

VINDUER OG ENERGIFORBRUG

I det følgende vil vinduerne i bygningen bestemmes. De forskellige muligheder vil blive vurderet ud fra æstetiske overvejelser, beregning af energiforbruget, samt vurdering af dagslysniveauet i Dial Europe. På side 176-179, app. 2.7, kan beregningerne bag Dial Europe læses.

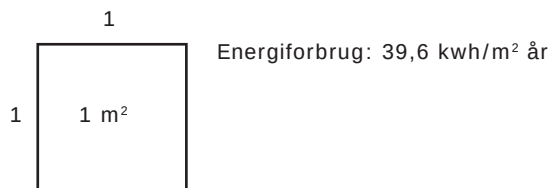
På side 42-43, blev det undersøgt hvilken form for vindue, der var fordelagtigt at vælge, når det omhandlede dagslys. Et højt siddende vindue, trækker dagslyset længere ind i rummet, mens et vindue i arbejdsøjden kan give et godt lys der er centreret i et punkt. Et andet aspekt der kan undersøges, er energiforbruget i forhold til vinduesudformningen.

Vinduesudformningen har stor betydning for energiforbruget. I følgende undersøgelse er en kvadratisk bygning undersøgt på 10x10x3 meter, med to identiske vinduer imod hvert verdenshjørne.

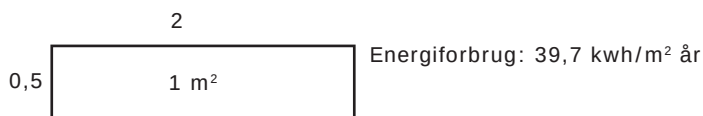
Vinduesarealet holdes konstant, men linietafet omkring vinduerne er variable, alt efter udformning af vinduet, for at se på hvor stor betydning linietafet har for energiforbruget. I beregningerne forudsættes det, at samlingerne opfylder passivhus kravende, så konstruktionen er "kuldebrosfri", hvilket vil sige, at der forekommer et meget lille varmetab i samlingerne, sammenlignet med traditionelle vinduer. Vinduesformerne der afprøves ses herunder (ill. 257).

Resultatet af undersøgelsen viser som forudset, at de kompakte vinduer er bedst, på samme måde som kompaktheden af en bygning er vigtig. Der er en lille forskel på energiforbruget med de forskellige typer vinduer (ill. 257). Har en bygning derfor mange vinduer, bliver energiforbruget væsentligt højere, hvis de "forkerte" vinduesudformninger vælges.

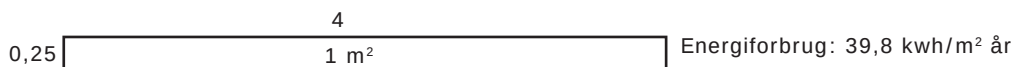
Vinduestype 1



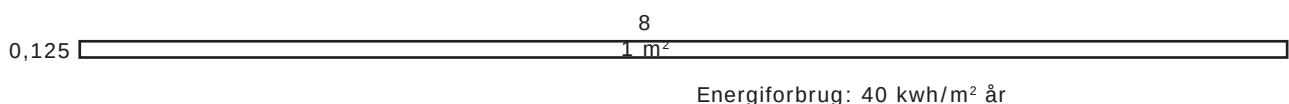
Vinduestype 1



Vinduestype 1



Vinduestype 1



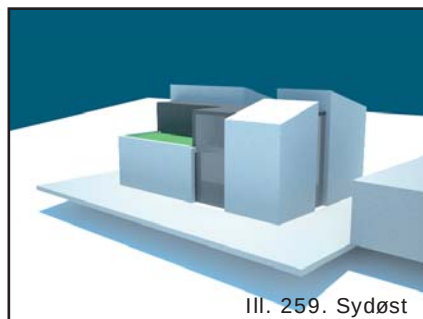
Andre aspekter der har indflydelse på energiforbruget er vist på ill. 258.

Det ses at der kan opnås en væsentlig besparelse i energiforbruget, ved at tage hensyn til U-værdier, bygningsformen, etagehøjden, vinduesarealer, ventilationsstrategi med mere.

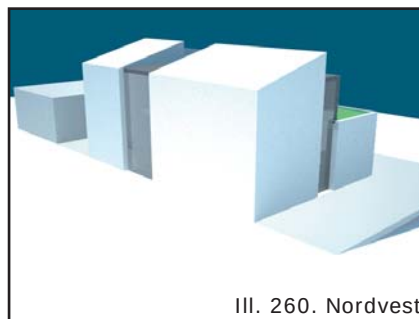
Konstruktion	U-værdi tag	-5	-3,7	-2,5	-1,2	0	1,4	2,6	4	5,2	%
		0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14		W/m² K
	U-værdi dæk	-4,1	-3,1	-2	-1	0	1,1	2,2	3,2	4,4	%
		0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15		W/m² K
	U-værdi ydervæg	-3,4	-2,5	-1,6	-0,7	0	0,9	1,7	2,6	3,5	%
		0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20		W/m² K
	Linietab fundament					0	1,0	2,1	3,1	4,1	%
						0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	W/m² K
Grundrids	Grundrids				-1,1	0	1,2	2,5	3,7		Type
					Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5		
	Loft til kip				-5,2	0	5,5				%
					Nej	halvdelen	Ja				Andel
Vinduer	Etagehøjde				0	2,0	4,0				%
					2,4	2,7	3,0				m
	Vinduesareal	-7,8	-5,7	-3,9	-2,0	0	2,0	4,2	6,2	10,3	%
		1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	%
	U-værdi vinduer	-11,6	-9,2	-6,8	-4,6	-2,2	0	2,4	4,7	7,2	%
		1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	W/m² K
	Glasandel				-2,1	0	6,6				%
					0,8	0,6	0,4				Andel
Vinduesorientering	Vinduesorientering				0	2,6	3,6	4,1			%
					45 % S	45 % V	45 % Ø	45 % N			Andel
	Afskygning				0	0,4	3,9				%
					Normal	Ingen	Meget				Andel
Ventilation	Glas transmittans				-2,6	0	3,0				%
					0,75	0,65	0,55				g-værdi
	Lufttæthed / Varmegenvinding (VGV)	-0,5	-2,5	0	15,8						%
		VGV+1,0 l/s	VGV+1,5 l/s	VGV+2,0 l/s	Ingen						VGV
Systemer	Varmekapacitet	0,9	0	2,0	9,3						%
		160	120	80	40						Kapacitet
	Gulvvarme	-5,1	-3,9	0							%
		0	25	100							% etageareal
Systemer	Varmesystem	-6,8	0								%
		Fjernvarme	Kedel								Forsyning
	Supplerende solvarme	-9,3	0								%
		Ja	Nej								Solvarme
	Supplerende varmepumpe	-1,6	0								%
		Ja	Nej								Varmepumpe
Systemer	Supplerende solceller	-6,0	0								%
		Ja	Nej								Solceller
	Mekanisk køling	0	4,0								%
		Nej	Ja								Køling

III. 258.

VINDUESPLACERING



III. 259. Sydøst



III. 260. Nordvest

Der er i følgende lavet forsøg med forskellige vindues udformninger på boligen, for at bestemme hvor mange og hvor meget vinduesareal boligen skal have. III. 259 og ill. 260 viser det udvendige udyk af bygningen i dette forsøg og ill. 261 viser resultaterne fra Dial Europe.

Formen skal til beregningerne i Dial Europe simplificeres til en boks. Simuleringen af dagslyset i boligen er derfor en sammensætning af flere forskellige resultater, for at opnå det mest korrekte resultat.

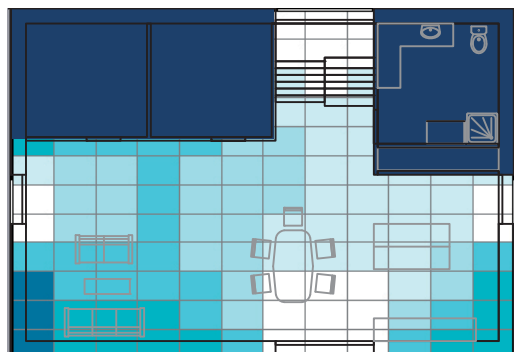
Energiforbruget er herefter beregnet i Be06, for at få en overslagsberegning på energiforbruget, med de forskellige vinduestyper.

Bygningen er først undersøgt med vinduer udelukkene i krydset af bygningen, imod henholdsvis nord, syd, øst og vest (ill. 259 - ill. 260).

Energiforbruget ved beregning i Be06 ligger på $47,7 \text{ kwh/m}^2 \text{ år}$, hvilket er en forbedring i forhold til bygningen uden vinduer, som ligger på $52,1 \text{ kwh/m}^2 \text{ år}$.

Dette skyldes det varmetilskud der forekommer gennem vinduerne og at varmetilskudet er større end varmetabet gennem vinduerne. På følgende sider forekommer en række forskellige forsøg, som vurderes ud fra æstetiske overvejelser, energiforbruget og ud fra dagslysniveauet i boligen. Dagslysniveauet skal opfylde de krav, beskrevet i diagrammet s. 50-51.

Desuden er udsigtsforholdene og brugen af de indre rum overvejet ved hvert vinduesforsøg. I beregningerne er det dobbelsthøje rum fra side 100 medregnet.



Bygningens energiforbrug er:

$47,7 \text{ kwh/m}^2 \text{ år}$ (varme: $35,6 \text{ kwh/m}^2 \text{ år}$)

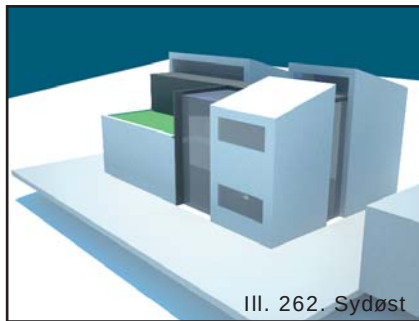
Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.

Med denne placering af vinduerne, forekommer der ikke noget lys i nogle af de lukkede rum i boligen. I forhold til de sociale rum, så forekommer der et meget højt dagslysniveau omkring vinduet. Dagslysniveauet spænder fra 300 Lux til næsten 1000 Lux, hvilket er ret meget. Der skal derfor arbejdes videre med mindre vinduer i krydset, evt. imod nord, øst og vest, for på samme tid at optimere på energiforbruget. Desuden skal der arbejdes med vinduesarealer i de mere lukkede rum, samt eventuel i køkken og opholdszonen, så der også sikres udsigt fra disse rum.

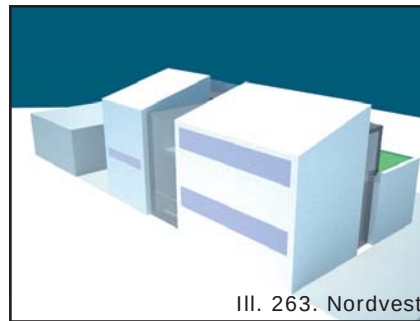
III. 261. 1:200 stueplan

Dagslysfaktor

< 1%	> 1%	> 2%	> 3%	> 5%	> 7.5%	> 10%
------	------	------	------	------	--------	-------



III. 262. Sydøst



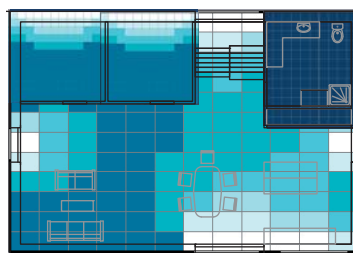
III. 263. Nordvest

Et forsøg med placering af vinduer i de lukkede rum er udformet som vinduesbånd. Da lange smalle vinduer er bedre end høje smalle vinduer, når der tales dagslys (se s. 116), er disse afprøvet for at se hvordan de æstetisk tager sig ud på facaden. Energimæssigt er denne ringere end bygningen uden vinduer, og badeværelset i stueplanen får ikke tilstrækkeligt dagslys. Desuden virker vinduesbåndene dominerende i facadeudtrykket og fungerer ikke sammen med resten af bygningens udtryk. De får nærmest et udtryk af kontorbyggeri.

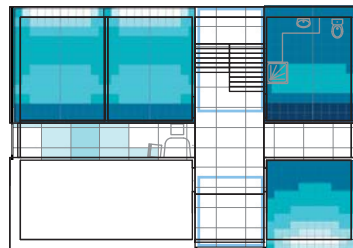
Der er desuden lavet vinduer i tagfladen i krydset, som viser at energiforbruget stiger, da der skal anvendes energi til køling af bygningen. Tagvinduerne forårsager overophedning i boligen om sommeren, hvis der ikke anvendes solafskærmning og er derfor ikke optimale.

56,1 kwh/m² år (varme: 30,1 kwh/m² år)

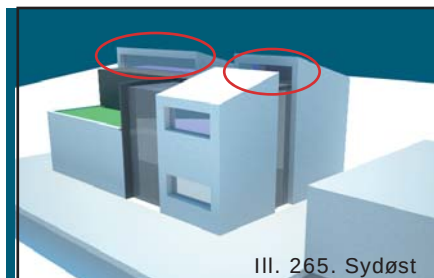
Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.



III. xxx. stueplan



III. 264. 1. sal



III. 265. Sydøst



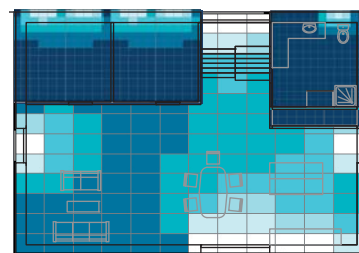
III. 266. Nordvest

Vinduesbåndene brydes imod nord og istedet laves traditionelle kvadratiske vinduer. Dette hjælper i forhold til energiforbruget, og forringer ikke dagslysniveauet, men æstetisk fungerer disse vinduer stadig ikke i facaden. Der er desuden udformet vinduesarealer imod syd under taget, på de nordligste beliggende værelser (se markering på ill. 265). Dette giver et godt dagslys i værelserne på 1. sal, da lyset kommer fra to retninger i rummet. Desuden er det godt med et større vinduesareal imod syd, da der tilføres ekstra passiv varme til de bagvedliggende rum.

