- og fugtmålere i 6 tilfældigt udvalgte lejligheder fordelt på to opgang, den ene med gavljlejligheder og den anden med indeliggende lejligheder. Målerne har logget data på timebasis i perioden fra 1. december 2014 til 20. maj 2015, men de angivne værdier i Tabel H.3.1 er kun fra perioden 1. dec. 2014 - 31. marts 2015.

De målte temperaturforhold benyttes til at tilpasse Be18 energiberegningens opvarmningstemperatursetpunkt, så det bedre matcher de faktiske forhold. Den samlede middelværdi for indetemperaturen i de målte lejligheder kan aflæses til 21 °C i Tabel D.3. Der er blevet afrundet til nærmeste hele grader celsius, så energiberegningen benytter temperatursetpunktet på 21 °C for den eksisterende ejendom. Da målingerne udgør et mindre udsnit af den samlede bygningsmasse, bør det forventes, at de målte temperaturer kun er et retvisende resultat for ejendommen. Derfor anbefales det at afrunde til nærmeste 0,5-1 °C for samtidig at korrigere for unøjagtigheder i målemetoden. Den gennemsnitlige indetemperatur på 21 °C er forventelig. Desuden indikerer spredningen, at temperaturen svinger normalt i de enkelte lejligheder, og samtidig var temperaturen relativ identisk på tværs af lejlighederne. Der er intet at bemærke ift. den relative luftfugtighed.

Loggernr.	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	RF Middelværdi [%]
45	20	1,1	39
44	21	1,3	33
43	22	0,7	47
47	21	0,7	43
49	22	0,8	39
Middel	21	0,5	46

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

Efter renoveringen blev temperaturen målt på samme måde. For at optimere målingerne var der nu opsat loggere i både soveværelse og opholdsrum. Det blev gjort ud fra den antagelse, at det anses normalt at have en lavere temperatur i soveværelset. Den samlede middelværdi for indetemperaturen i de målte lejligheder kan aflæses til 20 °C i Tabel D.3.2. Der er blevet afrundet til nærmeste hele grader celsius, så energiberegningen benytter et temperatursetpunkt på 20 °C for den renoverede ejendom. Målingerne udgør en repræsentativt andel af den samlede bygningsmasse, men det forventes at de målte temperaturer udgør et retvisende resultat for ejendommen uden betydelige afvigelser, men det anbefales der afrundes

til nærmeste 0,5-1 °C. En gennemsnitlig indetemperatur på 20 °C er tilsvarende standardtemperaturen anvendt i traditionelle beregningsprogrammer. Temperaturen vil derfor ikke være medvirkende til at skabe en afvigelse mellem beregnet og reelt energiforbrug i beregningerne.

Loggernr.	Middelværdi [°C]	Spredning [°C]	RF Middelværdi [%]
S01	21	1,1	38
S02	13	2,2	50
S03	23	0,9	38
S06	22	0,8	41
S07	20	0,8	20
S08	20	1,1	40
E01	24	0,8	32
E02	20	1,1	46
E04	21	0,7	36
E06	20	0,6	39
E14	21	0,6	53
Middel samlet	20	1,0	39
Middel sovev.	20	1,1	38
Middel stue	21	0,7	41

