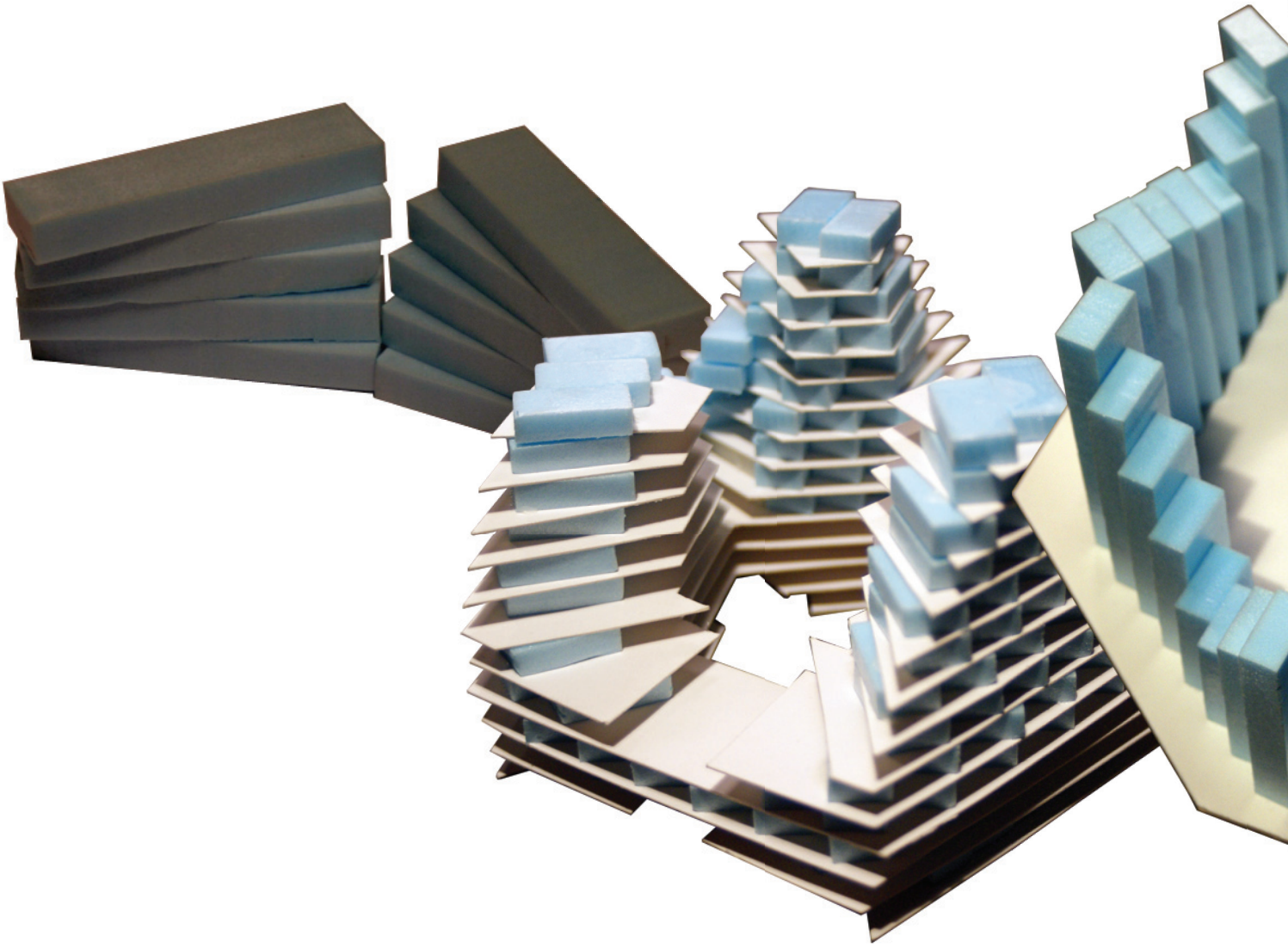


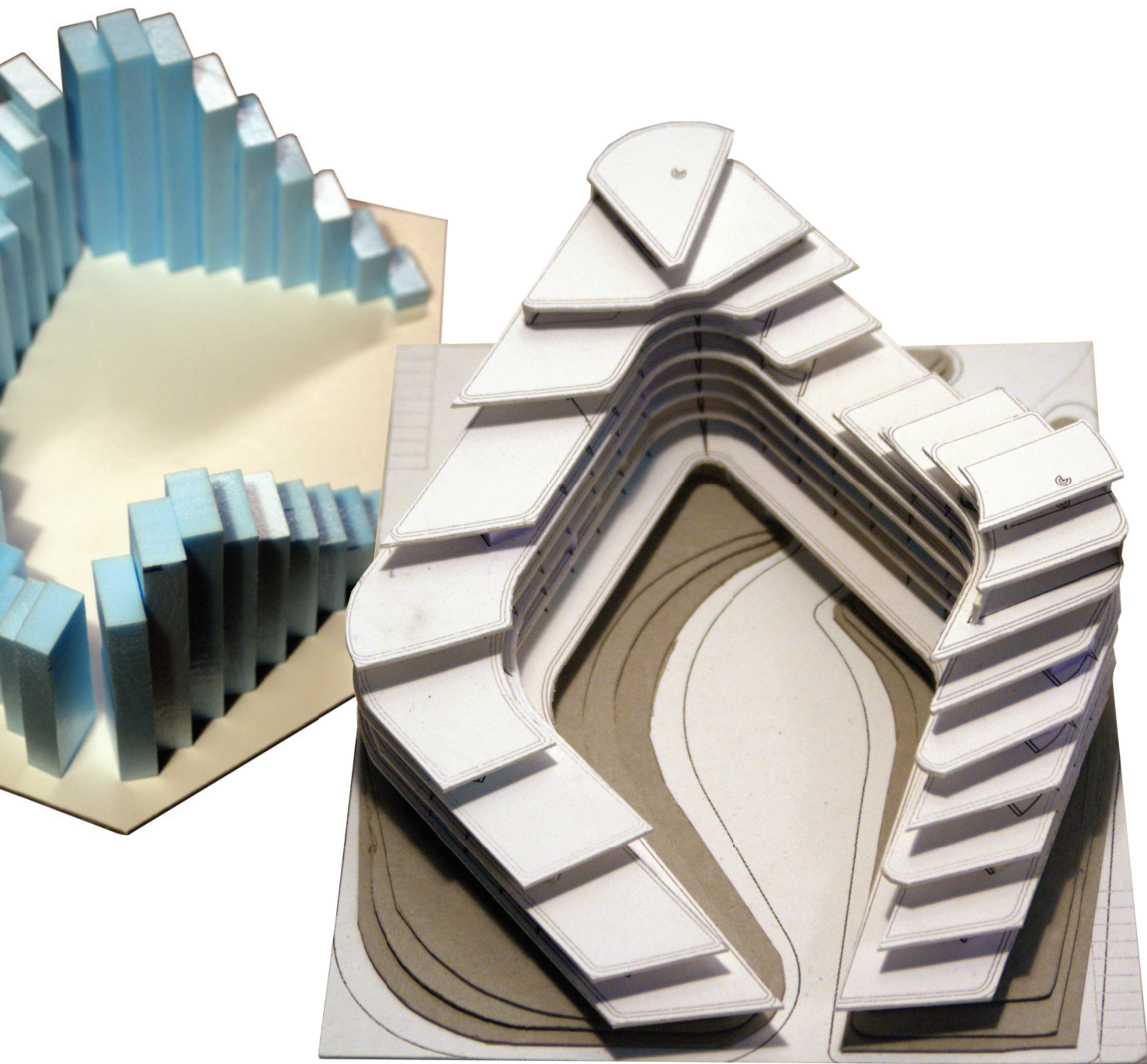
(BY)gning

rune schaffalitzky

ad10-ark10

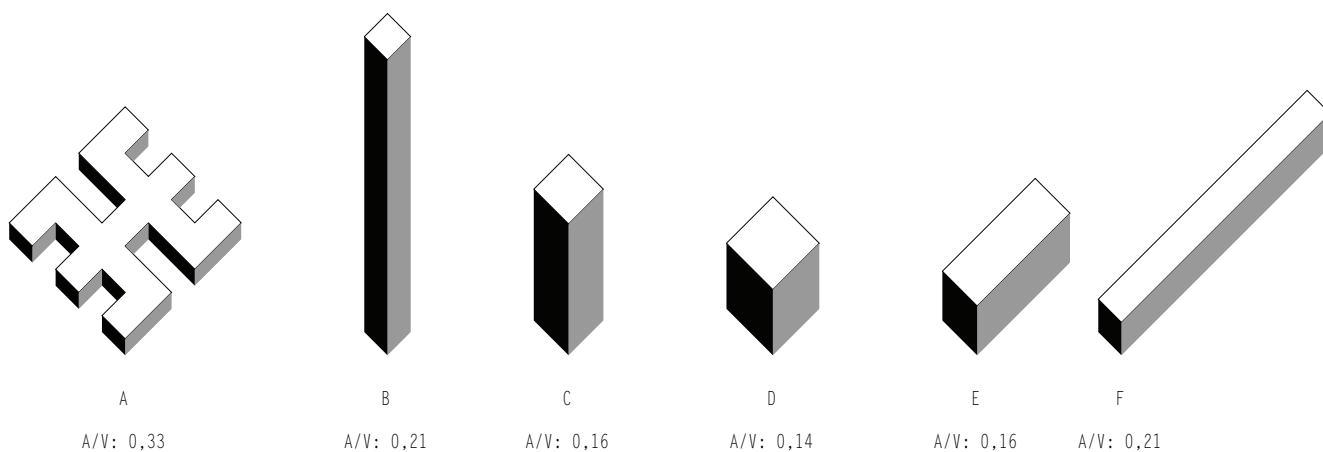
juni 2009





9.1 INDLEDENDE VOLUMENSTUDIER

Indledningsvis blev der foretaget simple beregninger i *Månedsmiddel* regnearket på forskellige volumener og vinduesarealer. Alle andre parametre end areal, volumen og vinduesareal blev holdt konstante for at få nogle resultater, der kunne ses i relation til hinanden. Beregninger skulle give et indtryk af hvilke vinduesarealer og -orienteringer der ville være hensigtsmæssige for at nedsætte bygningens energiforbrug, men blev ikke set som endegyldige svar da andre parametre også kan spille ind - f.eks. solafskærmning og u-værdier.

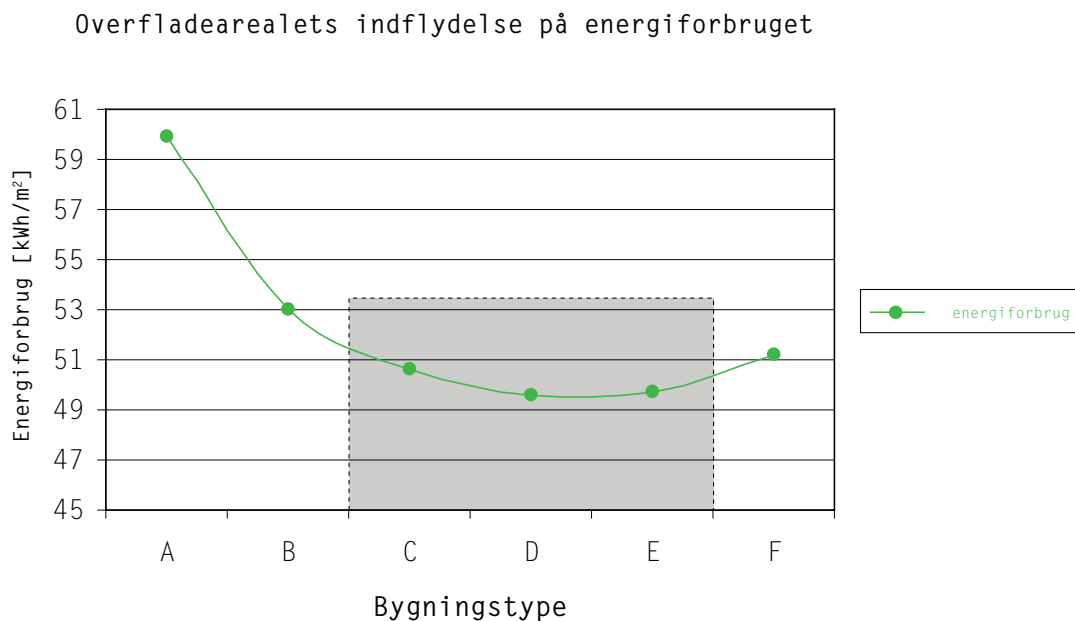


FIGUR 9.1.1 bygningstypologier med forskelligt A/V forhold

9.1.1 OVERFLADEAREALET'S INDFLYDELSE PÅ ENERGIFORBRUGET

Beregningerne på denne side undersøger betydningen af en bygnings A/V forhold (overfladeareal/volumen forhold) i forhold til bygningens energiforbrug. Der er derfor foretaget beregninger udelukkende på overfladens varmetab uden vinduer. Alle bygningerne har samme etageareal.

Grafen (figur x.1.2) viser at A/V forholdet har stor betydning i forhold til bygningens varmetab, og bygninger med en lav værdi har det laveste energiforbrug. Dog har det også betydning hvor stort et fodaftryk bygningen har, idet konstruktioner, der vender mod jorden, har et lavere varmetab end konstruktioner, der vender mod det fri. F.eks. er E's energiforbrug lavere end C's selvom de har samme A/V forhold, men E har større areal mod jorden. C D og E vælges til den videre proces.

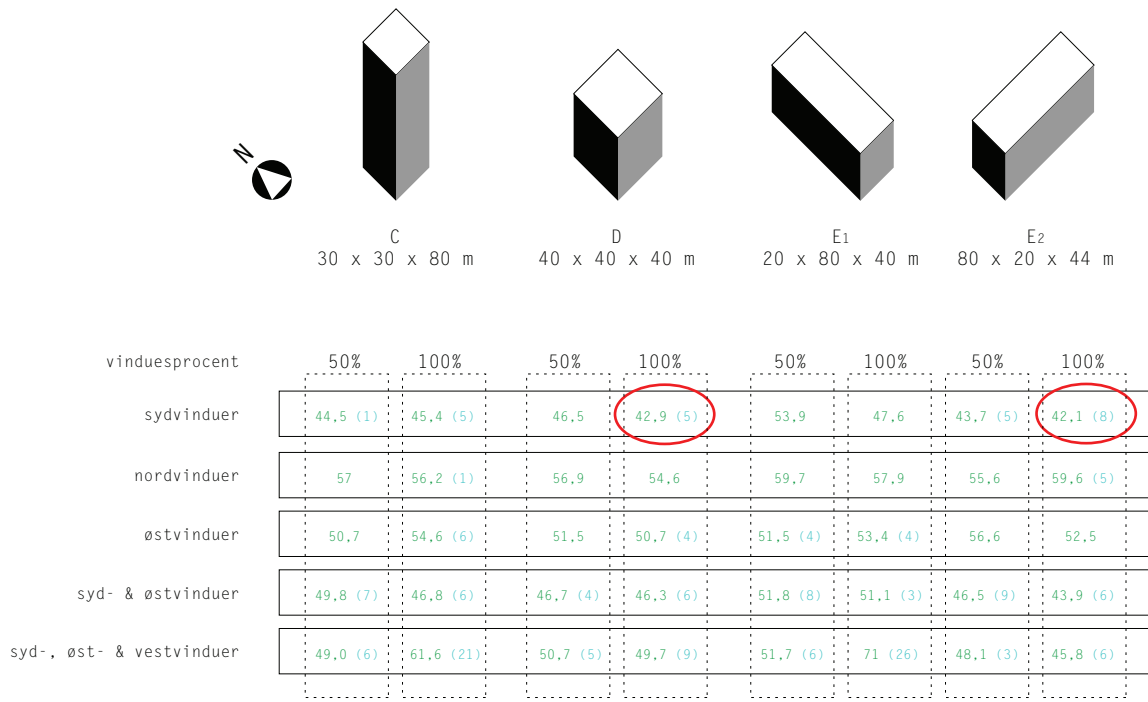


FIGUR 9.1.2 A/V forholdets indflydelse på energiforbruget

9.1.2 INDFLYDELSEN AF VINDUESAREALET S TØRRELSE OG ORIENTERING PÅ ENERGIFORBRUGET

Beregningerne på disse sider undersøger hvor stor indflydelse vinduesarealet har på en bygnings energiforbrug. Beregningerne er foretaget uden nogen form for solafskærmning. I forhold til x.1.1 er type A, B og F sorteret fra mens der er foretaget beregninger på E ud fra to forskellige orienteringer. Igen har alle samme etageareal.

Resultaterne (figur x.1.3) viser at de bygningskroppe, der har et stort areal mod syd, får det største relative varmetilskud fra solen. Jo større vinduesareal, jo større varmetilskud og dermed også et lavere energiforbrug til opvarmning. Beregningerne viser dog at der er en grænse for hvor stort et vinduesareal der kan opføres før det giver behov for køling i sommermånederne (kølingsbehovet er markeret med blå tekst i parentes det røde tal er det samlede energiforbrug). De røde markeringer viser de laveste værdier.

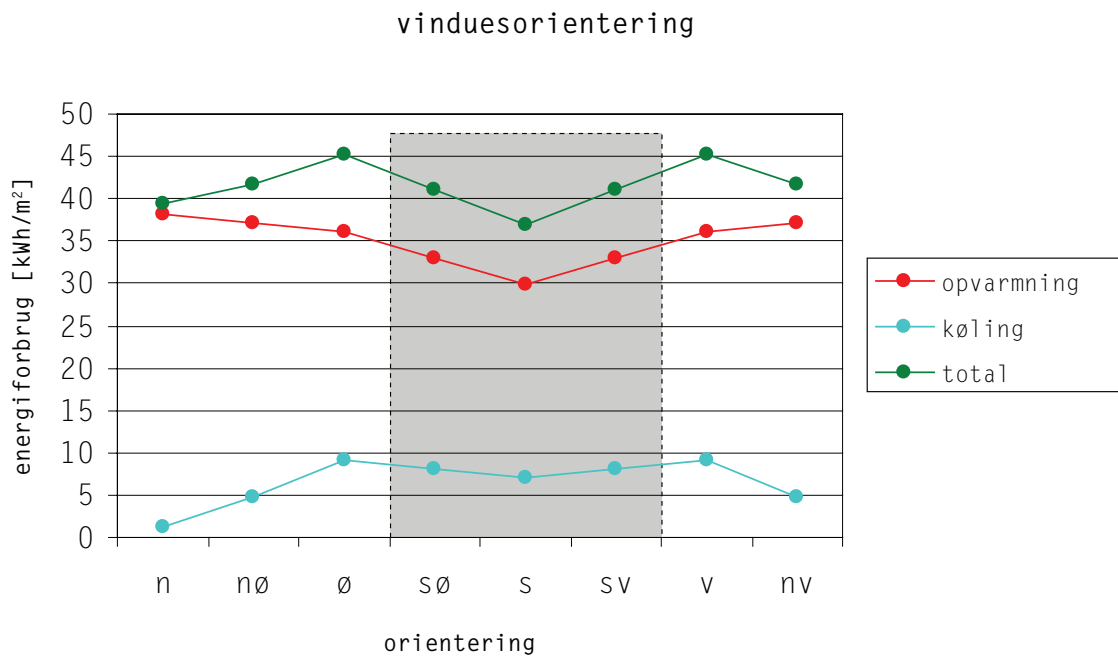


FIGUR 9.1.3 indflydelsen af vinduesarealets størrelse og orientering på energiforbruget

For at have mere konkrete resultater, der kan bruges direkte i designprocessen udarbejdedes en graf (figur x.1.4), der viser energiforbruget ved alt efter orientering. Beregningerne er foretaget på en standardenhed (se x.2.1).

Energiforbruget er lavest når den største vinduesflade er orienteret mod syd da det er her hvor varmebehovet er mindst. Til gengæld er der et relativt højt kølebehov. Det næstbedste samlede resultat er når det store vinduesparti er orienteret mod nord da kølebehovet her er betydeligt mindre end i de andre tilfælde. Hvis man ser bort fra kølebehovet vil det mest energieffektive være en orientering mod sydøst-syd-sydvest.

Med hensyn til overophedning er det værst når vinduesarealet er orienteret stik øst-vest på grund af den lave morgen- og aftensol. Igen er nord-syd den mest optimale orientering.



FIGUR 9.1.4 vinduesorienteringens indflydelse på energiforbruget

OPSUMMERING

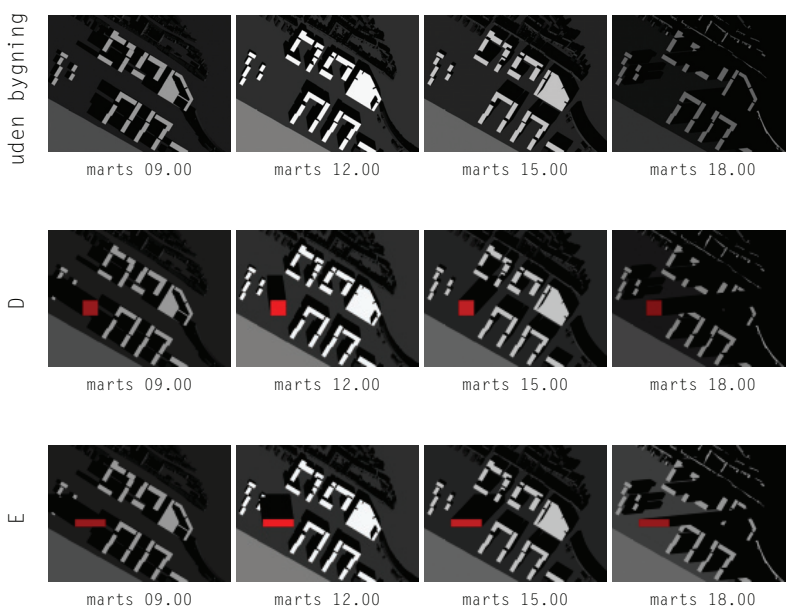
De indledende undersøgelser viser at A/V forholdet såvel som vinduesorientering og areal mod jord har stor betydning for bygningens energiforbrug. I de første designforsøg blev der således taget udgangspunkt i typerne D og E₂, der havde de laveste energiforbrug.

9.1.3 SKYGGER

I forhold til bygningens omgivelser vil der være stor forskel på lange skygger forskellige voluminer vil kaste, alt efter deres højde. En bygning med en højde på 50 meter vil uundgåeligt kaste længere skygger end en bygning på 20 meter.

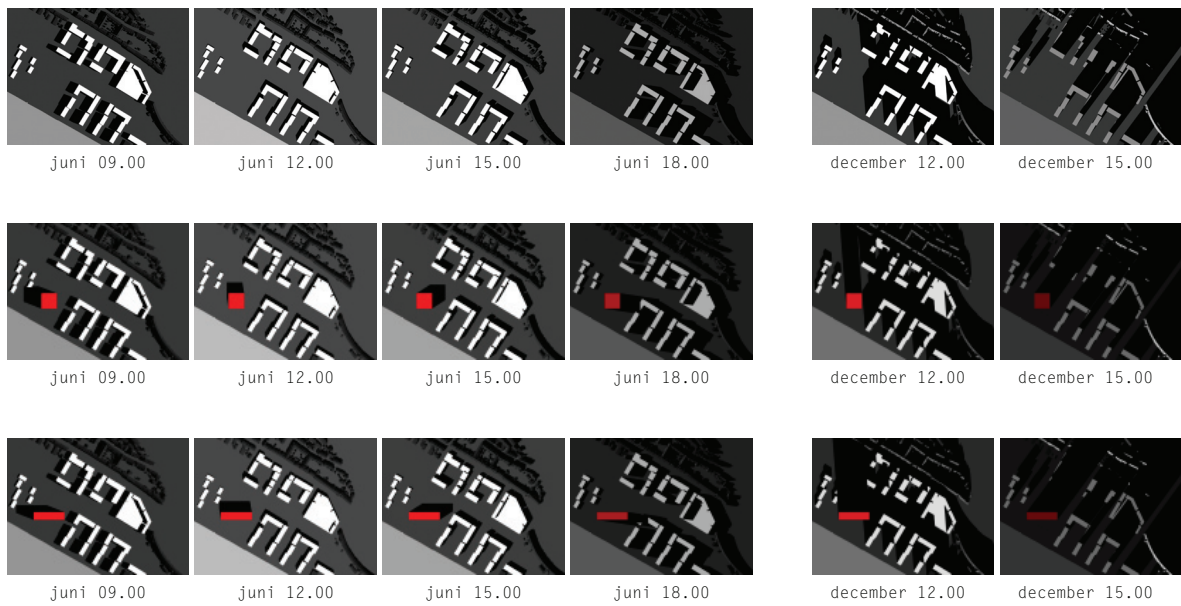
I lokalplanen lægges der op til at der må bygges i op til 36 meters højde, så alt derover skal nøje overvejes og testes før det implementeres. Ud fra skyggesimuleringerne (figur x.4) vil en højde på omkring de 40 meter være acceptabelt for omgivelserne, hvorfor det bør tilstræbes at holde sig indenfor de angivne rammer fra lokalplanen.

Der er ingen nævneværdige skyggegener på byggegrunden fra de omgivende bygninger.



FIGUR 9.1.5 skyggesimuleringer

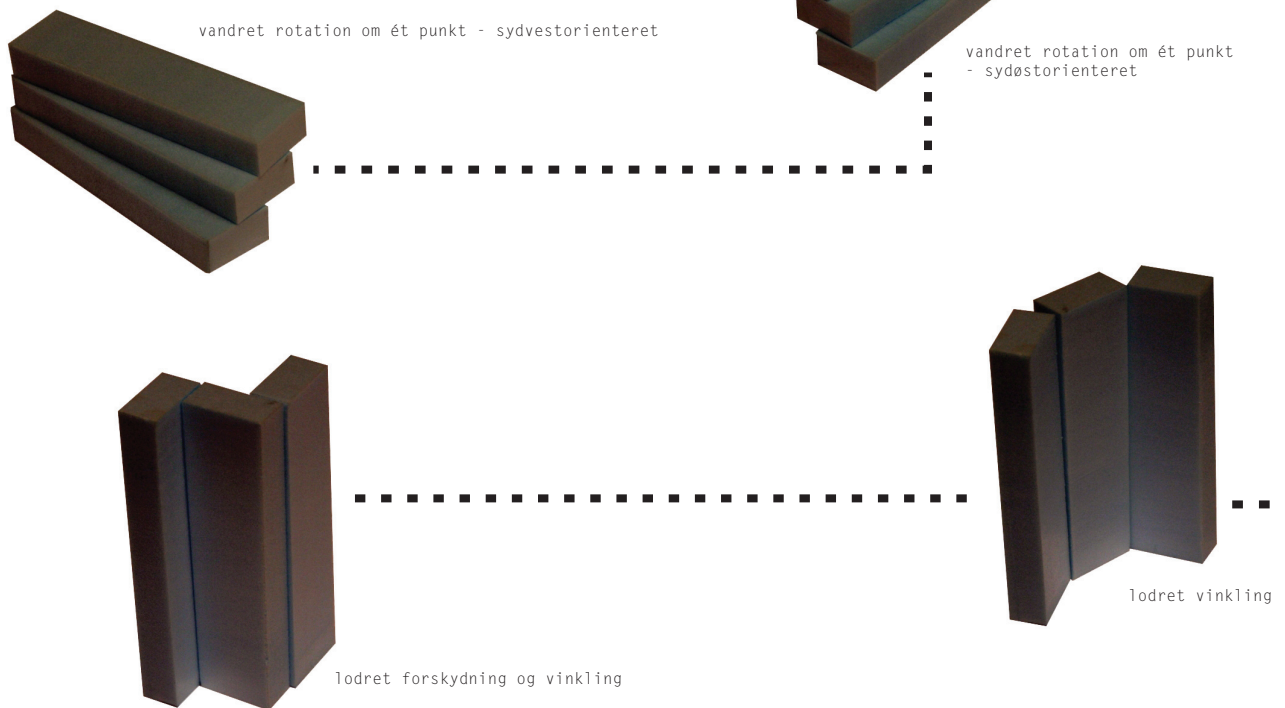
Der arbejdes videre med en maksimal bygningshøjde på 36 meter



De første formstudier tog udgangspunkt i resultaterne fra de indledende simple beregninger på de simple voluminer.

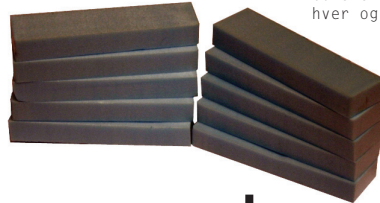
Disse overordnede modelforsøg var tænkt som en indledende undersøgelse, der skulle få 'hul på bylden' ved at afprøve forskellige muligheder og derudfra udvælge et tema, der var potentiale i til videre bearbejdning. Det endte med at være type E, der blev arbejdet mest med og forskellige måder at forskyde og rotere formen på for at optimere facaden i forhold til udsigt og solindfald.

Desuden kunne der i flere tilfælde skabes terrasser ved at forskyde voluminerne. Det 'døde' rum bagved bygningen kunne eventuelt bruges som parkering.

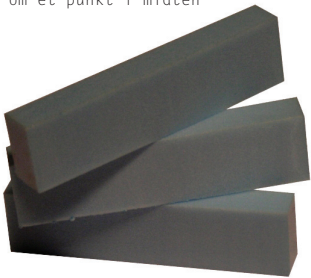


FIGUR 9.1.6 indledende formstudier

to elementer der roteres vandret om ét punkt
hver og mødes i midten



vandret rotation af elementer på højkant
om ét punkt i midten



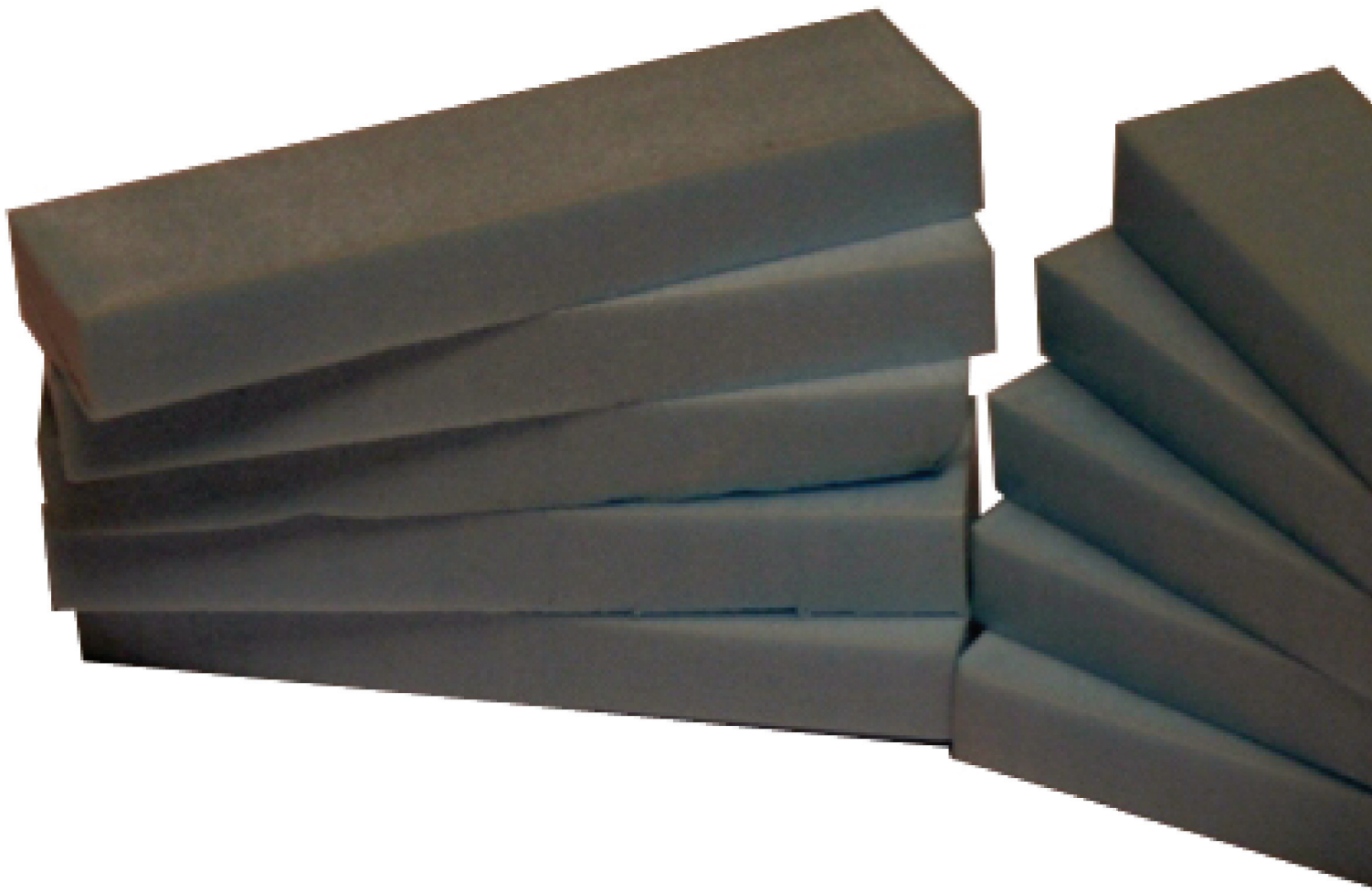
yderligere vandret
rotation om ét punkt
- sydøstorienteret



lodret forskydning



Der vil blive arbejdet videre med principperne
om addition, rotation og forskydning.

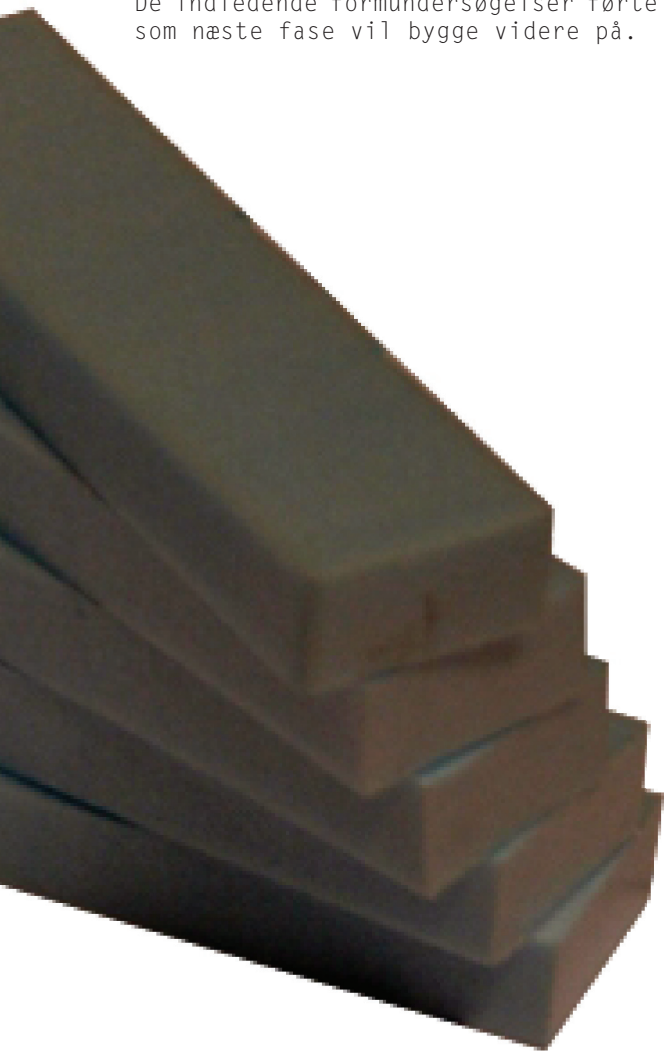


9.1.4 OPSAMLING

De indledende volumenstudier i fase 1 har vist at hovedelementerne i energioptimering består i optimering af af forholdet mellem areal og volumen, overflade imod jorden og vinduesorientering.

Desuden blev det undersøgt hvordan skyggeforholdene er for forskellige typologier og det blev vurderet at den maksimale byggehøjde er 36 meter, som lokalplanen foreskriver.

De indledende formundersøgelser førte frem til de 3 temaer: addition, rotation og forskydning, som næste fase vil bygge videre på.

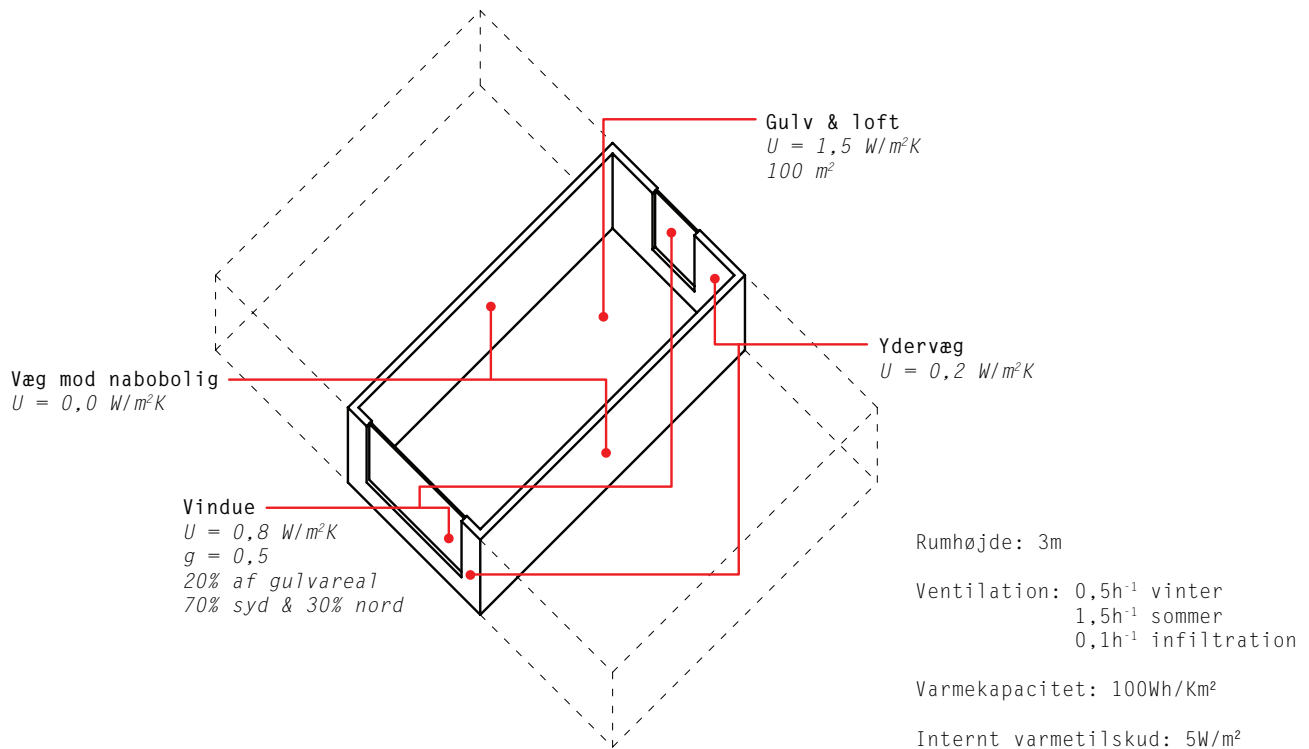


9.2 FASE 2

Ifølge konceptet er det målet at bygningen skal bestå af en sammensætning af forskellige grundelementer, der tilsammen danner en helhed, der lever op til målet som en Bolig+ bygning. FASE 2 består af en række udregninger, der skal definere dette grundelement ved at optimere på forskellige parametre i *Månedsmiddel* og *Døgnmiddel* regnearkene.

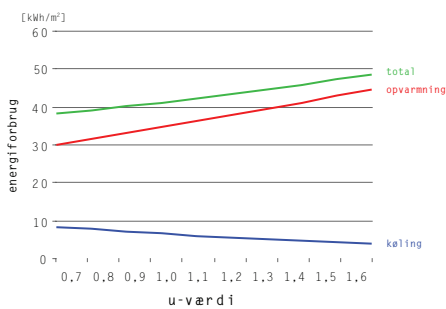
9.2.1 REFERENCEENHED

Som udgangspunkt for beregningerne benyttes en referenceenhed på 100 m². Værdierne for referenceenheden betragtes som basisværdier, der løbende optimeres og ændres i løbet af processen.