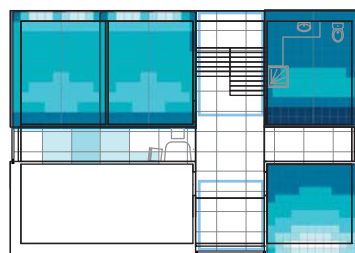
53,9 kwh/m² år (varme: 34,1 kwh/m² år)

Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.

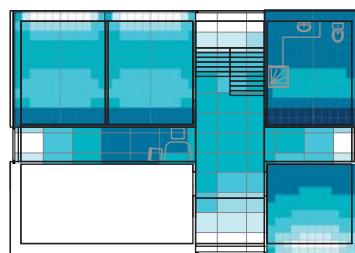
Fjernes tagvinduerne i krydset, bringes energiforbruget ned på 45,3 kwh/m² år, og dagslysniveauet på 1. sal nedbringes til et mere passende niveau (ill. 269).



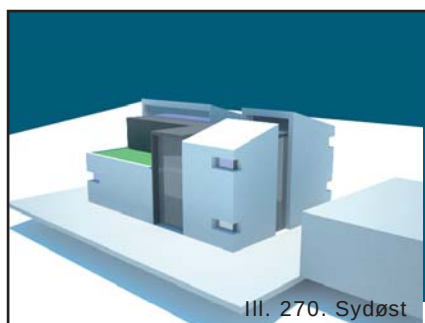
III. 267. stueplan



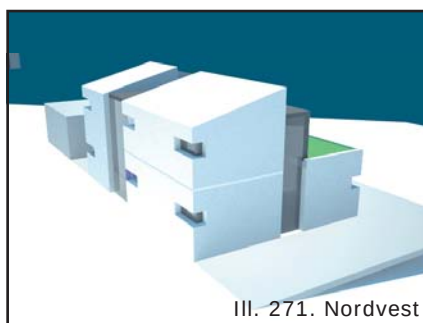
III. 268. 1. sal



III. 269. 1. sal



III. 270. Sydøst

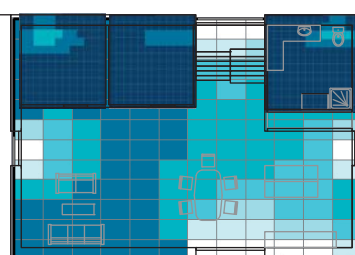


III. 271. Nordvest

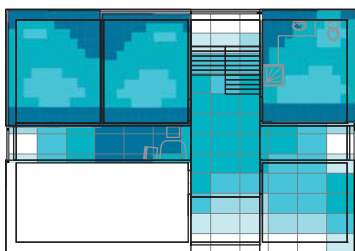
Istedet for vinduesbånd, placeres vinduerne nu i bygningens hjørner, og gøres smallere, hvilket giver et forbedret udtryk af boligen, da vinduerne ikke bliver så dominerende. Dagslyset i de lukkede rum forringes dog, og lever ikke op til de krav der stilles til rummene i stueplan. På 1. sal kommer der tilstrækkeligt med dagslys ind i boligen. Der kan desuden eventuelt arbejdes med at trække dagslys ind fra bygningens opholdsrum, da der her forekommer et højt dagslysniveau.

46,2 kwh/m² år (varme: 34,1 kwh/m² år)

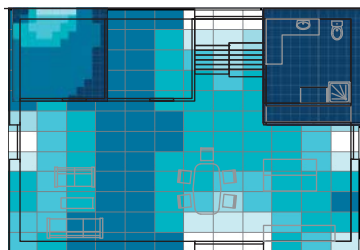
Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.



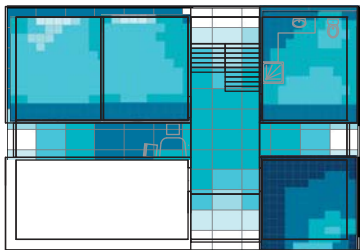
III. 272. stueplan



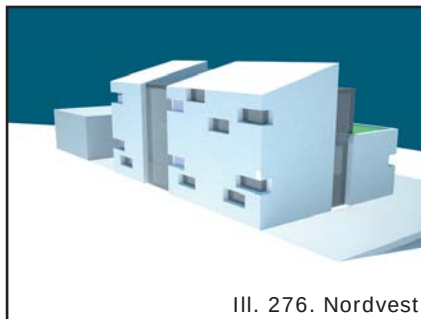
III. 273. 1. sal



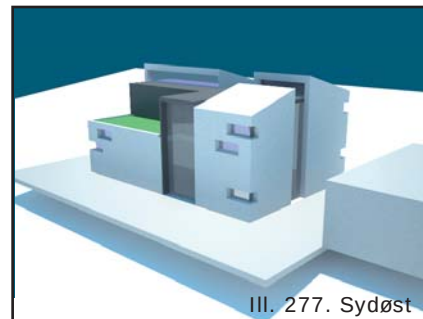
III. 274. stueplan



III. 275. 1. sal



III. 276. Nordvest

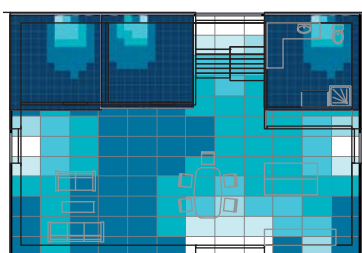


III. 277. Sydøst

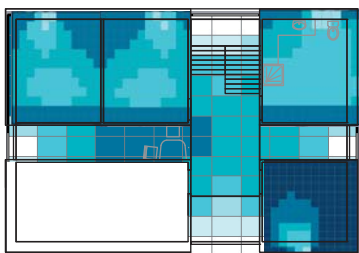
Der er herefter arbejdet med mere tilfældige placeringer, af samme størrelse vinduer, som den forrige, for at bryde bygningens stramme form. Dog virker nordfacaden lidt rodet og vinduesarealet imod nord, i forhold til energiforbruget bliver lidt for stort, men der ses gode muligheder for en videreudvikling med disse vinduer.

46,5 kwh/m² år (varme: 34,4 kwh/m² år)

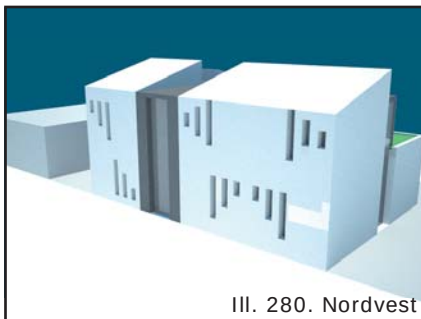
Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.



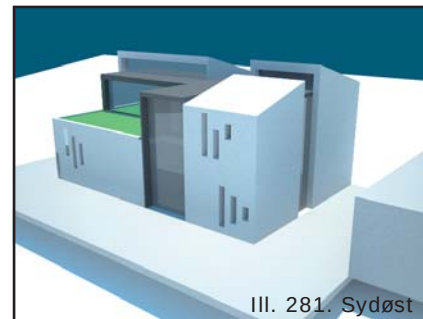
III. 278. stueplan



III. 279. 1. sal



III. 280. Nordvest

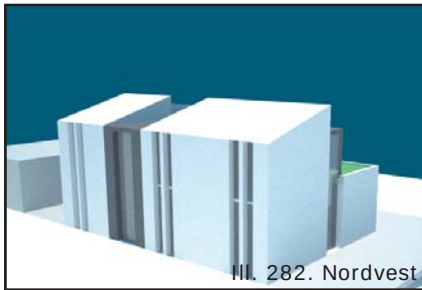


III. 281. Sydøst

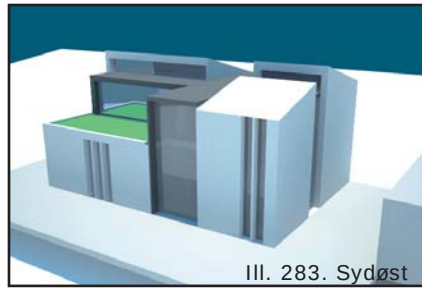
For at undersøge udtryksmuligheder med bygningen, uden umiddelbart at tænke på de bedste vinduesformer i forhold til energiforbrug, er bygningens vinduer gjort mindre, i form af høje smalle vinduer, for at se hvordan dette virker på facaden. Som forventet er dagslysniveauet ikke imponerende inde i boligen, da der ikke kommer meget dagslys ind af vertikale vinduer. Facaden kunne blive spændende med disse vinduer, men der skal placeres mange, for at tilføre den ønskede dagslys, og dermed bliver energiforbruget uacceptabelt, i forbindelse med de store linietab der forekommer. Desuden vil udsigten til omgivelserne blive i små glimt og med vertikal retning, hvilket ikke ønskes for rummene.

43,3 kwh/m² år (varme: 31,2 kwh/m² år)

Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.



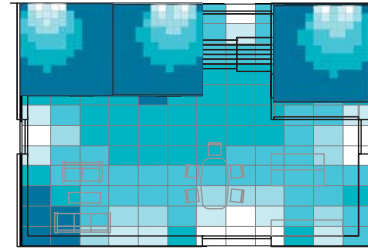
III. 282. Nordvest



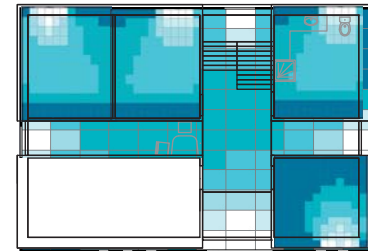
III. 283. Sydøst

Herefter er der arbejdet med forskellige muligheder med høje vinduer, for at understreje de vertikale linier der forekommer i krydset af bygningen, samt i skoven omkring bygningen. Dette giver et spændende udtryk af bygningen, men hvis man forestiller sig hvordan omgivelserne vil opleves inde fra rummene, er horisontale vinduer mere interessante, da man i forvejen oplever skoven vertikalt fra bygningens kryds. Desuden kan der igen argumenteres for at horisontale vinduer er bedst i forhold til energiforbruget og dagslyset i boligen.

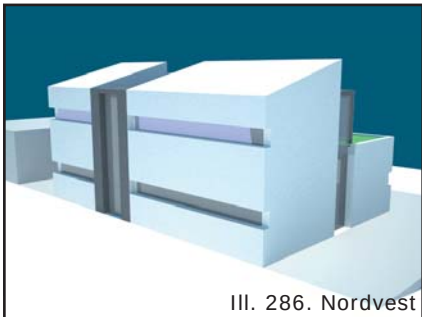
42,9 kwh/m² år (varme: 30,8 kwh/m² år)
Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.



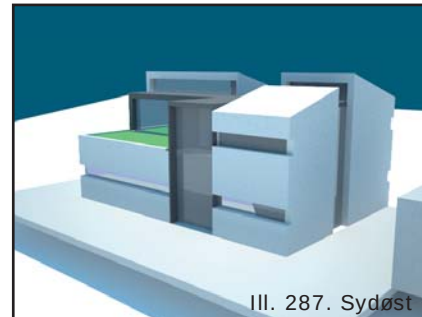
III. 284. Stueplan



III. 285. 1. Sal



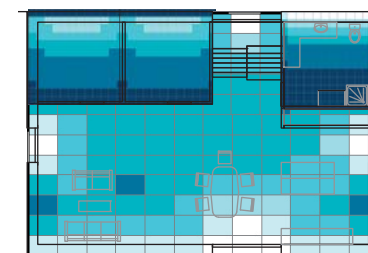
III. 286. Nordvest



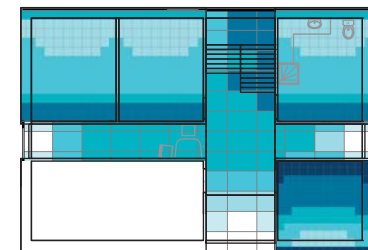
III. 287. Sydøst

Der er derfor arbejdet med, virkeligt at understreje de horisontale linier, og give beboerne et panorama udsyn til omgivelserne. Dette virker lidt monotomt i facaden, men kan også virke spændende, da vinduerne deler bygningens massive volumner op i mindre dele, ved at skære hele vejen igennem bygningen. Dog forsvinder historien med bygningsvolumnerne lidt. Der vil være en bred udsigt til omgivelserne, hvilket medføre at de mere intime områder i boligen forsvinder.

44,6 kwh/m² år (varme: 32,5 kwh/m² år)
Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.