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

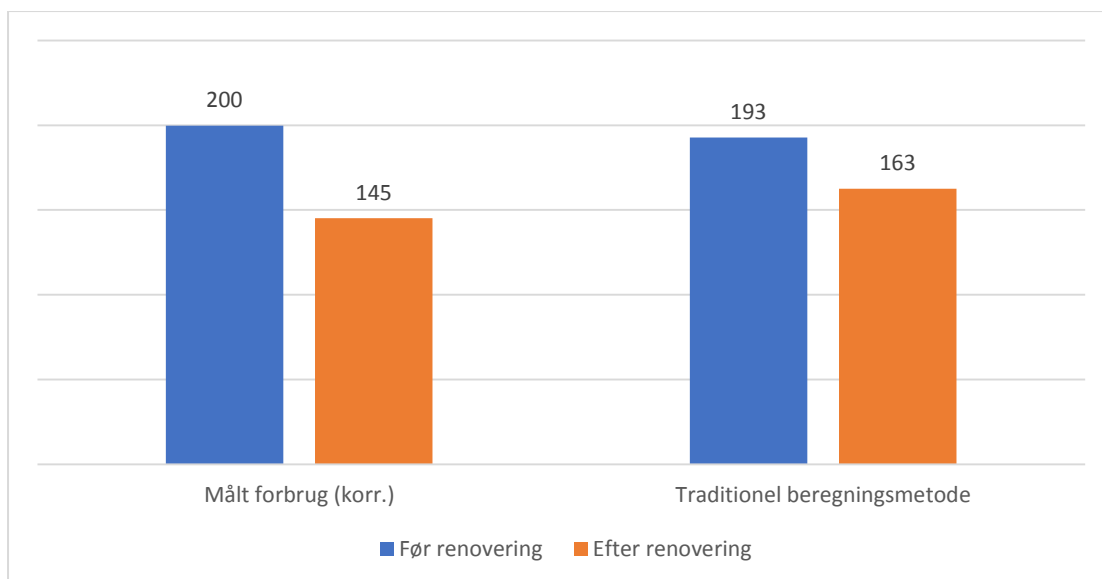
Måleresultaterne i Tabel D.3.2 viser, at målingerne i opholdsrummene før og efter renoveringen er nærmest identisk. Dette er forventet, da de gennemførte renoveringstiltag ikke bør medføre et ændret adfærd hos beboerne eller har givet dem mulighed for at påvirke indetemperaturen på anderledes vis. Målingerne i soveværelset trækker den samlede middeltemperatur ned, da der som korrekt antaget, er koldere i soveværelserne. Dette fortæller os, at der er stor forskel på hvilken type af rum, der måles. I denne ejendom var forskellen gennemsnitlig 1,5 °C, hvilket er af energimæssigt betydning. Det anbefales således, at måle på en variation af rumtyper for at minimere risikoen for temperaturmæssige unøjagtigheder. Det vurderes at indetemperaturen i lejlighederne samlet set er uændret i forhold til før renoveringen. Det ses ligeledes, at det gennemsnitlige niveau for den relative fugtighed ligger på samme niveau som før renoveringen, hvilket også var forventeligt, da der ikke er ændret på ventilationsforholdene. Renoveringen vurderes til ikke at have haft en bemærkelsesværdig indflydelse på indeklimaet i lejlighederne.

H.4. Ventilation

Ejendommen ventileres med udsugningsventilatorer fra badeværelserne og ellers med naturlig ventilation i form af manuel åbning af vinduer. Da renoveringen ikke påvirker disse forhold, har det været en begrænsning i dette projekt ikke foretage målinger her, eller på infiltrationen. For at afgøre hvordan det reelle energiforbrug er fordelt, anbefales det dog at dokumentere ventilationsforholdene og infiltrationsmængden ved målinger. Disse resultater vil altid kunne bidrage til at præcisere i hvor høj grad de overvejede renoveringstiltag vil påvirke energiforbruget.

H.5. Energi

Renoveringen her er lidt speciel, da der ikke er lavet konkrete energimæssige beregninger på det samlede udførte renoveringstiltag. De angivet "Beregnet" forbrug stammer direkte fra energimærket år 2010 (før renovering), og det nye energimærke fra år 2017 til efter renoveringssituationen, eftersom de udførte renoveringstiltag er inkluderet i energimærkets beregninger. Den tidligere udført efterberegning, lavet af ejendomsadministratoren, indeholder en større række af tiltag, som ikke er blevet udført og viser derfor ikke et retvisende energiforbrug. Bygningen var oprindeligt beregnet til at forbruge 108 kWh/m²pr. år. Renoveringsprojekt er igangsat på baggrund af den energimæssige standard for ejendommen, der fremgår ud fra Energimærket 2010. Af Figur H.5.1 og Tabel H.5.1 fremgår de udleverede energiberegninger for renoveringen, samt de målte reelle energiforbrug.