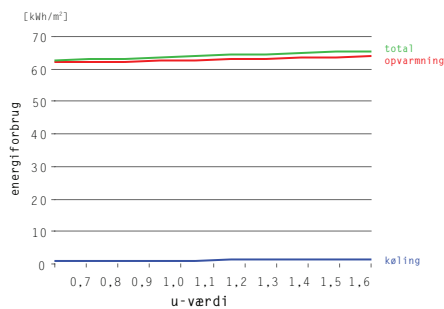


FIGUR 9.2.1 referenceenheden med basisværdier

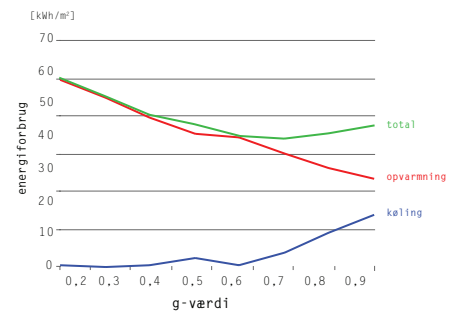
U- og g-værdierne for vinduerne i referenceenheden er som udgangspunkt fundet gennem en overslagsberegning, der viser hvilken betydning værdierne har for energiforbruget. Beregningerne er foretaget med et 70/30 forhold mellem syd og nord og graferne illustrerer også dette forhold tydeligt idet nordvinduernes u-værdi ikke betyder ret meget i det samlede energiforbrug. 0,8 vælges som u-værdi da det er det laveste, man i Danmark i øjeblikket producerer vinduer med (ProTec 7 standardvinduer) og g-værdien vælges som 0,5, da det er det sted på grafen hvor der er det mest optimale forhold mellem opvarmning og køling.



FIGUR 9.2.2 u-værdier for sydvendte vinduer



FIGUR 9.2.3 u-værdier for nordvendte vinduer



FIGUR 9.2.4 g-værdier vinduerne

Den interne varmebelastning i bygningen har også betydning for energiforbruget, og afhænger af bygningens brugstid og antallet af varmeproducerende apparater. Tallene nedenfor angiver tallene for boligerne i bygningen og som angives i både Månedsmiddel og Døgnmiddel regnearkene.

UGENTLIG BRUGSTID FOR BOLIGER	168 timer
PERSONBELASTNING	00.00 - 09.00 100 % 09.00 - 17.00 33,3 % 17.00 - 24.00 100 %
APPARATUR	00.00 - 06.00 0 % 06.00 - 07.00 17,6 % 07.00 - 09.00 100 % 09.00 - 17.00 33,3 % 17.00 - 22.00 100 % 22.00 - 23.00 33,3 % 23.00 - 24.00 17,6 %
INTERNT VARMETILSKUD	Personlast 1,5 W/m ² Apparatur 3,5 W/m ²

9.2.2 RUMDYBDE

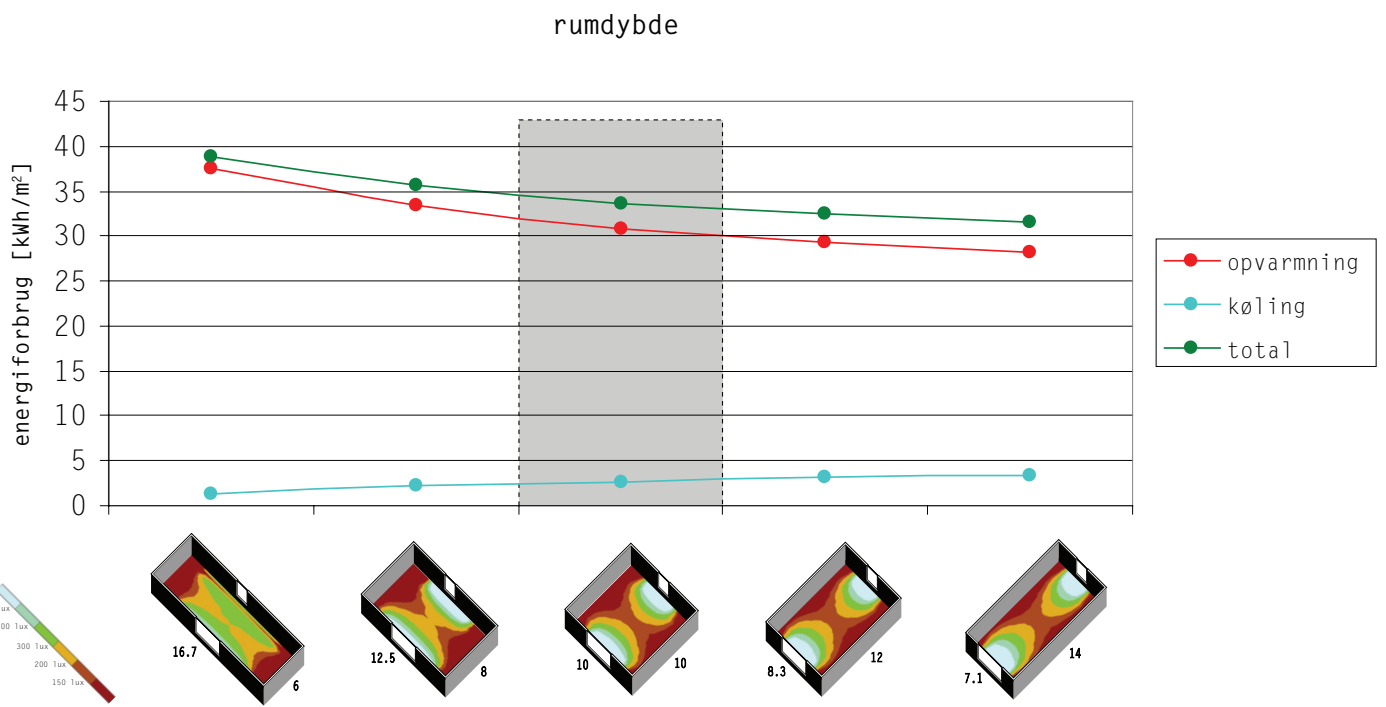
Boligens dybde testes i forhold til dagslys, middeltemperatur og energiforbrug i henhold til dybder på 6, 8, 10, 12 og 14 meter (figur x.2.6). Tallene over graf-linierne viser indekstallene for den pågældende linie.

Resultaterne viser at jo dybere boligen er desto mindre energi bruges til opvarmning. Til gengæld bliver kølebehovet større med rumdybden, men kun i lille grad og skyldes den øgede overflade mod en naboenhed.

Temperaturerne er stort set uændrede idet vinduesarealet ikke ændres i de fem scenarier.

Dagslysforholdene forringes i midten af rummet jo dybere boligen bliver, hvilket sandsynligvis kunne udbedres med forsøg med større vinduesarealer og vinduesplacering, men fokus er at finde den bedste løsning indenfor de givne parametre.

Der vil blive arbejdet videre med en rumdybde på 10 meter, da det vurderes til at være det mest optimale kompromis mellem energiforbrug og dagslys.

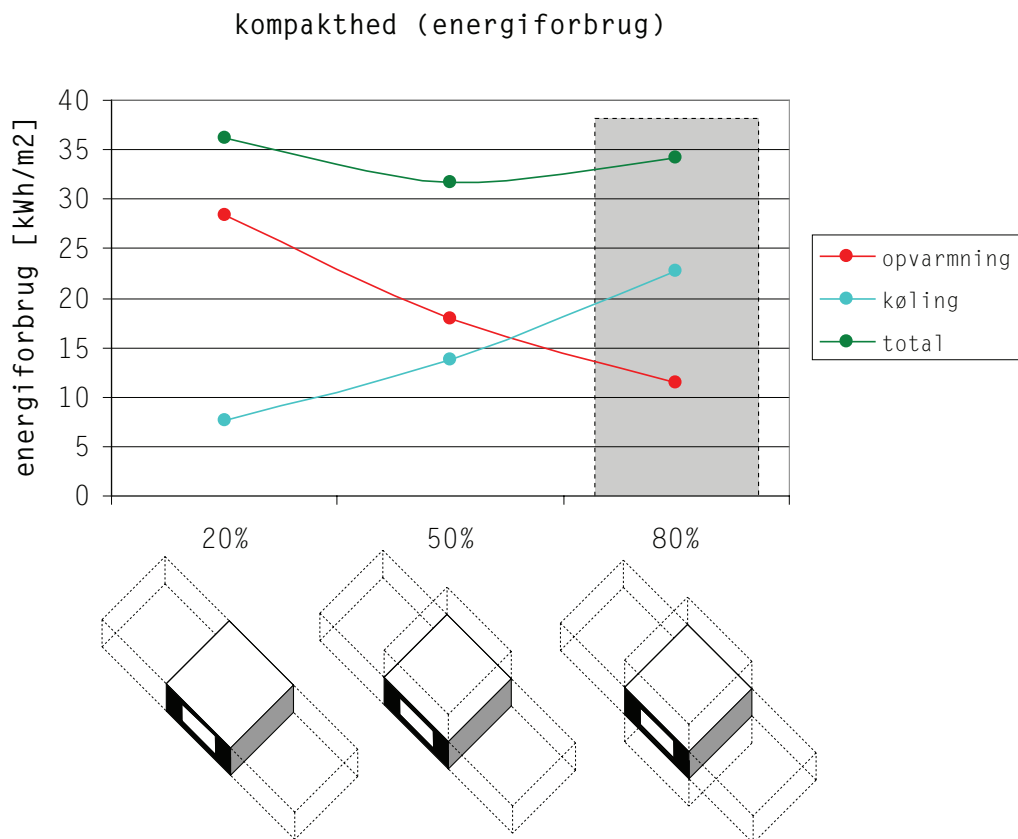


FIGUR 9.2.5 rumdybde

9.2.4 OVERFLADE MOD OPVARMET AREAL

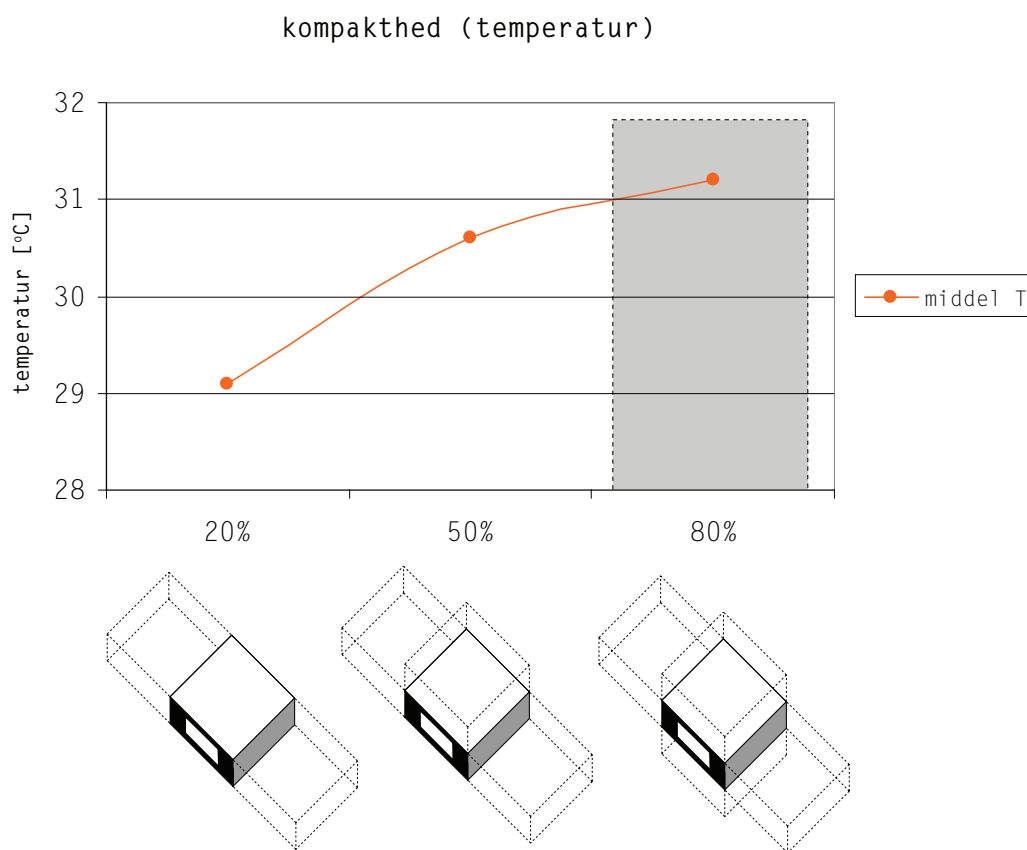
Boligenheden med de hidtil valgte værdier testes i henhold til overfladeareal mod en naboenhed for at undersøge vigtigheden af en kompakt bebyggelse i forhold til mindre sammensatte grupper af enheder.

Resultaterne viser (fig. 9.2.8) at energiforbruget til opvarmning falder betydeligt i takt med at den varmetabsneutrale overflade mod en naboenhed øges, mens kølebehovet stiger tilsvarende. Relativt set vil det give en betydelig reduktion i energiforbruget ved at optimere en enhed der grænser op til 4 andre enheder i form af nedsættelse af kølebehovet.



FIGUR 9.2.6 kompakthedens indflydelse på energiforbruget

Temperaturerne stiger jævnt i takt med forøgelsen af overflade mod en naboenhed (fig. x.2.9).



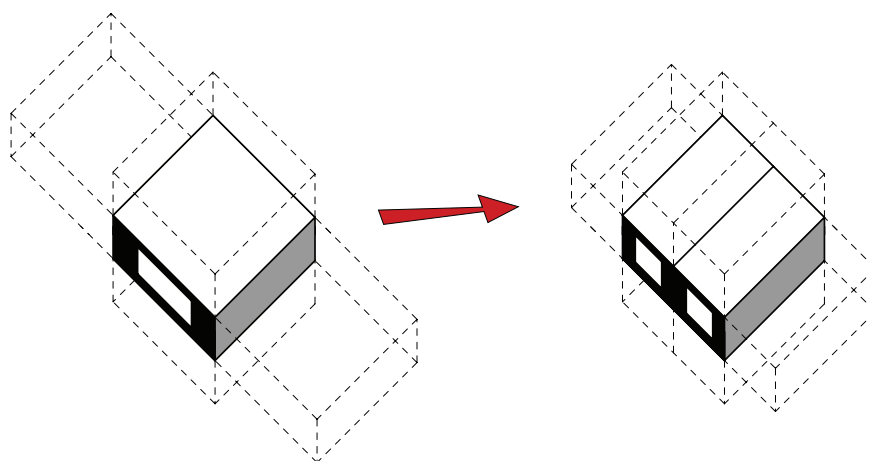
FIGUR 9.2.7 kompakthedens indflydelse på temperaturen

Ud fra projektets art som bymæssig bebyggelse vil der blive arbejdet videre med scenariet med 80% overflade. Det vurderes endvidere at det er den løsning, der er mest potentiale i at optimere.

9.2.5 MINDRE ENHEDER

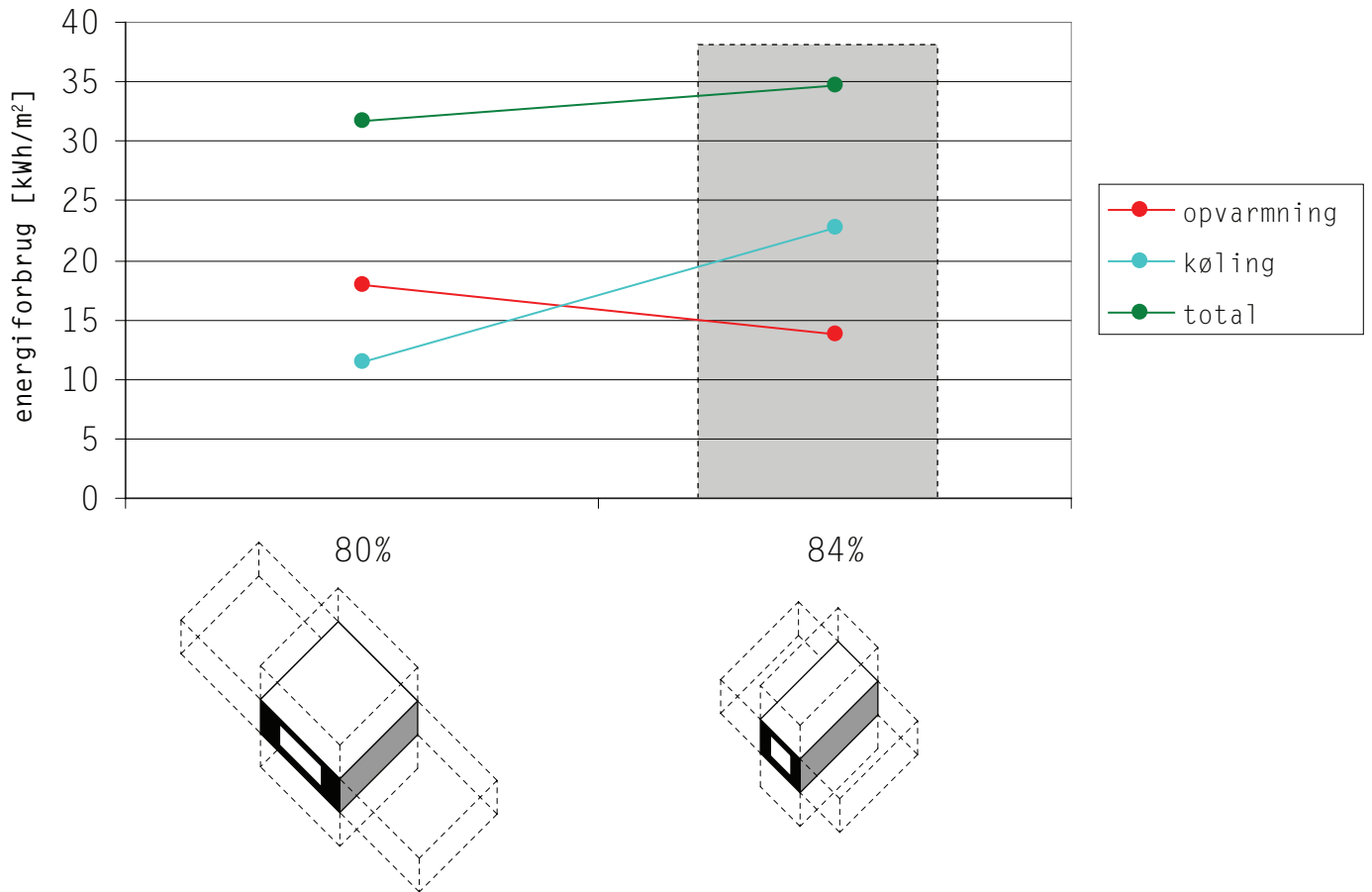
Der er behov for mindre enheder bygningen så det var nødvendigt at splitte referenceenheden op i to mindre á 50 m².

Beregningerne viser (figur 9.2.10) at de mindre enheder kræver mindre energi til opvarmning på grund af det større relative overfladeareal mod en naboenhed.



FIGUR 9.2.8 mindre enheder

mindre enheder



FIGUR 9.2.9 mindre enheder

Der arbejdes videre med enheder på 5x10 meter som referenceenheder. Selvom kølebehovet stiger vurderes det at der kan rådes bod på det senere i processen ved brug af solafskærmning og øget ventilation på de pågældende tidspunkter.

9.2.6 OPSAMLING

Efter fase 2 findes det at bygningen består af basisenheder på 5x10 meter, der skal sammensættes i en helhed, der er så kompakt som muligt. Alle andre aspekter af referenceenheden er stadig som vist i figur 9.2.1.

De ting, der kan tages med til fase 3 fra de to første indledende designstudier kan ridses op på følgende måde:

HØJ KOMPAKTHED

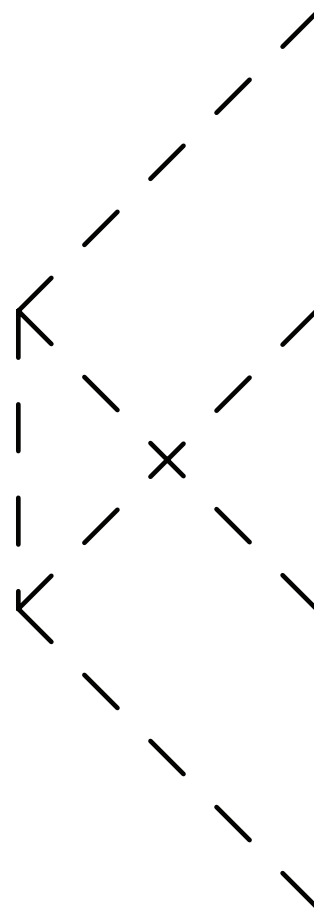
HØJ VINDUESPROCENT MOD SYD, SYDØST ELLER SYDVEST

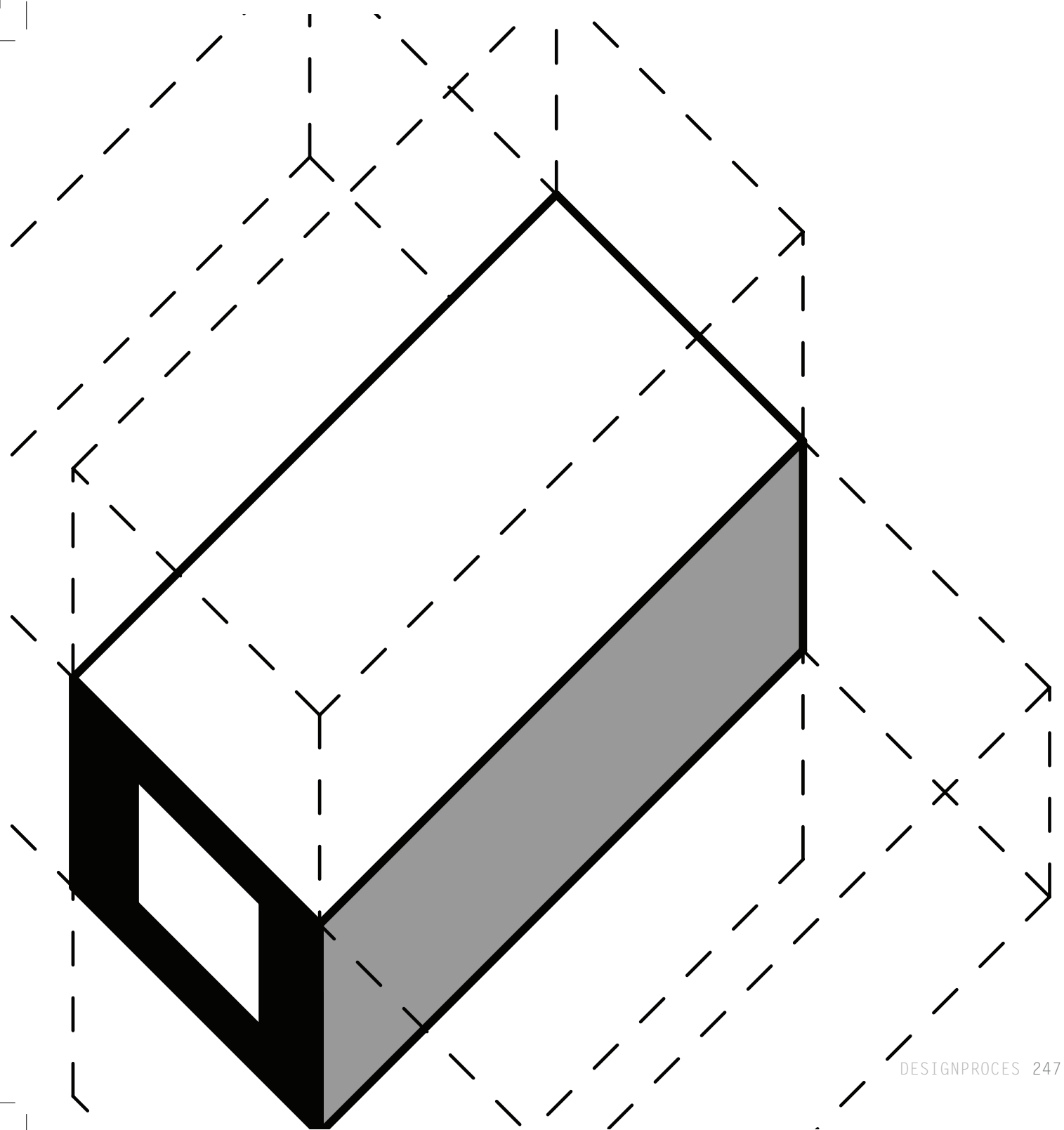
NØDVENDIGT MED SOLAFSKÆRMNING FOR AT MINIMERE KØLING

EN RUMDYBDE PÅ MAKSIMALT 10 METER

EN BYGNINGSHØJDE PÅ MAKSIMALT 36 METER

FORMGIVNINGEN VIL TAGE UD GANGSPUNKT I TEMAERNE:
ADDITION, ROTATION OG FORSKYDNING

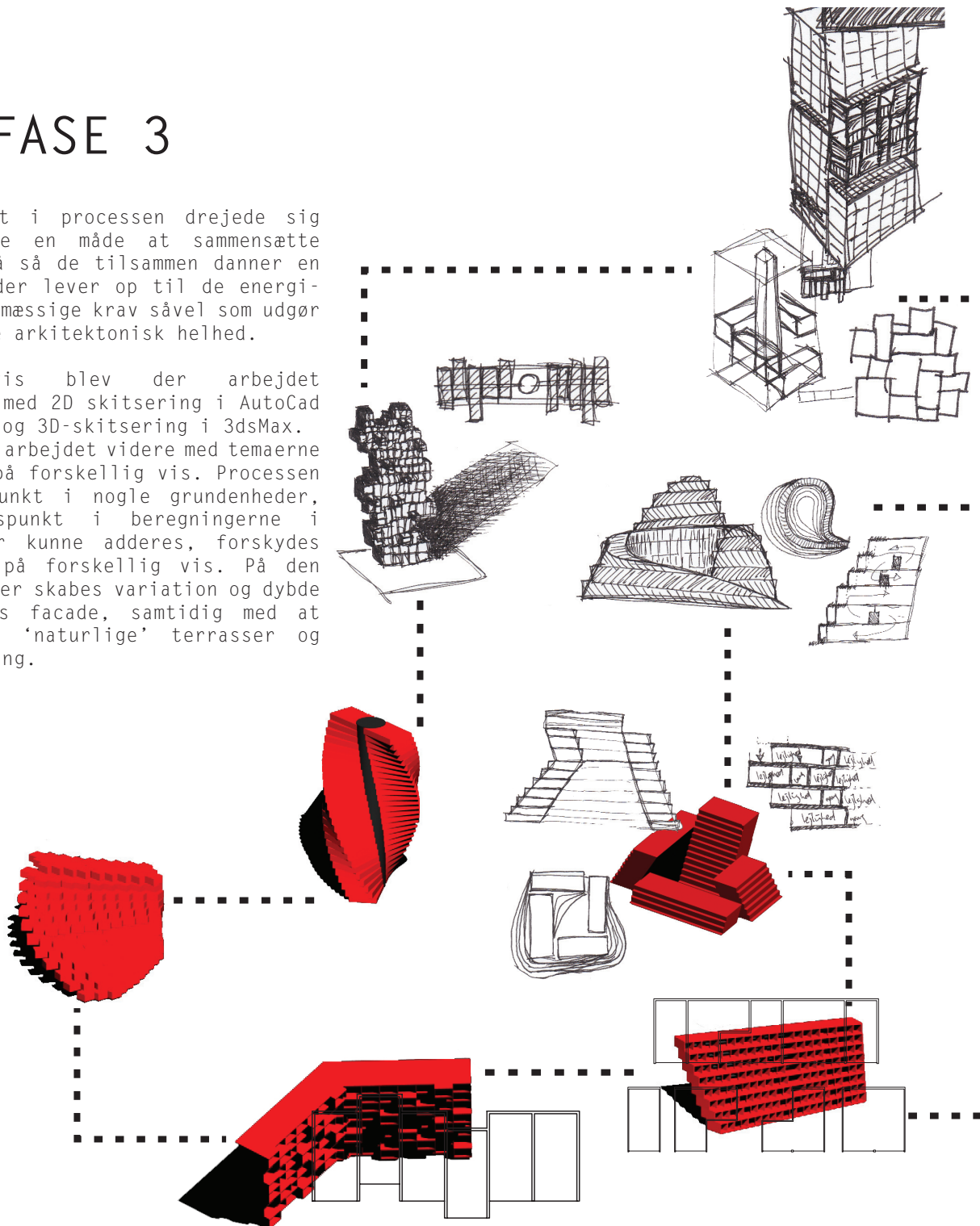


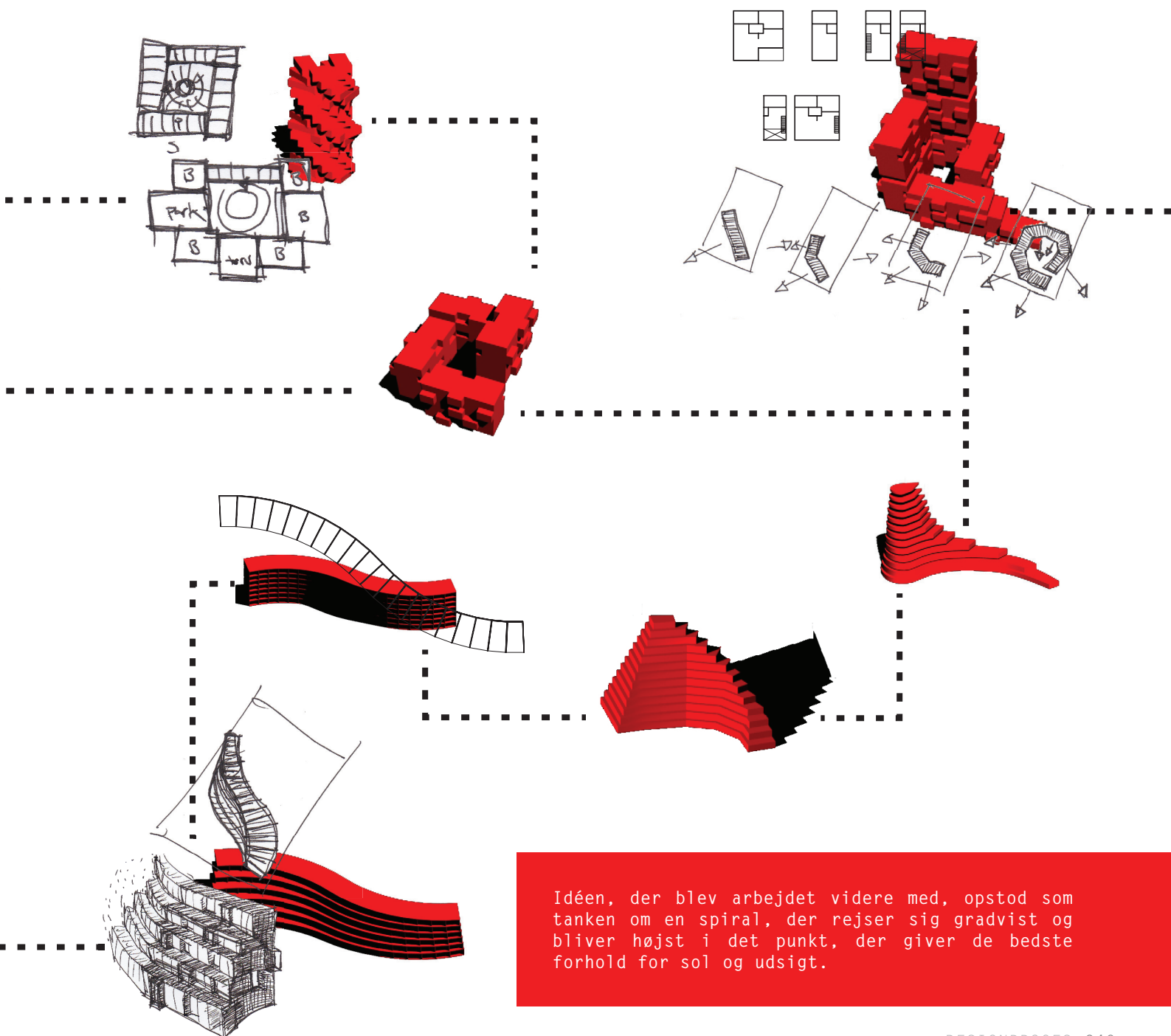


9.3 FASE 3

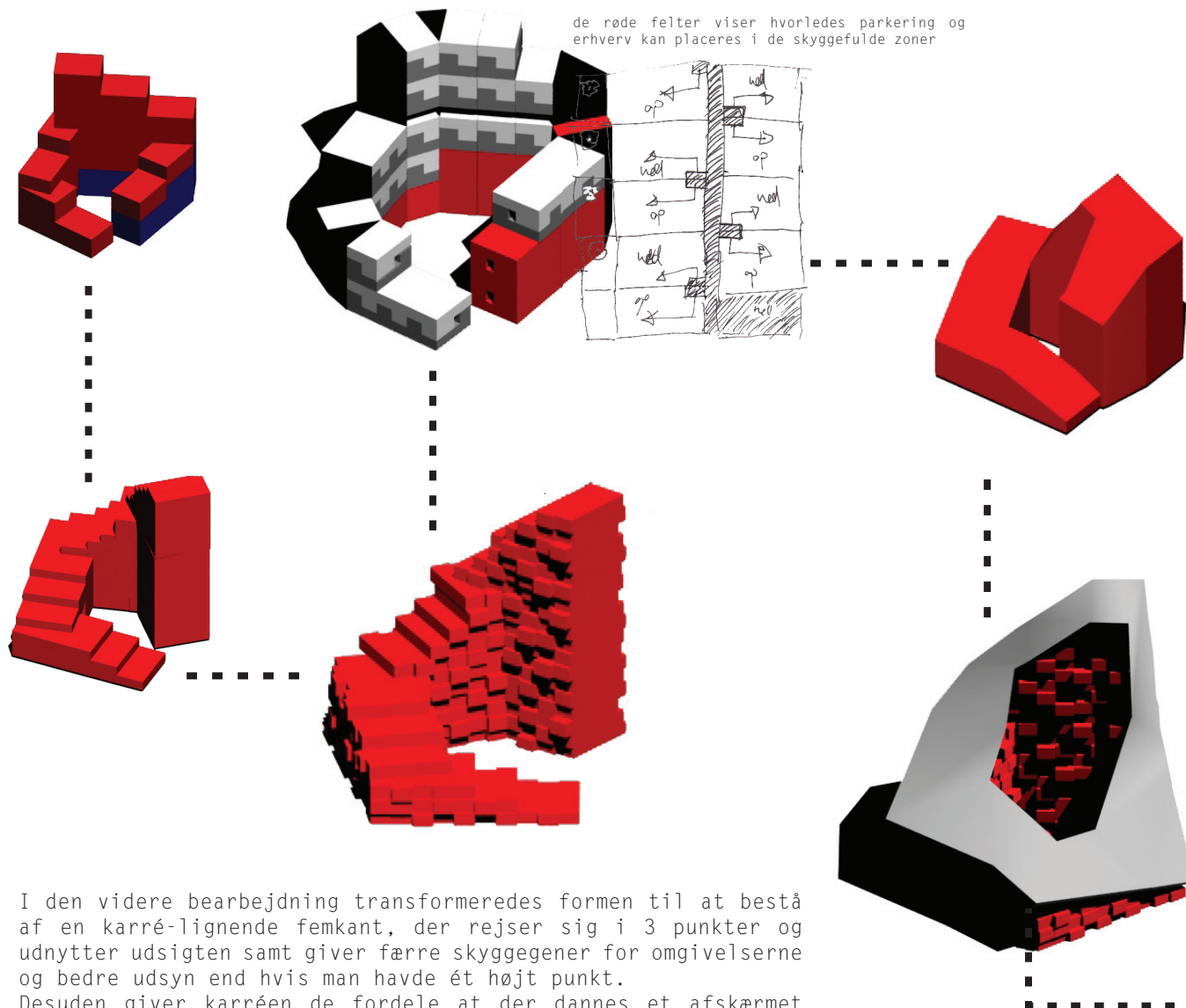
Næste skridt i processen drejede sig om at finde en måde at sammensætte enhederne på så de tilsammen danner en bebyggelse der lever op til de energi- og indeklimamæssige krav såvel som udgør en spændende arkitektonisk helhed.

Indledningsvis blev der arbejdet sideløbende med 2D skitsering i AutoCad og i hånden og 3D-skitsering i 3dsMax. Der blev der arbejdet videre med temaerne fra Fase 1 på forskellig vis. Processen to udgangspunkt i nogle grundenheder, med udgangspunkt i beregningerne i Fase 2, der kunne adderes, forskydes og roteres på forskellig vis. På den måde kunne der skabes variation og dybde i bygningens facade, samtidig med at det skabtes 'naturlige' terrasser og solafskærmning.

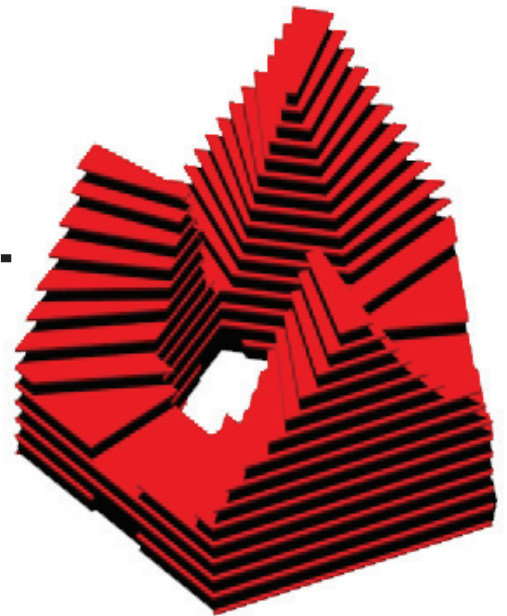




Idéen, der blev arbejdet videre med, opstod som tanken om en spiral, der rejser sig gradvist og bliver højst i det punkt, der giver de bedste forhold for sol og udsigt.



I den videre bearbejdning transformeredes formen til at bestå af en karré-lignende femkant, der rejser sig i 3 punkter og udnytter udsigten samt giver færre skyggegener for omgivelserne og bedre udsyn end hvis man havde ét højt punkt. Desuden giver karréen de fordele at der dannes et afskærmet rum inde i bygningskroppen, der kan bruges til forskellige rekreative formål, samt bare til ophold i læ af vinden. En anden idé der opstod i denne fase var idéen om at niveauerne kunne fremstå som en forlængelse af det grønne område vest for bygningen ved at anbringe planter på niveauerne, der, i form af deres horisontale udtryk, i forvejen har landskabelige træk. Formen har desuden en dynamik, der kan give det ønskede supplement til det meget ensformige udtryk, der hersker i området.

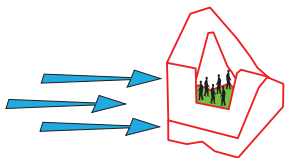


Det valgte udtryk præges af de horisontale dæk, der giver bygningen et mere horisontalt udtryk end de foregående former. Formen kan minde om bølger eller bakketoppe, der rejser sig i henhold til lys og skygge og optimal udnyttelse af udsigten.

9.3.2 OPSAMLING

Resultatet af Fase 3 kan kort sammenfattes i de 4 diagrammer (figur 9.3.1), der viser hvorledes formen skaber et afskærmet uderum, giver mulighed for en grøn oase på de vertikale niveauer, samt hvorledes 'bølgerne' giver mulighed for solindfald og udsigt for flere lejligheder.