III. 288. Stueplan

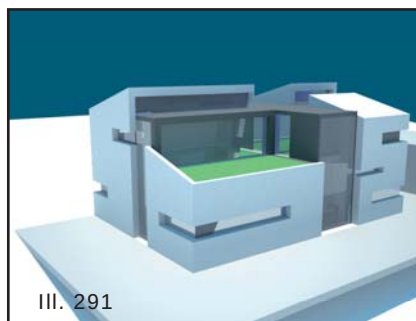
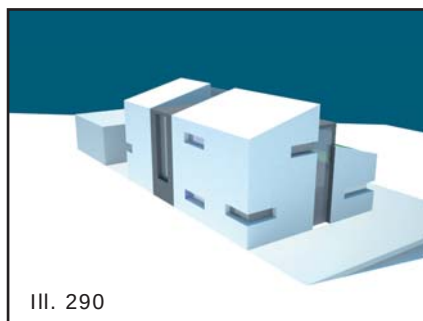


III. 289. 1. Sal

ENDELIG PLACERING AF VINDUER

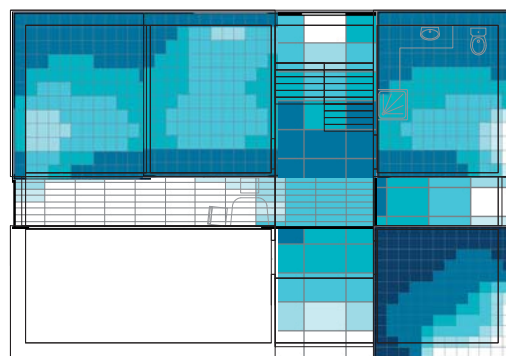
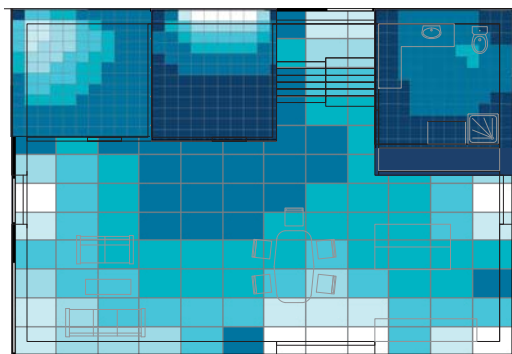
Der er arbejdet videre med ill. 276-277, da denne havde muligheder for at skabe et spændende udtryk på bygningen. Der er udarbejdet et stort antal af muligheder, specielt for at få nordfacaden til at fungere. Det vurderes dog at nordfacadens udtryk, er mindre vigtig end sydfacaden, da skovens høje beplantning, kommer helt tæt på nordfacaden og bliver dermed mindre synlig i området.

Den foreløbige vinduesplacering ses på ill. 290 - ill. 291, med mulighed for mindre ændringer, når det endelige energiforbrug skal beregnes.



42,7 kwh/m² år (varme: 31,2 kwh/m² år)

Bygningen overholder Lavenergiklasse 2 i Bygningsreglementet.



UDERUM

Karakteren af uderummene på taget af opholdsrummet, er en vigtig del af bygningsudtrykket. På taget af opholdsrummet, er der udformet et grønt tag, som fungerer som privat udeareal for beboerne. Uderummet skal sikres, med en form for afskærmning. Der er derfor lavet forskellige forsøg med udformningen af denne afskærmning, et udsnit er på side 125 vist.

III. 294 - ill. 295

Hældningen på halvmuren imod vest, på tagterrassen er 15 grader, så den har samme hældning som taget på bygningens 4 volumner. Visuelt ser afskærmningen på terrassen ud til at være et volumen der er skudt op af det lukkede volumen, på samme måde, som krydset adskiller sig fra de lukkede volumner. Det er derfor synligt at der forekommer en anden funktion i form af et udeareal på dette område.

III. 296 - ill. 297

Facaden imod vest er fortsat, så den danner en større læmur end ved nr. 1. Ses facaden direkte fra vest, virker dette harmonisk på bygningen, da facaden får samme karakter, som fra øst. Ses bygningen fra en skæv vinkel, som på ill. 297, virker udformningen ikke længere harmonisk, da der bliver et underligt hjørne, hvor væggen møder gelænderet (se rød cirkel).

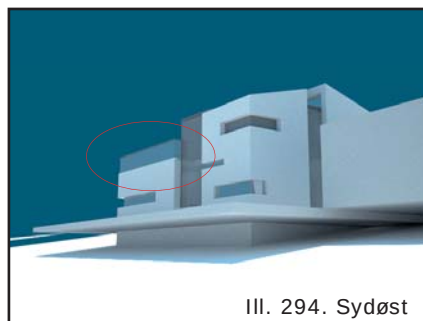
III. 298 - ill. 299

Facaden er fortsat op, både imod vest og imod syd, så der dannes et mere lukket uderum på taget. Når man sidder ned, vil man ikke kunne ses fra området og man vil have udsigt til trætoppe og himlen, men står man op, vil man kunne se ud over området. Dermed bliver uderummet meget privat.

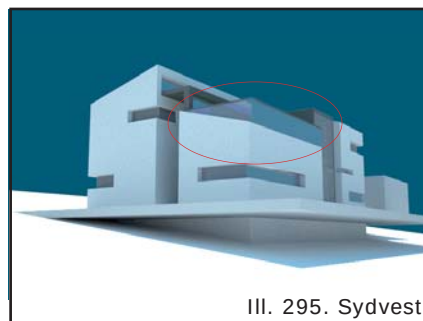
III. 300 - ill. 301

facaden slutter og danner et visuelt fladt tag, hvorefter gelænderet danner et bånd omkring uderummet. Uderummet bliver på denne måde mindre privat.

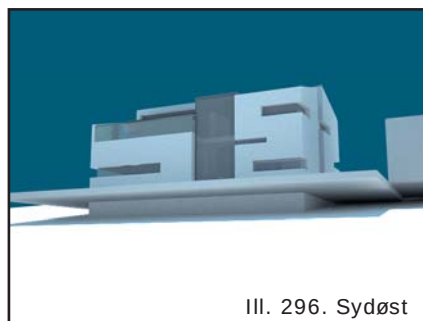
Det er valgt at arbejde videre med ill. 294-295, da denne skaber et spændende udseende på bygningen. Udearealet forekommer i forvejen ret privat, da man i øjenhøjde på sydsiden af bygningen, vil være langt nede i forhold til terrassen (ill. 302).



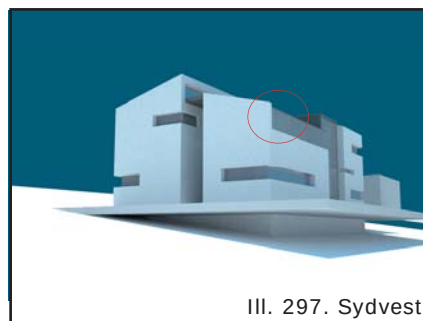
III. 294. Sydøst



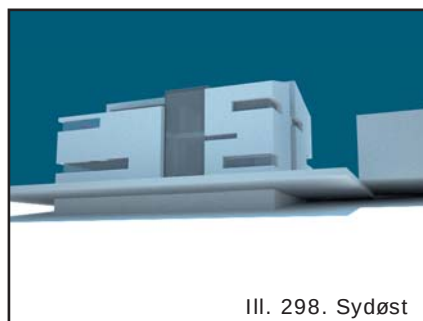
III. 295. Sydvest



III. 296. Sydøst



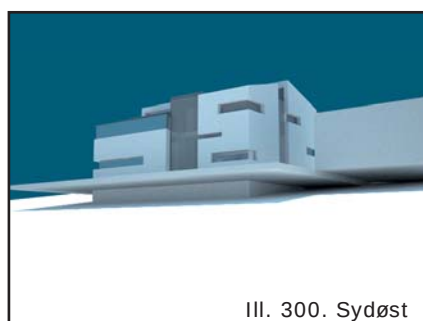
III. 297. Sydvest



III. 298. Sydøst



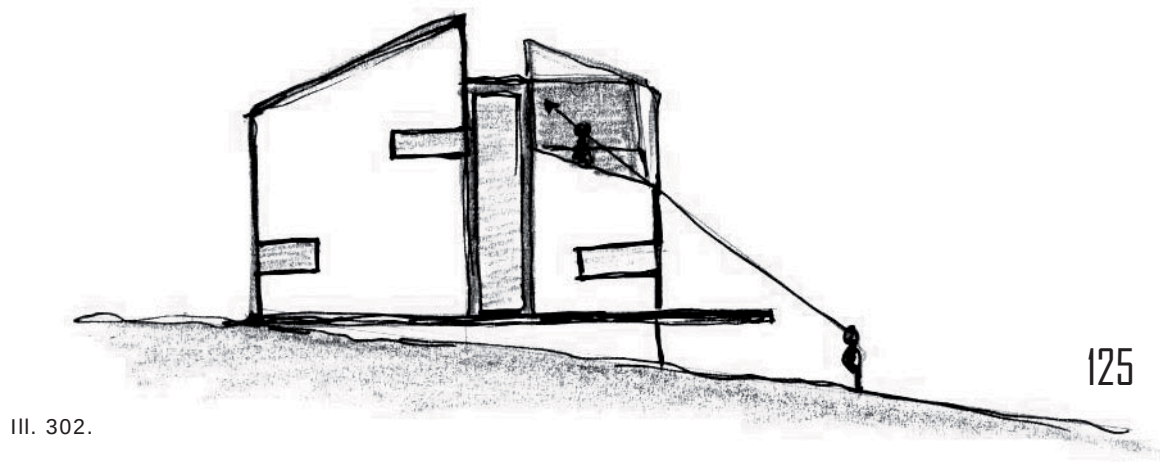
III. 299. Sydvest



III. 300. Sydøst

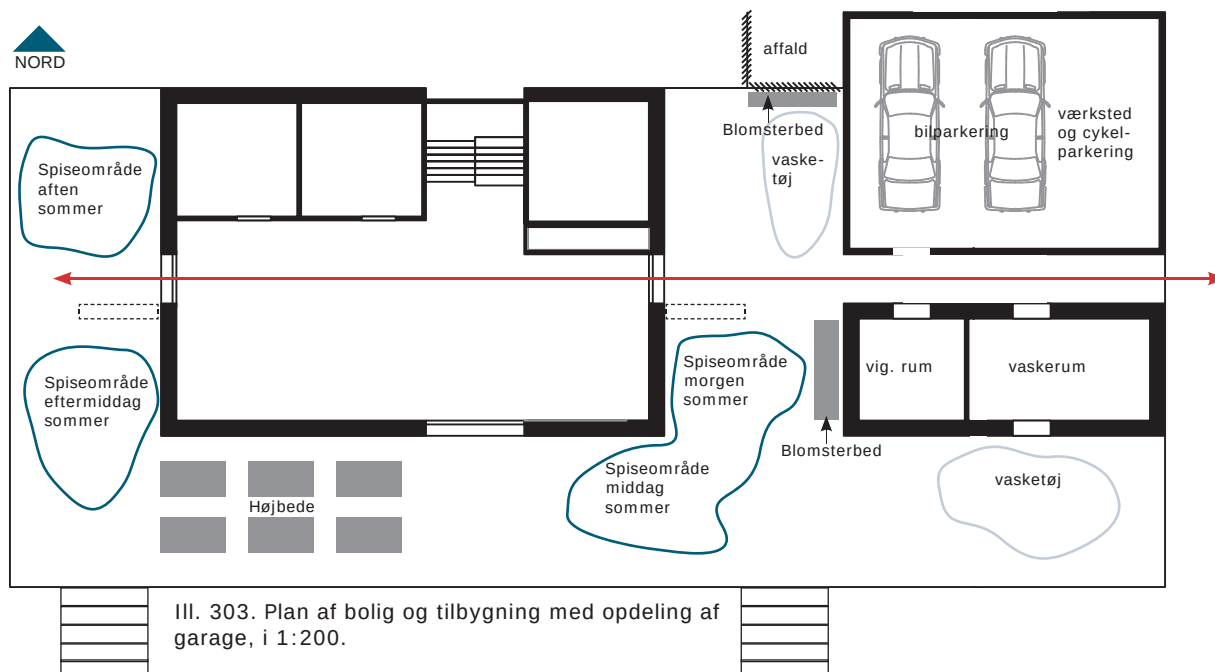


III. 301. Sydvest



III. 302.

Der er desuden arbejdet med uderummet i stueplan. Udearealet er indrettet, så der dannes rum i uderummet. Reposet er rektangulært og følger formen på bygningen, så der tydeligt afgrænses mellem det offentlige og det private uderum. På reposet er der som nævnt arbejdet med forskellige typer af rumdannelse, alt efter hvilken funktion eller aktivitet der skal forekomme (ill. 303).



Desuden er der arbejdet med et gelænder på reposet, samt nedgang til det offentlige uderum. Der er arbejdet med både 1 og 2 nedgange, da der forekommer to områder på reposet, hvor man primært opholder sig. Desuden er det overvejet om der overhovedet skal være en nedgang til området. Der er arbejdet med forskellige typer af gelænder. Påsatte gelænderer med en anden karakter, og gelænderer der er en fortsættelse af platouet.