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

	Før renovering		Efter renovering		
	Energimærke 2010	Reelt	Energimærke 2017	Ny metode	Reelt
Opvarmning	-	120	112	131	110
Varmt brugsvand	-	80	50	35	35
Samlet energiforbrug	193	200	163	166	145

Tabel H.5.1 - oversigt med sammenligning af beregnede og reelle energiforbrug [kWh/m² pr. år]

Energiforbruget efter renovering relateret til "Ny metode" i Tabel H.5.1 er således kun korrigeret med henhold til varmt brugsvand og intern varmebelastning, da temperaturen var korrekt og infiltration og ventilation ej målt. Derfor afviger det minimalt fra Energimærket 2017's beregnede forbrug. Det ses af tabellen, at forbruget før er relativt højt, og at der reelt forbruges mere end beregnet. Således renoveres der ikke på et skævt grundlag. Energiforbruget efter renoveringen passer meget godt med det beregnede forbrug overordnet, men samlet set bruges der mindre end forventet, hvilket er positivt. Det skyldes den skæve fordeling mellem varme og vand.

Man opnår ikke det beregnede efterforbrug, der var håbet, hvilket hovedsageligt skyldes, at et større tiltag ikke blev udført. Det høje før forbrug gjorde det dog muligt relativt simpelt, at reducere energiforbruget kraftigt ved få tiltag, der påvirkede beboerne minimalt.

- Besparelse (energimærker) = 30,3 kWh/m²
- Besparelse (bygherre) = 85,2 kWh/m²
- Reel besparelse = 54,9 kWh/m²

Det reelle varmeforbrug til opvarmning af varmt brugsvand er faldet en del. Der foreligger desværre ingen data for det beregnede før forbrug, til at sammenligne med. Det fremgår dog, at det beregnede efterforbrug ligger væsentligt over det reelle. Ejendommens energisignatur illustrerer også, at der ikke bruges unødigt energi om sommeren og der er nye velisoleret rør mm., der samlet optimerer energi forbundet til varmt brugsvand.

I. Ejendomseksempel 6

Ældre klassisk københavner ejendom fra år 1868 i 5 etager. Ejendommen er en hjørnebygning, der via begge gavle hænger sammen med tilsvarende ejendomme i en større karré. Der er erhverv i stueplan og noget af arealet på 1. sal, hvilket samlet udgør 1.491 m². Arealet til ejendommens 15 lejligheder udgør 2.249 m², så det samlede areal svarer til 3.740 m².

I.1 Bygningen før renovering

Ejendommen er med massive murstensmure på mellem 36 og 48 cm og der er saddeltag. Vinduerne var med dannebrogsvinduer af forskellige typer - 1 og flere rammer, typisk 1-lags glas og med forsatsvinduer med 2-lags termorude. Lejlighederne er typisk blevet vedligeholdt og renoveret så de lever op til moderne løbende ved udflytninger, derfor er disse i meget forskellig stand. Bygningen er forsynet med direkte fjernvarme, der opvarmer ejendommen via et radiatornetværk, der skulle være lukket udenfor opvarmningssæsonen. Der ventileres naturligt via vinduerne, og der er mekanisk udsugning fra emhættene. Loftsrummet og kælder er uopvarmet og ikke isoleret. Varmtvandsbeholderen er isoleret med 100 mm mineraluld.



Figur I.1.1 - Ejendommen før renovering fra gaden og fra gården plus et eksempel på den originale vinduesløsning