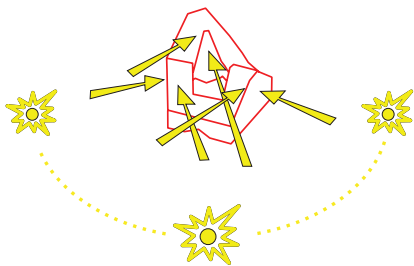
afskærmet uderum



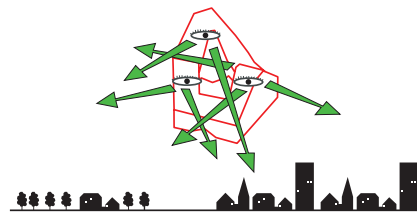
grøn oase



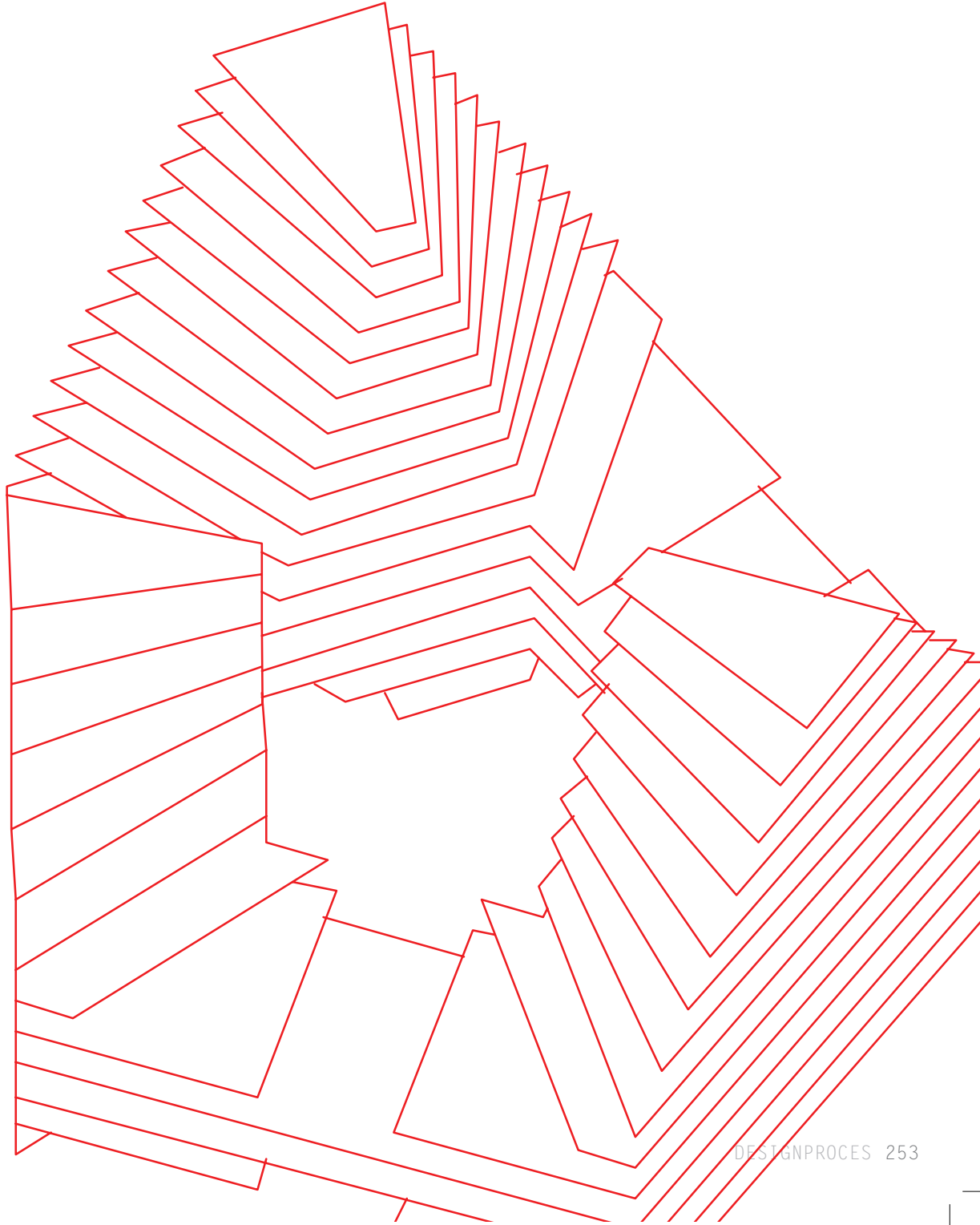
solindfald



udsigt



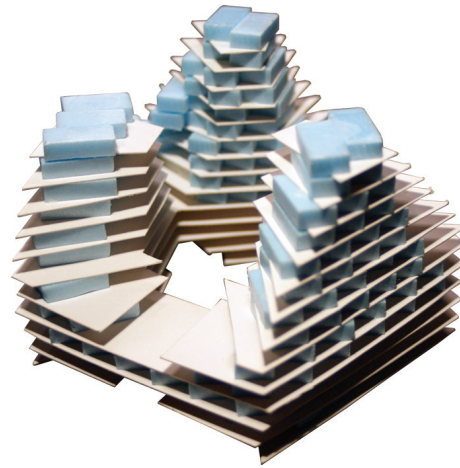
FIGUR 9.3.1 designdiagrammer



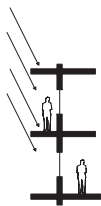
9.4 FASE 4

Ved at arbejde med hvordan enhederne kunne placeres i formen opstod idéen med at forskyde enhederne således at det var muligt for alle enhederne at få udsigt og varmetilskud fra solen.

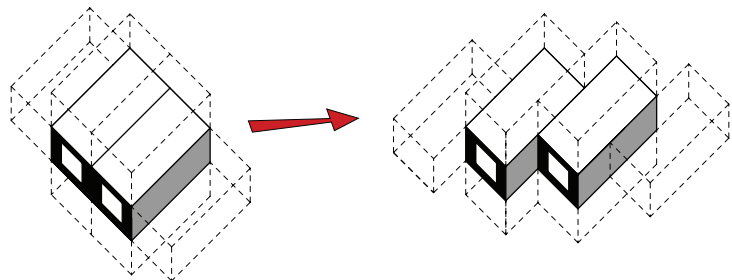
Ved hjælp af forskydningen dannedes ligeledes et trekantet udhæng over hver lejlighed, der kan fungere som solafskærmning samtidig med at det kan fungere som altan for lejligheden ovenover.



FIGUR 9.4.1 arbejdsmodel



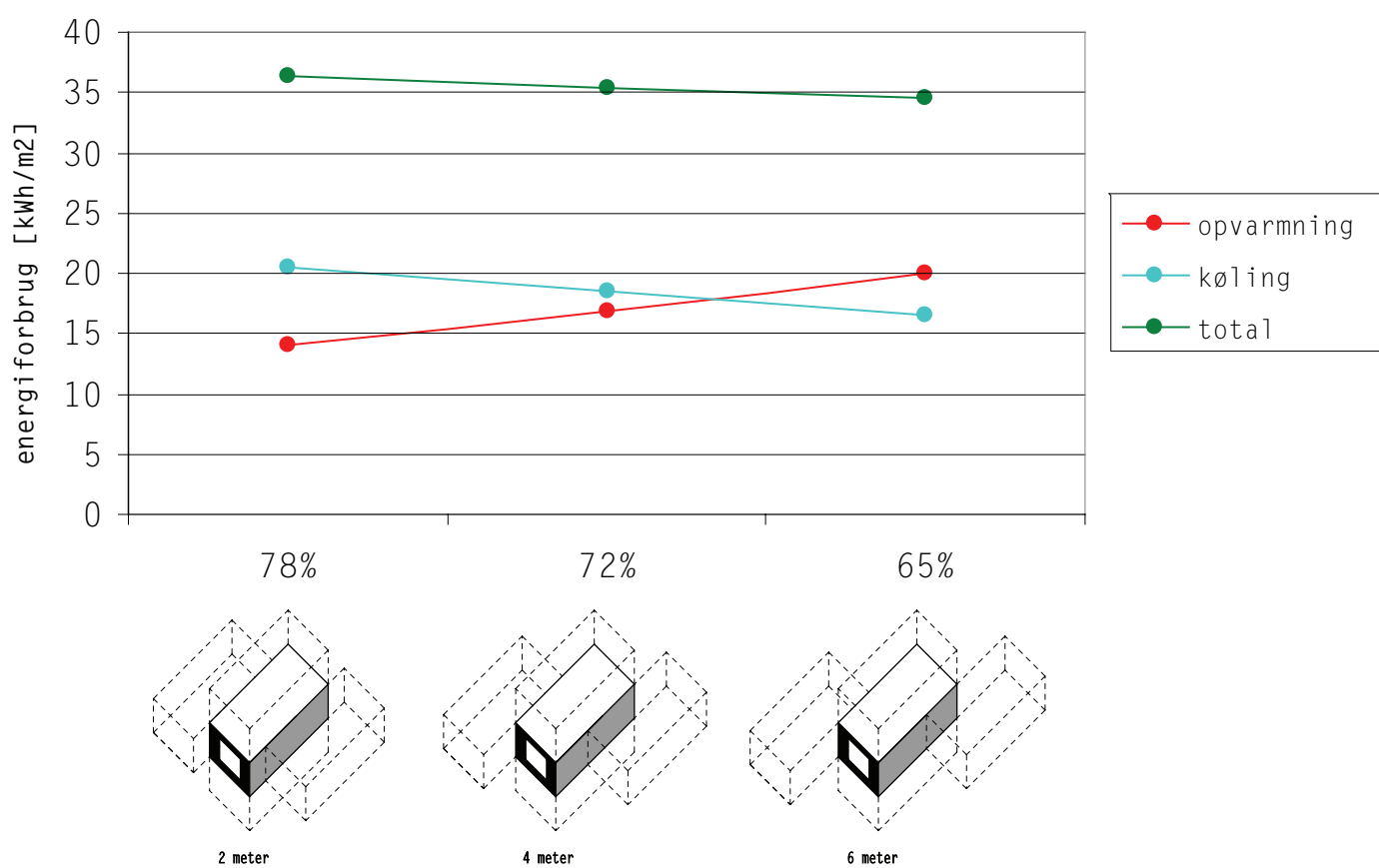
FIGUR 9.4.2 solafskærmning ved hjælp af altandæk



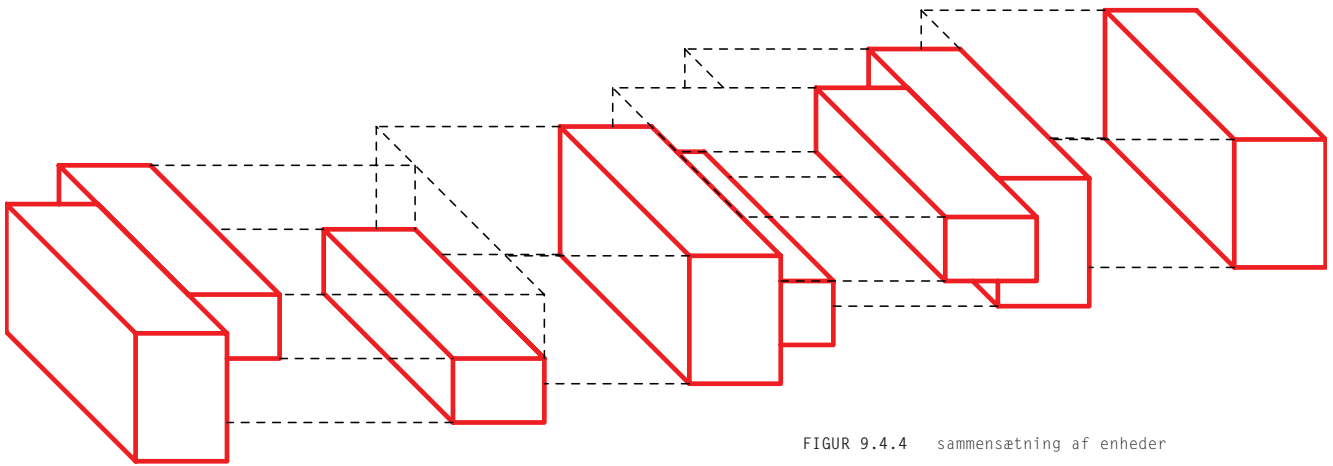
FIGUR 9.4.2 forskydning af enheder

Ved at forskyde enhederne fremkommer et større overfladeareal mod det fri, som vil give et større varmetab. Beregningerne (figur 9.4.1) viser at energibehovet til opvarmning stiger lineært i takt med det øgede ydervægsareal. En forskydning på 4 meter vælges da den giver de bedste muligheder for orientering af enhederne samtidig med at den giver et tilpas stort altanareal (10 m²) i det område, der skabes ved forskydningen.

mindre enheder



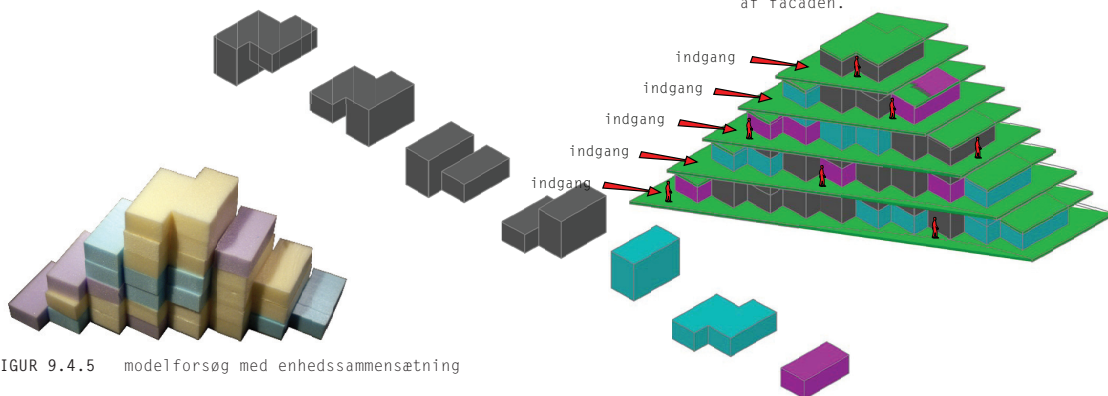
FIGUR 9.4.3 forskydning



FIGUR 9.4.4 sammensætning af enheder

9.4.1 SAMMENSETNING AF ENHEDER

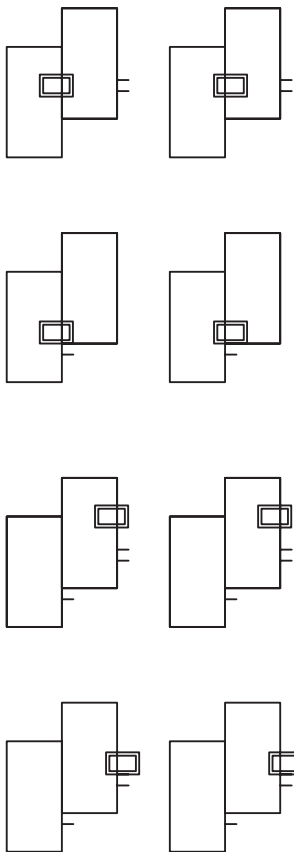
I henhold til rumprogrammet skal der skabes tre forskellige lejlighedstyper, der kan dække forskellige brugeres behov. Der udarbejdedes derfor tre typer - én enhed (50 m²), to enheder (100 m²) og tre enheder (150 m²). De sættes sammen i et tetris-system som vist på figur 9.4.4. Dette system gør endvidere at der kun er behov for indgange til lejlighederne på hver anden etage (figur 9.4.6)



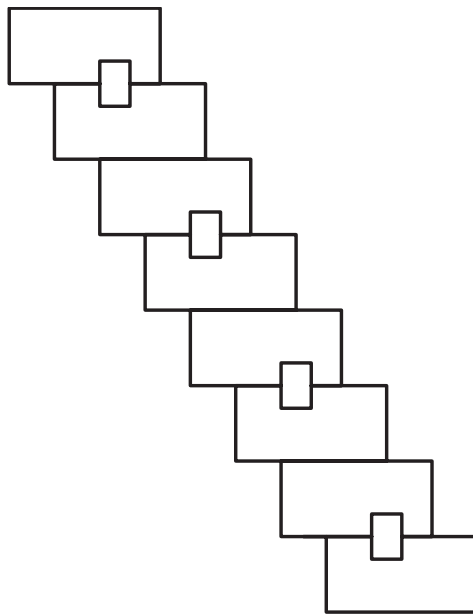
FIGUR 9.4.5 modelforsøg med enhedssammensætning

FIGUR 9.4.6 digital model med enheds-sammensætning og dæk, der forlænges ud af facaden.

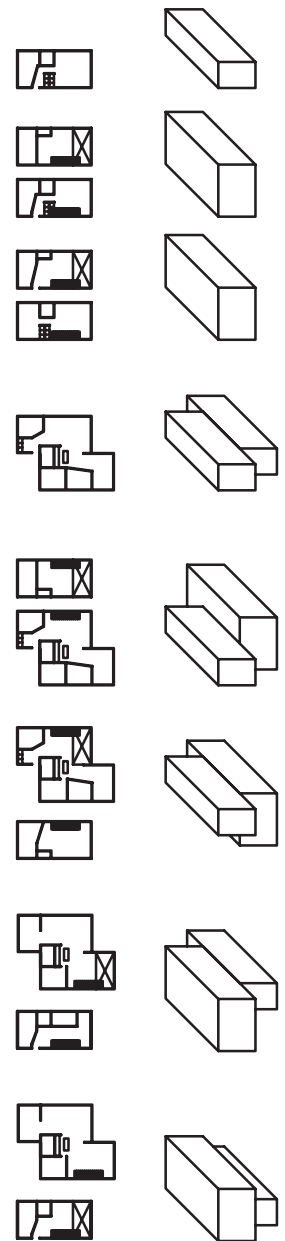
En af de store udfordringer ved de forskudte enheder viste sig hurtigt at være placeringen af teknikkerne i forhold til at få dem til at passe op igennem bygningen, således at der var brug for færrest mulige skakte. Systemet, der blev arbejdet med, bestod i at to naboenheder deltes om en kerne.



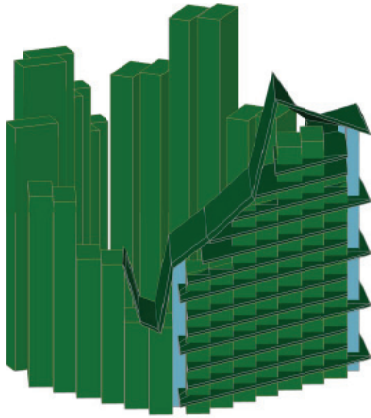
FIGUR 9.4.7 forsøg med placering af teknik-kerne



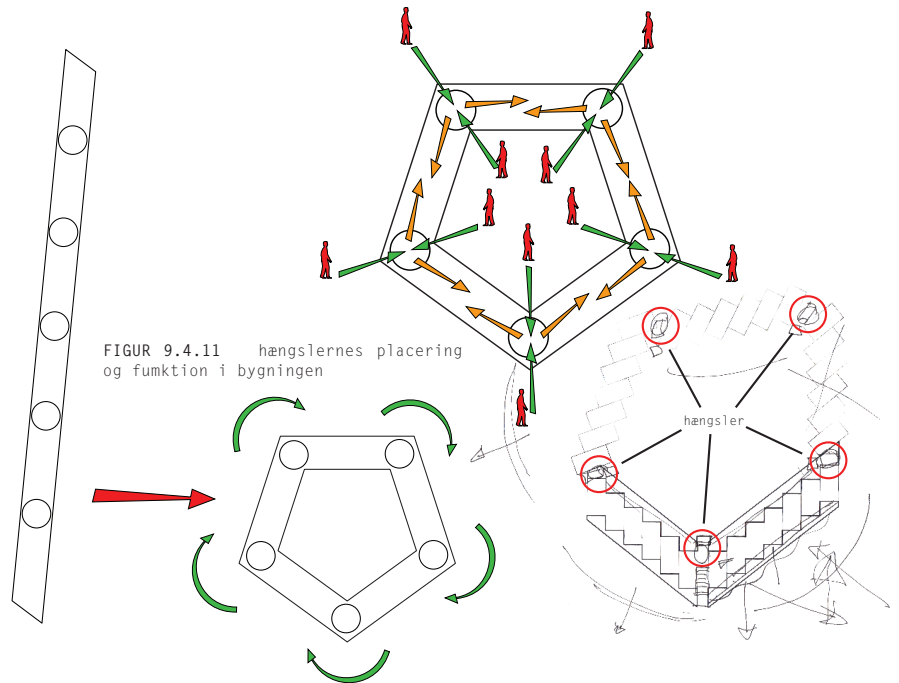
FIGUR 9.4.8 enhederne med placeringen af kernerne mellem hver anden enhed



FIGUR 9.4.9 tidlige forslag på indretning af planerne i de forskellige lejlighedstyper.



FIGUR 9.4.10 digital model af bygningen med altaner, opgange og tag.

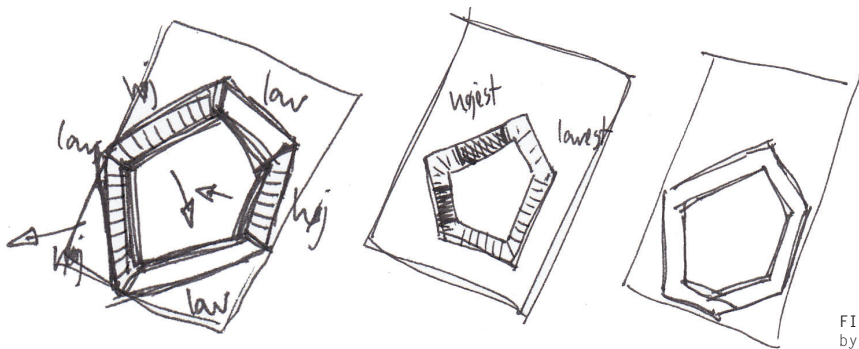


FIGUR 9.4.11 hængslernes placering og funktion i bygningen

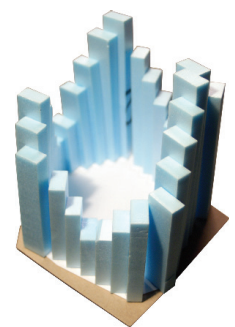
9.4.2 BYGNINGSHØJDE OG 'HÆNGSLER'

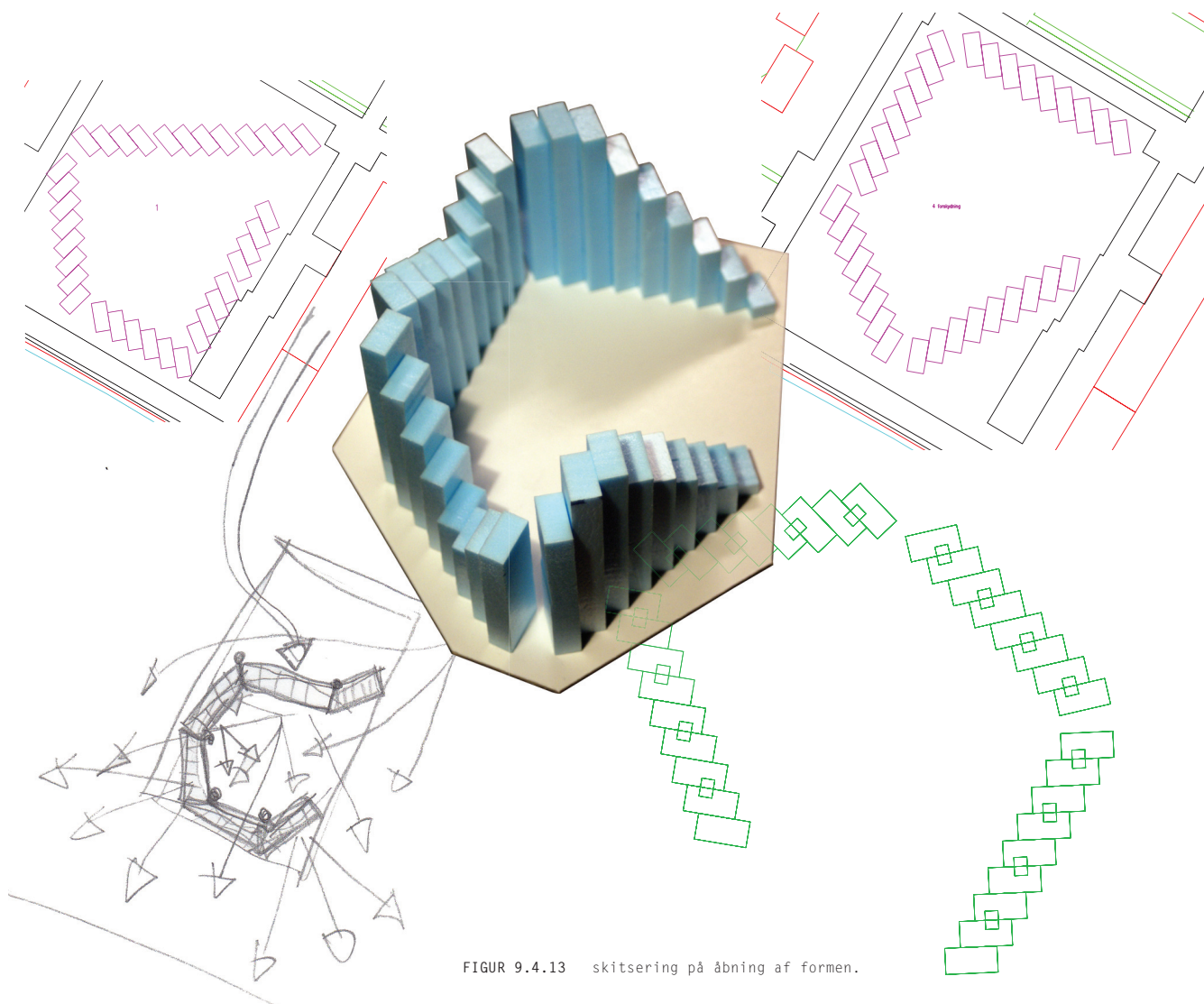
I denne del af processen blev der arbejdet med hvordan bygningen kunne hæve i sig i visse punkter og tillade sol at komme ind andre steder samt bedre udsyn (figur 9.4.12 og 9.4.13). Adgangsvejene placeres i bygningskroppens 'knæk' og kommer til at virke som en slags 'hængsler', der kan trækkes ud eller skubbes ind for at ændre bygningens form. Hængslerne fungerer desuden som bygningens puls hvorfra al menneskelig aktivitet strømmer op og ned igennem bygnigen (figur 9.4.11).

Der blev også kortvarigt arbejdet med at give bygningen et tag, der 'løb' henover hele bygningen (figur 9.4.10). Det blev dog hurtigt droppet da det ødelagde det horisontale udtryk og minimerede terrassearealet betydeligt.



FIGUR 9.4.12 skitsering på bygningens højdepunkter.





FIGUR 9.4.13 skitsering på åbning af formen.

9.4.3 ÅBNING AF FORMEN

Bygningens form blev alt for sammenlukket og da bygningen i flere punkter nærmede sig 36 meter blev det vurderet at uderummet i midten ikke ville få nok sol med den lukkede karré og der var for mange enheder, der ikke havde den ønskede orientering indenfor 45° fra syd, så formen blev åbnet op og der blev udarbejdet forskellige scenarier for hvordan den kunne åbnes i forhold til udsigt, flow og solindfald (figur 9.4.13).

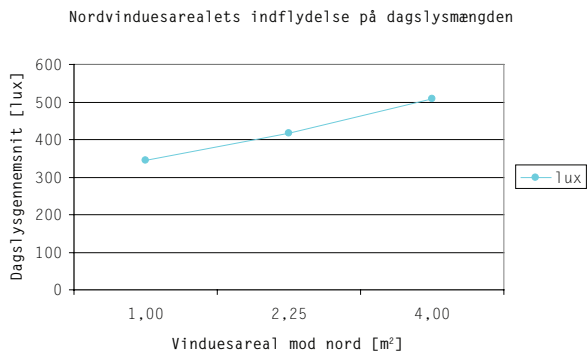
Af tidsbesparende hensyn blev adskillige af modellerne på dette stadie udarbejdet uden de horisontale niveauer, og bestod således 'kun' af de vertikalt adderede enheder, da disse modeller udelukkende skulle bruges til at vurdere de vertikale proportioner og bygningens placering på byggegrunden.

9.4.4 OPTIMERING AF VINDUESAREAL

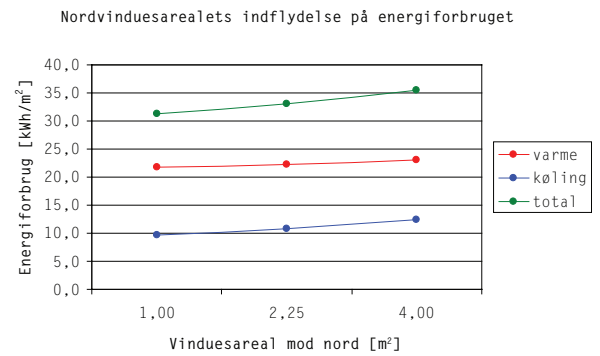
For at minimere opvarmningsbehovet yderligere optimeres vinduesarealet. Hele den sydvendte facade bliver ét stort vindue for at udnytte solvarmen mens nordvinduet dimensioneres ud fra resultaterne af beregningerne.

Dagslysforholdene i rummet forbedres markant i takt med at vinduesarealet mod nord forøges, mens både energiforbruget og temperaturen stiger.

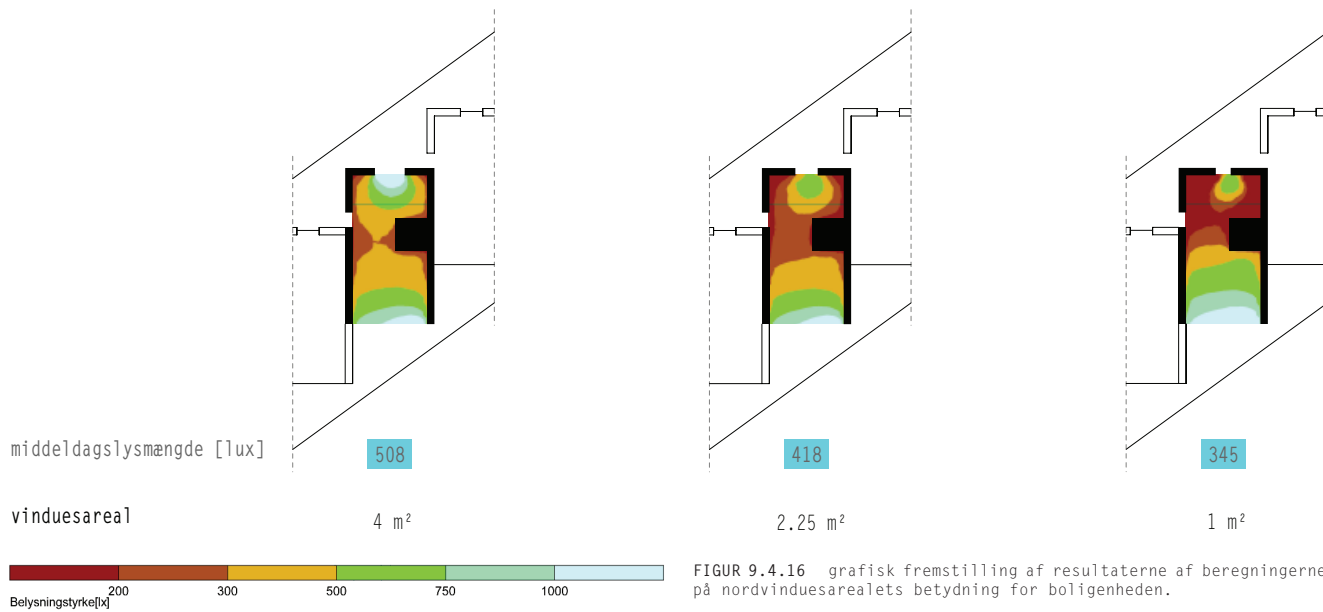
Ifølge rumkravene er det nødvendigt med et minimumsdagslysniveau på 200 lux på de værste steder og det opfylder vinduesarealet på 1 m² ikke. På den baggrund vælges vinduesarealet på 2,25 m² da det er mere optimalt i forhold til energiforbrug end 4 m² selvom sidstnævnte har et højere dagslysniveau.



FIGUR 9.4.14 nordvinduesarealets indflydelse på dagslysmængden.



FIGUR 9.4.15 nordvinduesarealets indflydelse på energiforbruget.



FIGUR 9.4.16 grafisk fremstilling af resultaterne af beregningerne på nordvinduesarealets betydning for boligenheden.

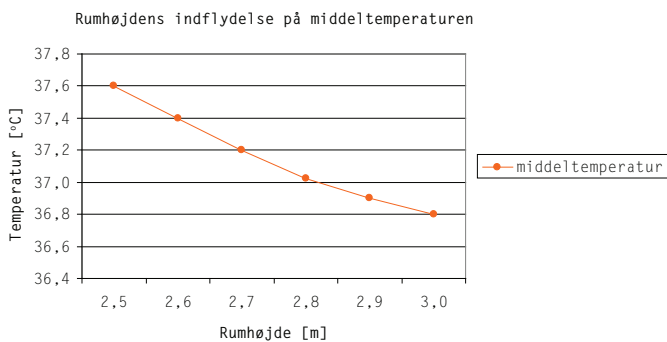
Der vælges et vinduesareal mod nord på 2,25 m² (1,5 x 1,5m)

9.4.5 RUMHØJDE

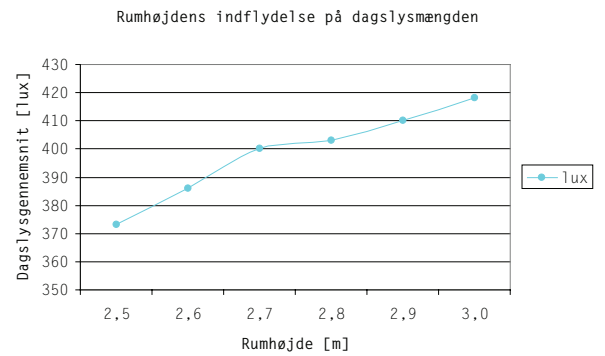
Boligens rumhøjde testes i forhold til energiforbrug, temperaturforhold og dagslys.

Af graferne (figur 9.4.18-9.4.20) fremgår det at jo højere rumhøjden er, jo bedre dagslysforhold og jo lavere temperatur. Energiforbruget til opvarmning stiger en lille smule med øget rumhøjde, mens kølebehovet stiger relativt meget på grund af det øgede vinduesareal mod syd. Bygningen skal have ventilationsanlæg, og dermed vil en høj lufthøjde betyde en større luftstrøm på grund af det øgede volumen, og dermed et højere opvarmningsbehov.

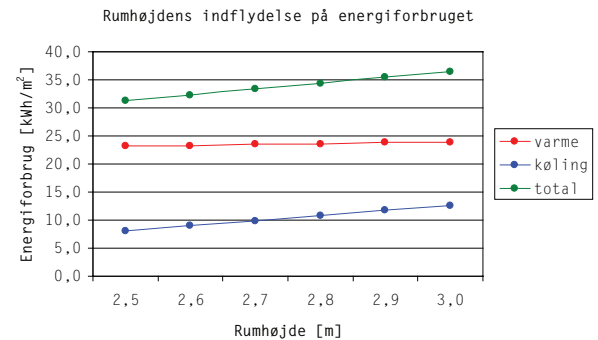
Ud fra et ønske om så højt dagslysniveau som muligt vælges på nuværende tidspunkt en rumhøjde i den højere ende af skalaen.



FIGUR 9.4.19 rumhøjdens indflydelse på middeltemperaturen

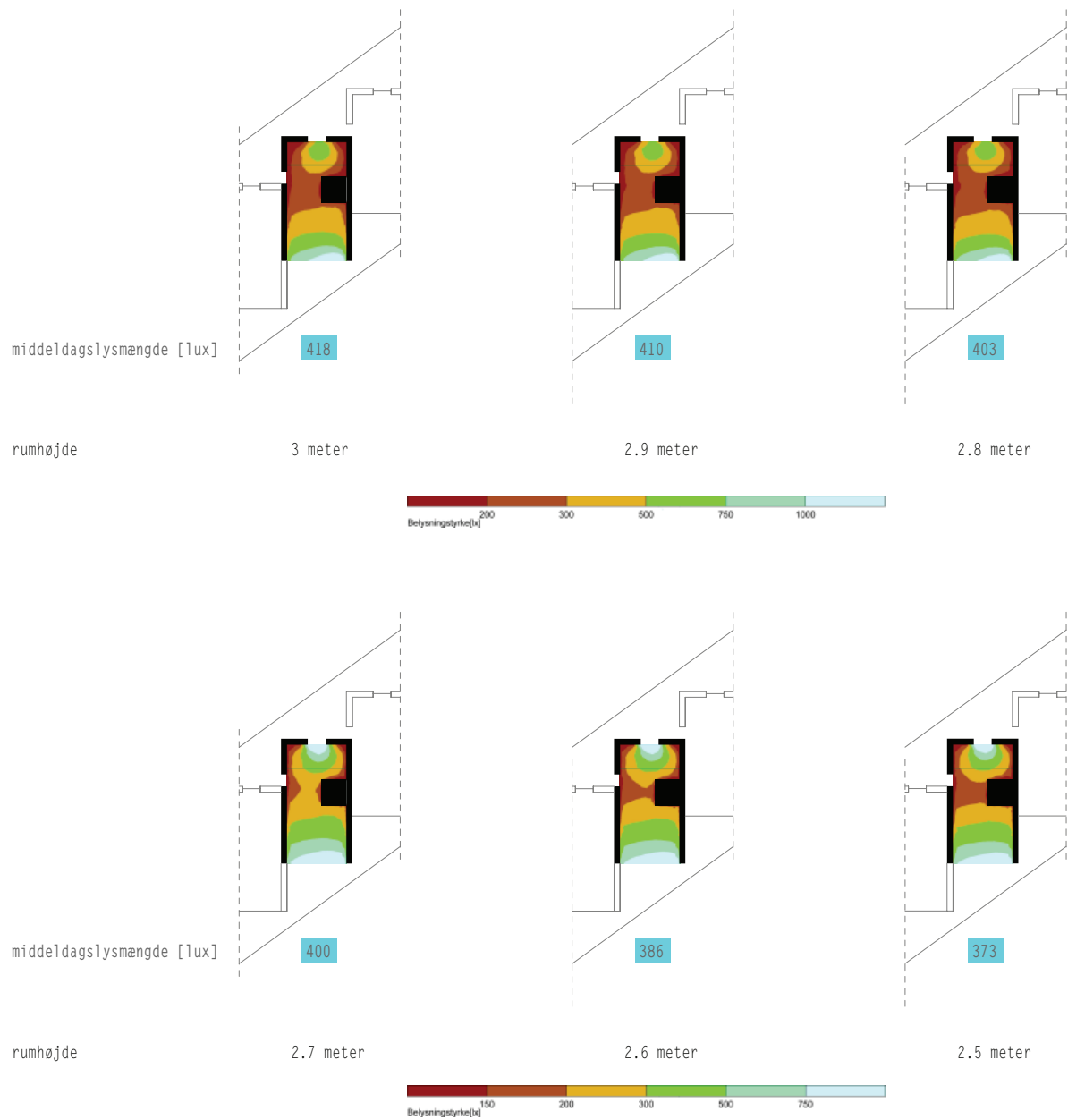


FIGUR 9.4.18 rumhøjdens indflydelse på dagslysmængden



FIGUR 9.4.20 rumhøjdens indflydelse på energiforbruget

Der vælges en rumhøjde på 2,85 meter.



FIGUR 9.4.21 grafisk fremstilling af resultaterne af beregningerne på rumhøjdens betydning for boligenheden.

9.4.6

Figur 9.4.23 viser formen som den så ud i slutningen af Fase 4. Den er resultatet af de mange overvejelser undervejs i processen, hvoraf nogle illustreres i figur 9.4.22.