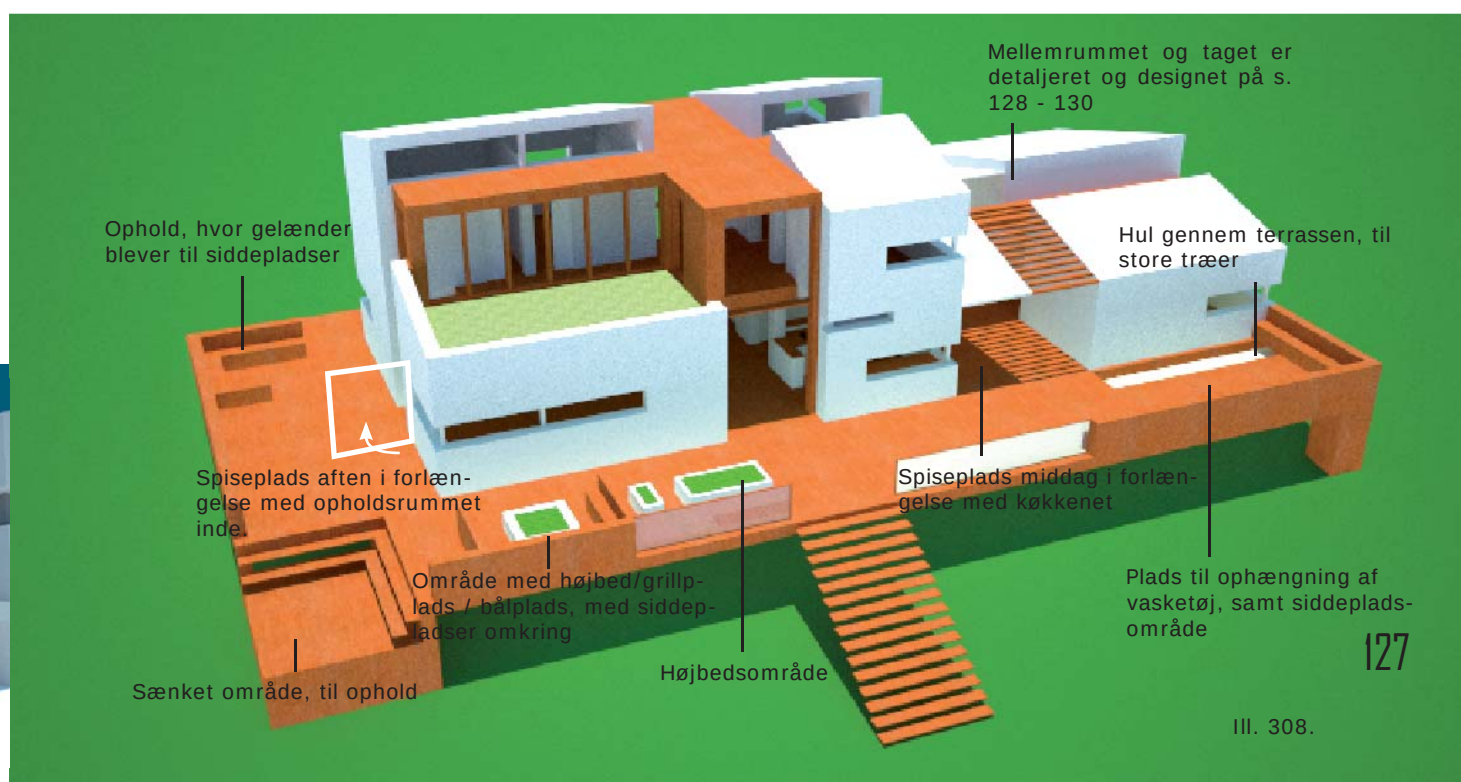


ENDELIG UDFORMNING AF UDEAREALET

Den endelige udformning af udearealet i stueplan, ser ud som på ill. 307 - ill. 308. For at opnå det rektangulære fodaftryk af bygningen, er repositet omkring bygningen trukket med tilbage, så den flugter med parkeringsbygningen. På denne måde opnås mulighed for bevægelse hele vejen omkring boligen. Gelænderet er udformet som en forlængelse af repositet, der bevæger sig op, og bliver til områder, hvor man kan sidde.



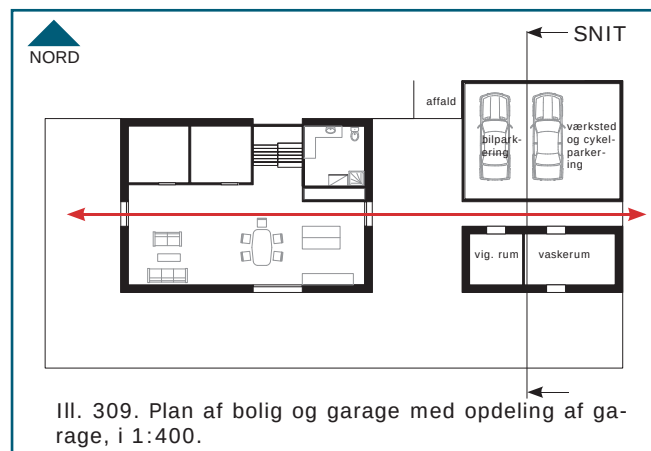
Ill. 307.
1:200



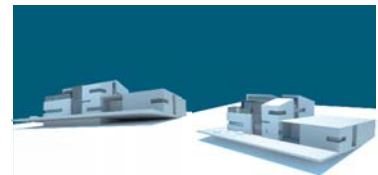
Ill. 308.

GARAGENS MØDE MED BOLIGEN

Følgende undersøgelse går på at bestemme garagens møde med bygningen. I de første 4 muligheder, er garagen opdelt i to dele, så der skabes et mellemrum, mellem parkeringsarealet og vaskerum / vigtualierummet. Mellemrummet har til formål at skabe et kig til naturen på østsiden af bygningen (se rød pil på ill. 309). Adgangen til vigtualierummet og vaskerummet forekommer i dette mellemrum (se side 130 for detaljeret beskrivelse af funktionerne heri). Parkeringsarealet, vigtualierummet og vaskerummet vil i følgende samlet blive betegnet som tilbygningen.



III. 310. Facade og snit 1:400. Med fladt tag på tilbygningen, bliver denne del meget neutral og traditionel.



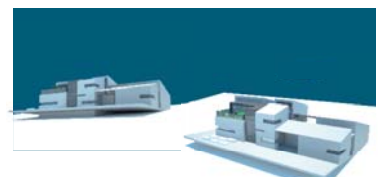
III. 311. Facade og snit 1:400. Tilbygningens tag har samme hældning som på boligen, blot modsatrettede. Dette giver et spændende udtryk fra østsiden, men en stor facade imod syd.

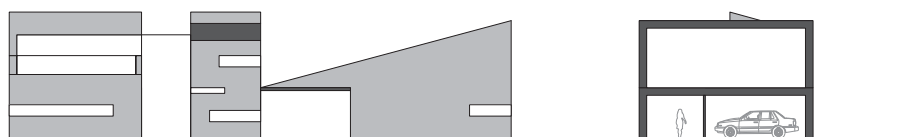
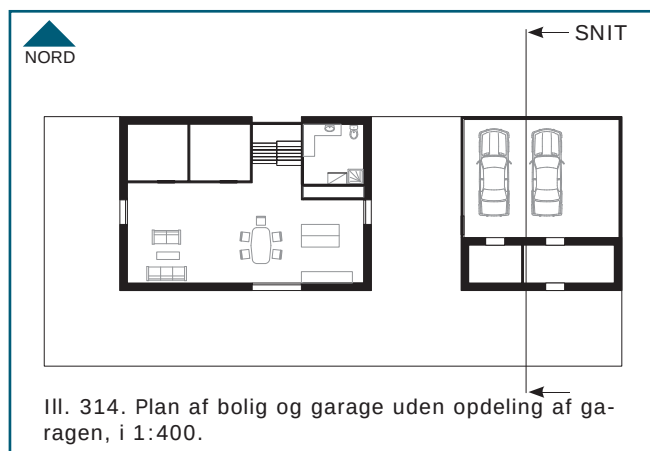


III. 312. Facade og snit 1:400. Taget på facaden imod syd er vendt, så facaden på tilbygningen imod syd bliver mindre, hvilket gør at taget på tilbygningen fra syd bliver lidt mere synlig.

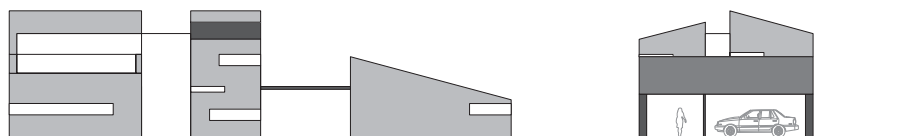


III. 313. Facade og snit 1:400. Her er taget, på tilbygningen imod nord vendt, så taget på tilbygningen svarer til taget på boligen, hvilket giver et roligt udtryk fra øst.





III. 315. Facade og snit 1:400. Istedet for at have tilbygningens tag, til at hælde nord-syd, er der lavet forsøg med at hælde taget øst-vest. Med denne mulighed, kommer tilbygningen til at virke meget dominerende, og kommer op på højde med boligen.



III. 316. Facade og snit 1:400. Heller ikke hvis taget hældende den anden vej, giver dette noget godt til bygningens udtryk.



III. 317. Facade og snit 1:400. Denne mulighed har de samme egenskaber, som ill. 310.



III. 318. Facade og snit 1:400. Der er desuden forsøgt forskellige andre muligheder, som er mere traditionelle, men dette medvirker heller ikke positivt til bygningens æstetiske udtryk.



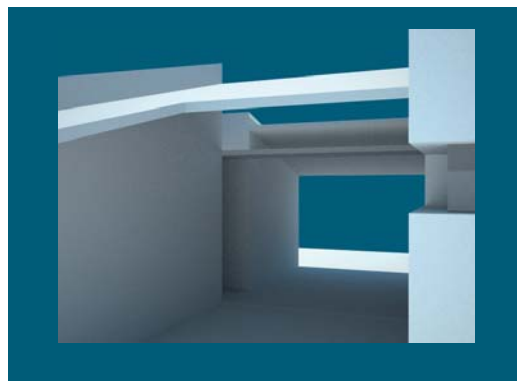
III. 319. Facade og snit 1:400. På samme måde, som ill. 318, passer denne heller ikke til boligens udtryk.



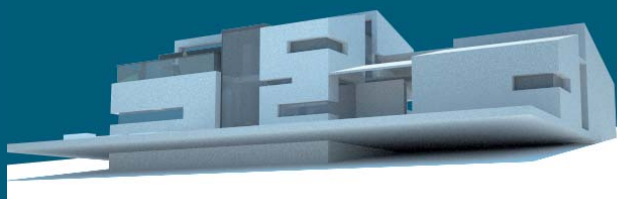
III. 313 virker umiddelbart som den mulighed, der har de bedste æstetiske egenskaber, når der ses på tilbygningen i forhold til boligen. Den har et roligt udtryk og der er sammenhæng i bolig og tilbygning, med den samme taghældning. Dog virker tagets forlængelse, som det på ill. 313 rammer boligen, ikke helt da taget på tilbygningen kommer til at virke meget stor. Derfor vælges ill. 313, med mellemrum mellem funktionerne i tilbygningen til viderebearbejdning. Mellemrummet vælges, for at opløse den ellers lange massive flade der opstår ind mod tilbygningen fra mellemrummet, samt for at skabe et kig gennem til skoven.

Hvis taget mellem tilbygningen og boligen rykkes længere ned på facaden (ill. 320 - 322), virker taget ikke længere så dominerende, da denne ikke er sammenhængende med tilbygningens tag.

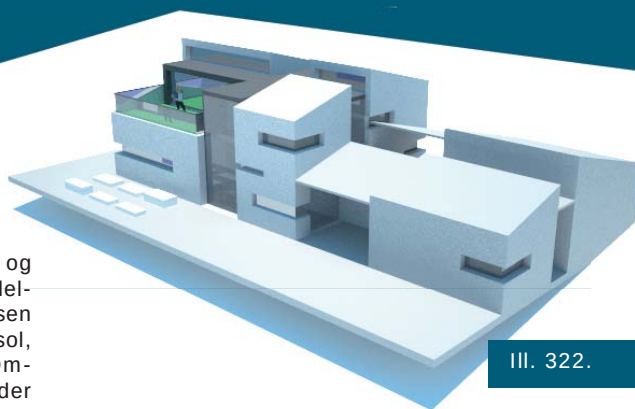
Hvis taget derudover ikke rammer hinanden (ill. 320), vil der stadig kunne komme dagslys og på tidspunkter sollys, så mellemrummet på denne måde gøres mere attraktivt.



III. 320. Mellemrummet set fra nord.



III. 321.

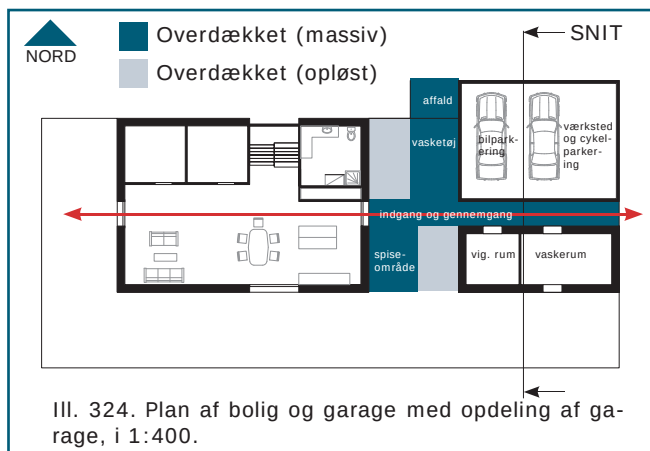


III. 322.

I forhold til brugen af uderummet mellem boligen og tilbygningen, er tagene udformet delvist massivt og delvist åbent (ill. 323 - ill. 324), så der fås fornemmelsen af at have et tag, men så der stadig kan komme sol, lys og i perioder regn ned imellem bygningerne. Områderne der er massive, er udformet på steder, hvor der forekommer funktioner eller aktiviteter, hvor der kunne være behov for ly for eksempelvis regnen. Dette er ved spiseareal, bevægelse mellem bolig og vaskerum / vidualierummet, samt på et område, hvor man kunne hænge vasketøj op, når vejrforholdene ikke tillader det helt i det fri.



III. 323.



III. 325.



III. 326.



III. 327.

ENDELIG UDFORMNING AF GARAGEN

Parkeringsarealet har været udformet med plads til værksted, men på denne måde, bliver parkeringsbygningen meget stor og virker voldsom i dimensionerne i forhold til boligen. Derfor er værkstedsområdet fjernet og både parkeringsområdet og vaskerummet er gjort mindre.