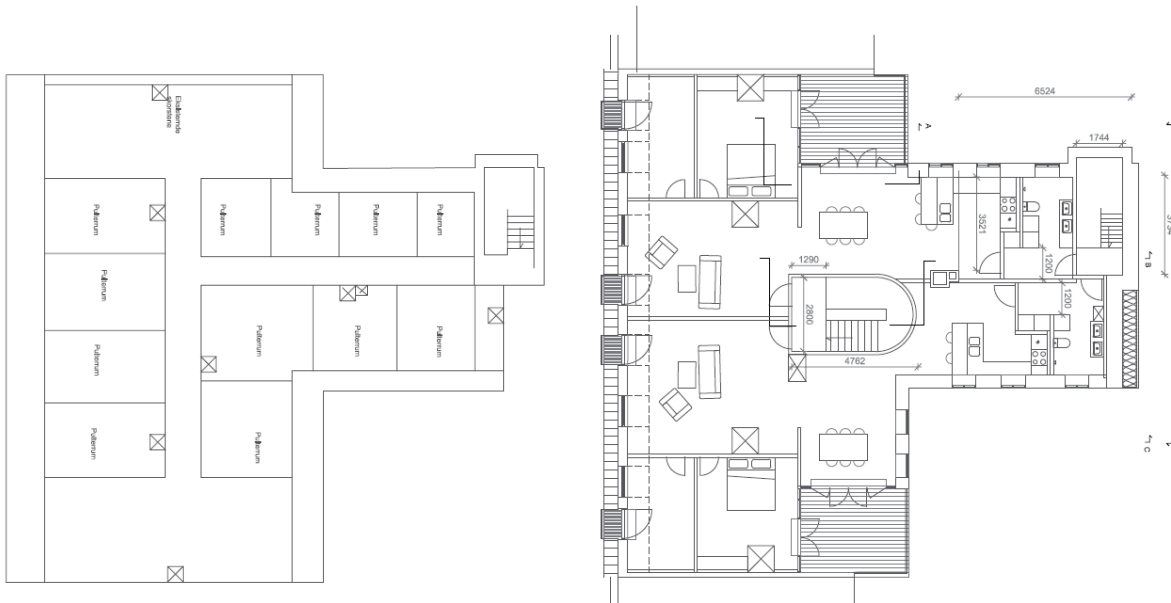
I.2 Renoveringstiltag og formål

Hensigten med renoveringen var både at vedligeholde, energioptimere samt at øge antallet af lejligheder.

Bygherre ansøgte tilladelse til følgende renoveringstiltag:

- Nyt og isolerende tag
- Etablering af 2 nye boliger
- Udskiftning af vinduer
- Gavlisolering

I forbindelse med udskiftningen af taget ønskes det at etablering af to nye tagboliger, med tilhørende tagterrasser. Derudover udskiftes samtlige vinduer i bygningen, og der isoleres på en den tredje gavl, der vender frit ud imod gården.



Figur I.2.2 - Plantegning for de oprindelige planlagte tagboliger, loftrummet før TV, lejligheder efter TH

I.2.1 Byggeproces

Kommunen afviste etableringen af de nye taglejligheder, da højden af ejendommen ville overskride lokalplanen for området. Bygherren valgt derfor kun at gennemføre vinduesudskiftningen som eneste renoveringstiltag. Renoveringen blev udført med opsætning af stillads og arbejdet blev udført udefra. I løbet af dette projekt fik ejendommen nye administrator, hvilket medførte at adgangsforholdene ændrede sig således, at det ikke har været muligt at gennemføre eftermålinger.



Figur I.2.3 - Foto af ejendommen med stillads

I.3 Indeklima

Da ejendommen blev skiftede hænder umiddelbart efter renoveringen, er der kun blevet foretaget indeklimamålinger før renoveringen. Det vurderedes dog, at renoveringen ikke ville have betydelig indflydelse på indeklimaet, med undtagelse af få steder.

I ejendommen er der målt 7 forskellige steder og en samlet middeltemperatur på 21°C fundet, se Tabel I.3.2. Der er i energiberegningerne som standard anvendt 20°C, så dette vil give en mindre afvigelse i det forventet energiforbrug. Dog afhængigt af at temperaturen er identisk efter vinduesudskiftningen.

Loggernr.	Temperatur Middel [°C]	Spredning [°C]	RF Middel [%]	RF spredning [%]
G02	20	0,99	46	7
G04	20	0,64	44	6
G05	22	0,52	38	7
G06	22	0,40	41	7
G12	22	0,72	36	7
G08	22	1,31	39	8
G09	20	0,80	41	7
Middel	21	0,90	41	3

Tabel I.3.2 - Indeklimamålinger fra før renoveringen

I.4 Ventilation

Renoveringsprojektet indeholder ingen ændringer af de ventilationsmæssige forhold, der er dog foretaget blowerdoortest og sporgasmålinger for at bestemme infiltrationen i lejlighederne. Dette er kun inden renoveringen og inden det lå klart, at ejendommen blev solgt.