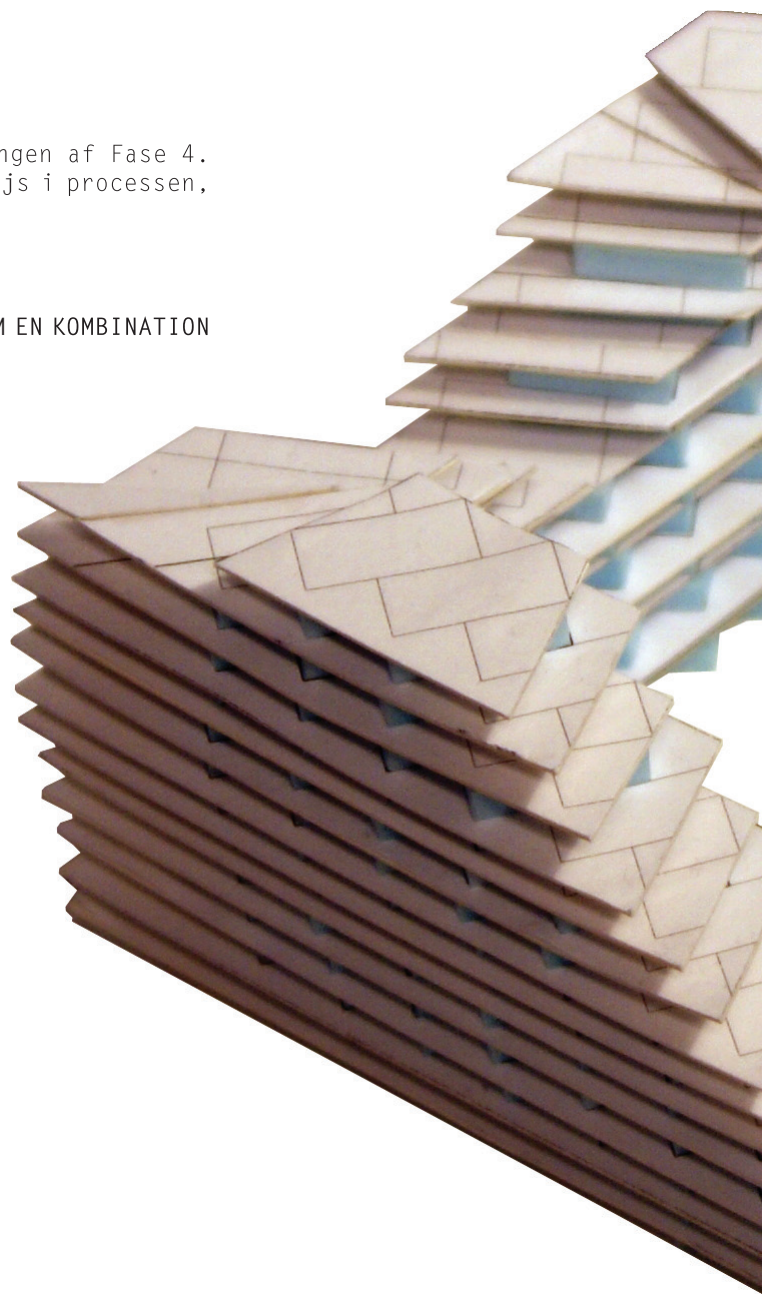
Herudover kan opridses følgende hovedtemaer:

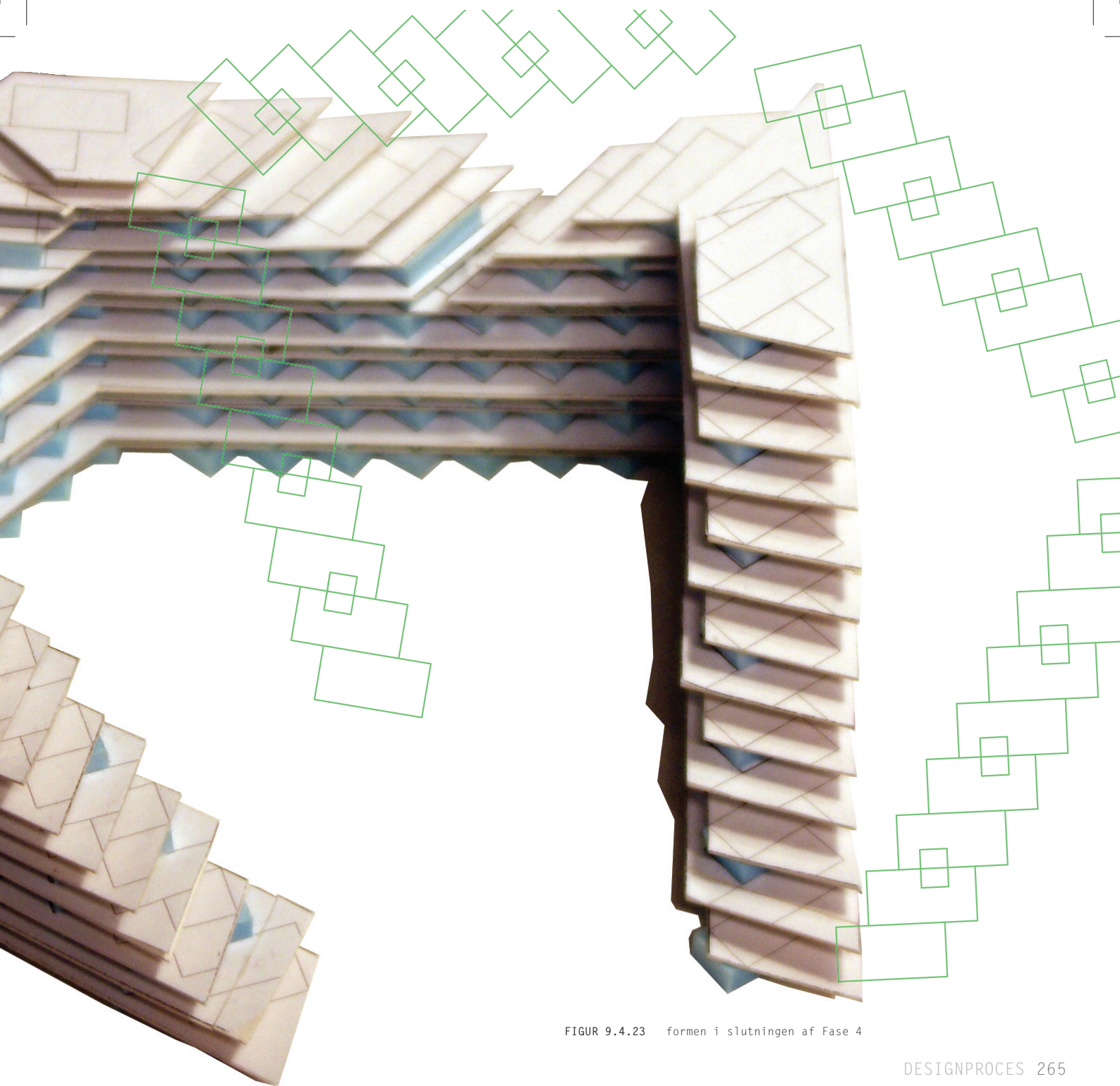
HORISONTALITET VIA GENNEMGÅENDE DÆK, DER VIRKER SOM EN KOMBINATION AF ALTANER OG SOLAFSKÆRMNING

FORSKYDNING AF BOLIGENHEDER

OPTIMERING AF VINDUESAREAL

2,85 METERS RUMHØJDE

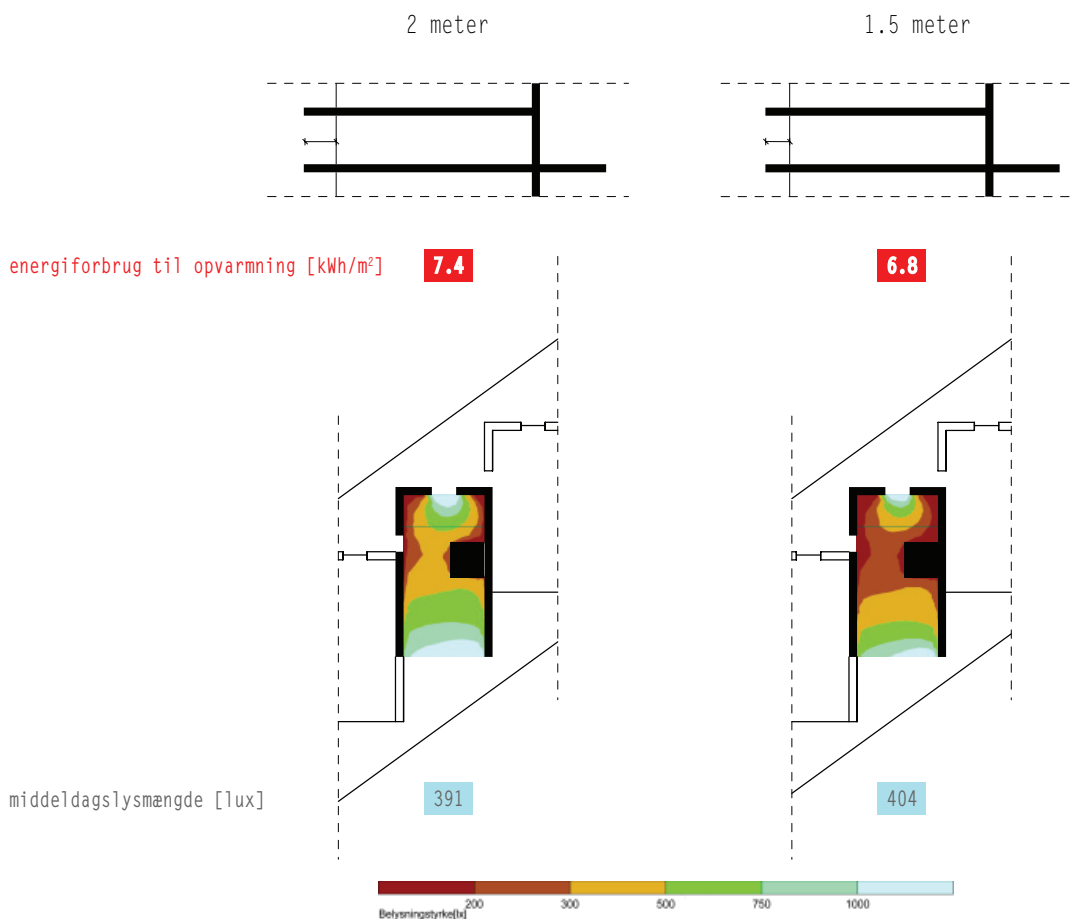




FIGUR 9.4.23 formen i slutningen af Fase 4

9.5 SYNTSEFASE

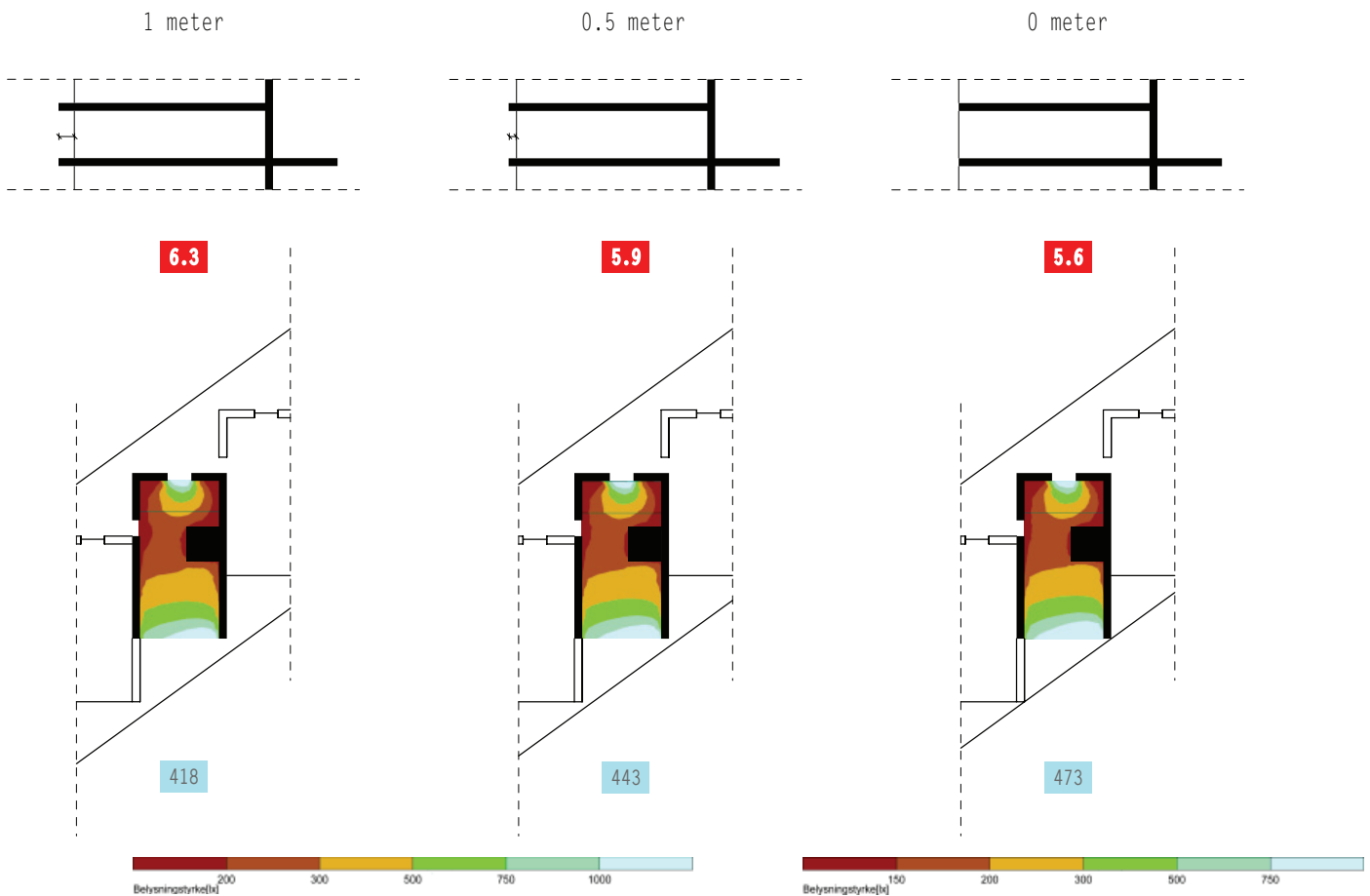
Indtil videre er alle energiberegninger foretaget på referenceenheden i *Månedsmiddel* regnearket. I syntesefasen foretages energiberegningerne på hele bygningen i BE06 for at få et mere realistisk overblik over energiforbruget, da BE06 medregner flere faktorer i sine beregninger. Der vil løbende blive medtaget flere faktorer, der kan gøre forholdene bedre eller værre, så resultaterne i starten af fasen skal ses som relative i forhold til hinanden snarere end som et endeligt fingerpeg på det færdige resultat.



9.5.1 ALTANUDHÆNG

Udhængets længde testes i BE06 for hele bygningen i forhold til energiforbrug til opvarmning og dagslys. Resultaterne viser (figur 9.5.1) at jo større udhæng, jo højere opvarmningsbehov og jo mindre dagslys. Til gengæld betyder et stort udhæng at der vil være mindre kølebehov om sommeren.

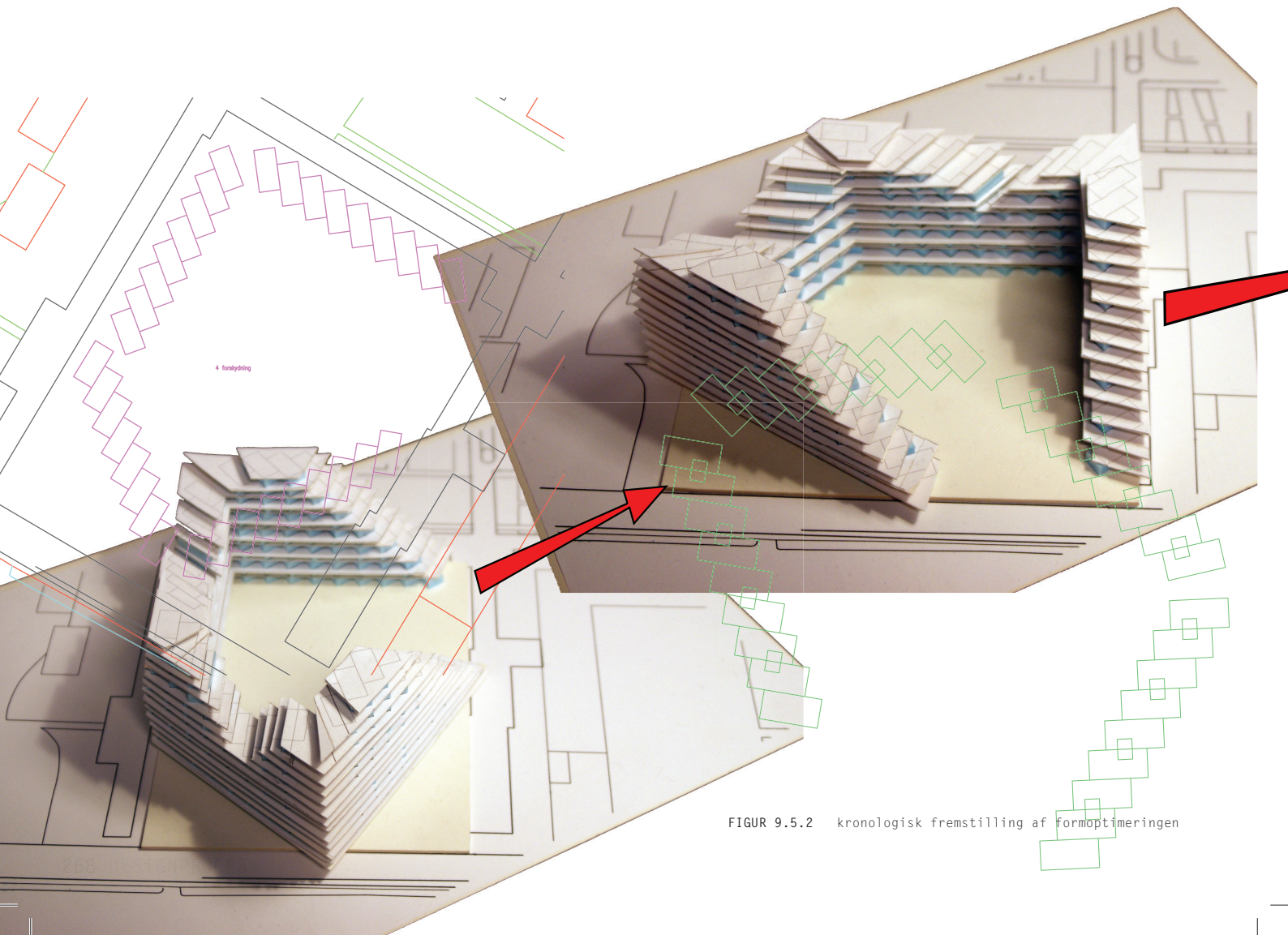
På dette trin i processen vælges et udhæng på 1,5 meter i begge sider (mod nord på hver anden etage hvor der er indgange). På den måde skabes harmoni i bygningens udtryk ved hjælp af symmetrien og samtidig vurderes det umiddelbart at give et godt forhold mellem energiforbrug, dagslys og altanareal.



FIGUR 9.5.1 grafisk fremstilling af resultaterne af beregningerne på udhængets betydning for dagslysmængden og opvarmningsbehovet.

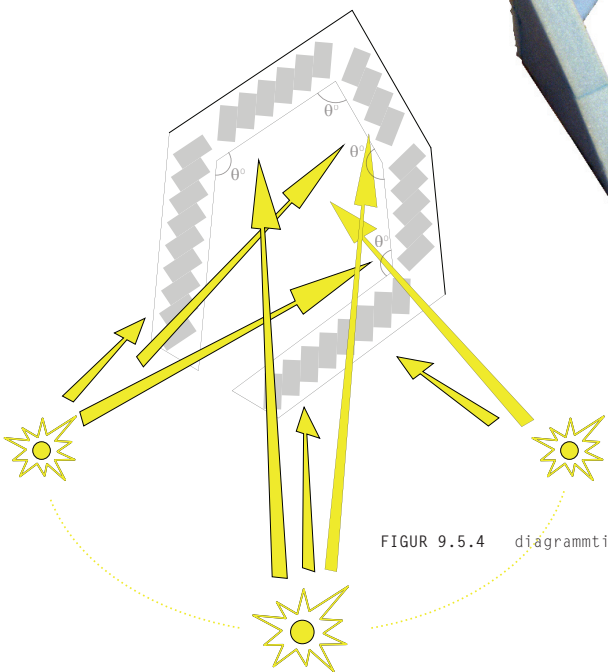
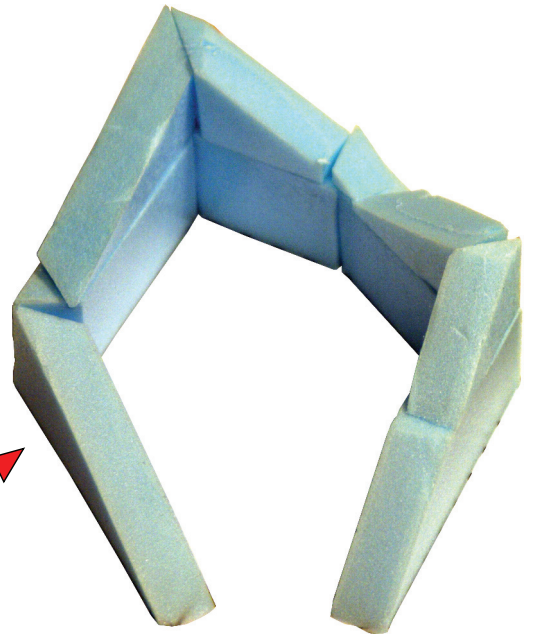
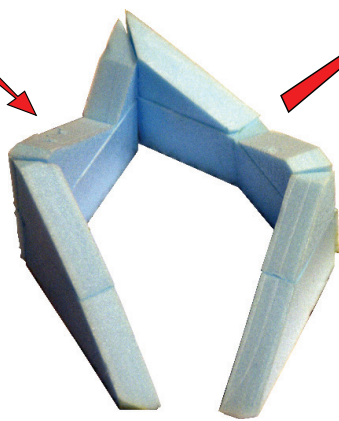
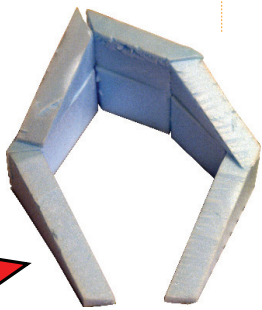
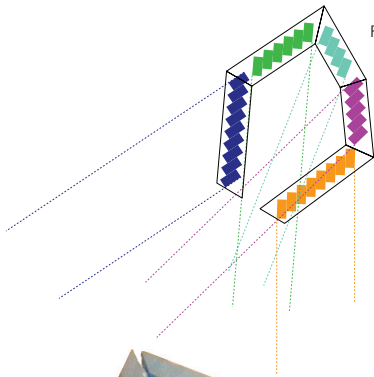
9.5.2 VINKELOPTIMERING

Formen optimeres yderligere. Fra en form med en spids, død vinkel ændres formen til en hestesko-lignende form, der blev fundet gennem arbejde med diagrammer (figur 9.5.3-9.5.4), der fastlagde den optimale orientering for alle bygningens fem sider i forhold til sol og udsigt. Ingen af enhederne har en orientering, der afviger mere end 45 grader fra stik syd, hvilket blev tilstræbt allerede tidligt i processen, men først blev opfyldt nu. Optimeringsprocessen endte med en form, der rejser sig i to punkter og med forskellig 'stejlhed'. Den mindst stejle del tillader lys at trænge ind i den dybe del af bygningen.

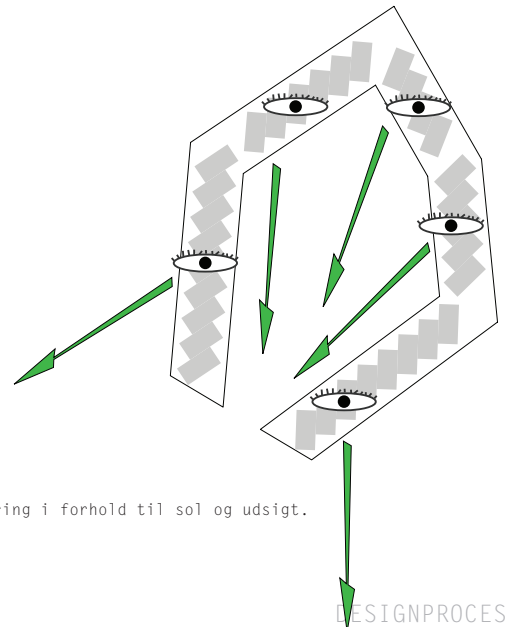


FIGUR 9.5.2 kronologisk fremstilling af formoptimeringen

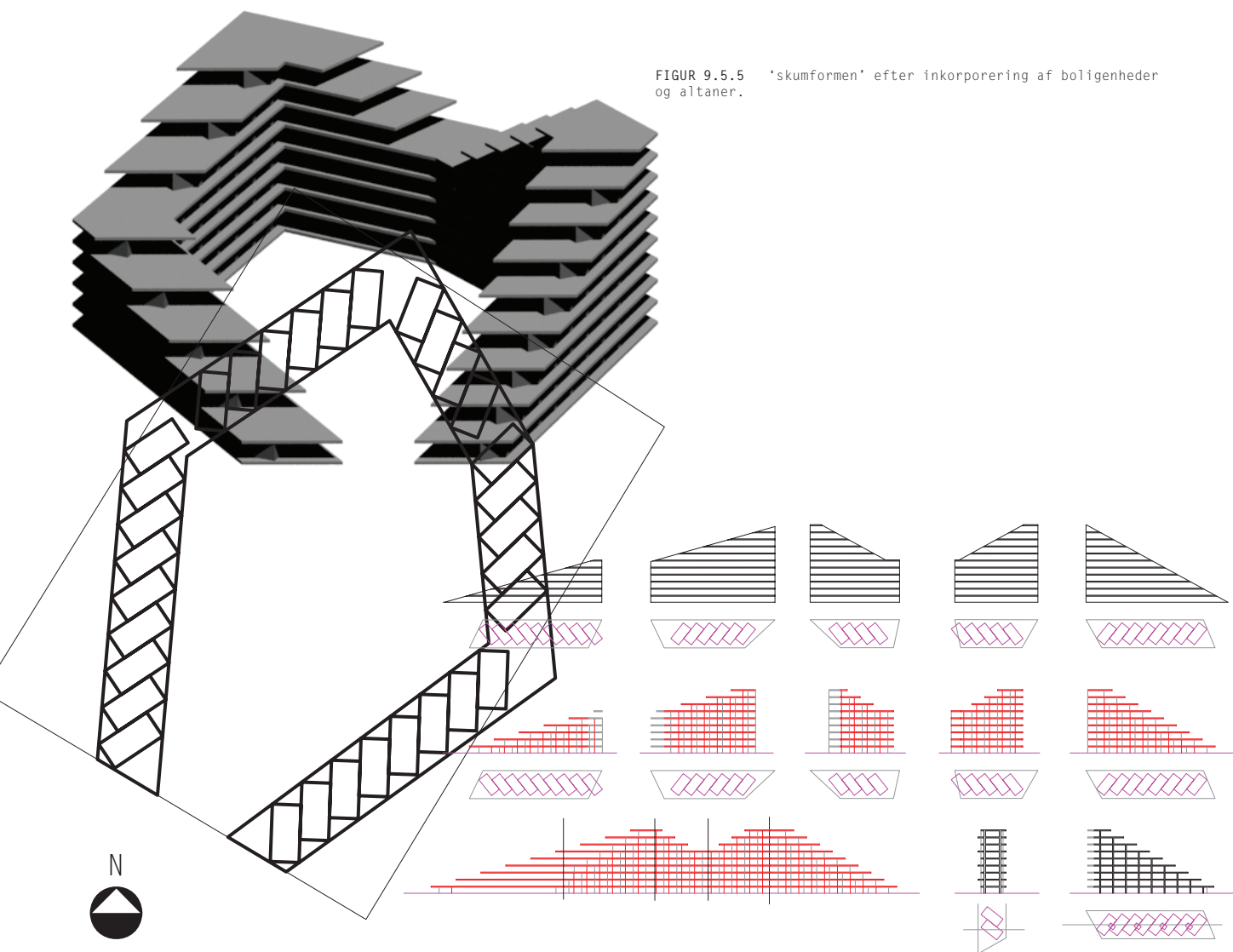
FIGUR 9.5.3 vinkeloptimeringsdiagram



FIGUR 9.5.4 diagrammisk fremstilling af optimering i forhold til sol og udsigt.



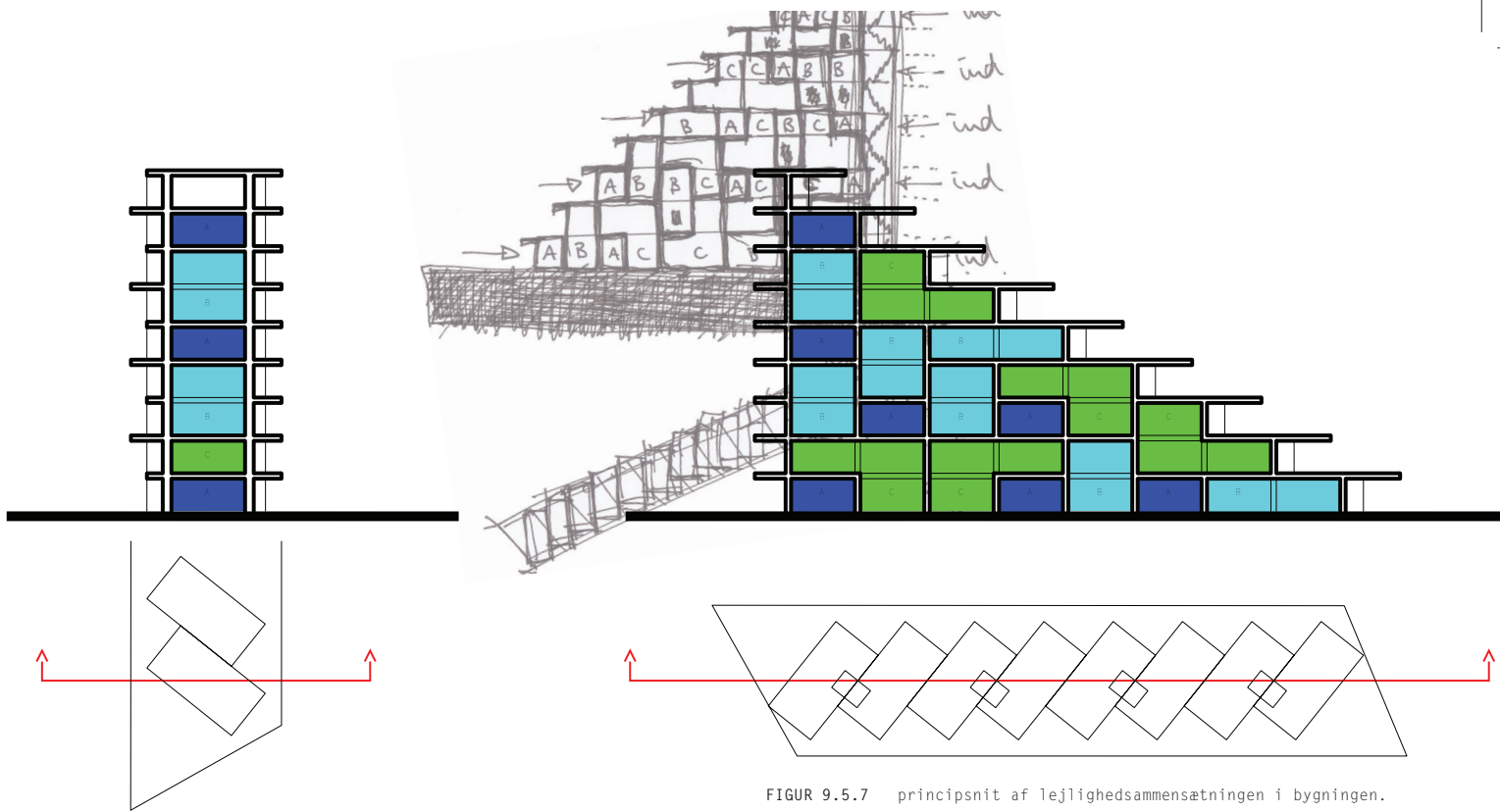
FIGUR 9.5.5 'skumformen' efter inkorporering af boligheder og altaner.



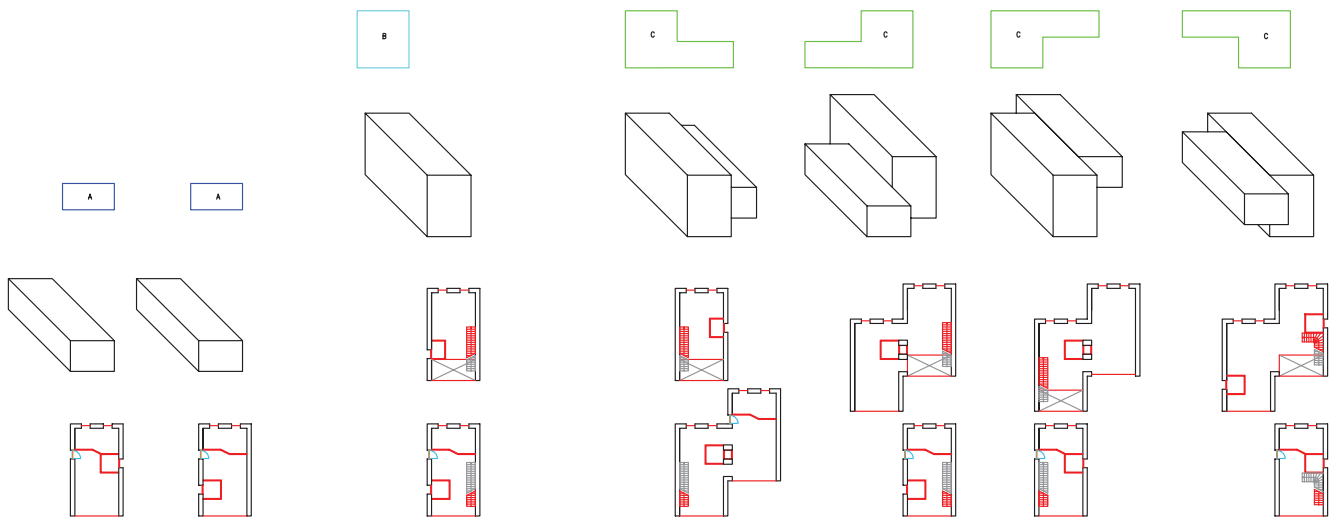
FIGUR 9.5.6 undersøgelse af hvordan enhederne inkorporeres i den 'rene' form, der fandtes gennem vinkeloptimeringen af skummodellerne.

9.5.3 LEJLIGHEDSTYPER

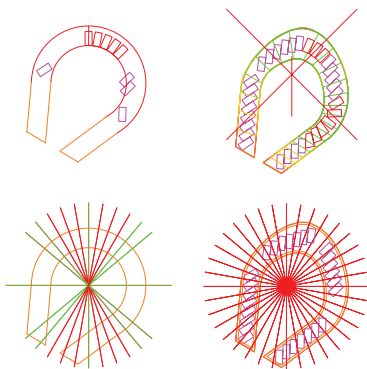
I forhold til skummodellen, der blev udarbejdet i 9.5.2, skulle lejlighedstyperne inkorporeres. I den anledning udførtes en større undersøgelse af hvilke lejlighedstyper, der rent faktisk ville være brug for i bygningen (figur 9.5.6) i forhold til de mange forskellige muligheder, tetris-systemet gav (figur 9.5.7).



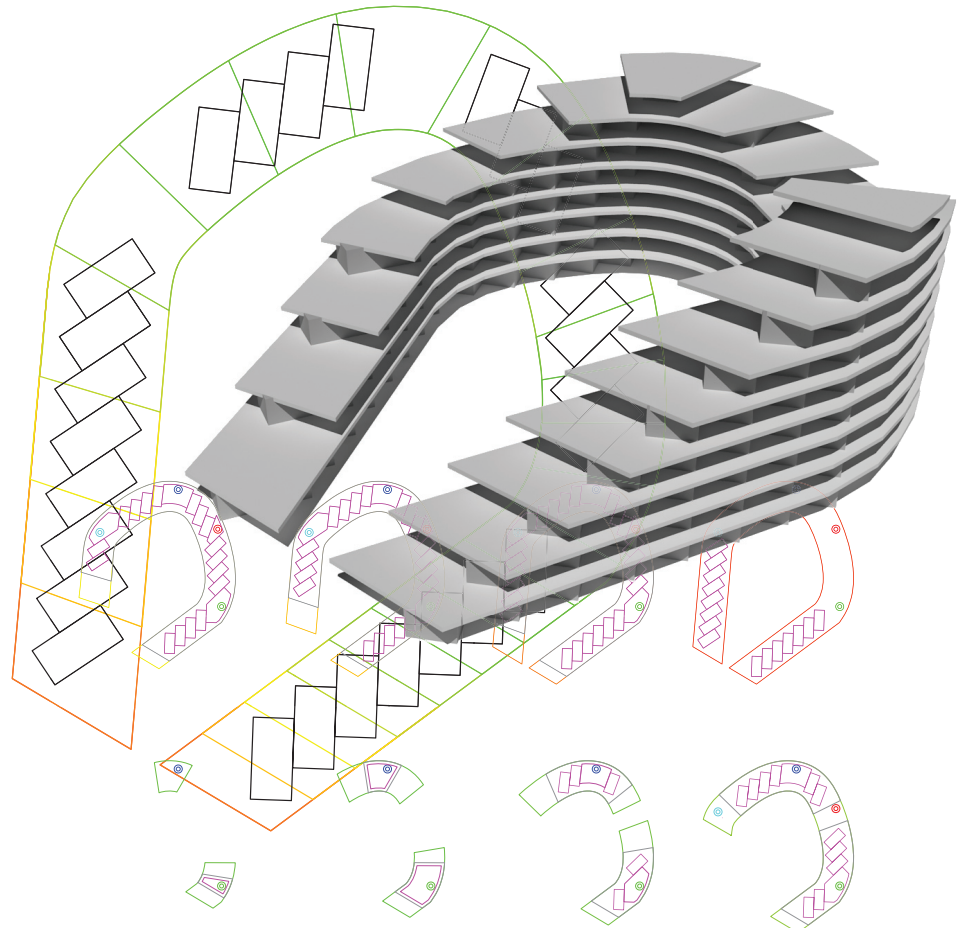
FIGUR 9.5.7 principsnit af lejligheds sammensætningen i bygningen.



FIGUR 9.5.8 lejlighedstyperne A-C med undertyper



FIGUR 9.5.8 forsøg med enheder, roteret om et centralt punkt.



FIGUR 9.5.9 eksempler på bygningen efter afrunding af hjørnerne.