Ved at placere vigtualierummet i tilbygningen, opnås et rum med en lavere temperatur end i boligen. Rummet kan derfor med fordel anvendes til opbevaring af madvare og eventuel til placeringen af en fryser. Rummet er udformet med isolering, så rummet er frostfrit og udelukker derfor også delvist varmen om sommeren. Den ligger i tæt afstand til boligens køkken, med et overdækket areal, så det er muligt at bevæge sig tørskoet mellem boligen og vigtualierummet.

Vaskerummet er placeret på den østlige side af vigtualierummet. Denne er også udformet frostfrit, men uden varmeinstallation, da den ellers ville tælle med i etagearealet i beregningerne af energiforbruget.

ENERGIFORBRUG

Ved beregning af energiforbruget for bygningen, beregnes på forskellige scenarier, da bygningens foranderlighed i form af de oplukkelige porte, samt en eventuel solafskærmning på bygningen kan ændre sig i forhold til årstiden. Beregningerne der udføres, er beregninger med både åbne (ill. 329) og lukket porte (ill. 330) imod både øst og vest, samt med solafskærmning (ill. 331) og uden solafskærmning (ill. 332). Dette gøres for at undersøge hvilke resultater der er bedst i forhold til energiforbruget. På denne måde findes også frem til, hvilke tidspunkter på året, hvor det er bedst at have porten åben og lukket, samt i hvilke perioder det er fordelagtigt at anvende solafskærmning på bygningen.



Ill. 329.
Åben port imod øst.



Ill. 330.
Lukket port imod øst.



Ill. 331.
Med solafskærmning.



Ill. 332.
Uden solafskærmning.

Overophedning af bygningen forekommer

BEREGNING	JANUAR	FEBRUAR	MARTS	APRIL	MAJ	JUNI	JULI	AUGUST	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DECEMBER	SAMLET ENERGIFORBRUG [kwh/m ² år]
Med solafskærmning om sommeren og åben port	5,2	2,9	2,2	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0	2,2	5,5	32,3
Uden solafskærmning og åben port	5,2	2,9	2,2	2,1	2,1	5,1	7,2	5,6	2,0	2,0	2,2	5,5	44,4
Med solafskærmning om sommeren og lukket port	5,2	2,9	2,2	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	2,0	2,2	5,5	32,1
Med solafskærmning hele året og lukket port	7,0	4,6	3,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	1,9	3,6	6,5	38,8
Uden solafskærmning og lukket port	5,2	2,9	2,2	2,1	2,1	4,3	6,8	5,2	2,0	2,0	2,2	5,5	42,4
Bedste resultat	5,2	2,9	2,2	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	1,9	2,2	5,5	32
Beskrivelse	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og lukket porte.	Med solafskærmning og lukket porte.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	

Ill. 333. Beregning af energiforbruget i forhold til åbne og lukkede porte, samt med og uden solafskærmning. Beregningerne er med mekanisk ventilation om vinteren og naturlig ventilation om sommeren.

Uden solafskærmning vil der forekomme overophedning i juni, juli og august måned, der skal derfor bruges ekstra energi i disse måneder, til at fjerne denne overophedning, hvis der ikke anvendes solafskærmning. For optimal udnyttelse af bygningen skal nedenstående overholdes.

- Fra januar til marts skal der ikke være solafskærmning for vinduerne og portene kan både være åbne eller lukkede.
- Fra april til august skal der være solafskærmning for vinduerne og portene kan være både åbne eller lukkede.
- Fra september til oktober skal der stadig være solafskærmning for vinduerne, men portene skal være lukkede.
- Fra november til december, skal solafskærmningen fjernes, og portene kan stå åbne eller være lukkede, på samme måde som fra januar til marts.

Hvis bygningen anvendes så bedste energiforbrug opnås, vil energiforbruget på driften af bygningen alene ligge på 32 kwh/m² år, som ligger under grænsen for lavenergi klasse 1 i bygningsreglementet. Grænsen ligger ved 40,1 kwh/m² år, for bygningen. Hvis elforbruget til bygningsdriften ikke skulle ganges med en faktor 2,5, ville energiforbruget komme endnu lavere ned.

Idéen med portene, var at disse blot skulle stå åbne i sommerperioden, så bygningen forandre sig i løbet af året, fra at være en mere lukket og privat volumen om vinteren, til at være mere åben og forlænge boligen ud på udearealet om sommeren. Men resultaterne viser, at portene kan stå åbne det meste af året, uden at forringe boligens energiforbrug. Det er kun fra september til oktober disse skal være lukkede.

Beregningerne er udført i beregningsprogrammet Be06 (se app. 2.9, side 167). Det er derfor meget detaljerede informationer der er indtastet i beregningsprogrammet, så resultaterne er forholdsvis nøjagtige. Beregningerne på side 132 (Ill. 333), er med mekanisk ventilation hele året (se side 152-153, for detaljer omkring ventilationssystemet) med en supplerende af naturlig ventilation om sommeren, der er herefter lavet yderligere beregninger, hvor det mekaniske ventilationssystem er erstattet af naturlig ventilation hele året (ill. 334). På denne måde spares på energien til ventilationssystemet.

☐ Overophedning af bygning forekommer

BEREGNING	JANUAR	FEBRUAR	MARTS	APRIL	MAJ	JUNI	JULI	AUGUST	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DECEMBER	SAMLET ENERGIFORBRUG [kwh/m ² år]
Med solafskærmning om sommeren og åben port	8,5	5,5	2,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	4,0	8,5	37,1
Uden solafskærmning og åben port	8,5	5,5	2,5	1,1	1,1	3,3	6,0	4,2	1,1	1,1	4,0	8,5	46,9
Med solafskærmning om sommeren og lukket port	8,5	5,6	2,8	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	4,0	8,4	37,2
Med solafskærmning hele året og lukket port	10,4	7,7	5,7	1,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,7	5,8	9,5	47,8
Uden solafskærmning og lukket port	8,5	5,6	2,5	1,1	1,1	1,9	5,6	3,8	1,1	1,1	4,0	8,4	44,8
Bedste resultat	8,5	5,5	2,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	4,0	8,4	36,6
Beskrivelse	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning, åbne porte.	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med eller uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med eller uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning og lukket porte.	

Ill. 334. Beregning af energiforbruget, igen i forhold til åbne og lukkede porte, med og uden solafskærmning, men beregningerne denne gang er med naturlig ventilation hele året.

Når der ikke skal anvendes energi til ventilationssystemet kan energiforbruget i nogle måneder komme ret langt ned. Det vil sige at fra april til oktober kan energiforbruget komme helt ned på 1,1 kwh/m², hvilket er næsten en halvering af beregningerne på ill. 333.

Hvis de bedste resultater anvendes fra de forskellige beregninger, ser resultatet ud, som på ill. 335.

Det ses på resultaterne at det er meget vigtig, at bygningen bliver anvendt rigtigt, og at ventilationen eksempelvis ikke anvendes om sommeren, eller at solafskærmningen ikke er for vinduerne om vinteren.

BEREGNING	JANUAR	FEBRUAR	MARTS	APRIL	MAJ	JUNI	JULI	AUGUST	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DECEMBER	SAMLET ENERGI- FORBRUG [kwh/m ² år]
Bedste resultat med mekanisk og naturlig ventilation	5,2	2,9	2,2	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	1,9	2,2	5,5	32
Bedste resultat med udelukkende naturlig ventilation	8,5	5,5	2,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	4,0	8,4	36,6
Bedste resultat	5,2	2,9	2,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	5,5	25,7
	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte, med mekanisk ventilation.	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte, med mekanisk ventilation.	Uden solafskærmning, åbne eller lukket porte, med mekanisk ventilation.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med eller uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Med eller uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte, med mekanisk ventilation.	Uden solafskærmning og åbne eller lukket porte, med mekanisk ventilation.	

Ill. 335. De bedste resultater fra alle undersøgelser sættes sammen og angiver bygningens energiforbrug, hvis den rigtige strategi anvendes.

Strategien for optimal anvendelse af bygningen i forhold til solafskærmning, porte og ventilationsstrategi:

Januar - marts:

Ingen solafskærmning
åbne eller lukkede porte
mekanisk ventilation.

April:

Ingen solafskærmning
åbne eller lukkede porte
naturlig ventilation.

Maj:

Med eller uden solafskærmning
åbne eller lukkede porte
naturlig ventilation.

Juni-august:

Med solafskærmning
åbne eller lukkede porte
naturlig ventilation

September:

Med eller uden solafskærmning
åbne eller lukkede porte
naturlig ventilation

Oktober:

Ingen solafskærmning
åbne eller lukkede porte
naturlig ventilation

November - december

Ingen solafskærmning
åbne eller lukkede porte
mekanisk ventilation

Overholdes dette, ligger energiforbruget på 25,7 kwh/m² år, svarende til 36% mindre energiforbrug end grænsen for lavenergi klasse 1.

MATERIALER

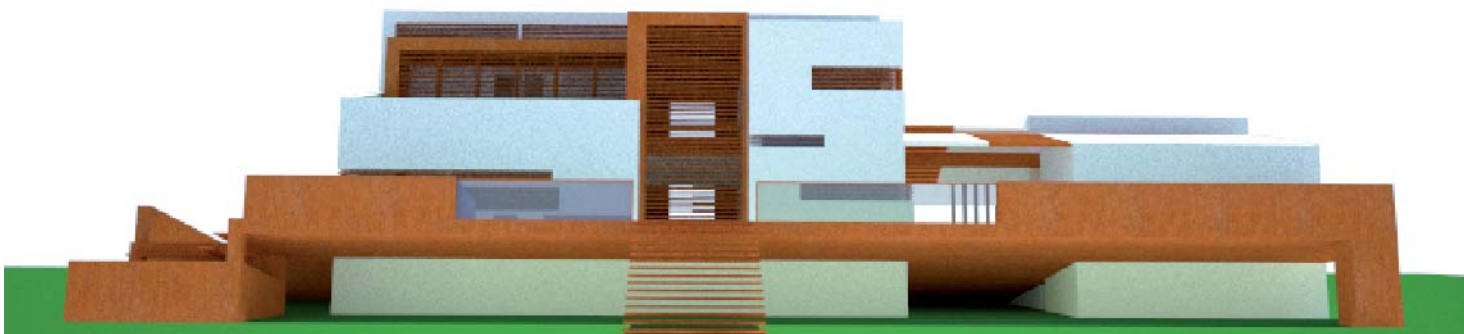
Udtrykket der ønskes for bygningen, er en understregning af forskellen mellem bygningsvolumnerne og krydset i bygningen (ill. 336). Med en placering af bygningen i skoven, har det været oplagt at anvende et naturligt materiale som træ. Der ønskes derfor en varm rødlig farve til krydset, som om krydset er noget naturligt der fra skovbunden skyder sig op og deler bygningsvolumet i 4 dele.

Træets art er ikke detaljeret, men kunne være lærk, med en form for bæredygtig overfladebehandling, så den ikke efter en årrække fremstår grå og trist, men så den beholder den rødlig varme farve.

Volumnerne som repræsenterer funktionerne i boligen, ønskes at fremstå som hvide volumner, som tydeligt adskiller sig fra naturen og repræsenterer en moderne bolig, midt i skovens stille ro.

Der findes flere forskellige måder at udforme disse hvide facader på. Da det ønskes, at materialerne både i deres fremstilling og drift, skal være med et lavt energiforbrug og CO₂ udledning, vælges beton, som er et materiale af høj termisk masse til den indvendige del af bygningen. Selvom betonen er mere energikrævende i fremstillingsprocessen anses det alligevel som mest bæredygtige i det lange løb. Vægkonstruktioner kan akkumulere varmen i løbet af dagen, og afgive varmen om natten, og derved spares på energien til opvarmning, samtidig med at der holdes en stabil temperatur i boligen over døgnet, hvilket er en fordel i forbindelse med termisk komfort.

Reposet, som omslutter boligen, ønskes ligeledes i træ, så denne sættes i forbindelse med de naturlige omgivelser, men alligevel adskiller det offentlige og det private uderum.



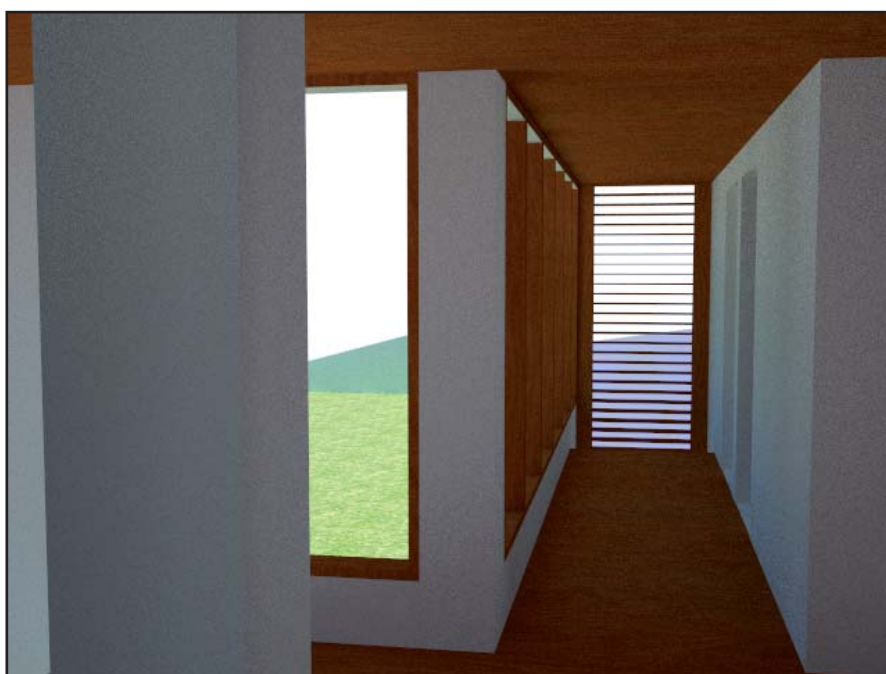
III. 336

De indvendige materialer, skal være en afspejling af de udvendige materialer. Den hvide udvendige facade fortsætter derfor inde i boligen. og det varme træmateriale fortsætter som en forlængelse af reposet, så materialerne ser ud til at fortsætte ind gennem boligen. Indervægge udføres i beton og males efterfølgende hvide, så rummene fremstår med store kontraster mellem de hvide overflader, og det varme træ.