Figur I.4.1 - Foto af tæthedsmålingerne, iht. DS/EN ISO 9972:2015

Målingen af ejendommens tæthed viste, at den er væsentligt mere utæt end den standardværdi man har anvendt i energiberegningerne. Dette vil som udgangspunkt medføre en usikkerhed i beregningen og den reelle besparelse afvige.

- Standard infiltration: 0,13 l/s pr m²
- Målt infiltration: 0,34 l/s pr m²

Den korrekte infiltration kan være svær at antage ud fra almindelig besigtigelse i og med at fuger og samlinger fremstod intakte. Det forekommer dog urealistisk, at en bygning med den pågældende alder skulle være utæt tilsvarende moderne nybyggeri, hvilket blowerdoortesten også bekræftede.

I.5 Energi

De oprindelige planlagte tiltag er beskrevet i tabellen nedenfor, samt de korresponderende beregnede energibesparelser tiltagene vil medføre. Beregningerne er foretaget af de anvendte rådgivende ingeniører i Energy10 (version BE10 v7).

Bygningsdel	Forklaring	Besparelse [kWh/m ² pr år]
Etageadskillelse mod loft	Etageadskillelse mod loft er et uisoleret træbjælkelag. Etageadskillelse isoleres ved indblæsning af isoleringsgranulat i adskillelsens hulrum.	4,6
Vinduer	Eksisterende vinduer er en blanding af 1-lags ruder, termoruder og forsatsruder. Vinduer udskiftes til nye A-mærkede energieffektive vinduer.	20
Taglejlighed	Etageadskillelse mod uopvarmet loftsrums i dele af ejendommen er et uisoleret træbjælkelag. Der etableres to taglejigheder i loftsrumsrummet. Lejlighederne er med A-mærkede vinduer, 300 mm isolering i mansardvægge, 400 mm isolering i det flade tag, 200 mm isolering i kviste, 200 mm isolering i ydervægge, 300 mm isolering på dele af gavlvæg mod det fri, og 100 mm isolering i vægge mod nabobygninger. Tagterassedæk isoleres med 250 mm. Der etableres balanceret ventilation med 70% varmegenvinding.	4,5
Besparelse	Samlet besparelse ved forbedring af ovennævnte	29,1

Tabel I.5.1 - Beregningsoversigt over de planlagte tiltag

Det er kun tiltaget med udskiftning af vinduer som blev udført, hvilket ifølge beregningerne skulle give en samlet energibesparelse på 74,7 MWh/år, svarende til 20,0 kWh/m² pr år.

Da der ikke var adgang til ejendommen efter renoveringen, har det ikke været muligt at få data og dermed dokumentere det reelle varmeforbrug. Tabel E.5.4 er derfor meget sparsomt udfyldt.

	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	-	100	-	-
Varmt brugsvand	-	21	-	-
Samlet energiforbrug	114	121	94	-

Tabel I.5.3 - Oversigt med sammenligning af beregnede og reelle energiforbrug

Det overstående viser igen, at det reelle energiforbrug er højere end beregnet, og at det forekommer som en tendens at være tilfældet. Afvigelsen på 7 kWh/m² pr år kan virke mindre betydelig, når det kun udgør ca. 6% af det samlede forbrug, men det kan sagtens være økonomisk og energimæssigt udslagsgivende, når man har med større bebyggelser at gøre.

Denne ejendomsrenovering er et eksempel på, hvordan de oprindelige renoveringsplaner kan ændre sig i sådan en grad, at det mere har karakter af almindeligt vedligeholdelse. I dette tilfælde kom lokalplanerne i vejen for byggetilladelsen og de fleste renoveringspunkter frafaldt.

Derudover kommer læringen om, at omlægning af ejerforhold kan ændre adgangsforholdene og der halvs gennem ikke længere er adgang til energidata.