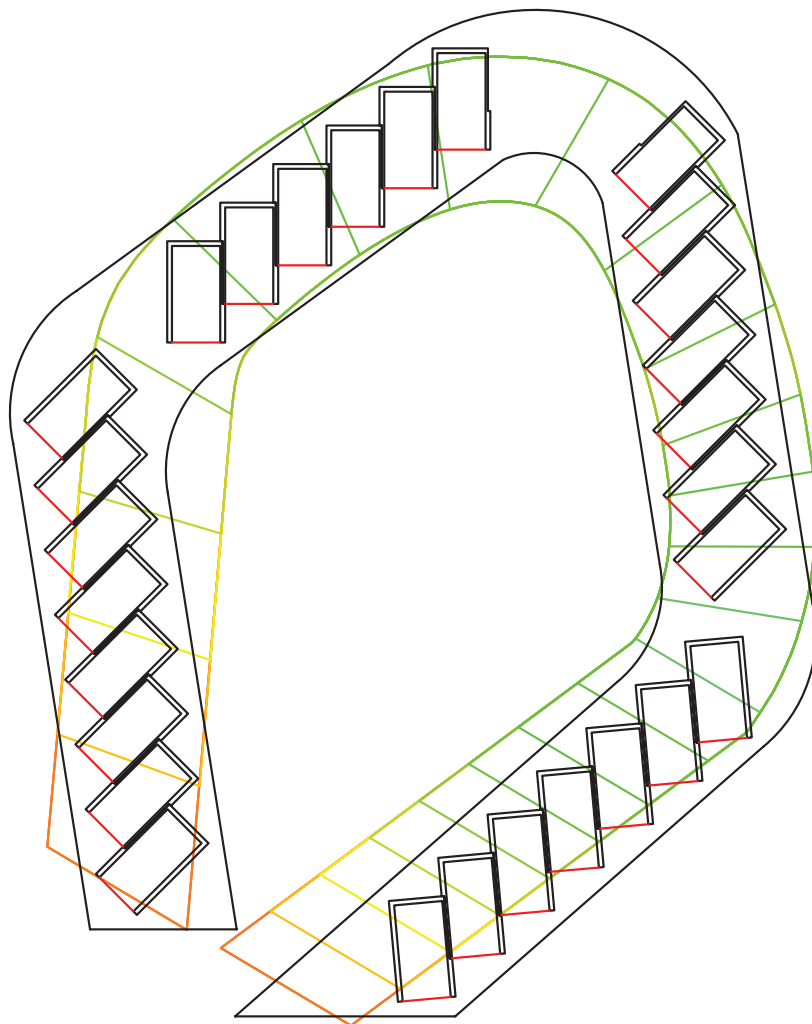
9.5.4 UDGLATNING

I forhold til formen i 9.5.3 (figur 9.5.5) hvor der var blevet arbejdet med optimering af vinklerne, blev der nu arbejdet med en udglatning af hjørnerne og der blev forsøgt med forskellige metoder til at skabe de cirkulære former. Et af forsøgene gik ud på at rotere boligenhederne omkring et punkt placeret centralt i bygningen (figur 9.5.8), men kun meget få enheder kunne roteres indenfor de 'tilladte' vinkler mellem syd og en maksimal afvigelse på 45 grader mod øst eller vest.

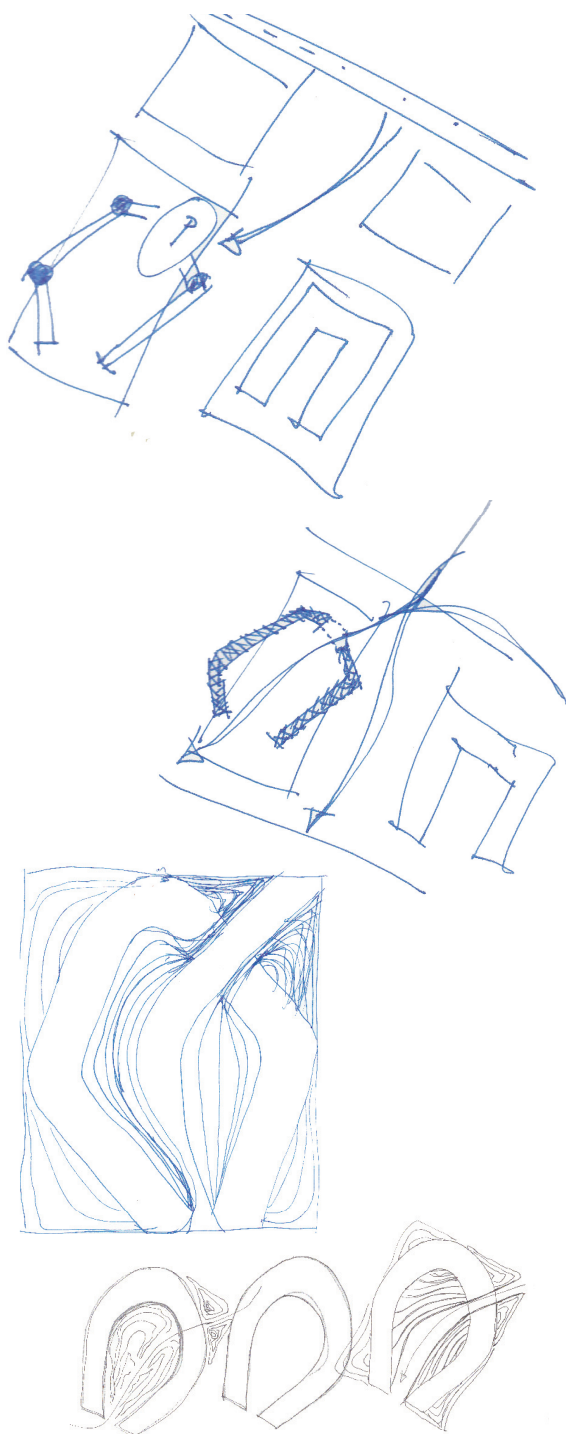
Den mest optimale form i forhold til udseende og skygge for boligerne viste sig at være den, hvor rundingerne 'blot' foretages i hvert af bygningens 'hængsler' og der skabes en bygning med rette linier, hvor de buede hjørner skaber en spænding i formen, fremfor en rent kantet eller buet form.

9.5.5 FORSIMPLING

En yderligere forsimpning af formen betød at den kom til at bestå af 4 kanter frem for de hidtidige 5 kanter, eller sektioner.



FIGUR 9.5.10 forenkling fra 5 til 4 kanter.

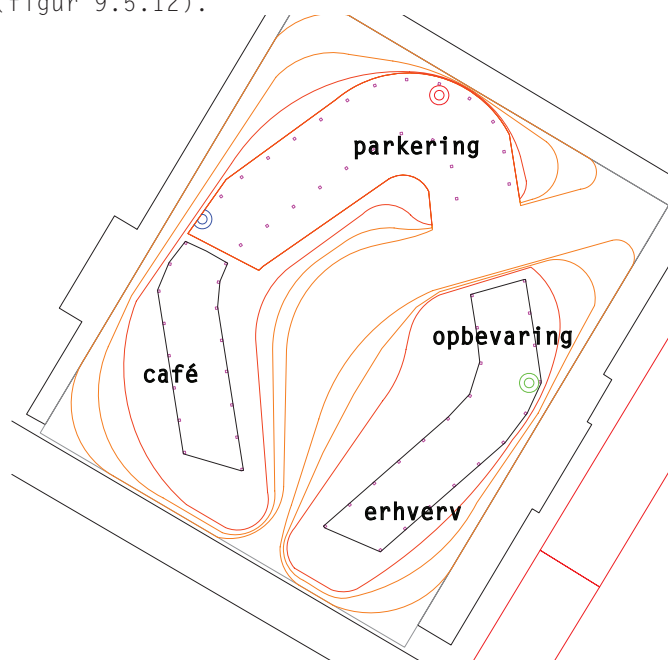


FIGUR 9.5.11 skitsering på ankomst, flow og landskab.

9.5.6 UDERUM OG ANKOMST

Måden, hvorpå man ankommer til en bygning - eller et sted - udgør en vigtig del af bygningens relation til sine omgivelser og dens funktionalitet afhænger også til dels af den måde, hvorpå den er forbundet med bl.a. den primære infrastruktur. På grund af risiko for fremtidige vandstigninger skal bygningen hæves i forhold til grundniveau og dette forhold tænkes udført som en forlængelse af bygningens horisontale niveauer, der fortsætter hele vejen ned til jorden. Ved lave platauet som en kombination af græsarealer og trappeanlæg skabes udearealer, der kan benyttes til både leg og siddepladser.

Stueetagen tænkes som en overgang mellem det offentlige udeareal og de private boliger. Den indeholder derfor også både de offentlige og semiprivate dele af programmet. Caféen placeres i det mest attraktive hjørne med eftermiddagssol, mens erhvervsdelen, der helst undgår direkte solindfald, placeres i det sydøstlige hjørne hvor solen kan undgås det meste af dagen (figur 9.5.12).



FIGUR 9.5.12 stueplan med parkering, café og erhverv

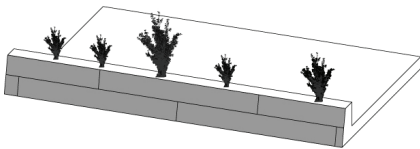
9.5.7 SOLCELLER OG HÆNGENDE HAVER

Beregningerne på energiforbruget i *Månedsmiddel* regnearket viste at der var behov for solafskærmning mod syd. Ved at benytte løvfældende planter som afskærmning opnår man afskærmning om sommeren, mens solen kan trænge ind om vinteren hvor der er behov for opvarmning (figur x.5.13). Dette tænkes inkorporeret i altanværnene, som på den måde bliver en slags faste altankasser. De vil desuden - hvor det er rentabelt i forhold til orientering - blive beklædt med solceller.

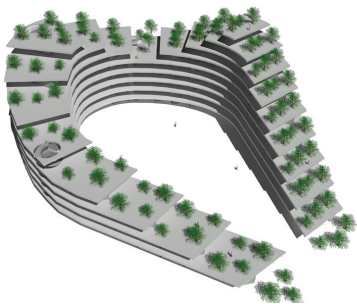
For at øge overfladearealet, der er egnet til placering af solceller, vinkles alle 'enderne' på dækkene så de, for så vidt muligt, er orienteret mod syd. Dette betyder desuden at solpanelerne ikke vil forårsage blændingsgener for naboer og genboer såvel eksternt som internt i bygningen da de således altid vil pege i samme retning.



FIGUR 9.5.13 brug af planter som solafskærmning

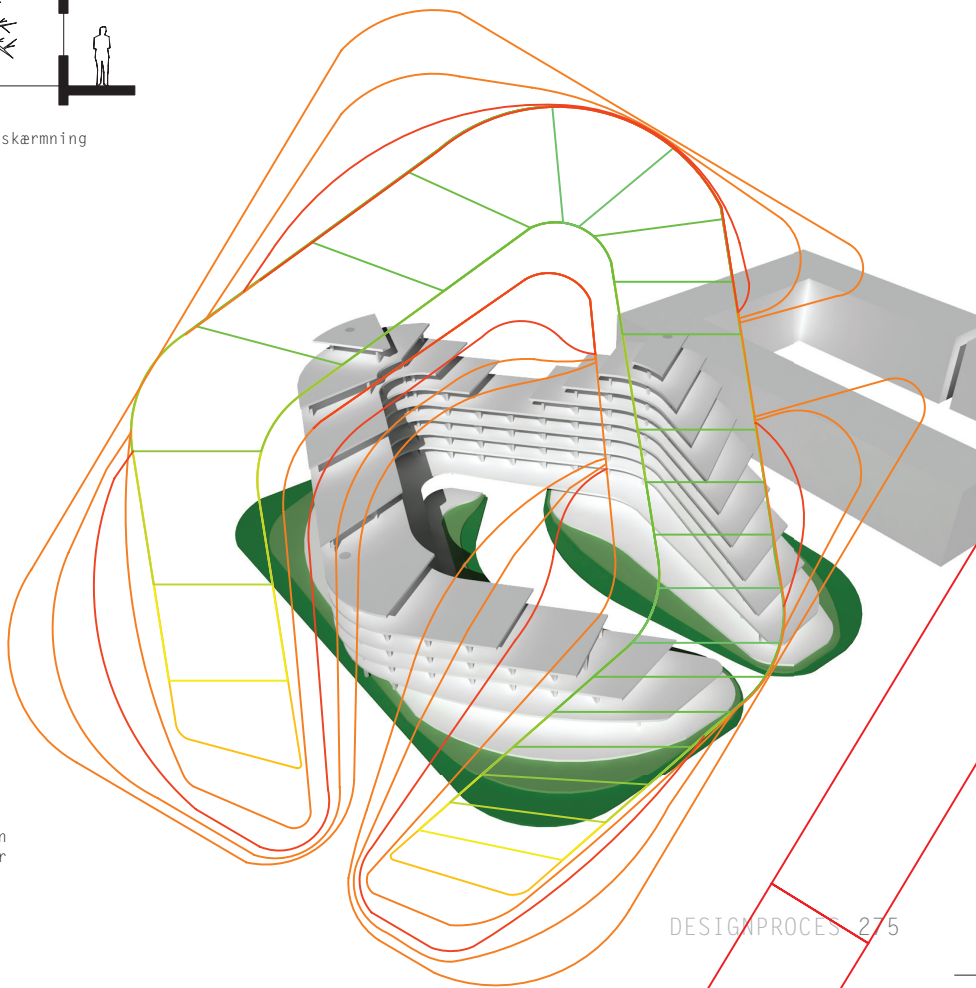


FIGUR 9.5.14 solceller integreret i altanværn, der også fungerer som altankasser.



FIGUR 9.5.15 konceptuel rendering af bygningen som forlængelse af landskabet, med beplantning der fortsætter op over dækkene.

FIGUR 9.5.16 bygning og landskab danner en flydende overgang i form af fortsættelsen af de horisontale plateauer. 'Enderne' på bygningens dæk er alle orienteret mod syd.

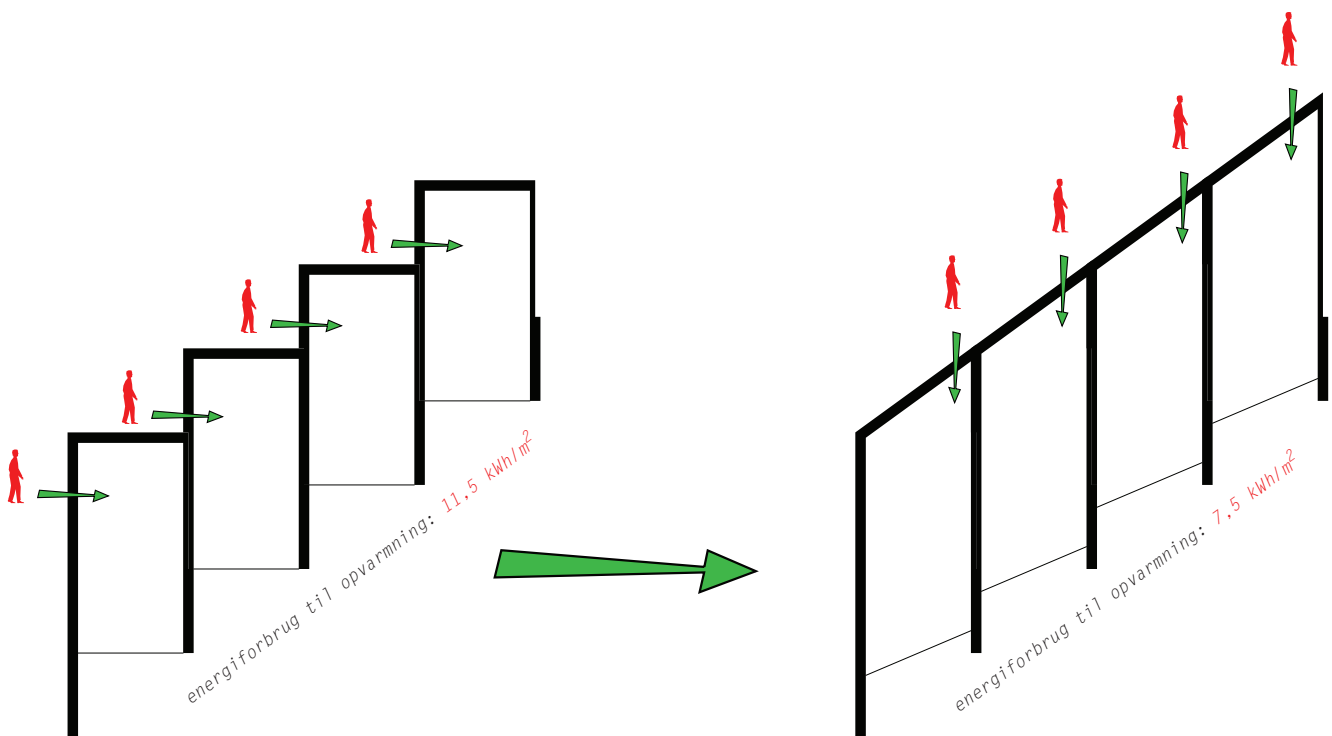


9.5.8 OVERFLADEOPTIMERING

Bolighedernes form ændres fra at firkantede kasser, der ligger forskudt på række, til at blive en mere sammenhængende form mod nord. Hermed afhjælpes flere problematikker, der opstod i løbet af processen.

For det første fjernes det overflødige rum, der dannes i og med at der ikke er behov for altaner eller afskærmning på nordsiden. Det giver både en kvadratmetermæssig forøgelse på 20% til hver enhed samt en overflademinimering på 30%. Altså en større kompakthed, der også giver sig til udtryk i en minimering af opvarmningsbehovet på 35%.

For det andet var det problematisk at indgangene var placeret lige foran vinduerne indtil naboens potentielle soveværelse. Privatlivet øges dermed med den nye udformning.



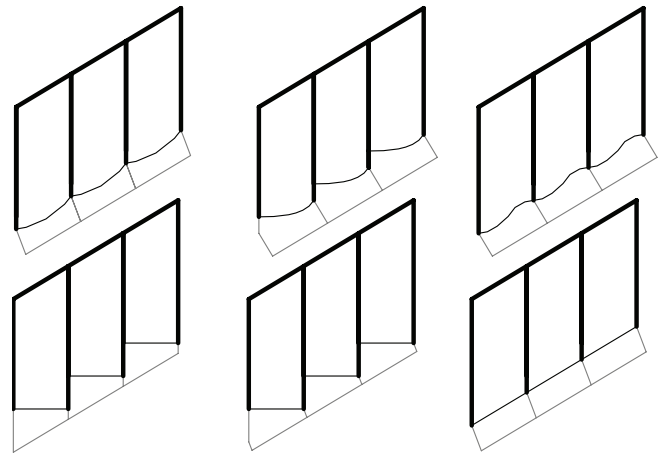
FIGUR 9.5.17 diagrammatisk fremstilling af ændringen fra enhederne fra 'takker' til en ren, skrå flade og hvad det betyder i forhold til indgangspartier og opvarmningsbehov.

9.5.9 VINDUESUDFORMNING MOD SYD

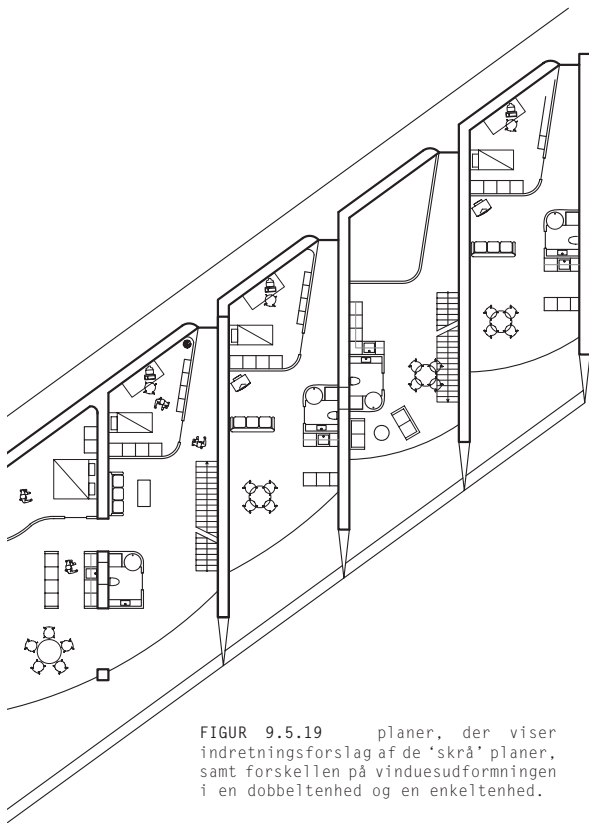
De helt lige vinduespartier mod syd gjorde at udsigten blev meget 'rettet' mod lige præcis den retning, enheden var orienteret imod.

Derfor blev der skitseret på forskellige andre muligheder, der kunne gøre udsynsradius større (figur 9.5.18).

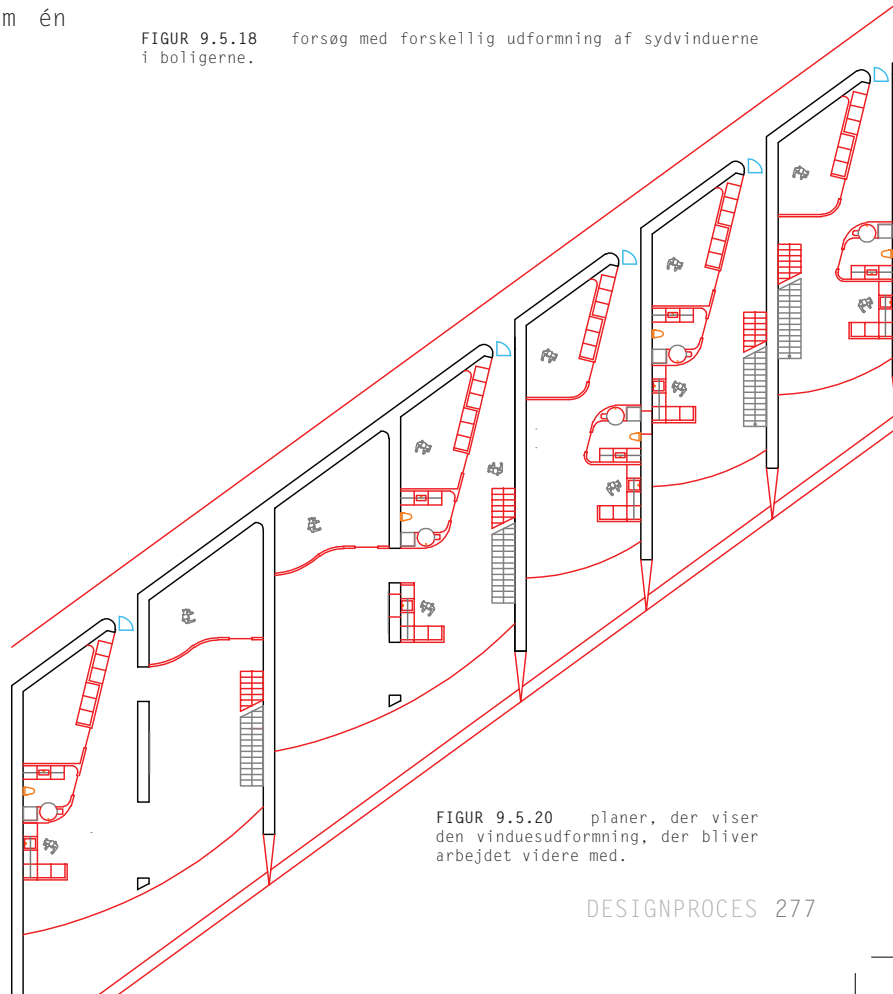
Figur 9.5.20 viser det forslag, der vil blive arbejdet videre med, hvor der er forskel på udformningen alt efter om det er en dobbeltenhed eller en enkeltenhed. Den bærende søjle i midten af dobbeltenhederne rykkes ind bag glasset hvormed den både udgør et rumskabende element i rummet, der også kan bruges som gardinskjuler og betyder at vinduespartiet udefra set fremstår som én ren flade.



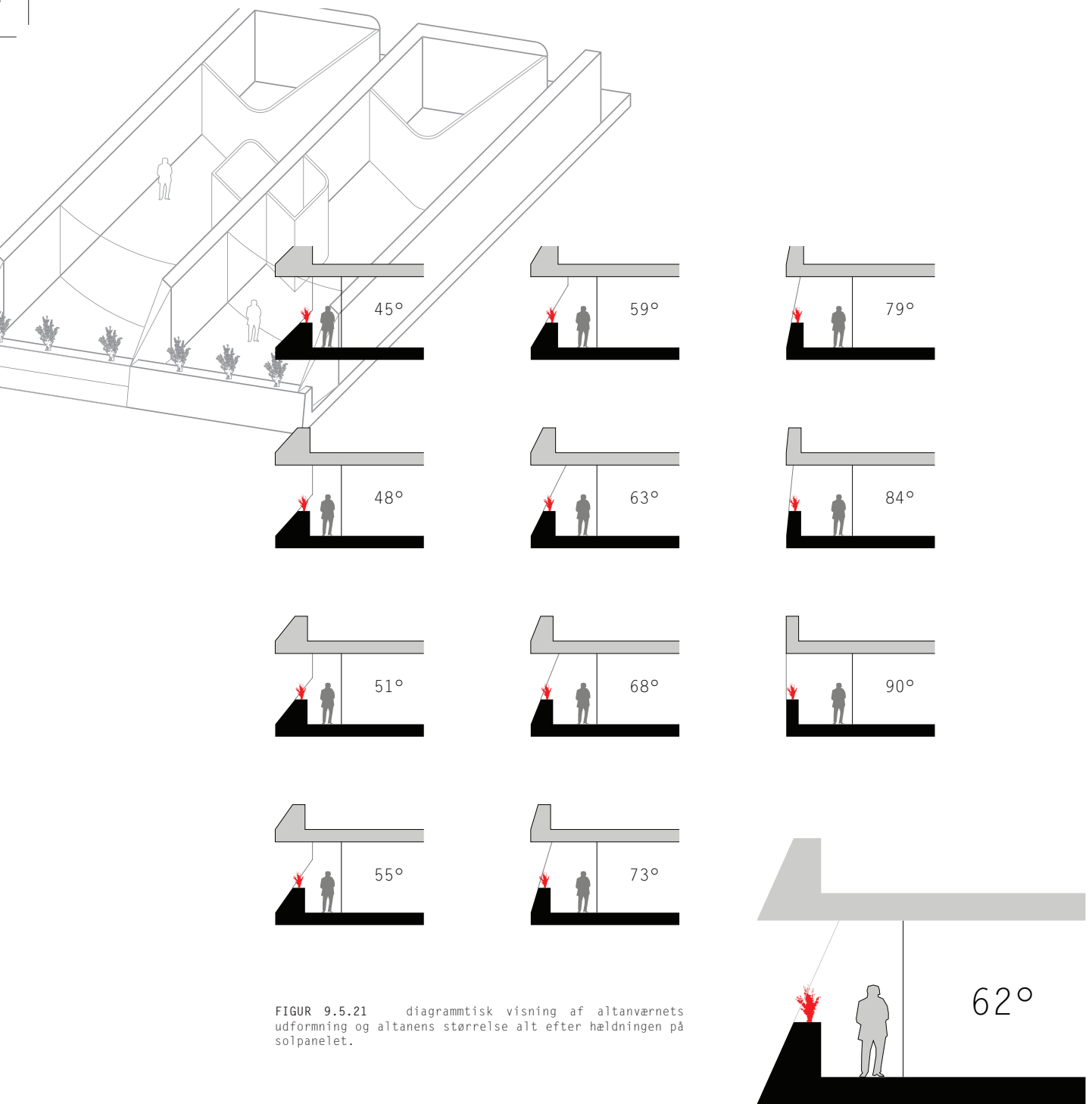
FIGUR 9.5.18 forsøg med forskellig udformning af sydvinduerne i boligerne.



FIGUR 9.5.19 planer, der viser indretningsforslag af de 'skrå' planer, samt forskellen på vinduesudformningen i en dobbeltenhed og en enkeltenhed.



FIGUR 9.5.20 planer, der viser den vinduesudformning, der bliver arbejdet videre med.



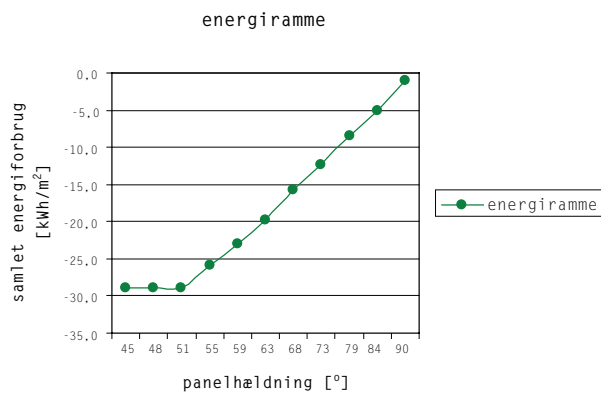
FIGUR 9.5.21 diagramtisk visning af altanværnets udformning og altanens størrelse alt efter hældningen på solpanelet.

9.5.10 SOLCELLER

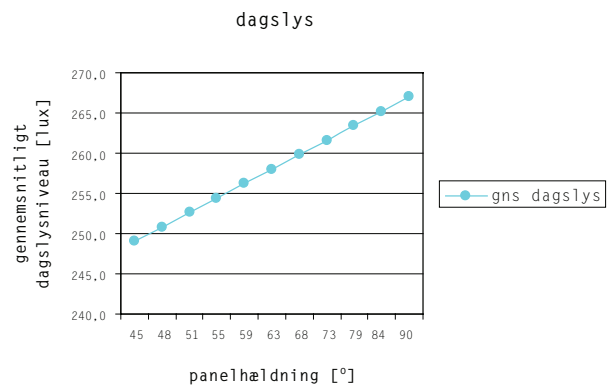
Inkorporeringen af solceller i altanværnet betyder at værnets udformning har stor betydning for solcellernes effektivitet. Som graferne viser (figur 9.5.22-9.5.25) har det desuden betydning på en række andre områder.

Ud fra resultaterne og de udtryksmæssige forhold vælges en hældning på 62 grader da det giver det 'reneste' æstetiske udtryk idet at værnets skrå linie fortsætter op og møder loftet hvor lejlighedernes ydervæg slutter.

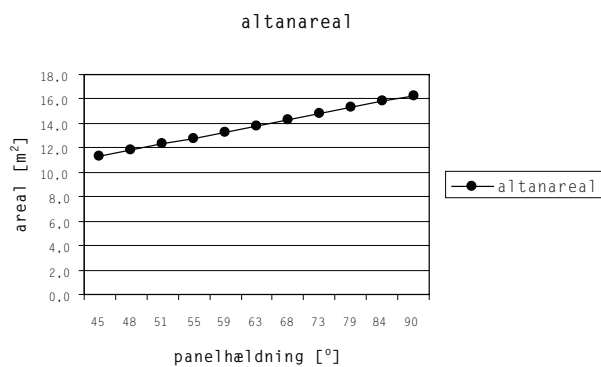
Dette er dog langt fra den mest optimale hældning i forhold til solcellernes ydelse men det vurderes at være et godt kompromis mellem de 4 berørte faktorer, da det stort set er middelværdien for de målte værdier. I illustrationerne (figur 9.5.21) vises altanværnet som en massiv konstruktion, der giver mulighed for planter i toppen (se desuden afsnit 9.5.7). Dette giver visse fordele i forhold til solafskærmning, men det må helst ikke forringe udsigten i for høj grad. For at vurdere konsekvenserne på udsigten inde fra lejlighederne blev der derfor foretaget forsøg i 3D, der kunne give et fingerpeg om altanværnets udsynsblokering (se afsnit 9.5.11).



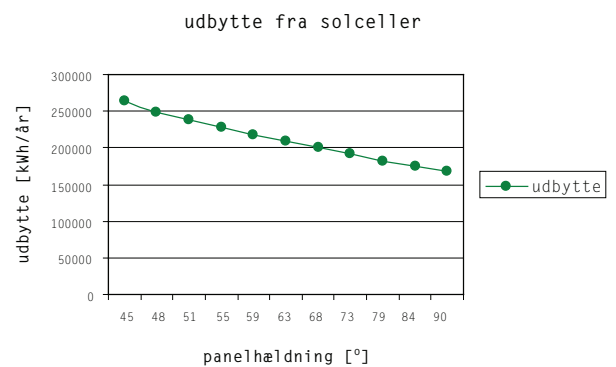
FIGUR 9.5.22 panelhældningens indflydelse på energirammen. Uden solceller er energirammen for bygningen på 30,4 kWh/m².



FIGUR 9.5.23 panelhældningens indflydelse på dagslysmængden.

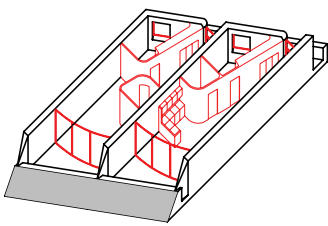


FIGUR 9.5.24 panelhældningens indflydelse på altanarealet.

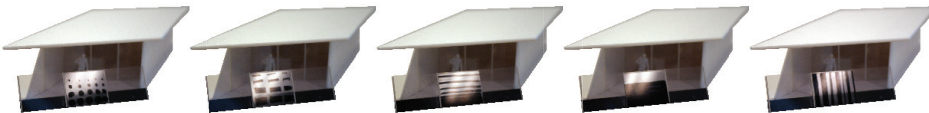


FIGUR 9.5.25 panelhældningens indflydelse på solcelleudbyttet.

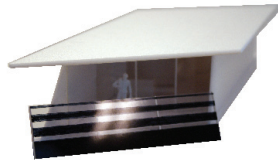
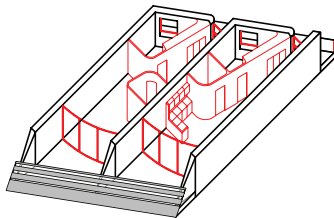
I udsigtsforsøgene blev der afprøvet forskellige former for beklædning. Figur 9.5.27 viser altanvænet som massivt med solceller på hele arealet. Som renderingen af det indvendige viser, vil udsynet inde fra midten af lejligheden være begrænset til stort set kun at omfatte himlen. Der blev derfor forsøgt med forskellige andre scenarier, hvor altanvænet var udført i glas med en beklædning af solceller, hvorved der også bliver mere altanareal.



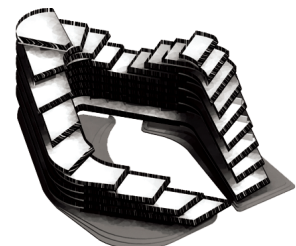
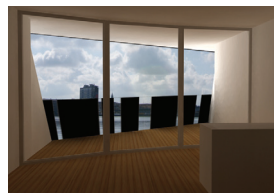
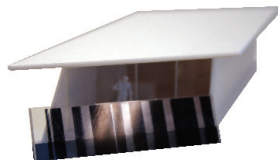
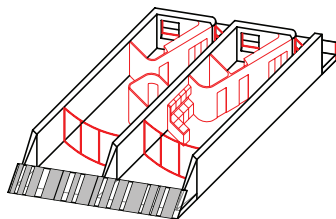
FIGUR 9.5.26 massivt altanvænet med beplantning



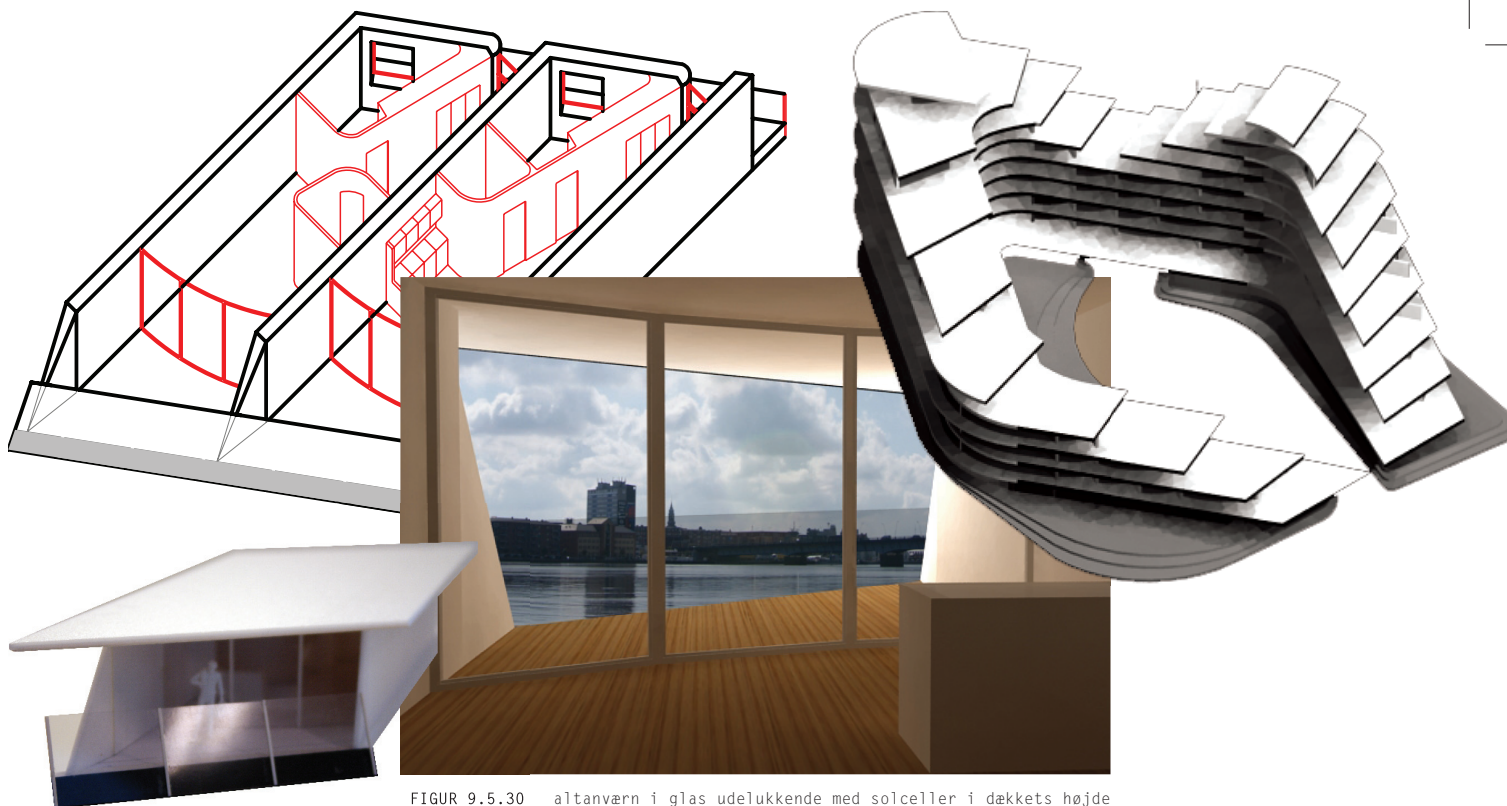
FIGUR 9.5.27 indledende modelforsøg med solcellemønstre



FIGUR 9.5.28 altanvænet i glas med horisontale striber af solceller



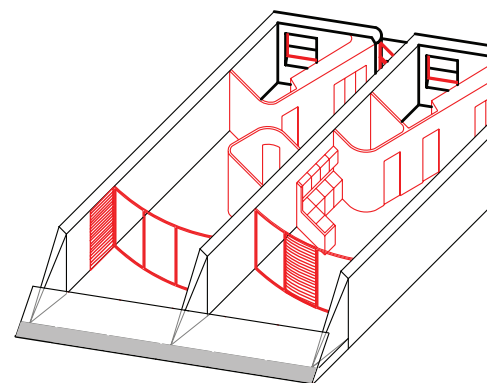
FIGUR 9.5.29 altanvænet i glas med vertikale striber af solceller



FIGUR 9.5.30 altanværn i glas udelukkende med solceller i dækkets højde

Forsøgene med at indkorporere solceller i glaspartier gav et bedre resultat rent udsigtsmæssigt end forsøget med det massive værn gjorde. Udtryksmæssigt set er alle tre scenarier meget præget af det sorte altanværn, der gør bygningen meget tung at se på. Det valgte scenarie blev derfor et, hvor solcellerne udelukkende er integreret i den dæl af værnet, der løber i dækkets højde og dermed giver frit udsyn over Limfjorden.