I stueplan (ill. 337) er alle gulve belagt med træ, samt karmene i de store vinduer, som viser krydset indvendigt i boligen. På 1. sal er både gulve og lofter af træ (ill. 338), for at vise krydset og dermed bevægelsens område på boligens 1. sal. Loftets træbeklædning skal ligeledes være med til at dæmpe det høje dagslysniveau, som der på gangarealet forekommer.



III. 337

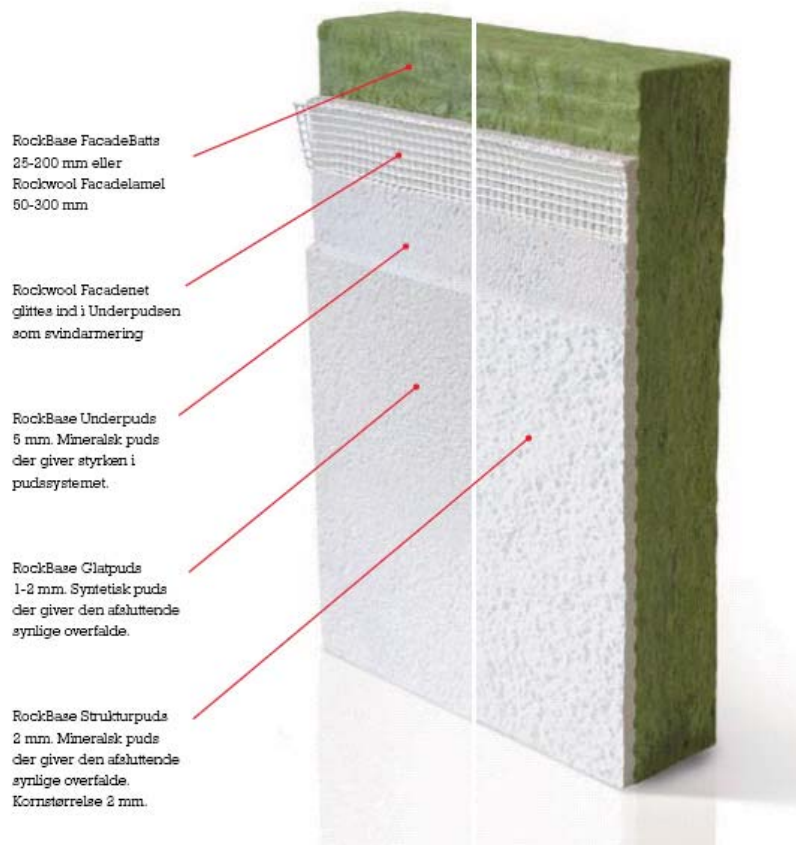


III. 338

VÆG KONSTRUKTION

Bygningens konstruktioner er designet med en høj varmeisolering, så der ikke forekommer store varmetab gennem bygningens konstruktioner. Derudover forudsættes bygningen at opfylde tæthedskravene for et passivt hus, det vil sige at samlinger i bygningen er udformet uden kuldebroer, hvorved der opnås en mindre infiltration, og dermed et mindre varmetab.

Vægkonstruktionen er opbygget i builddisk, så den ønskede U-værdi opnås. Vægkonstruktionen består af en bagvæg af beton, som med sin termiske masse, kan opretholde en jævn temperatursvingning over døgnet i boligen. Dernæst isoleres med Rockvision facadebatts og afsluttes med flere lag puds (se ill. 339). Dele af facaden er opbygget i træ (se s. 138).



Ill. 339. Opbygningen af vægkonstruktionen med en bagvæg af 100 mm beton. www.rockwool.com.

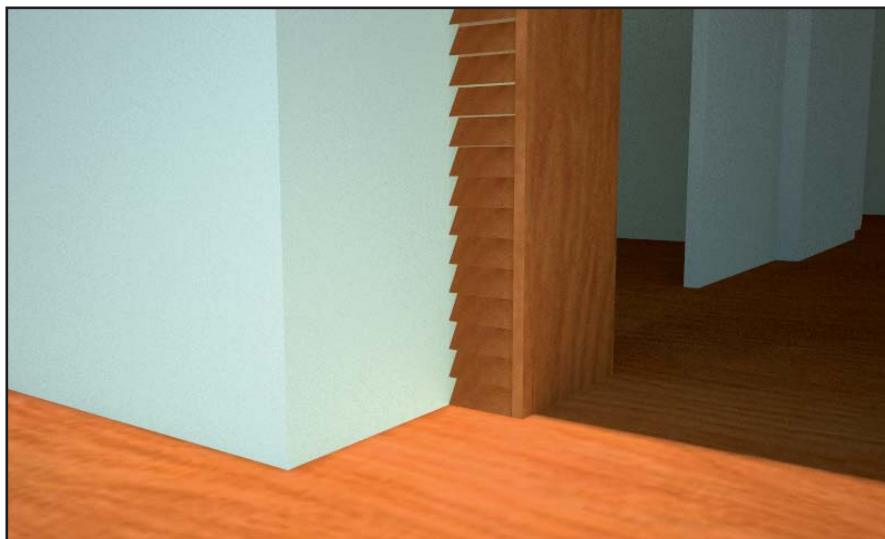
Rockvision Facadesystem og Rockbase Facadesystem, som vist på ill. 339 kan anvendes hver for sig, eller i kombination. Den valgte konstruktion er opbygget med Rockvision Facadesystem i Builddisk, med en tykkelse på 224 mm, hvilket giver en vægtykkelse på 332 mm, dog skal der tillægges ca. 3-5 mm til yderligere puds på formuren. Konstruktionen giver tilsammen med U-værdi på 0,15 W/m²K (se ap. 2.5, s. 172-173 for beregning af U-værdier).

Ved udvendig facadeisolering, påføres hele bygningen en effektiv isolering. Det betyder at kuldebroer ved etageadskillelser, vinduer og dørfalser undgås. Derudover skaber Rockvision en klimaskærm der beskytter bygningen imod fugt, så der ikke skal indbygges yderligere dampspærre i konstruktion. Desuden opfylder materialet bygningsreglementets brandkrav.

Bagmuren fungerer som den bærende del af bygningen. Etageadskillelsen er også opbygget i beton.

I krydset på bygningen, er beklædningen udført i eksempelvis lærketræ (ill. 340). Der ønskes en rødlig varm træfarve, til både den indvendige og den udvendige del af bygningen. Belægningen på terrassen ønskes videreført ind i huset, så overgangen mellem inde og ude i krydset opløses (ill. 340).

Beklædningen på facaden udformes med klinkbeklædning, med et synligt overlap på 5 cm, så denne del af bygningen bliver meget detaljeret (ill. 340). På denne måde sættes krydset i stor kontrast til de ellers store, hvide og glatte overflader.



Ill. 340.



Ill. 341. Inspiration til valg af materialer.

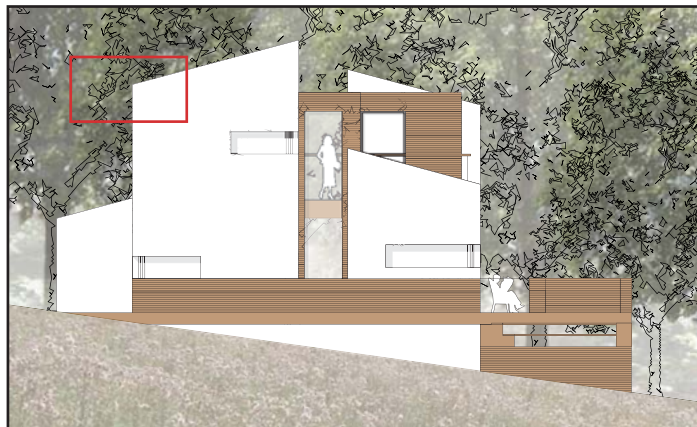
LOFT KONSTRUKTION

Taget der ønskes, er hvidt tagpap for at videreføre facadernes hvide farve, til taget. Hvidt tagpap (ill. 342) er i gennemsnit 20 % dyrre end almindeligt sort tagpap, dog ønskes der ikke at gå på kompromis med bygningsudtrykket, derfor vælges hvidt tagpap. Princippet for opbygningen af taget ses på ill. 344.

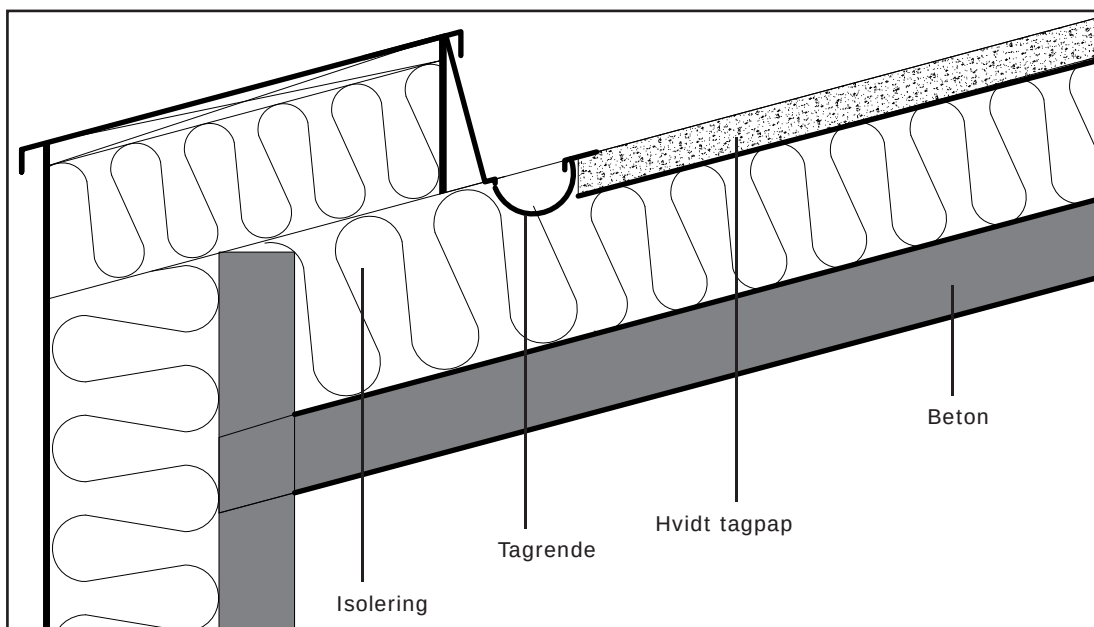
I forhold til at der ønskes et vandopsamlingsystem, er visse tagmaterialer bedre end andre, men da der ikke er stor viden inden for dette felt, forudsættes det, at denne type tagpap er egnet til formålet. Risikoen ved at anvende tagpap er, at vandet kan blive misfarvet, og derfor uanvendeligt til tøjvask, men kan stadig anvendes til toiletskyl med mere.



Ill. 342.



Ill. 343. Tagudsnittetets placering er vist med rødt.

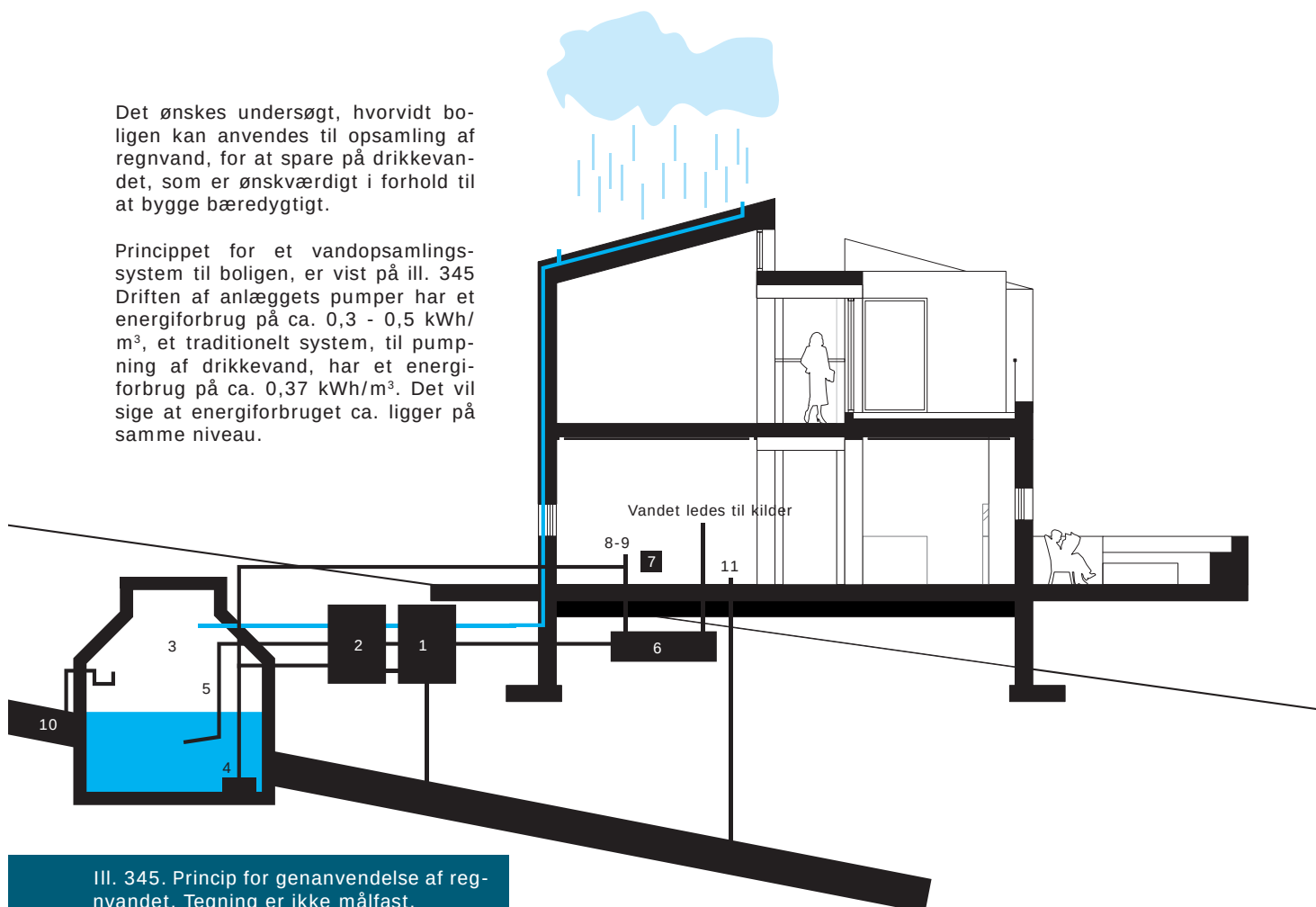


Ill. 344. 1:10 Detaljering af taget

OPSAMLING AF REGNVAND

Det ønskes undersøgt, hvorvidt boligen kan anvendes til opsamling af regnvand, for at spare på drikkevandet, som er ønskværdigt i forhold til at bygge bæredygtigt.