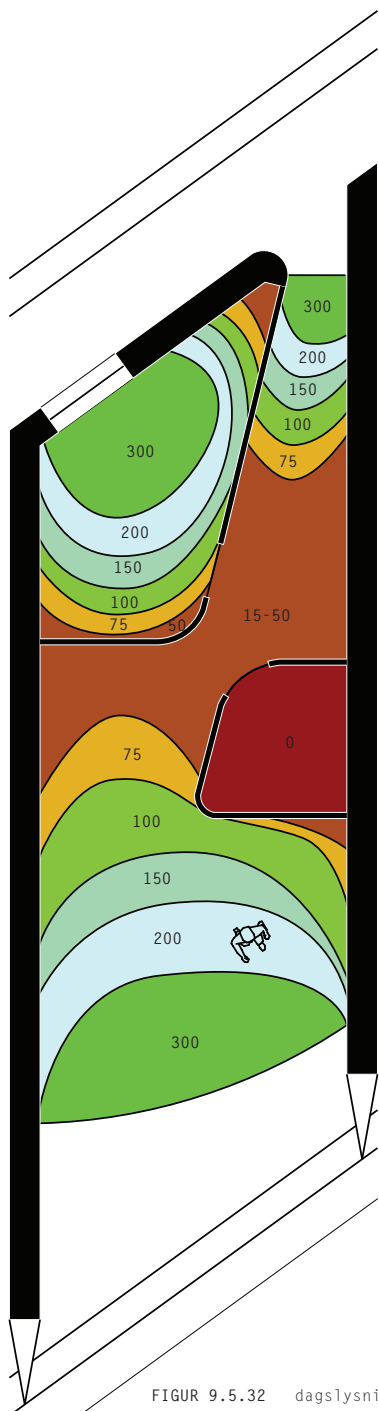
Med en energiramme på $30,7 \text{ kWh/m}^2$ om året giver det et samlet forbrug på 189.000 kWh/år for bygningens drift (vand, varme, ventilation, belysning), hvilket er det, målsætningen er, at solcellernes udbytte skal dække. Som det fremgår af figur 9.5.25 opfylder solcellerne i det massive værn lige akkurat dette, mens solcellerne i det valgte værn kun producerer 115.000 kWh/år (med solceller med en udnyttelsesgrad på 13%). Ved at benytte solceller med en udnyttelsesgrad på 19% kan der opnåes et udbytte på 168.000 kWh/år med det samme areal (992 m^2). De sidste 21.000 kWh/år kan produceres med et overfladeareal på 150 m^2 . Dette resterende areal hentes ved at integrere solceller i espalier, der kan køres for vinduerne som solafskærmning (figur 9.5.31), hvilket vil give 175 m^2 ekstra areal solceller med ét espalier per type A, to per type B og tre per type C, som betragtes som det absolutte minimum af solafskærmning.



FIGUR 9.5.31 figur der viser espalier, der er foldet opad væggen og skubbet for et vindue

9.5.11 DAGSLYS

Den gennemsnitlige dagslysfaktor blev forbedret fra 2,6 til 2,9 ved at gøre altanvænet gennemsigtigt. Som det fremgår af illustrationen (figur 9.5.32) er dagslyskravet på 200 lux også opfyldt i opholdszonerne. Dagslysberegningerne er foretaget på en lejlighedstype A, da det er den type med det mindste vinduesareal, og den dermed betragtes som worstcase for hele bygningen.



FIGUR 9.5.32 dagslysniveauet i en type A lejlighed

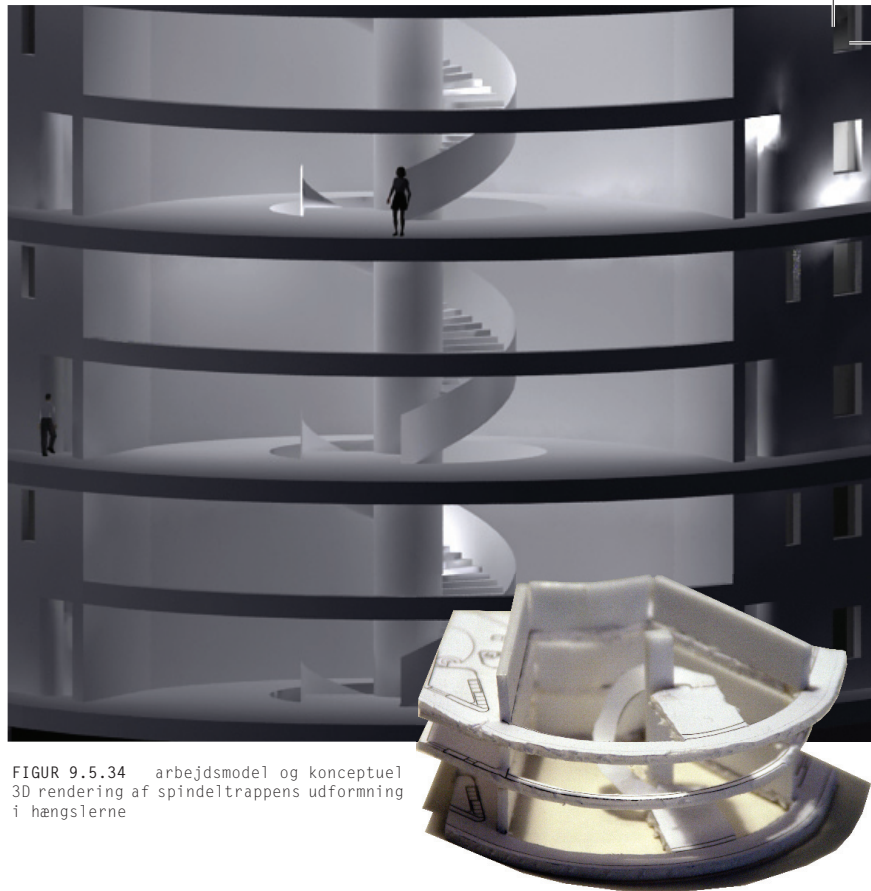
FIGUR 9.5.33 silo i aalborg med karakteristisk trappe



9.5.12 FLOW

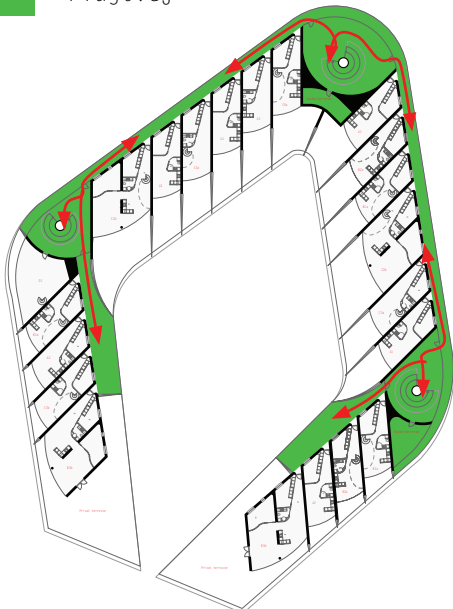
Som beskrevet i afsnit 9.4.2 er de såkaldte 'hængsler' bygningens infrastrukturelle pulsåre. Fordi de har haft så stor betydning for bygningens udformning skulle de også have et udtryk, der understreger deres betydning for bygningen. Den store glasfacade i trapperummet samt de buede vægge, der understreger trappens spirale form, gør at spindeltrappen kommer til at fremstå som et meget dominerende element når man nærmer sig bygningen fra nord, øst eller vest. Elevatoren er integreret i den bærende søjle i midten.

På de etager hvor der er adgang til lejlighederne er der placeret vaske/tørrerum i forbindelse med trapperummet og de dobbelthøje rum tænkes indrettet som lounge-områder med bænke og grøn beplantning hvor beboerne kan mødes.

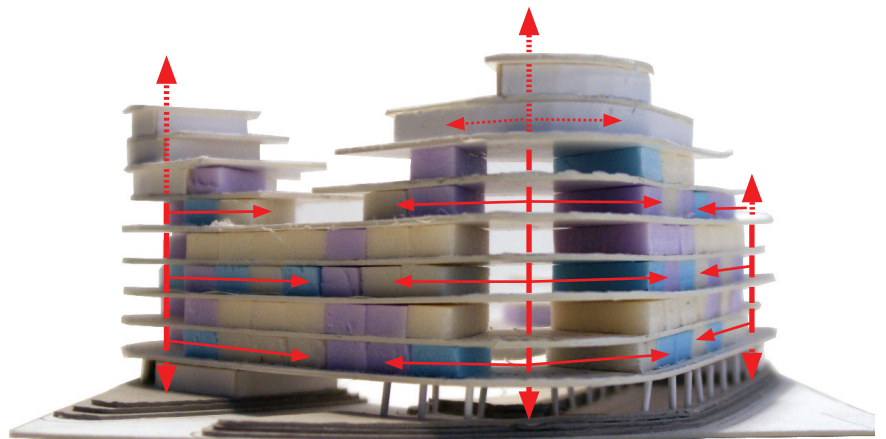


FIGUR 9.5.34 arbejdsmodel og konceptuel 3D rendering af spindeltrappens udformning i hængslerne

Flugtvej



FIGUR 9.5.35 plan og 3D diagram, der viser adgangs- og flugtveje i bygningen via hængslerne



9.5.13 NATURLIG VENTILATION

Naturlig ventilation beregnes ud fra den antagelse at det kun vil blive benyttet om sommeren hvor det ikke vil være nødvendigt at forvarme udeluften. Luftmængden, der kan ventileres med naturlig ventilation, afhænger af en række faktorer såsom placeringen og størrelsen af åbningerne i facaden samt højden af bygningen over terræn, samt om bygningen er placeret i et område, hvor vindhastigheden sænkes på grund af forhindringer i form af bygninger, beplantning o.a.

Den lejlighed, der beregnes på, er placeret i bunden af bygningen, da vindtrykket generelt er lavest tæt ved jorden. I og med at denne bygning i forvejen er hævet over terræn og at der ikke er placeret boliger i stueplan vil det give et øget vindtryk selv i de lavestliggende boliger. Dette betyder også at de øverste lejligheder vil have et større luftskifte gennem de samme åbninger, men da åbningerne kan åbnes og lukkes efter behov vurderes det ikke at være et problem.

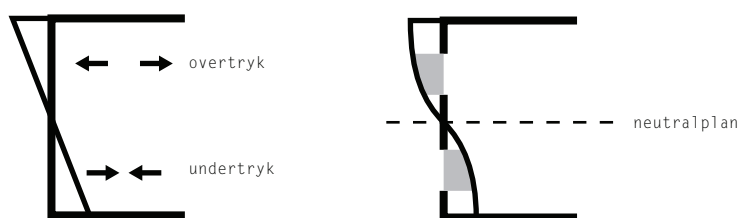
Ud fra *Døgnmiddel* regnearket er der foretaget beregninger på en type C lejlighed og heraf fremgår det at et luftskifte på $0,5 \text{ h}^{-1}$ er nok til at holde temperaturen under 24° . Ved hjælp af *Naturlig Ventilation* regnearket undersøges det hvorvidt det er muligt at opfylde ventilationskravet.

Først testes for ventilation ved hjælp af termisk opdrift og derefter for vinddrevet ventilation.

TERMISK OPDRIFT

Neutralplanet beskriver hvor trykforskellen er nul og der derfor ikke er nogen lufthastighed. Det er vigtigt at neutralplanet ikke placeres i en åbning fordi luften så vil komme ind og ud gennem den samme åbning, hvilket er ineffektivt. Placeringen af neutralplanet bestemmes af åbningernes placering og størrelse. Jo større afstand mellem neutralplan og åbninger, jo større trykforskelle og lufthastigheder.

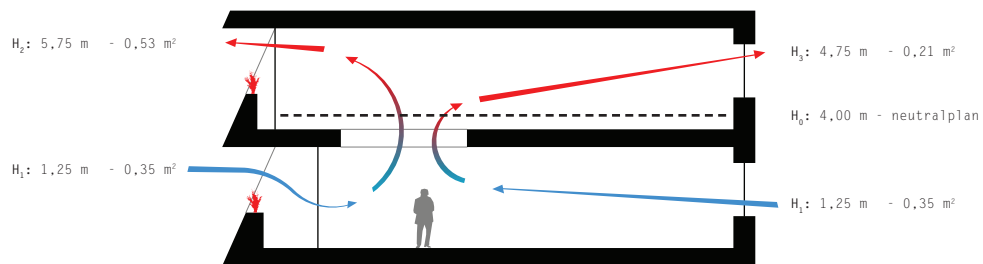
Åbningernes placering og areal findes ved hjælp af forsøg i regnearket, indtil ventilationskravet opfyldes.



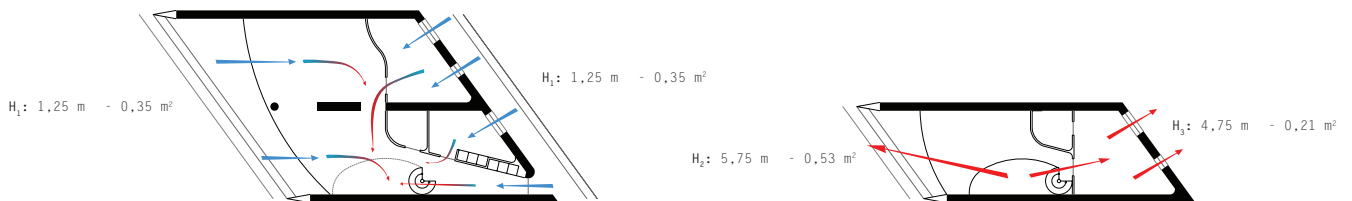
FIGUR 9.5.36 termisk opdrift benytter den trykforskel, der skabes af de vertikale tyngdeforskelle. I toppen af rummet vil der være et lille overtryk og bunden har et tilsvarende undertryk. Når der indsættes to åbninger over hinanden vil trykforskellen resultere i en luftstrøm mellem de to åbninger.

DOBBELTHØJE LEJLIGHEDER

I de dobbelthøje lejligheder udnyttes den termiske opdrift til at drive den naturlige ventilation som vist på figurer 9.5.37 og 9.5.38.



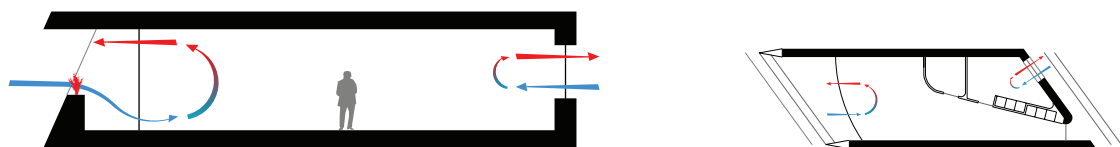
FIGUR X.5.37 snit der viser hvordan termisk opdrift udnyttes i dobbelthøje lejligheder.



FIGUR X.5.38 planer der viser hvordan termisk opdrift udnyttes i dobbelthøje lejligheder.

ENKELTHØJE LEJLIGHEDER

I de enkelthøje lejligheder benyttes énsidet ventilation (se afsnittet om naturlig ventilation s. xxx) som vist på figurer 9.5.39.

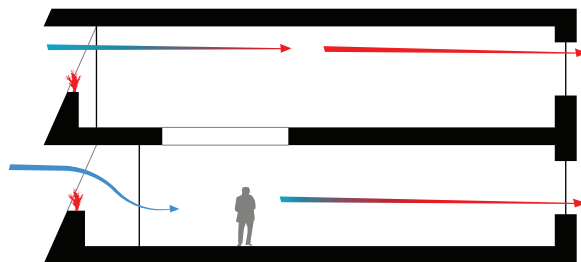


FIGUR 9.5.39 plan og snit der viser hvordan énsidet ventilation udnyttes i enkelthøje lejligheder.

VINDDREVET VENTILATION

Ved først at finde vindfaktoren og dernæst vindtrykskoefficienten (se Appendiks s.xxx) beregnes den vinddrevne ventilation udfra *Naturlig Ventilation* regnearket. Den vinddrevne naturlige ventilation drives som krydsventilation i alle lejlighederne som vist på figurerne 9.5.40 - 9.5.42.

DOBBELTHØJE LEJLIGHEDER

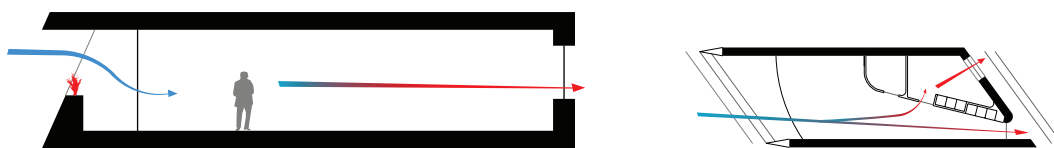


FIGUR 9.5.40 snit der viser hvordan vinddrevet ventilation udnyttes i dobbelthøje lejligheder.



FIGUR 9.5.41 planer der viser hvordan vinddrevet ventilation udnyttes i dobbelthøje lejligheder.

ENKELTHØJE LEJLIGHEDER



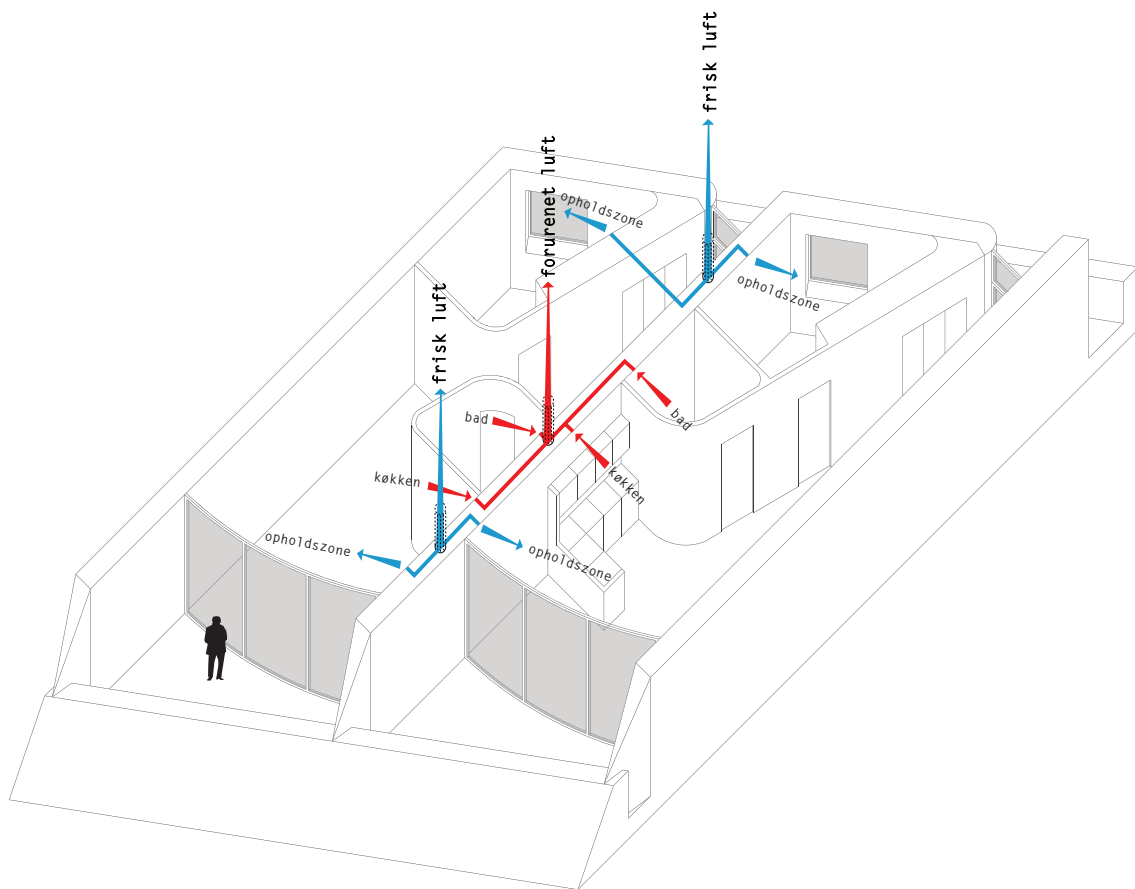
FIGUR 9.5.42 snit og plan der viser hvordan vinddrevet ventilation udnyttes i enkelthøje lejligheder.

KONKLUSION

Med termisk opdrift alene er det muligt at opfylde kravet om et luftskifte på $1,55 \text{ h}^{-1}$ som er nødvendigt for at holde temperaturen under 24 grader i juli måned (se *Månedsmiddel* regneark) (i de dobbelthøje lejligheder kan opnåes $1,74 \text{ h}^{-1}$ med de viste åbningsstørrelser) mens der kan opnåes luftskifter på over 9 h^{-1} med vinddrevet ventilation i både de dobbelthøje lejligheder og dem på én etage (se *Naturlig Ventilation* regneark, CD).

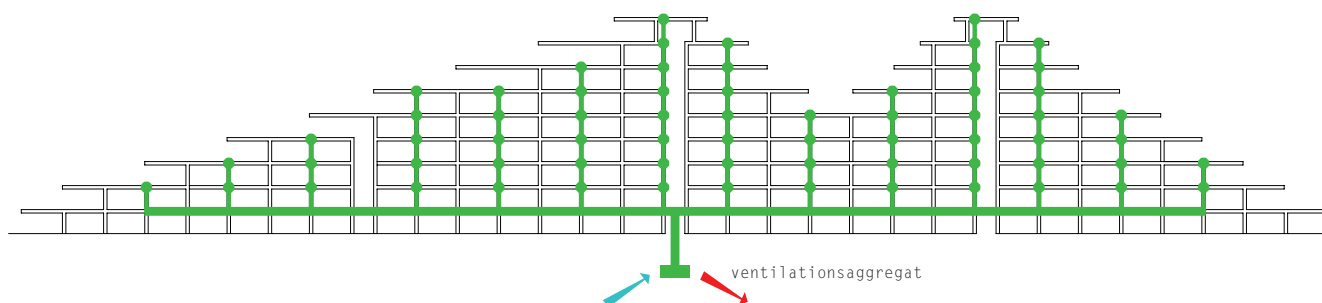
9.5.12 MEKANISK VENTILATION

Den mekaniske ventilation antages at være i brug hele året i køkken og badeværelse til udsugning af forurenet luft, og de samme udtag bruges om vinteren til at trække den forurenede luft ud fra hele lejligheden. Figur 9.5.43 viser hvordan luften blæses ind i opholdszonen og den forurenede luft trækkes ud i køkken og badeværelse.



FIGUR 9.5.43 diagram der viser hvordan indblæsningsåbninger og luftudtrækkene er placeret i lejlighederne.

Bygningen har ét ventilationsaggregat i parkeringskælders tekniskrum, der forsyner hele komplekset via de tre 'hængsler', hvori hovedkanalerne føres. Indblæsningsluften og udtræksluften føres i parallelle rør, der på figur 9.5.44 og 9.5.45 er simplificeret til én grøn streg, der viser rørføringen på alle etagerne. De store grønne linier/cirkler viser hvor hovedrørene føres og de mindre grønne linier viser de sekundære rørføringer til lejlighederne, erhverv og café. De små grønne cirkler viser hvor luften blæses ind og trækkes ud af lejlighederne. De røde pile/cirkler markerer hvor den forurenede luft føres ud i det fri.



FIGUR X.5.44 principsnit der viser hvordan ventilationskanalerne føres i bygningen.



FIGUR 9.5.45 planer der viser hvordan ventilationskanalerne føres i bygningen.

YDERVÆGGE 520 mm, $U_v=0,12$

Regnskærm 100 mm armeret hvid beton (2% stål, 2400 kg/m³)
300 mm Rockwool Super A-murbatts ($\lambda=0,034$ W/mK)
Diffusionsåben membran
Indervæg 120 mm armeret hvid beton (2% stål, 2400 kg/m³)

BÆRENDE INDERVÆGGE 540 mm

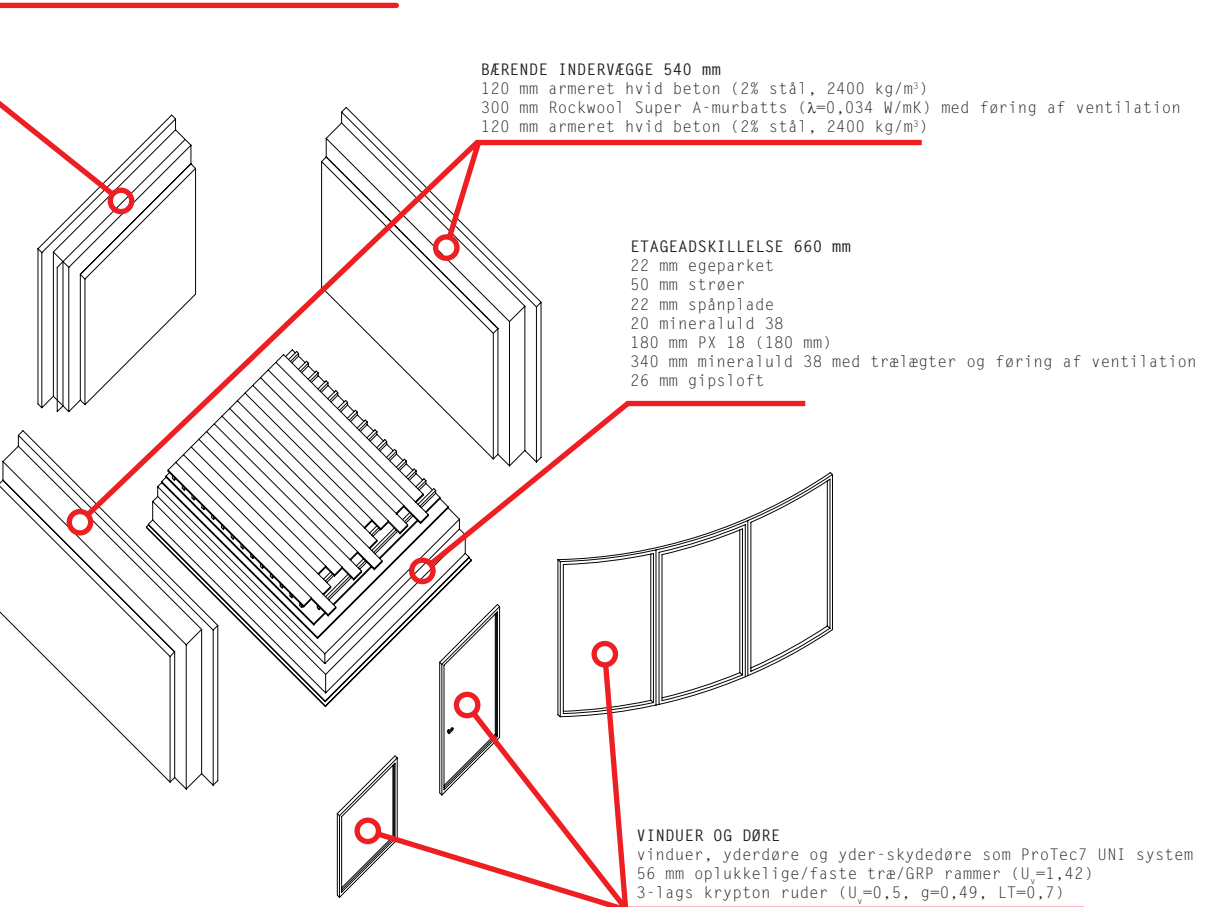
120 mm armeret hvid beton (2% stål, 2400 kg/m³)
300 mm Rockwool Super A-murbatts ($\lambda=0,034$ W/mK) med føring af ventilation
120 mm armeret hvid beton (2% stål, 2400 kg/m³)

ETAGEADSKILLELSE 660 mm

22 mm egeparket
50 mm strøer
22 mm spånplade
20 mineraluld 38
180 mm PX 18 (180 mm)
340 mm mineraluld 38 med trælægter og føring af ventilation
26 mm gipsloft

VINDUER OG DØRE

vinduer, yderdøre og yder-skydedøre som ProTec7 UNI system
56 mm oplukkelige/faste træ/GRP rammer ($U_v=1,42$)
3-lags krypton ruder ($U_v=0,5$, $g=0,49$, $LT=0,7$)



FIGUR 9.5.46 beskrivelse af bygningens konstruktioner - brugt i BSim

FIGUR 9.5.47 ProTec 7 skydedør og vinduesparti med de karakteristiske smalle rammer, der giver en lav u-værdi på det totale vindue kombineret med et let og elegant udtryk.



9.5.13 INDEKLIMA

Indtil dette tidspunkt har indeklimaet kun været behandlet ud fra statiske beregninger i forhold til middeltemperaturer i *Månedsmiddel* regnearket. I BSim simuleringsprogrammet er det derimod muligt at se præcist hvor mange timer temperaturen i lejlighederne overstiger de tilladte værdier, samt indholdet af CO₂ i luften. Ifølge BR08 må der maks. være 100 timer om året hvor temperaturen overstiger 26°C og 20 timer hvor temperaturen overstiger 27°C. CO₂ niveauet må ikke overstige 1000 ppm.

I beregningerne blev der arbejdet ud fra fire forskellige scenarier - en lejlighed type A orienteret mod syd og mod syvest og med en eller to personer - med det formål at finde det værste tilfælde og se om det overholder kravene. Tallene i figur 9.5.48 viser resultaterne af beregningerne (se endvidere appendiks x.x.x for yderligere data) og figur 9.5.49 viser de konstruktioner, der er anvendt i modellen.

SYD 1 PERSON (2,4 H⁻¹)

CO ₂ :	max 620 ppm	middel 401 ppm		
T _i :	max 28,4°C	middel 22,6°C	95 timer > 26°C	13 timer > 27°C

SYDVEST 1 PERSON (2,9 H⁻¹)

CO ₂ :	max 604 ppm	middel 396 ppm		
T _i :	max 28,9°C	middel 22,4°C	92 timer > 26°C	17 timer > 27°C

SYD 2 PERSONER (2,7 H⁻¹)

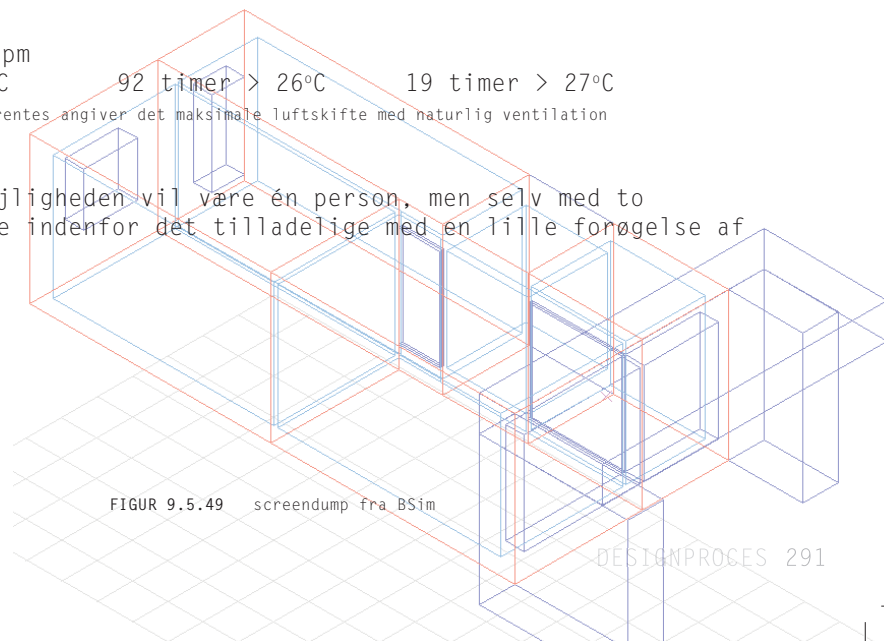
CO ₂ :	max 885 ppm	middel 445 ppm		
T _i :	max 28,5°C	middel 22,6°C	83 timer > 26°C	16 timer > 27°C

SYDVEST 2 PERSONER (3,1 H⁻¹)

CO ₂ :	max 851 ppm	middel 436 ppm		
T _i :	max 29,0°C	middel 22,3°C	92 timer > 26°C	19 timer > 27°C

FIGUR 9.5.48 nøgletal fra BSim - tallene i parentes angiver det maksimale luftskifte med naturlig ventilation

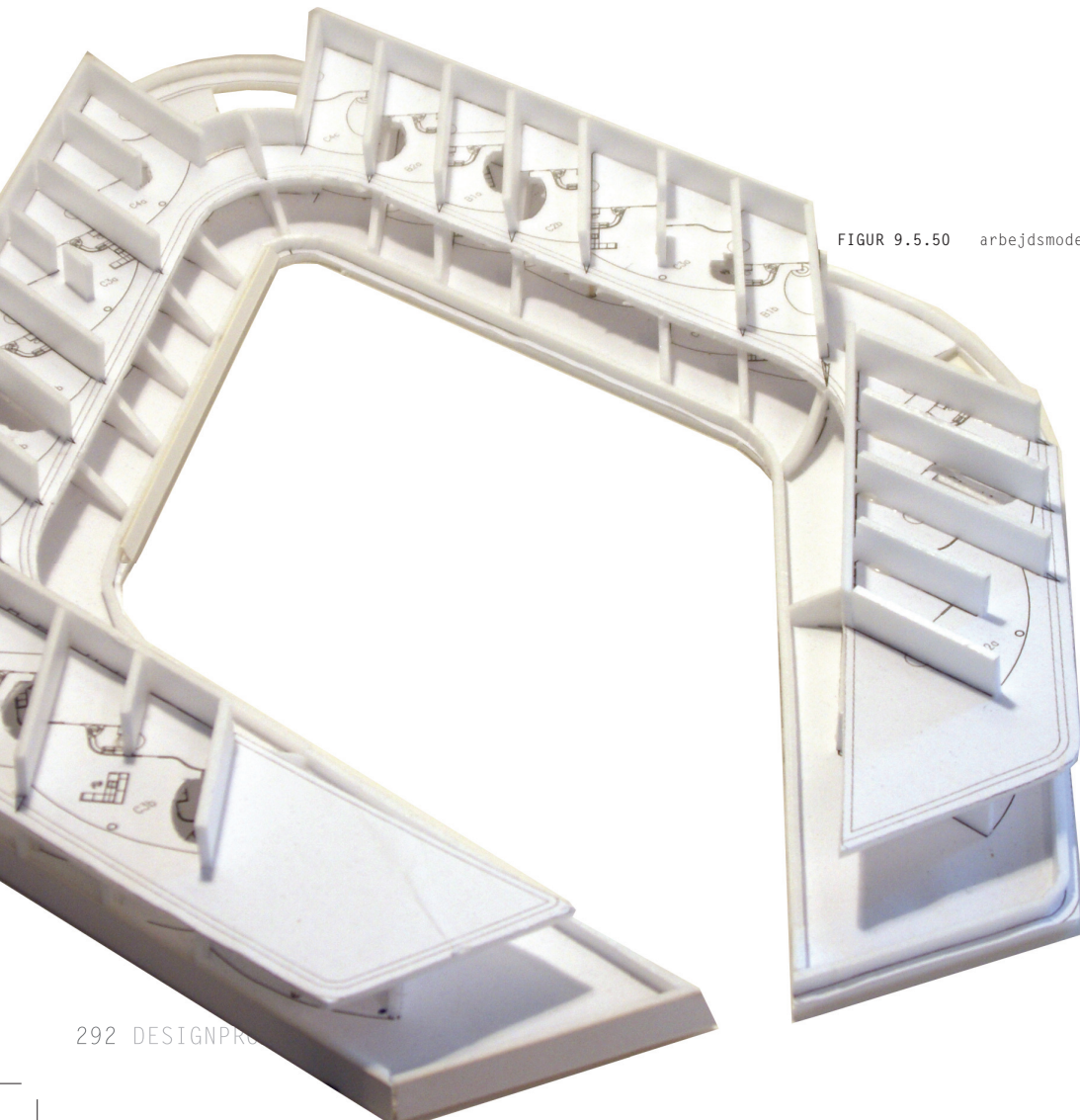
Det mest almindelige scenarie i testlejligheden vil være én person, men selv med to personer er det muligt at holde tallene indenfor det tilladelige med en lille forøgelse af den naturlige ventilation.



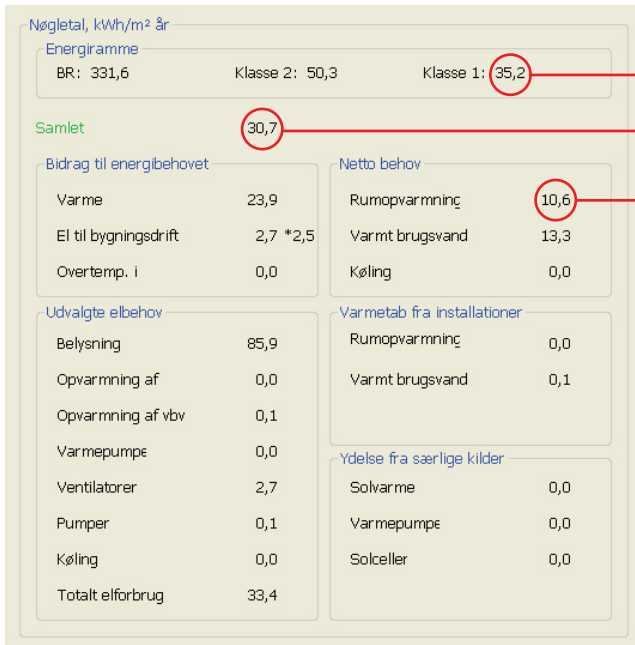
9.5.13 ENERGIRAMME

Efter alle optimeringerne på udtryk, lejlighedssammensætning, lysforhold, energiforbrug og indeklima har bygningen nu nået sit endelige udtryk og dermed kan de endelige data tages ind i BE06 til beregning af energirammen.

Målet med energiforbruget var at bygningen skulle være energineutral på årsbasis og at energiforbruget til opvarmning skulle overholde kravene til et passivhus. Som det fremgår af figur 9.5.51 opnåes begge mål. Den samlede energiramme med solceller skal dog tages med forbehold da der modregnes med en faktor på 2,5 for elproduktion med vedvarende energi, så det reelle tal, er energirammen 30,7 kWh/m² fratrukket solcellernes ydelse 33,4 kWh/m², hvilket giver et totalt energioverskud på 2,7 kWh/m² om året.



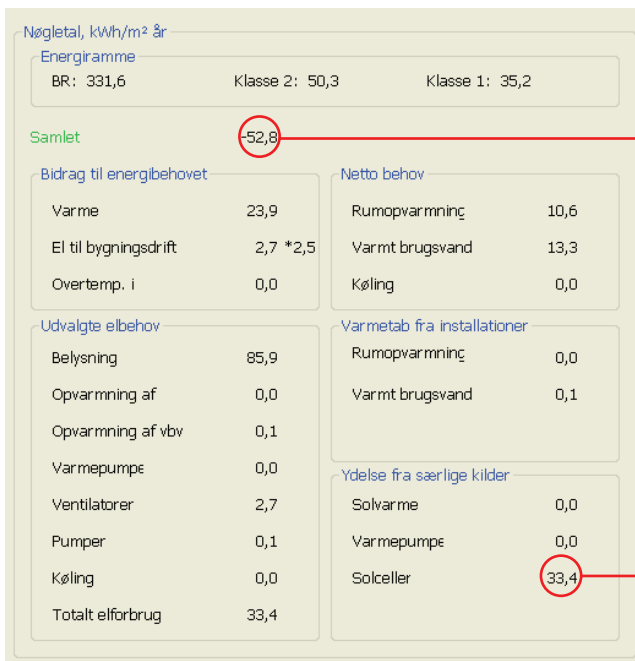
FIGUR 9.5.50 arbejdsmodel med lejlighedssammensætning



energiramme [kWh/m²] der skal opfyldes

bygningens energiramme [kWh/m²]

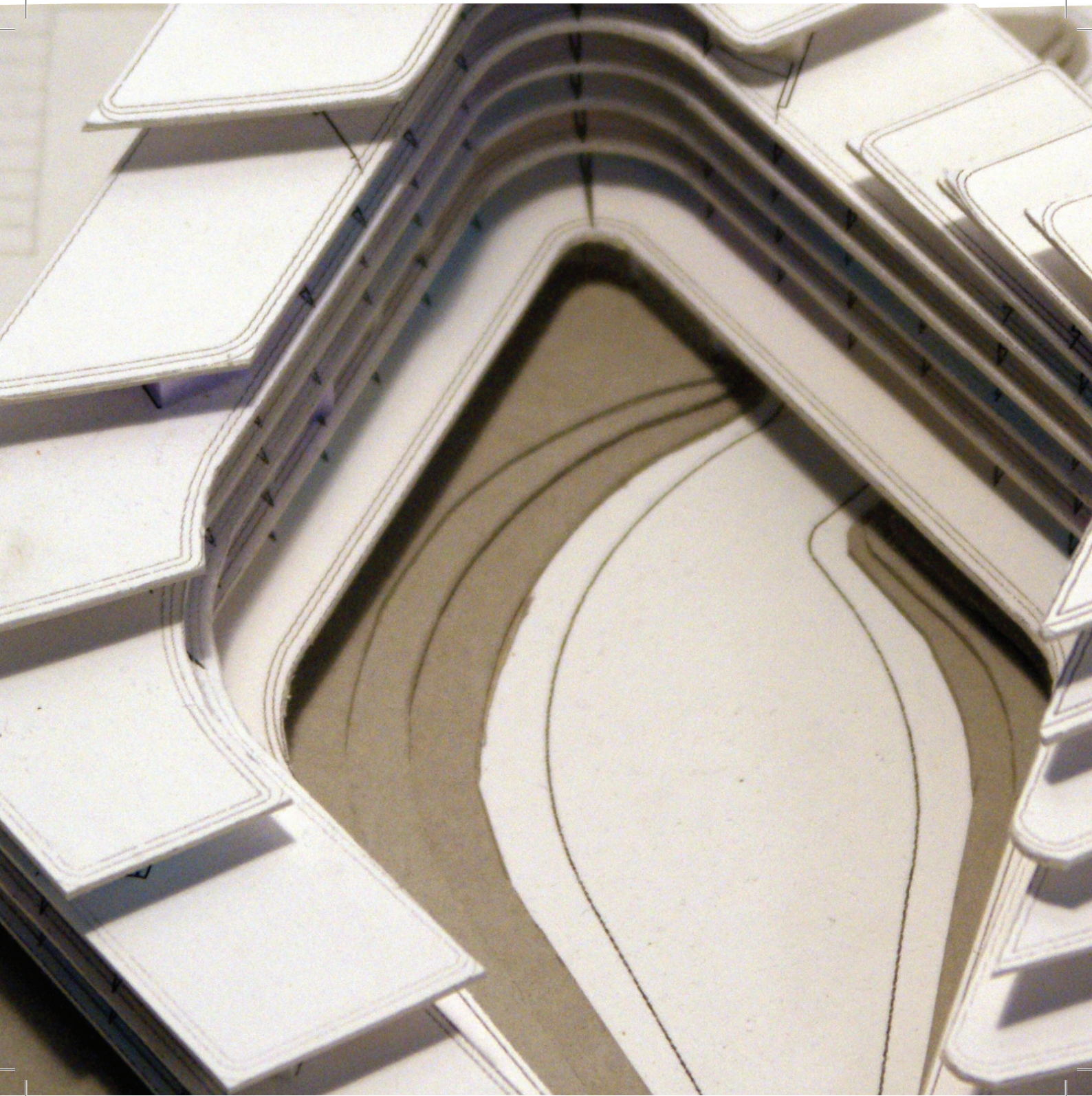
energiforbrug til opvarmning skal være under 15 kWh/m² for at opfylde kravet til passivhuse

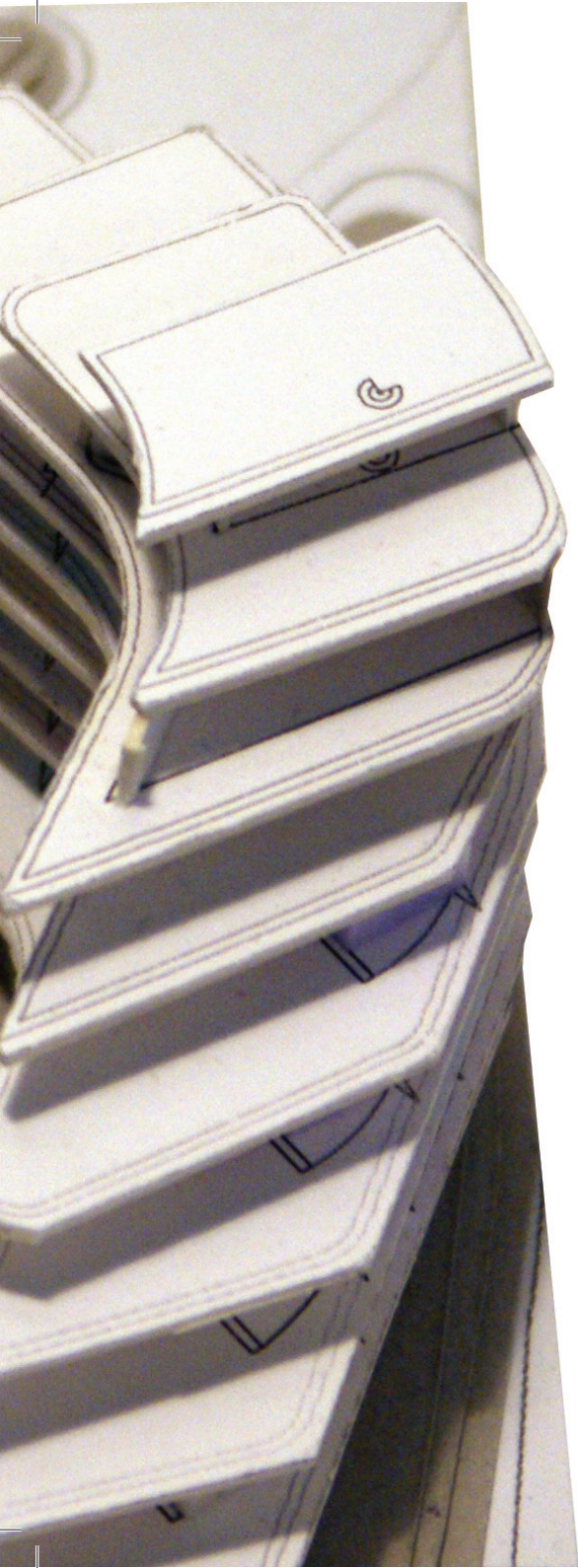


bygningens energiramme [kWh/m²] med solcellernes bidrag

solcellernes bidrag til energirammen [kWh/m²]

FIGUR X.5.51 resultater fra BE06

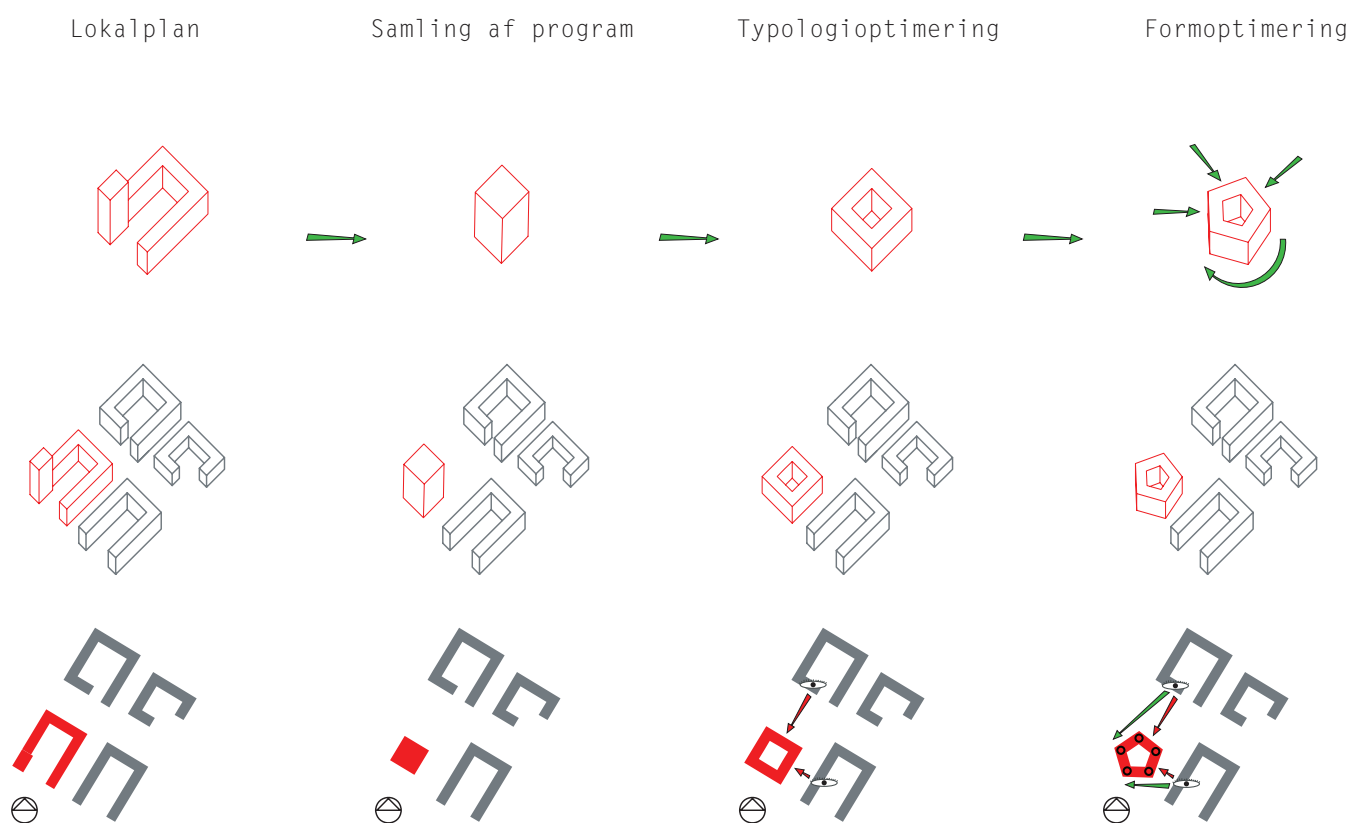




PRÆSENTATION

10.1 RESUMÉ

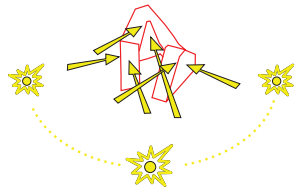
For at få et overblik over de forskellige forhold, der ligger til grund for den form, der vil blive arbejdet videre med efter skitseringsfasen blev der udarbejdet en række diagrammer, der i store træk viser udviklingen af formen, samt nogle af de betragtninger, der afgjorde valget.



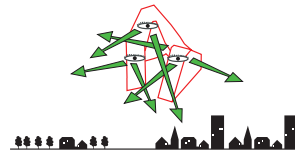
grøn oase



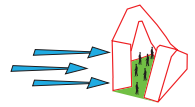
solindfald



udsigt



afskærmet uderum



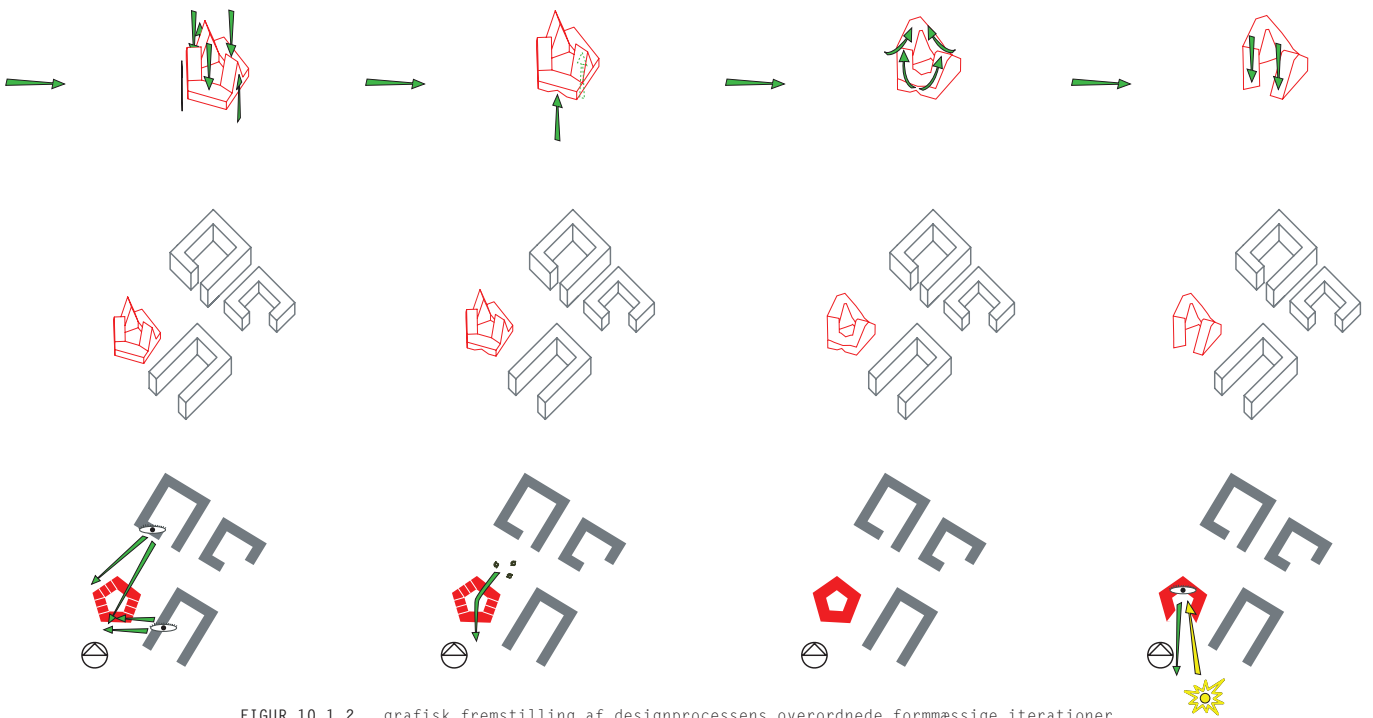
FIGUR 10.1.1 grafisk fremstilling af hovedkvaliteterne ved bygningen

Bakkeform

Flowoptimering

Udglatning

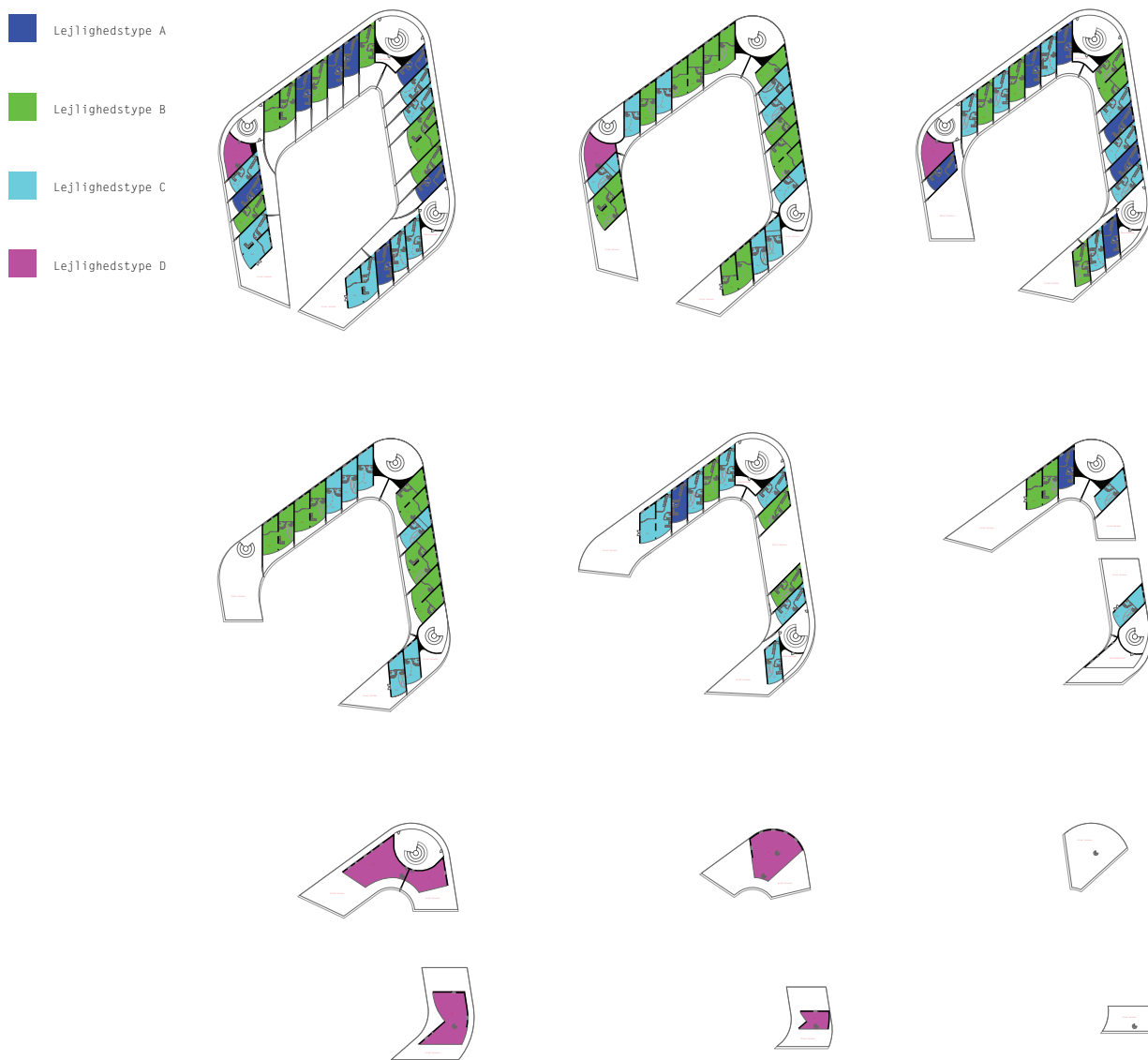
Åbning af formen



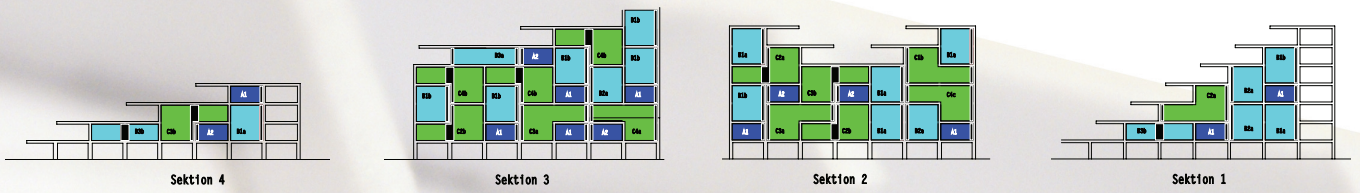
FIGUR 10.1.2 grafisk fremstilling af designprocessens overordnede formmæssige iterationer

10.2 LEJLIGHEDSFORDELING

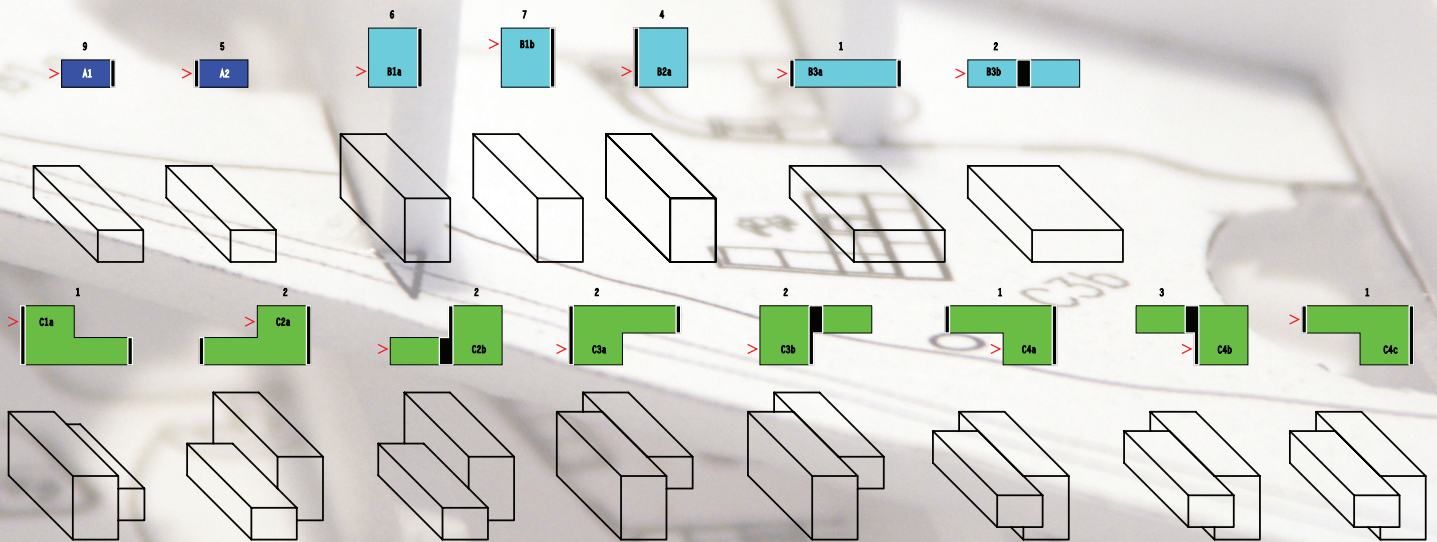
Den endelige lejlighedsfordeling er som illustreret på figurene 10.2.1-10.2.4 og er på ialt 6200 m². Planerne (figur 10.2.1) viser desuden placeringen af lejlighedstype D, der er de særlige lejligheder, der bl.a. inkluderer de store penthouse-lejligheder på de øverste etager, der har den bedste udsigt og de største terrasser.



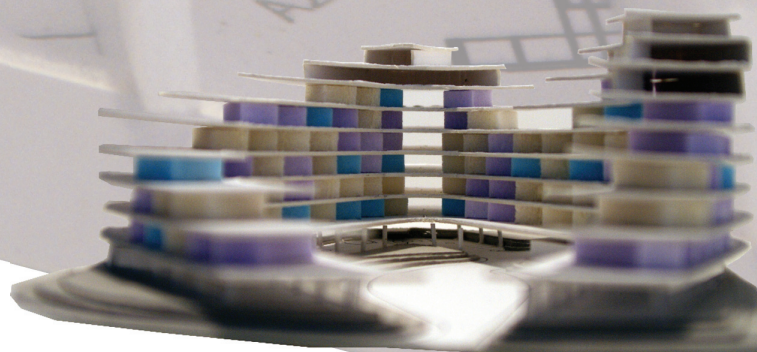
FIGUR 10.2.1 placering af lejlighedstyper



FIGUR 10.2.2 principsnit af lejlighedstypernes placering



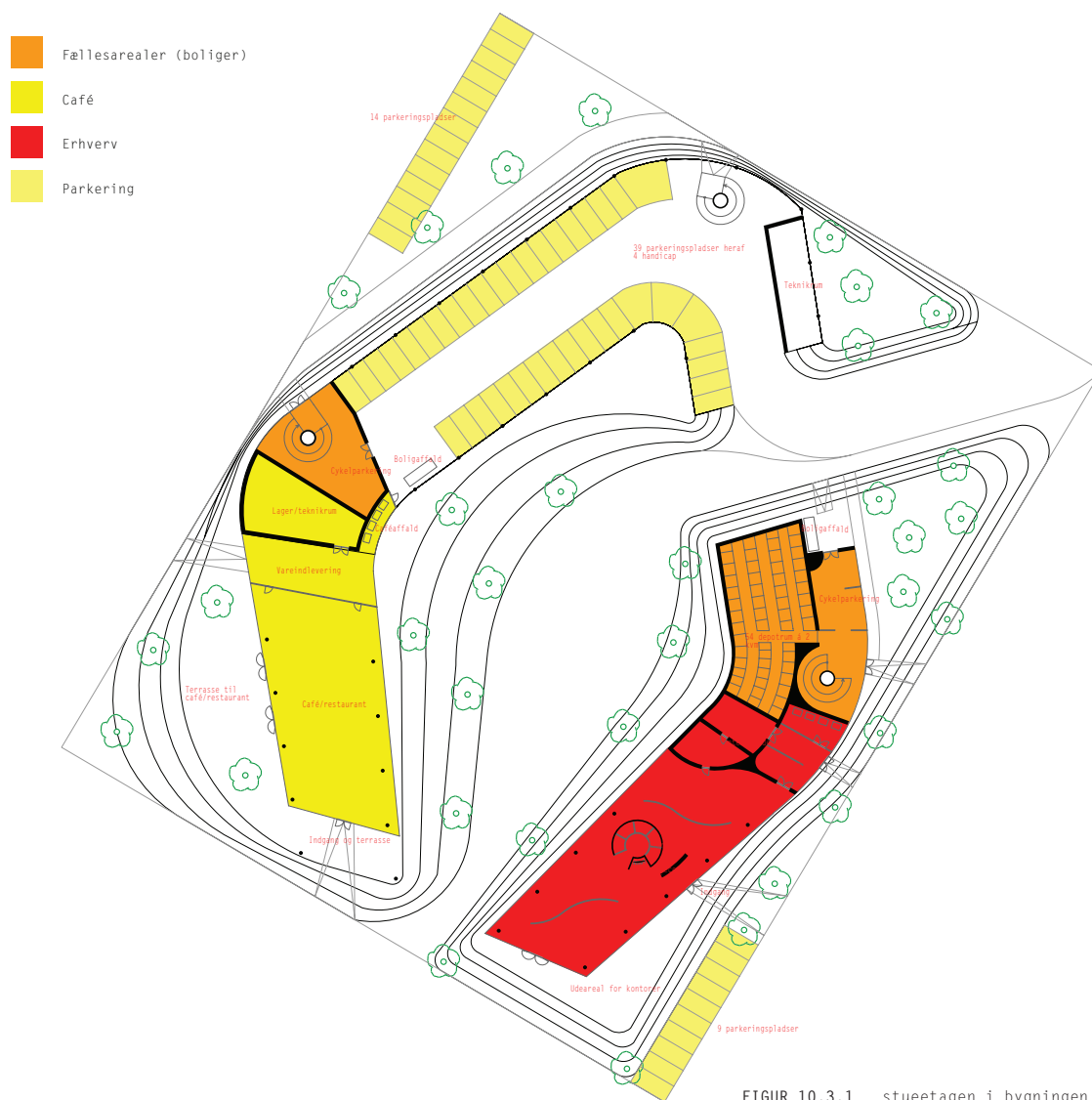
FIGUR 10.2.3 oversigt over lejlighedstyperne og deres antal



FIGUR 10.2.4 arbejdsmodel, der viser lejlighedssammensætningen

10.3 STUEPLAN

Stueplanen (figur 10.3.1) viser placeringen af parkering, café, erhverv og opbevaringsrum for boligerne.

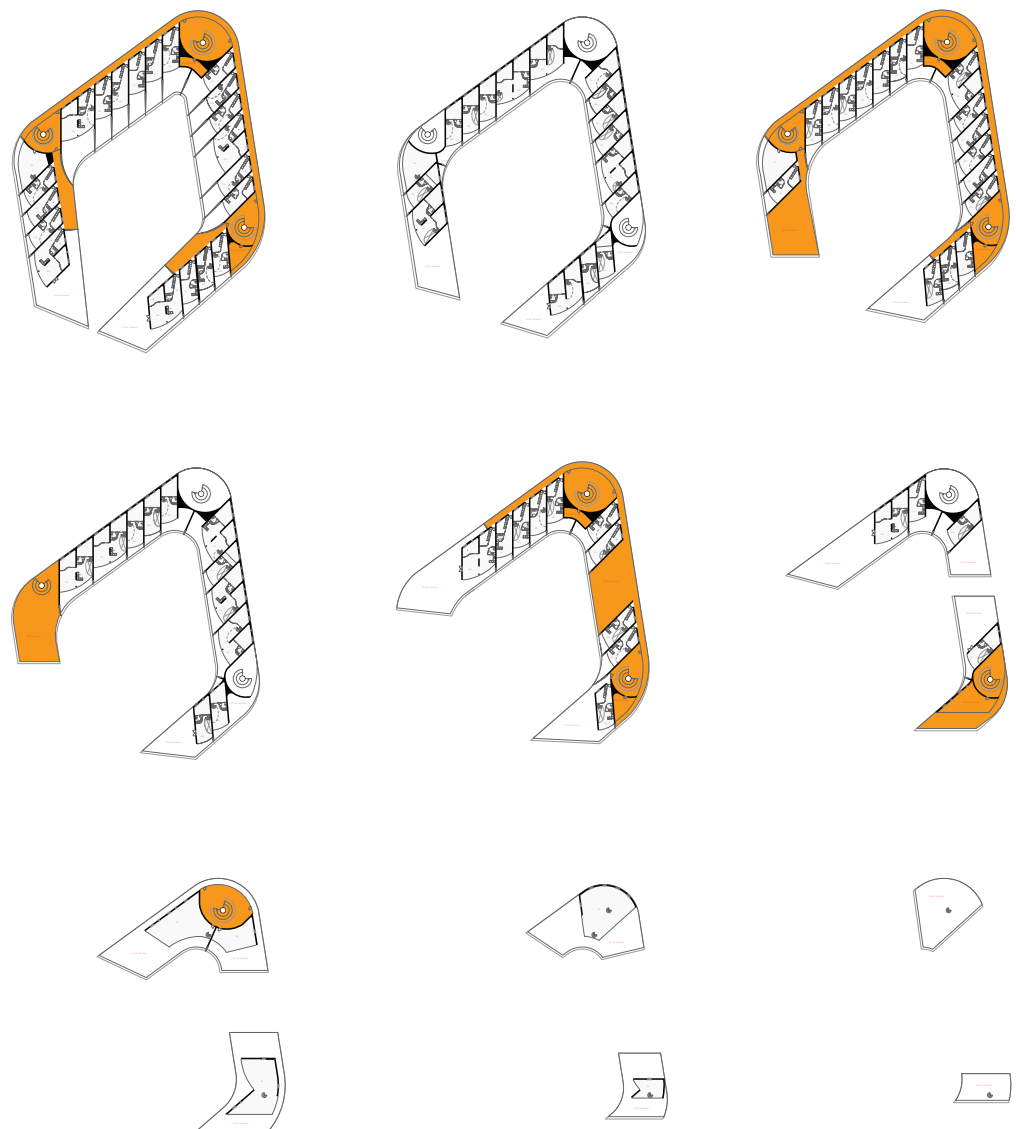


FIGUR 10.3.1 stueetagen i bygningen

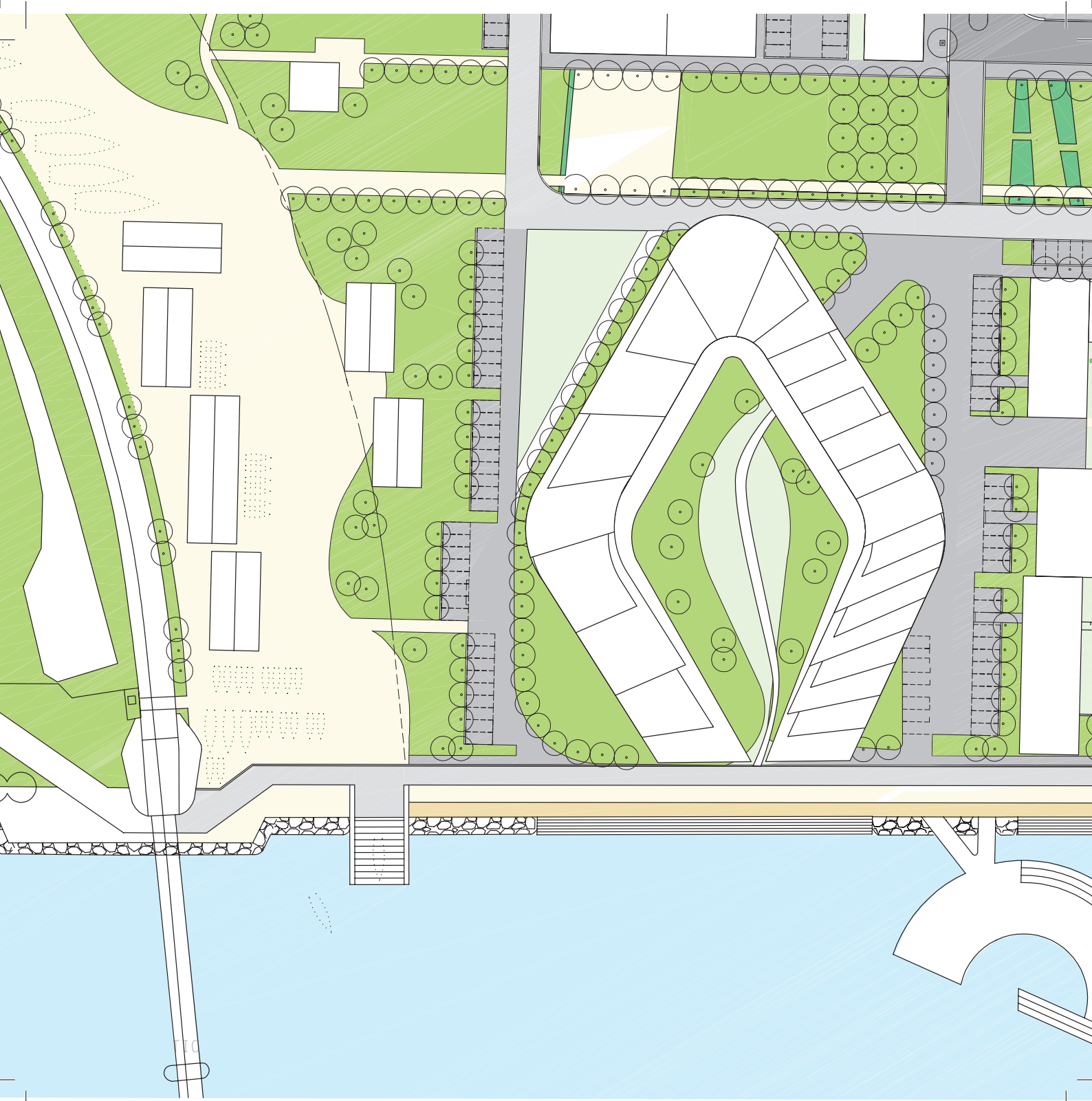
10.4 FÆLLESAREALER

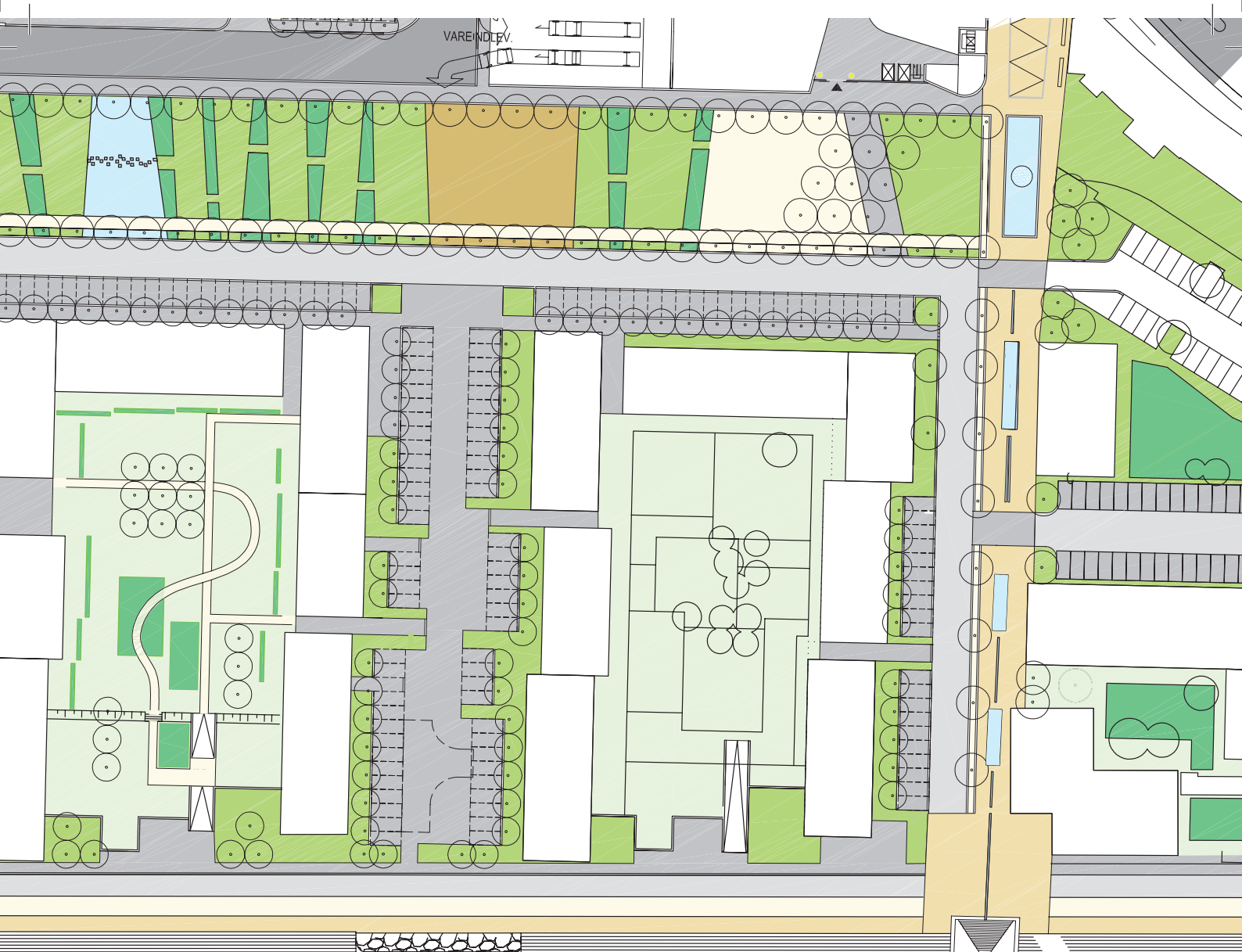
Planerne (figur 10.4.1) viser placeringen af fælleslokalerne og -rummene, som bygningens beboere kan benytte i fællesskab.

 Fællesarealer



FIGUR 10.4.1 fællesarealerne i bygningen





Mellem Broerne

10.5 SITUATIONSPLAN

Situationsplanen viser hvordan bygningen er placeret på byggegrunden ved siden af de andre bygninger. Det ses hvordan bygningens typologi lægger sig op ad de andre med deres hestesko-former, og så er den alligevel helt anderledes.

10.6 PERSPEKTIVERING

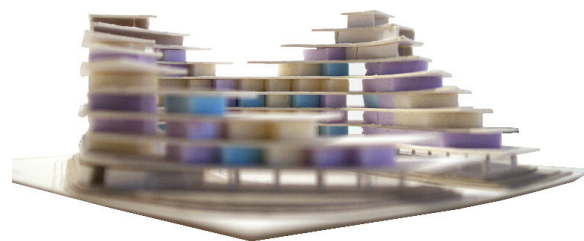
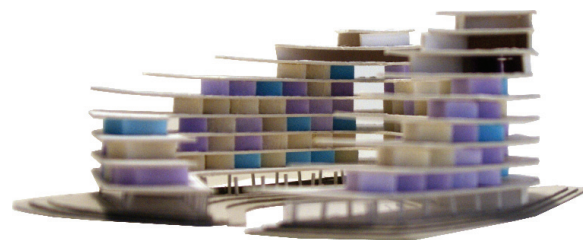
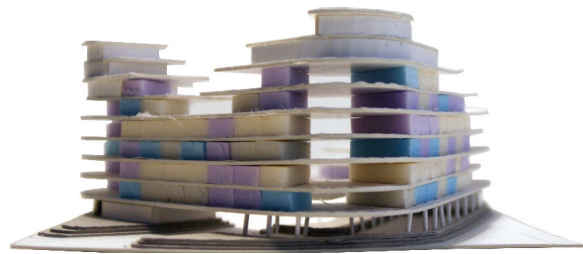
At designe et boligkompleks på 20.000 m² (brutto) var ligeså stor en udfordring som jeg havde regnet med, og resultatet blev også ret meget anderledes end noget af det, jeg havde gået og forestillet mig inden designfasen for alvor kom igang. Det er noget af det, jeg synes er ret interessant ved IDP - det faktum at de undersøgelser man laver, arkitektoniske såvel som tekniske, altid vil tvinge én til at træffe nogle valg og foretage nogle prioriteringer for at få begge aspekter til at spille sammen, og man så kan blive ført med af processen og ende langt fra de ideér man havde i udgangspunktet.