Princippet for et vandopsamlings-system til boligen, er vist på ill. 345. Driften af anlæggets pumper har et energiforbrug på ca. 0,3 - 0,5 kWh/m³, et traditionelt system, til pumpning af drikkevand, har et energiforbrug på ca. 0,37 kWh/m³. Det vil sige at energiforbruget ca. ligger på samme niveau.



Hvis boligen har et tagareal på 118 m² (se ill. 346), kan der opsamles ca. 53 m³ vand i løbet af et år. Hver beboer bruger i gennemsnit 18,25 m³ vand til toiletskyl og tøjvask, svarende til et vandforbrug på ca. 91 m³ i en bolig med 5 personer, som der maksimalt er beregnet for i boligen.

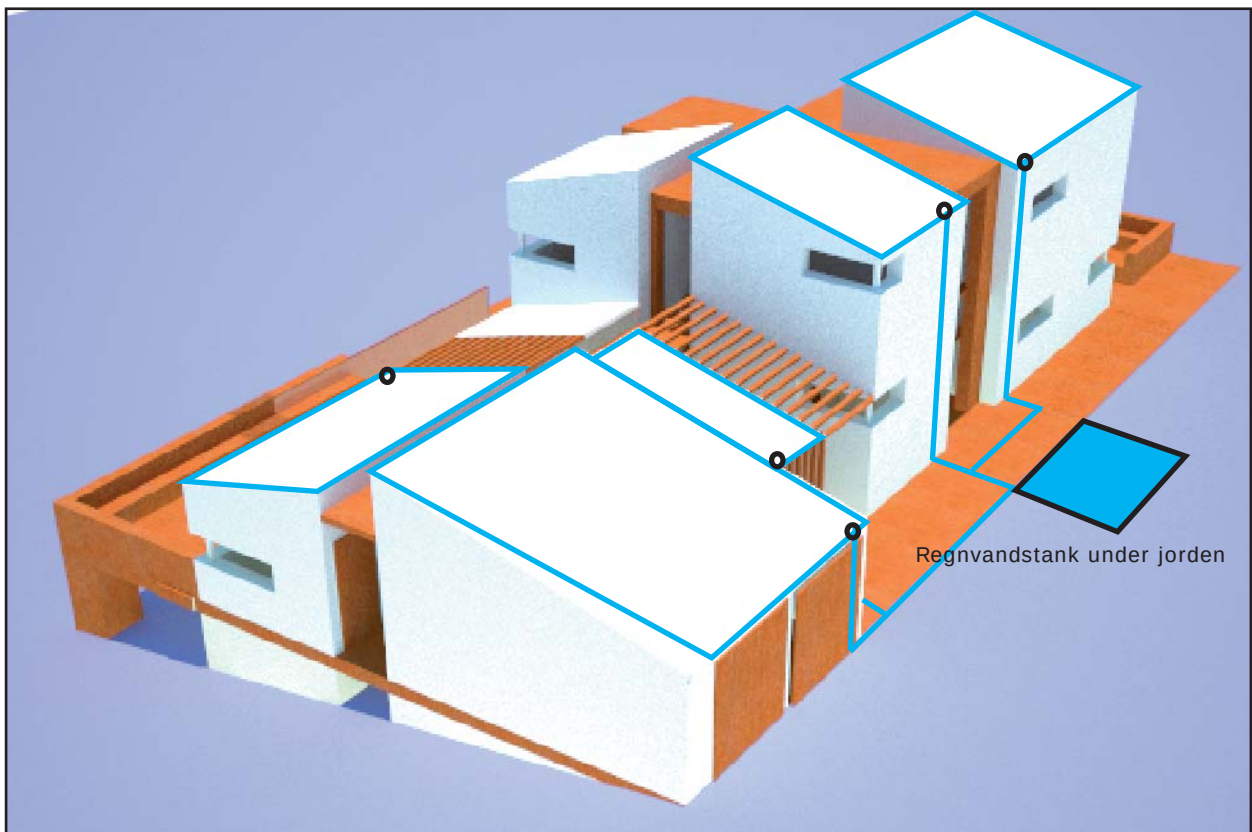
Hvis der opsamles 53 m³ regnvand, giver dette dermed en besparelse af drikkevandet på 71 % om året. Regnes dette ud i pris, er besparelsen 1590 kr om året, hvis prisen pr. m³ vand ligger på 30 kr. (www.ebst.dk)

Princip af anlæg til brug af regnvand fra taget til wc-skyl og maskintøjvask.

1. Nedløbsbrønd
2. Regnvand filtreres
3. Regnvandstank
4. Indløb til regnvandstank
5. Ledning til opsugning af regnvand
6. Selvansugende pumpe
7. Automatisk styreenhed
8. Drikkevandsefterfyldning til regnvandstank via luftgab
9. Drikkevandsrør og ledning
10. Overløbssikring til kloak
11. Rørafbryder

Tage markeret på ill. 346 kan anvendes til opsamling af regnvand. Med bygningens udformning, vanskeliggøres opsamlingen af regnvandet, idét tagene på bygningen er adskilt, hvilket betyder at rørføringen til regnvandstanken bliver lang og kompleks og forudsættes derfor også dyrre end traditionelt.

Det kan derfor diskuteres hvorvidt det kan svare sig med et opsamlingssystem. Desuden skal bygningens tage holdes rene for blade og skidt, ved rengøring ca. 4 gange om året. Med en placering i en skov, vil der forekomme meget løvfald, hvilket bevirker, at tagene skal rengøres endnu oftere.

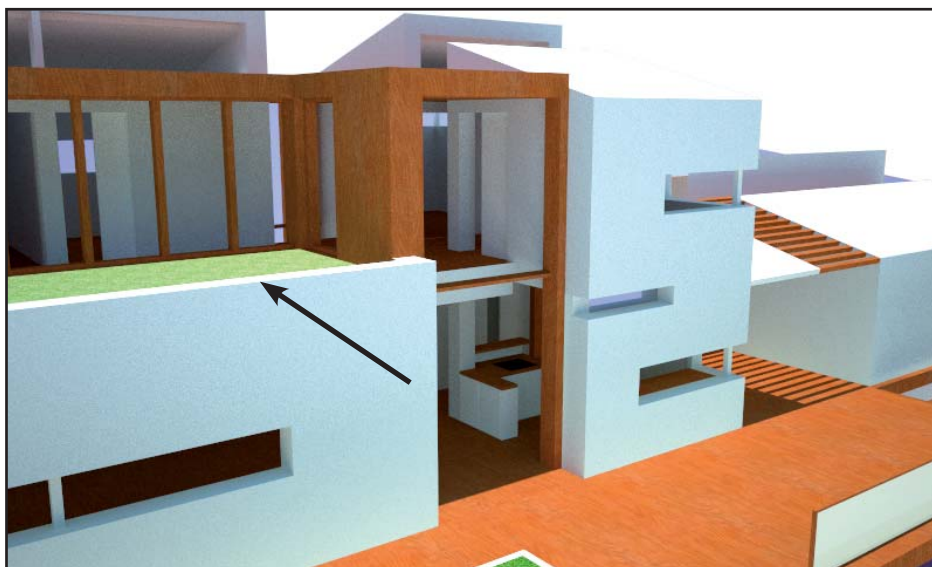


Ill. 346. Diagram over hvilke tage der anvendes til opsamling af regnvand, samt markering af hvor nedløbsrøret og rørføring til regnvandstank forefindes.

GRØNT TAG

På bygningens sydvest vendte tag (ill. 347), er taget udformet som et grønt tag. Dette er gjort for at give en oplevelse af at være tæt på naturen, når man bevæger sig rundt på 1. sal, fremfor at have et beton eller træ underlag på terrassen.

Der findes forskellige plantematerialer til formålet, det er ikke detaljeret hvilke planter der ønskes, med blot fremlagt et eksempel derpå (ill. 348).



III. 347. Placeringen af det grønne tag.

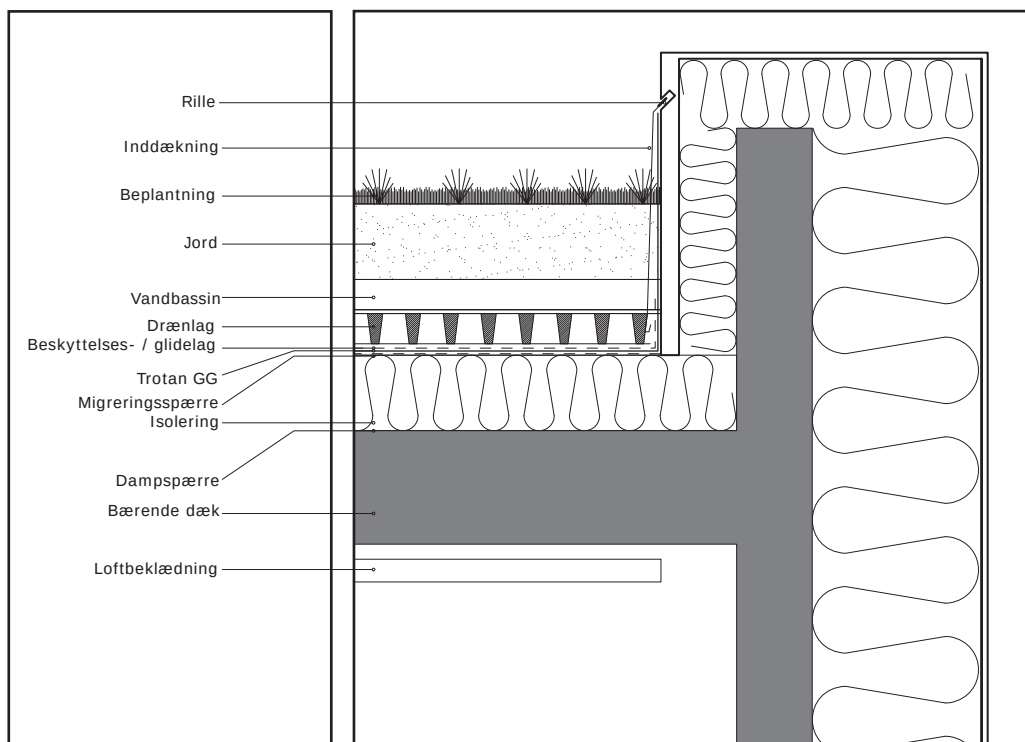


III. 348

Opbygningen af tagkonstruktionen er valgt, som vist på ill. 349. Taget er udformet med et større jordlag, end på ill. 348, da der dermed er mulighed for andre plantetyper end vist på ill. 348.

Planterne plantes i jorden/drænlaget. Plantelagets tykkelse/højde og vægt er afhængigt af, hvilke typer stenurter og andre planter taget består af. Typisk er planternes højde 2-5 cm, men nogle vegetationsblandinger er op til 15-20 cm høje. Der ønskes en lav beplantning i projektet.

Vegetationsmåtterne vejer fra ca. 50 kg til ca. 120 kg pr. kvadratmeter, afhængigt af hvilken type plantesammensætning der er tale om. (www.protan.dk) Derfor skal loftkonstruktionen dimensioneres herudfra.