Det har været en lang og yderst lærerig proces at finde frem til den endelige form, og rette på alle brikkerne i puslespillet hver gang der var rettelser på formen, men resultatet er blevet netop det, målsætningen var i starten af projektforsløbet: en energineutral bygning, der er tilpasset den lokale kontekst i den forstand at alle lejlighederne er orienteret efter at udnytte den passive solvarme så effektivt som muligt samtidig med at altanerne kan skygge når solen står højt på himlen.

Udtryksmæssigt forholder bygningen sig til de omgivende hestesko-typologier, men den tager det lige et skridt videre og skaber terrasser med udsigt for alle bygningens brugere, idet udsigten - på fordelagtig vis - er i samme retning som der, solen kommer fra. Det er ikke svært at forestille sig den fantastiske udsigt der må være fra langt de fleste af lejlighederne. Integrationen af det grønne element og den måde bygningen rejser sig fra fjordsiden og stiger op mod Nørresundby, kombineret med den grønne 'kile' der bevæger sig op over bygningens udkragede plateauer, gør at bygningen kommer til at danne en fin overgang mellem det grønne areal vest for jernbanebroen og Nørresundby midtby.

Spillet mellem de rette linier og cirkelslagene ydør også en fin kontrast til de meget kantede bygninger i området, og inde i lejlighederne giver det desuden en mere dynamisk rumoplevelse, der er særlig karakteristisk ved indgangspartiet hvor rummet åbner sig op mod lyset og udsigten og man nærmest bliver suget ind i rummet. Også de indeklimamæssige krav er blevet opfyldt gennem brugen af naturlig og mekanisk ventilation, således at boligerne skulle være behagelige at opholde sig i.

En afsluttende bemærkning må være at projektet på sit nuværende stadie lever op til målsætningerne, der blev sat i starten af projektperioden, og at det dermed giver et interessant bud på en bæredygtig boligbebyggelse i bymæssig kontekst.



REFERENCER

ILLUSTRATIONER

→Illustrationsliste

- 10 Luftfoto, der viser projektgrundens placering (det hvide felt) placering i Nørresundby (Egen illustration) Kilder: (<http://maps.google.com>) og (<http://www.aalborgkommune.dk>)
- 16 Designprocessen (Egen illustration) Kilde: (Knudstrup, 2005))
- 18 Skitseringsillustrationer (Egen illustration) Kilde: (Knudstrup, 2005))
- 46 Illustration der viser nuværende og fremtidige bystrukturer (Laursen, 2008)
- 64 Villa Rotunda (<http://www.dartmouth.edu/~matc/math5.geometry/unit17-/1701.jpeg>)
- 75 Farnsworth house (<http://www.gde09.de/miesarchitect>)
- 78 Robie House af Frank Lloyd Wright (<http://www.smartdestinations.com/design/images/chicago/attractions/GOCHI-frobiehouse.jpg>)
- 79 Falling Water af Frank Lloyd Wright (http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Falling_Water_01.jpg)
- 80 Fagus fabrikken af Walter Gropius (<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/Fagus-Werke-01.jpg>)
- 83 Villa Savoye af Le Corbusier (<http://www.honoluluacademy.org/cmshaa/uploadedImages/academy/Education/Villa%20Savoye.jpg>)
- 84 Fire af Le Corbusier's designprincipper (Frampton, 2001)
- 85 Skitse der viser Le Corbusier's Dom-Ino system (Frampton, 2001)
- 86 Kirke i Ronchamp af Le Corbusier (<http://www.alovelyworld.com/webfranc/gimage/fra066.jpg>)
- 87 Unité d'Habitation af Le Corbusier (<http://cache.daylife.com/imageserve/08nJ0gT04Bfii/>)

340x.jpg)

- 90 Lake Shore Drive 880-860 (<http://www.architecture-online.com/chicago/lecorbusier>)
- 93 Richards Medical Institute (<http://www.archiblogger.de/bjo6/pics/richards.jpg>)
- 104 Kingohusene af Jørn Utzon (<http://www.dac.dk/visKanonVaerk.asp?artikelID=2556>)
- 105 Fredensborghusene af Jørn Utzon (<http://www.kunstonline.dk/indhold/jornutzon.php4>)
- 109 Skitse af 'anden' og det 'dekorerede skur' af Robert Venturi (<http://www.arcl.uniroma1.it/saggio/DIdattica/Cad/2007/LEZ/10/shed.jpg>)
- 110 En folie i Parc de la Villette (http://farm1.static.flickr.com/4/7361355_ccad7af195_o.jpg)
- 111 Skitse der viser Bernhard Tschumi's lagdeling af Parc de la Villette (http://www.imageandnarrative.be/uncanny/_img/3tschumi.gif)
- 112 Peter Eisenman's formstudier til designet af hans House II (Eisenman, 1999)
- 113 Formstudier af Peter Eisenman (Eisenman, 1999)
- 116 Den Hollandske Pavilion af MVRDV (Constanzo, 2006)
- 119 CCTV bygningen af OMA (<http://www.globalconstructionwatch.com/wp-content/uploads/2008/02/cctv-2.jpg>)
- 120 The Renaissance Building af OMA (<http://www.oma.nl>)
- 122 Tod's af Toyo Ito (http://farm1.static.flickr.com/152/351439838_bd4de34f06.jpg)
- 123 Tod's af Toyo Ito (http://farm1.static.flickr.com/120/3514556738_bdad6o90d.jpg)
- 124 Håndskitse af Le Corbusier (Mathiasen, 1999)
- 131 Neonlys i Las Vegas (Leach, 1999)

- 135 Pacman spiser sin vej frem (Horwitz og Shingley, 2004)
- 138-145 Gestaltfigurer (Egne illustrationer) Kilder: (<http://graphicdesign.spokanefalls.edu/tutorials/process/gestaltprinciples/gestaltprinc.htm>), (<http://www.cl.cam.ac.uk/teaching/2000/AGraphHCI/HCI/hcinotes.html>), (<http://www.atpm.com/9.11/design.shtml>) og (<http://peace.saumag.edu/faculty/Kardas/Courses/GPWeiten/Chapter4SandP.html>)
- 156 Bæredygtig kontorbygning af Behnisch Architekten (Behnisch, 2008)
- 160 Bæredygtig udvikling ifølge WCED (Egen illustration) Kilde: (<http://sorinplaton.files.wordpress.com>)
- 163 Bæredygtige huse ([http://www.ecohouses.info\(passivehouses\)](http://www.ecohouses.info(passivehouses)))
- 164-165 Heliotrop (<http://freshome.com/2007/04/16/rolf-dischs-heliotrop-rotating-house/>)
- 167 Elephant tower ((Balfour et al., 1994)
- 168 BEDZED (Dunster, Simmons et al., 2008)
- 171 Bæredygtig kontorbygning af Behnisch Architekten (Behnisch, 2008)
- 173 Wintherthur housing (<http://www.baumschlager-eberle.com/>)
- 175 Manhattan skyline (<http://www.roadtripamerica.net>)
- 177 Editt Tower Singapore (<http://www.brigrantart.com/bioarchitettura/images/editt%201.jpg>)
- 181 Solpaneler (www.kalzip.dk og www.sunpowercorp.de)
- 183 Solpaneler fra Kalzip
- 188-189 Unité d'Habitation (Frampton, 2001)
- 190 Utzon houses (www.dac.dk/kanon/utzon/)
- 193 Villa mairea plan (<http://caad.arch.ethz.ch/aalto/analysis/villa/associations/img/23a.jpg>)
- 195 Indeklimadiagram (Egen illustration) Kilde: (Hyldegård, 2000)

LITTERATUR

- Abaka. (2008). "Abaka.dk - Bolig, Energi og Miljø." from <http://www.abaka.dk/index.htm>.
- Ad8-Ark11 (2008). *Architectural Form, Space and Environmental Design*. Aalborg, Aalborg Universitet.
- Ad8-Ark12 (2008). *Natural Living*. Aalborg, Aalborg Universitet.
- Architekten, B. (2008). "IBN - Institute for Forestry and Nature Research, Wagening, The Netherlands, 1994-1998." from <http://www.behnisch.com>.
- Asencio, P. (2002). *Rem Koolhaas/OMA*. Barcelona, teNeues.
- Balfour, A. et al. (1994), *Ken Yeang: Bioclimatic Skyscrapers*, Artemis, London.
- Bech-Danielsen, C. (2005). *Ecological reflections in architecture*. København, The Danish Architectural Press.
- Beim, A. (2004). *Tectonic visions in architecture*. København, Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag.
- Bilde, M., Hedegaard, A., et al. (2005). *Dreamhouse*. Aalborg, Aalborg Universitet.
- Bolig+. (2006). "Energi neutral bolig - det selvforsynende hus - BOLIG+." from <http://www.boligplus.org>.
- Botin, L. and O. Pihl (2005). *Pandoras boks*. Aalborg, Aalborg Universitetsforlag.
- Boxer, S. (2000). "The new face of architecture." *The New York Times*.
- Carlsen, J. (2004). "Sverre Fehn: A Universal Architect with Regional Roots." from www.amscan.org.
- Change, I.-I. P. o. C. (2007). "Climate Change 2007: Synthesis Report." from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
- Ching, F. D. K. (1996). *Architecture: Form, Space, and Order*. New York, John Wiley & Sons.
- Cohen, J.-L. (2004). *Le Corbusier*. Köln, Taschen.
- Constanzo, M. (2006). *MVRDV works and projects 1991-2006*. Milano, Skira editore.
- Development, W.-W. C. o. E. a. (1987). "Our common future." from <http://www.worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf>.
- Dunster, B., Simmons, C. et al. (2008). *The ZED Book, Solutions for a shrinking world*. London, Taylor & Francis.
- Eisenman, P. (1999). *Diagram diaries*. New Jersey, Universe Publishing.
- Energistyrelsen. (2007). "Basisfremskrivningen til CO2-kvoteallokeringsplanen for 2008-12 og regeringens energistrategi: En visionær dansk energipolitik." from http://www.ens.dk/graphics/ENS_Energipolitik/strategi_visionaer/Basisfremskrivning_Sep06_samlet.pdf.
- Evers, B. (2003). *Architectural Theory: From the Renaissance to the Present* Köln, Taschen.

- Feldthaus, P. (2007). "At bygge bæredygtig arkitektur stiller større krav til arkitekterne end til bygherrerne om at være ambitiøse." from <http://blog.arkitema.dk/per/2007/10/04/at-bygge-b%C3%A6redygtig-arkitektur-stiller-st%C3%B8rre-krav-til-arkitekterne-end-til-bygherrerne-om-at-v%C3%A6re-ambiti%C3%B8se/>.
- Frampton, K. (2001). *Le Corbusier*. New York, Thames & Hudson Inc.
- Gehl, J. (2003). *Livet mellem husene*. København, Arco Grafisk A/S.
- Gehl, J., L. Gemzøe, et al. (2006). *Det nye byliv*. København, Arkitektens Forlag.
- Gregotti, V. (1996). *Inside architecture*. Cambridge, The MIT Press.
- Hausladen, G., M. d. Saldanha, et al. (2005). *ClimateDesign*. Basel, Birkhäuser.
- Hauxner, K. (2006). "Bæredygtig arkitektur skal tænkes langsigtet." from <http://www.cphx.dk/index.php?id=41569#>.
- Holl, S., J. Pallasmaa, et al. (2007). *Questions of perception: phenomenology of architecture*. London, William K Stout Pub.
- Horwitz, J. and P. Shingley (2004). *Eating architecture*. London, The MIT Press.
- Hyldegård, C. E., E. J. Funch, et al. (2001). *Grundlæggende climateknik og bygningsfysik*. Aalborg, Aalborg Universitet.
- International, L. (2004). *Minimalist spaces*. Barcelona, Gingko Press.
- Jensen, J. B. (2006). *Parcelhuset i fremtiden - fakta og tendenser*. Ballerup, Bolius Boligejernes Forlag.
- Juul, E. (2007). "Høje huse over Danmark." *Arkitekten* 07 / 2007.
- Knudstrup, M.-A. (2005). 'Arkitektur som Integreret Design' i *Panduras Boks*. Aalborg, Aalborg Universitetsforlag.
- Aalborg
- Kommune, A. (2006). "Lokalplan 12-072." from <http://www.aalborgkommune.dk>.
- Koolhaas, R. (2004). *Content*. Köln, Taschen.
- Land, J. (2007). "'Tower of tomorrow' unveiled at World Future Energy Summit." from <http://www.24dash.com/news/Housing/2007-12-21-Tower-of-tomorrow-unveiled-at-World-Future-Energy-Summit>.
- Laursen, A. (2008). *Hexagon*. Arkitektur & Design. Aalborg, Aalborg Universitet. Afgangspjekt.
- Leach, N. (1999). *The anaesthetics of architecture*. London, The MIT Press.
- Lechner, N. (2001). *Heating, Cooling, Lighting*. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Lind, T. and M. Frost (2007). *Cebra_Files01*.

- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Cambridge, The MIT Press.
- Maffei, A. (2002). *Toyo Ito: works, projects, writings*. Milano, Electa.
- Mathiasen, H. F. and E. Reitzel (1999). *Grundtræk af bærende konstruktioner i arkitekturen*. København, Kunstakademiets Arkitektskole.
- Meiss, P. v. (1990). *Elements of architecture*. London, E & FN Spon.
- Miljøundersøgelser, D.-D. (2007). "Denmark's National Inventory Report 2007." from http://www2.dmu.dk/Pub/FR632_Final.pdf.
- Nerdinger, W. (2007). *Baumschlagel - Eberle 2002-2007 Architecture, people and resource*, Wien, Springer.
- Norberg-Schulz, C. (1965). *Intentions in architecture*. Oslo, Scandinavian University Books.
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius Loci: Towards a phenomenology in architecture*. New York, Rizzoli.
- Norberg-Schulz, C. (1996). *Nightlands - Nordic buildings*. Cambridge, The MIT Press.
- Norberg-Schulz, C. (2000a). *Architecture: presence, language, place*. Milano, Skira editore.
- Norberg-Schulz, C. (2000b). *Principles of modern architecture*. London, Andreas Papadakis Publisher.
- Palladio, A. (2002). *The four books on architecture*. Massachusetts, The MIT Press.
- Pallasmaa, J. (2005). *The eyes of the skin*. New York, John Wiley and Sons.
- Patteuw, V. (2003). *What is OMA*. Rotterdam, NAI Publishers.
- Pedersen, A. N. (2007). *Towermuseum*. Arkitektur & Design. Aalborg, Aalborg Universitet. Afgangsprojekt.
- Per, A. F. and J. Arpa (2007). *Density projects*. Madrid, a+T ediciones.
- Post, H. C. (2007). "Morgendagens skyskraber." *Arkitekten* 07 / 2007.
- Radio, D.-D. (2007). "FN: Klimaændringer rammer de fattigste af de fattigste hårdest." from http://www.dr.dk/Nyheder/Indland/2007/04/06/101900_1.htm.
- Rasmussen, S. E. (1966). *Om at opleve arkitektur*. København, G.E.C. Gads forlag.
- Richards, I. (1998). *Ken Yeang - Eco Skyscrapers*. London, Artemis London Limited.
- Rockwool (2008). *Den lille lune*. Hedehusene, Rockwool A/S.
- Sobejano, E. and N. Fuensanta (2004). *Jorn Utzon: Silkeborg Museum 1963*. Madrid, Edita MOPT.
- Spiller, N. (2006). *Visionary architecture: Blueprints of modern imagination*. London, Thames & Hudson Ltd.
- Valbjørn, O., S. Laustsen, et al. (2000). *Indeklimahåndbogen*. Hørsholm, Statens Byggeforskningsinstitut.
- Vancouver, C. o. (2007). "Ecodensity." from <http://www.vancouver-ecodensity.ca/content.php?id=39>.
- Venezia, F. L. B. d. (2004). *Metamorph Trajectories*. Padua, Grafiche Peruzzo.
- Watkin, D. (2000). *A History of Western Architecture*. London, Laurence King Publishing.
- Wilhelmson, A. (2007). "Stockholm 2030." *Arkitekten* 07 / 2007.
- Witte, R. (2002). *Toyo Ito: Sendai Mediatheque*. München, Prestel verlag.
- Wittkower, R. (1962). *Architectural principles in the age of humanism*. New York, Academy Editions.
- Yeang, K. (2002). *Reinventing the skyscraper*. London, John Wiley & Sons, Ltd.
- Yeang, K. (2006). *Ecodesign - a manual for ecological design*. London, John Wiley & Sons.
- Zimmerman, C. (2006). *Mies van der Rohe*. Köln, Taschen.
- Ørskov, G. (1967). *Om skulptur og skulpturoplevelse*. København, Bogens Forlag.

APPENDIX

INDEKLIMABEREGNINGER

Som udgangspunkt for alle energimæssige beregninger er der foretaget grundlæggende statiske indeklimatiske beregninger. I det følgende gennemgås eksempler på udregninger samt forskellige antagelser og fakta om bygningen. Alle eksempler i udregningerne er foretaget på opholdsstuen.

LUFTSKIFTE

Det krævede luftskifte for hvert rum i lejlighederne beregnes ud fra behovet i forhold til CO₂ forurening, olf forurening, Bygningsreglementets krav eller varmebelastningen.

GENERELLE KRAV

Kategori B

PD < 20% (antal utilfredse)

PPD < 10% (forventet antal utilfredse)

c (oplevet lufkvalitet) max 1,4 decipol [dp]

c_i : Maksimal CO₂ koncentration for opholdsarealer (grænse) = 1000 ppm

c_u : CO₂ koncentration for udendørs luft = 350 ppm

(CR1752, 1998)

ATMOSFÆRISK INDEKLIMA

Fakta om lejligheden

	Bad & Toilet	Værelse 1	Værelse 2	Stue & Køkken
Areal [m ₂]	10	15	15	50
Højde [m]	2,5	2,5	2,5	2,8
Volumen [m ₃]	25	37,5	37,5	140
Antal personer (gns.)	1	1	1	2
Aktivitetsniveau [met]	1,2	0,8	1,2	1,0
CO ₂ forurening pr. person. Lav aktivitet [l/s pr. person]	20	20	20	20

BYGNINGSREGLEMENTET

Det Danske Bygningsreglement kræver som minimum et luftskifte på 0,5 h⁻¹ for boliger. For hvert rum i lejlighederne vil det give et særligt luftskifte.

$$\text{Opholdsstue: } 0,5\text{h}^{-1} = 70\text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow \frac{70\text{ m}^3/\text{h} \times 1000\text{ l}/\text{m}^3}{3600\text{ s}/\text{h}} = \underline{\underline{19,44\text{ l/s}}} \quad (\text{Valbjørn, 2000})$$

CO₂ FORURENING

En bolig skal ventileres for at undgå at CO₂ koncentrationen overstiger 1000 ppm. Det er derfor nødvendigt at beregne den mængde CO₂, der samles i rummene gennem udånding.

Fortyndningsligningen bruges til at beregne luftskiftet:

$$c = \frac{q}{nV + c_i} \Rightarrow n = \frac{q}{(c - c_i)V} \quad (\text{Hyldegård, 2001})$$

Hvor c : koncentrationen af forureningen i rummet [m^3/m^3]
 q : tilført mængde forurening [m^3/h]
 n : luftskiftet [h^{-1}]
 V : rummets volumen [m^3]
 c_i : maksimal CO₂ koncentration for opholdsarealer [m^3/m^3]

$$q = 2 \text{ personer} \times 20 \text{ l/h (personer)} = 40 \text{ l/h} = 0,001 \text{ m}^3/\text{l} \times 40 \text{ l/h} = \underline{0,04 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$n = \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{h}}{(1000 \text{ m}^3/\text{m}^3 - 350 \text{ m}^3/\text{m}^3)10^{-6} \times 140 \text{ m}^3} = \underline{\underline{0,44 \text{ h}^{-1}}}$$

Mængden af frisk luft er dermed:

$$V_f = nV = 0,44 \text{ h}^{-1} \times 140 \text{ m}^3 = \frac{61,54 \text{ m}^3/\text{h}}{0,001 \text{ m}^3/\text{h} \times 3600 \text{ s/h}} = \underline{\underline{17,09 \text{ l/s}}}$$

OLF

Bygningen vil yderligere blive forurenede af bioeffluenter fra mennesker, konstruktioner og udeluften.

$$G_c = G_p + G_k + G_u$$

Hvor G_c : samlet forureningsmængde [olf]
 G_p : forurening fra personer [olf]
 G_k : forurening fra konstruktioner [olf]
 G_u : forurening fra udeluft [olf]

Opholdsstue:

Personer

$$G_p = 1 \text{ olf/person} \times 2 \text{ personer} = 2 \text{ olf}$$

Konstruktion (konstruktion med lav forurening)

$$G_k = 0,1 \text{ olf/m}^2 \times 50 \text{ m}^2 = 5 \text{ olf}$$

Udeluft (by med lav forurening)

$$G_u = 0,1 \text{ dp} \times 17,09 \text{ l/s} = 0,1 \text{ dp} \times 0,1 \text{ (olf/(l/s))/dp} \times 17,09 \text{ l/s} = 0,17 \text{ olf}$$

Den samlede forurening i opholdsstuen bliver dermed:

$$G_c = 2 \text{ olf} + 5 \text{ olf} + 0,17 \text{ olf} = 7,17 \text{ olf}$$

For at sikre at PD < 20% må den oplevede luftkvalitet ikke overstige 1,4 decipol, hvilket kræver følgende luftskifte:

$$Q_c = 10 \frac{G_c}{C_{c,i} - C_{c,o}} \quad (\text{CR1752, 1998})$$

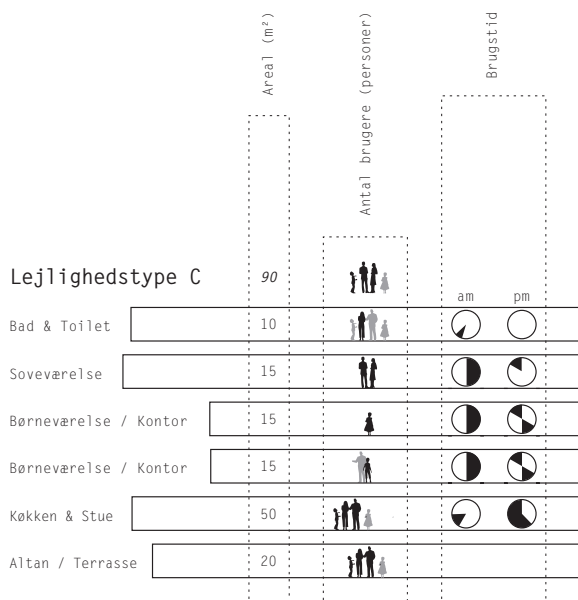
Hvor Q_c : nødvendig ventilationsmængde for komfort [l/s]
 G_c : oplevet forureningsmængde [olf]
 $C_{c,i}$: ønsket luftkvalitet i rummet [dp]
 $C_{c,o}$: udeluftens luftkvalitet [m³/h]

$$Q_c = 10 \frac{7,17 \text{ olf}}{1,4 \text{ dp} - 0,1 \text{ dp}} = \underline{\underline{55,15 \text{ l/s}}}$$

Luftskiftet baseret på olf-forurening er dermed:

$$n = \frac{55,15 \text{ l/s} \times 3600 \text{ s/h} \times 0,001 \text{ m}^3/\text{l}}{140 \text{ m}^3} = \frac{198,55 \text{ m}^3/\text{h}}{140 \text{ m}^3} = \underline{\underline{1,44 \text{ h}^{-1}}}$$

Eftersom det er det største af de tre luftskifter, der er det dimensionerende, er luftskiftet i opholdsstuen 1,44 h⁻¹.

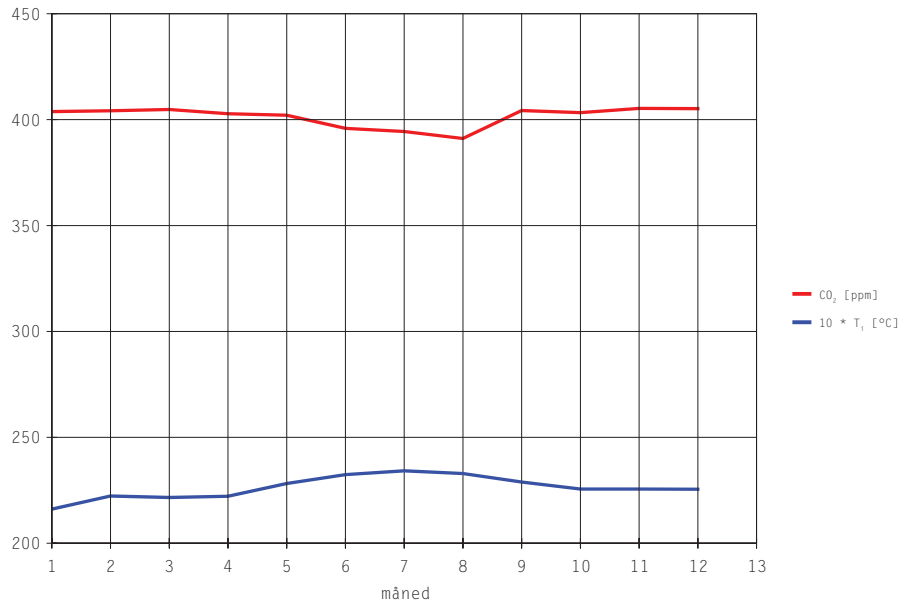


Lejlighedstype C

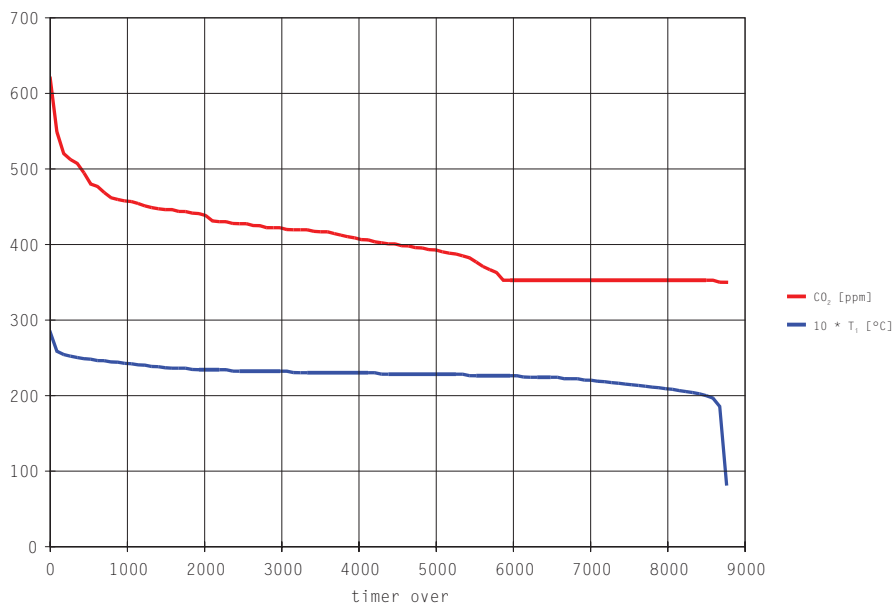
Rum	Area (m ²)	Rumhøjde (minimum) (m)	Volumen (m ³)	Personlast (personer)	Ønsket lysniveau (lux)	Beklædning (clo)		Operativ temperatur (°C)		Aktivitetsniveau (met)	Olf forurening (olf)	Luftstrøm (l/s)	Luftskifte (h ⁻¹)
						Sommer	Vinter	Sommer	Vinter				
Bad & Toilet	10	2,5	25	1-2	200	0,5	1,0	24	20	1,0	3,4	26	2,8
Soveværelse	20	2,5	50	2	200	0,5	1,0	24	20	1,0	3,2	26	1,4
Børneværelse / Kontor	20	2,5	50	1-2	200	0,5	1,0	24	20	1,5	3,2	26	1,4
Børneværelse / Kontor	15	2,5	37,5	1-2	200	0,5	1,0	24	20	1,5	2,6	20	1,7
Køkken & Stue	115	2,8	325	2-4	500	0,5	1,0	24	20	1,5	13,1	100	1,3
Hele boligen	180	2,5	450	3						1,2	22,1	170	1,2

BSIM

TYPE A 1 PERSON - ORIENTERET SYD/NORD

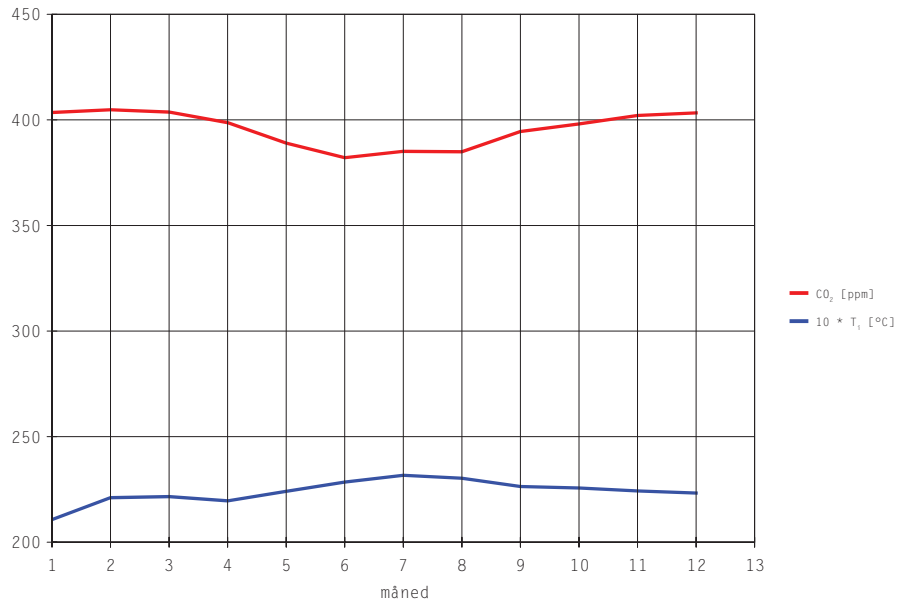


graf der viser variationen i middelværdier for CO₂ og temperaturer over et år

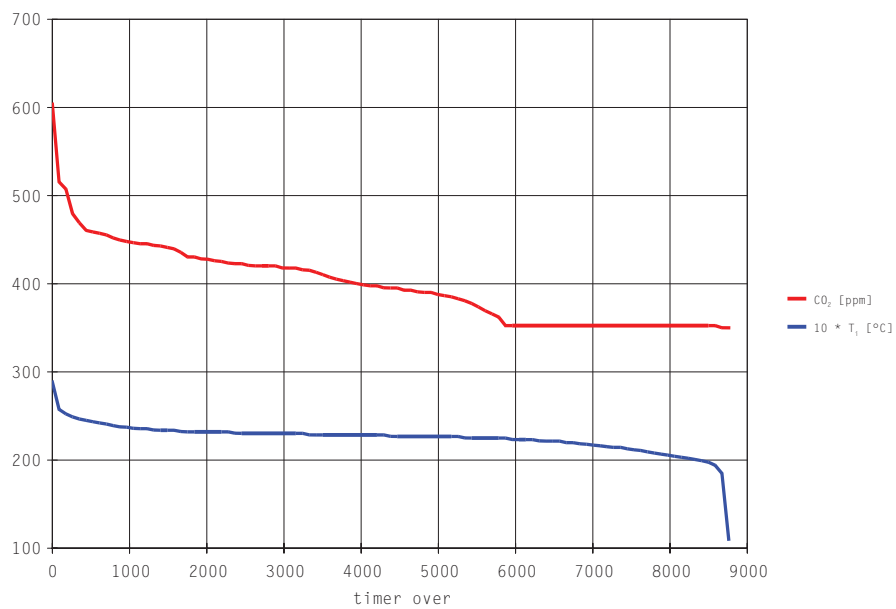


graf der viser antal timer over visse værdier for CO₂ og temperaturer over et år

TYPE A 2 PERSONER - ORIENTERET SYDVEST/NORDØST

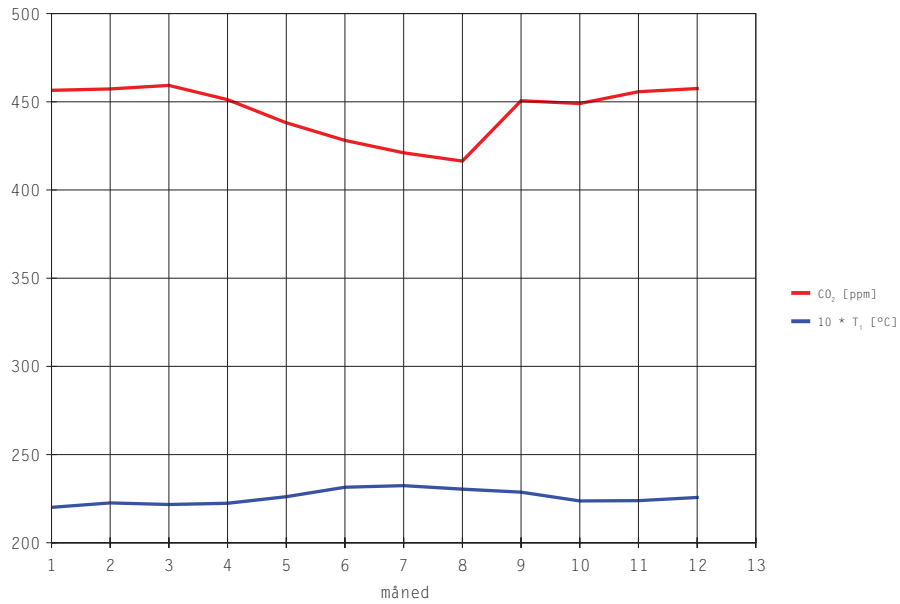


graf der viser variationen i middelværdier for CO₂ og temperaturer over et år

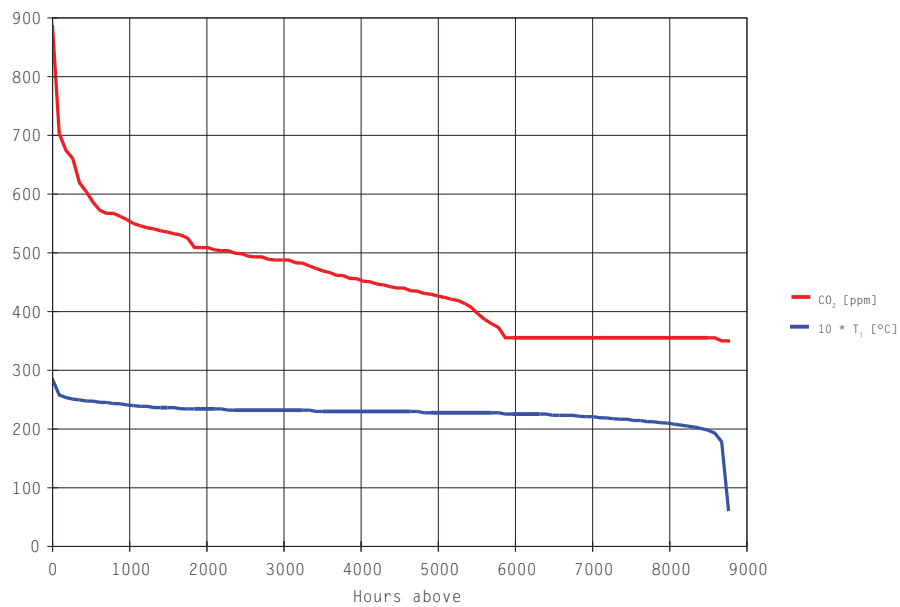


graf der viser antal timer over visse værdier for CO₂ og temperaturer over et år

TYPE A 2 PERSONER - ORIENTERET SYD/NORD

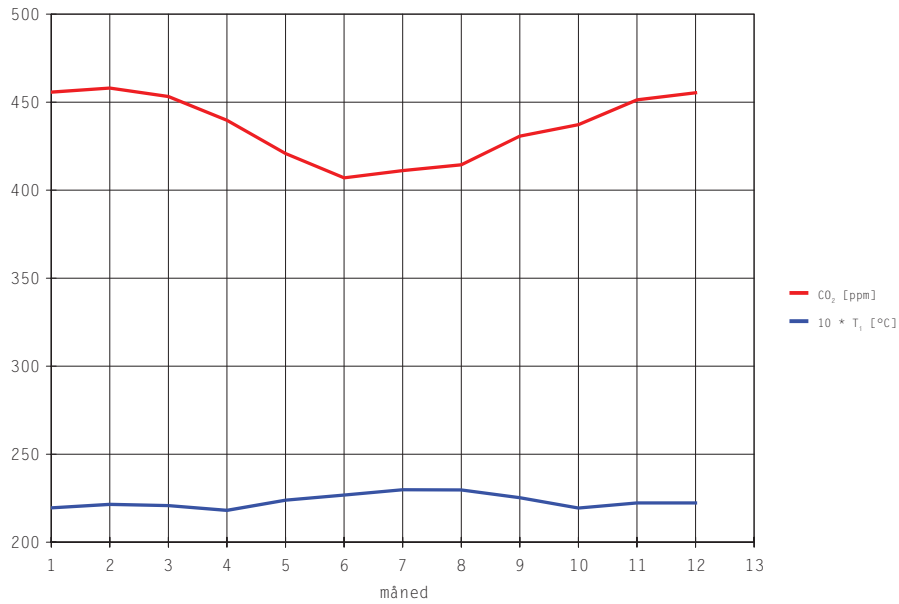


graf der viser variationen i middelværdier for CO₂ og temperaturer over et år

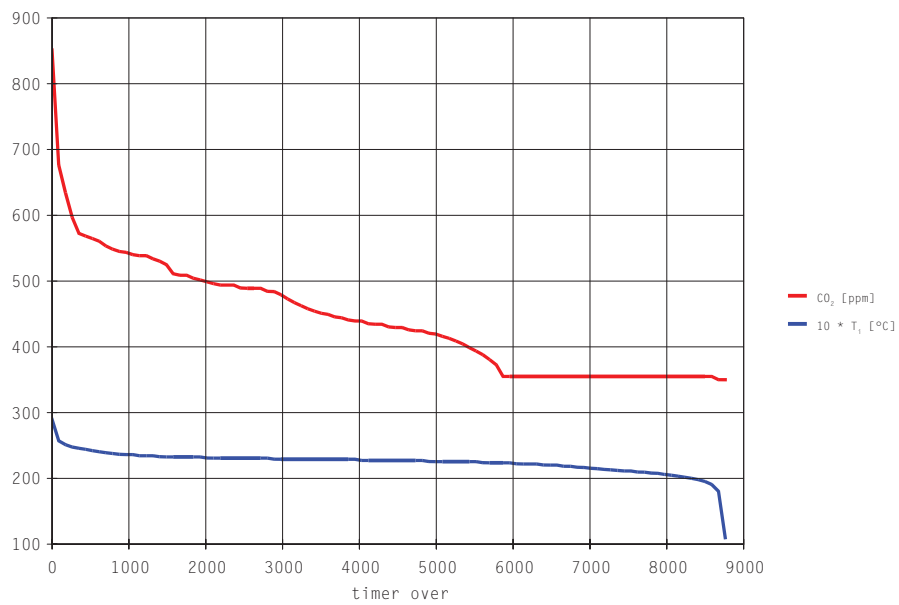


graf der viser antal timer over visse værdier for CO₂ og temperaturer over et år

TYPE A 2 PERSONER - ORIENTERET SYDVEST/NORDØST



graf der viser variationen i middelværdier for CO₂ og temperaturer over et år



graf der viser antal timer over visse værdier for CO₂ og temperaturer over et år