III. 349. Opbygningen af det grønne tag. 1:10

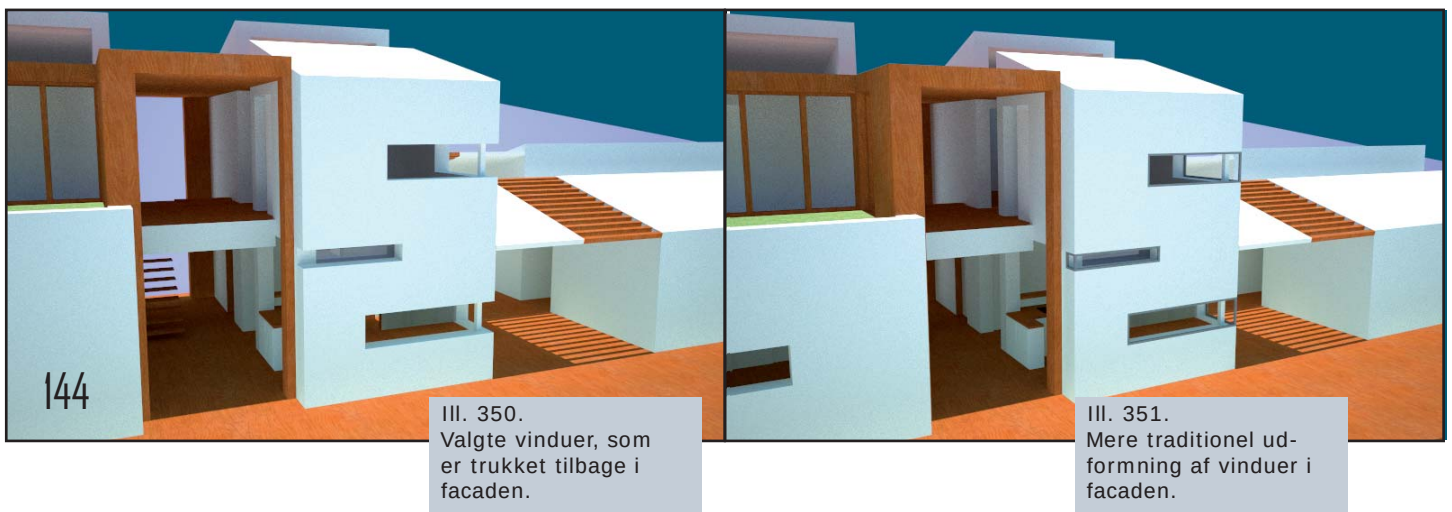
VINDUER

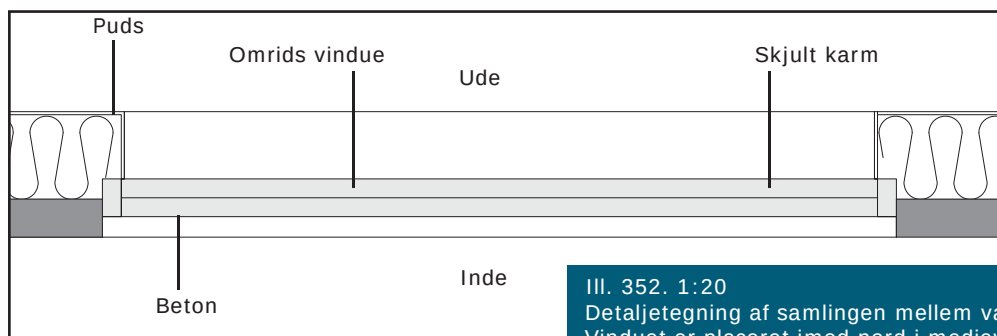
Det er ønsket at opnå en vægtykkelse, af en vis størrelse, så vinduerne i facaden, kan trækkes tilbage og dermed opnå disse markante huller i facaden, hvor vinduerne er placeret (ill. 350), fremfor at vinduerne sidder fremme i facaden (ill. 351). Desuden er karmen skjult i væggen, set udefra, for at fremhæve udskæringerne i facaden.

Vinduerne er udformet med så lidt sprosser som muligt, for at trække så meget dagslys gennem ruden som muligt (se analyse om dagslys i forhold til karmareal, s. 42-43).

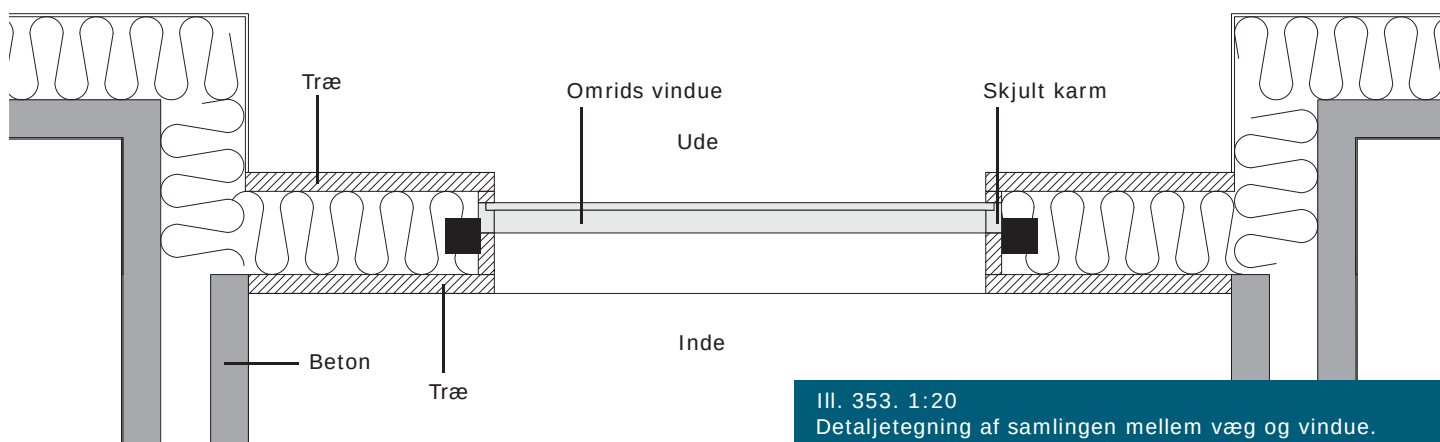
kuldeboerne er afbrudt i vinduet, ved hjælp af isolering i karmen. Og vinduet er på ill. 352 fæstnet i betonen, som indervæggene er opbygget af.

På ill. 353, skal vinduet fæstes i en søjle inde i væggen. Vinduerne der kan åbnes (se ill. 354, for hvilke vinduer der er udformet til at åbne), udformes med bundhængte vinduer, da kan opfange de opadrettede luftstrømme langs facaden og på denne måde ventilerer bygningen. Luften kommer ind ad vinduet, også med en opadrettet strømning, hvilket giver udeluften gode muligheder for at blande sig med luften i boligen, og på samme tid undgå trækgener.

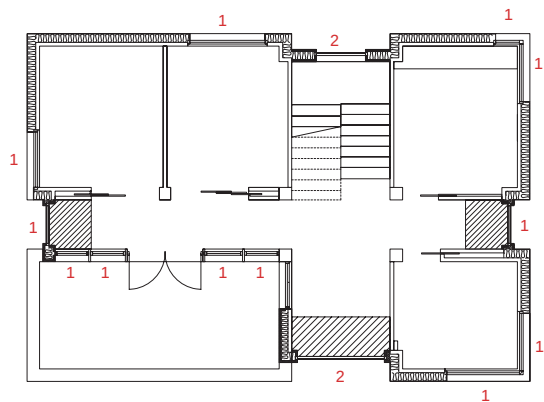




III. 352. 1:20
 Detaljtegning af samlingen mellem væg og vindue. Vinduet er placeret imod nord i medieværelset i stueplan. Vinduet kan åbnes.



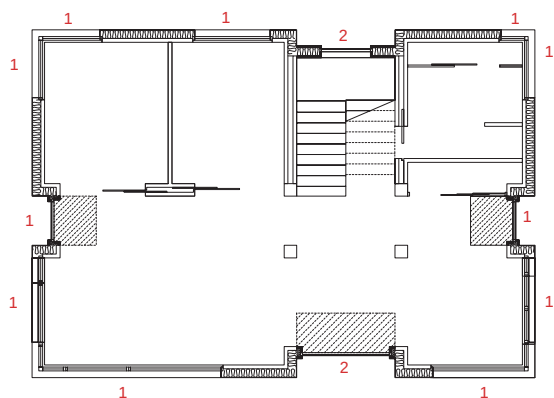
III. 353. 1:20
 Detaljtegning af samlingen mellem væg og vindue. Vinduet er placeret i krydset imod nord i stueplan, og er et vindue der ikke kan åbnes.



III. 354. Plan i 1:200

Vinduestype 1 er som ill. 352, og er vinduer, som kan åbnes, eksempelvis i forbindelse med naturlig ventilation.

Vinduestype 2 er som ill. 353, og er vinduer, som ikke kan åbnes.



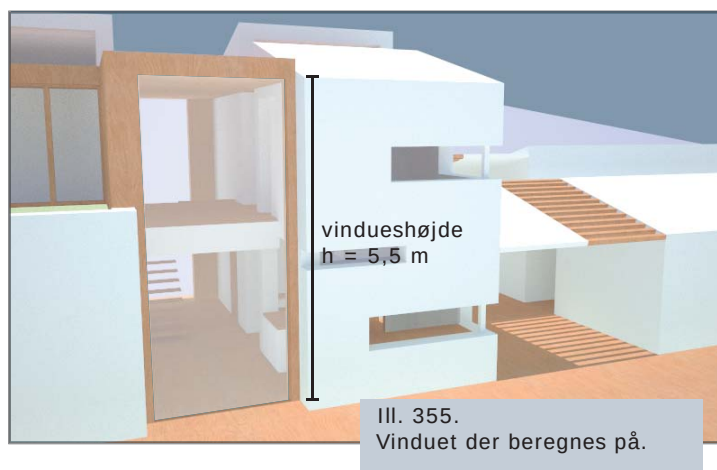
Vinduerne der anvendes i projektet er lavenergi vinduer, med en U-værdi på 0,8 W/m²K. Denne U-værdi overholder vejledningen til konstruktioner for en passivbolig. Der kan dog findes vinduer med en meget lavere U-værdi, men dette resulterer også i en lavere solvarmetransmittans, og dermed udnyttes varmen fra solen ikke i samme grad. Vinduerne er derfor valgt ud fra en vurdering af dens solvarmetransmittans og dens U-værdi.

KULDENEDFALD

I krydset af bygningen, forekommer store og høje vinduesarealer, hvorfor det er nødvendigt at undersøge hvorvidt dette kan have indflydelse på det termiske indeklima. Vinduer kan forårsage forskelle i den operative temperatur, i form af kuldenedfald, langs høje vinduespartier.

Dette forekommer primært ved vinduer, hvor varmekilden ikke sidder under vinduet og opblander den kolde luft, inden den når opholdszonen i bygningen. Følgende beregninger er udført med henblik på en person siddende 2 meter fra facaden, uden solindfald fra ruden. Desuden regnes der med en operativ temperatur på 22 °C (se side 36-37) og en udvendig temperatur på -12 °C, som værende den værste tænkelige situation.

Højden på vinduerne i krydset er 5,5 m (ill. 355). Formålet med beregningerne er, at se om glasfacaden eventuel skal afbrydes, så kuldenedfaldet mindskes.



Først beregnes på vinduets overfladetemperatur på indvendig side af glasset, med formlen: (DS 474, 1993)

$$t_o - t_v = (t_o - t_u) \times R_i \times U$$

Hvor:

t_o = Operativ temperatur [°C] = 22 °C

t_v = Vinduets indvendige overfladetemperatur [°C]

t_u = udetemperaturen [°C] = -12 °C

R_i = indvendig isolans [m²°C/W] = 0,13

U = Vinduets transmissionskoefficient [W/m²°C] = 0,8 [W/m²°C]

Dermed bliver temperaturen:

$$22 - t_v = (22 + 12) \times 0,13 \times U$$

$$T_v = 4,4 \text{ °C}$$

$$T_v = 18,5 \text{ °C}$$

Denne beregning udføres, for at se om det termisk komfort (se s. 36-37) kan opretholdes, med de store vinduesarealer der forekommer i boligen. Forskellen i den operative temperatur mellem det koldeste og det varmeste sted, bør normalt ikke være større end +/- 2 °C, for en person med lav aktivitet og almindelig påklædningsniveau.

Operativ temperatur i opholdszonen:

Vinter, med et påklædningsniveau på 1,0 clo: 20°C < t_o < 24°C

Sommer, med et påklædningsniveau på 0,5 clo: 23°C < t_o < 26°C

For at undersøge om 3,5 °C er en acceptabel temperaturforskel mellem vinduets overfladetemperatur og den operative rumtemperatur, indsættes temperaturforskellen i Eco-factor (se app. 2.8, side 180), hvorved der opnås en procentdel utilfredse. Ved indsætning fås 0,8% utilfredse, hvilket er acceptabelt, da der tilstræbes maksimalt 15 % utilfredse. Hvis der regnes baglæns, ses det af resultaterne i Eco-factor, at temperaturforskellen kan være helt oppe på 14 °C, dermed opnås 15,6% utilfredse.

Herefter beregnes luftens hastighed fra det kuldenedfald der forekommer fra vinduerne. Denne må maks være 0,18 m/s, for at opretholde et godt termisk indeklima i opholdszonen.

Formlen der anvendes hedder:

$$V_{\max} = K \sqrt{y (t_o - t_v)}, \text{ hvor}$$

$V_{\max}$ = luftens hastighed

K = Konstant som sættes mellem 0,05 og 0,1 = 0,055

y = vinduet højde = 5,5

Desuden reduceres med (25%), da luften skifter hastighed, ved retningsændring ved vinduesfod, sprosser eller ved møblering (Heiselberg, 1994)

Indsættes værdierne fås:

$$V_{\max} = K \sqrt{y (t_o - t_v)}$$

$$V_{\max} = 0,055 \sqrt{5,5(22+12)}$$

$$V_{\max} = 0,75 \text{ m/s}$$

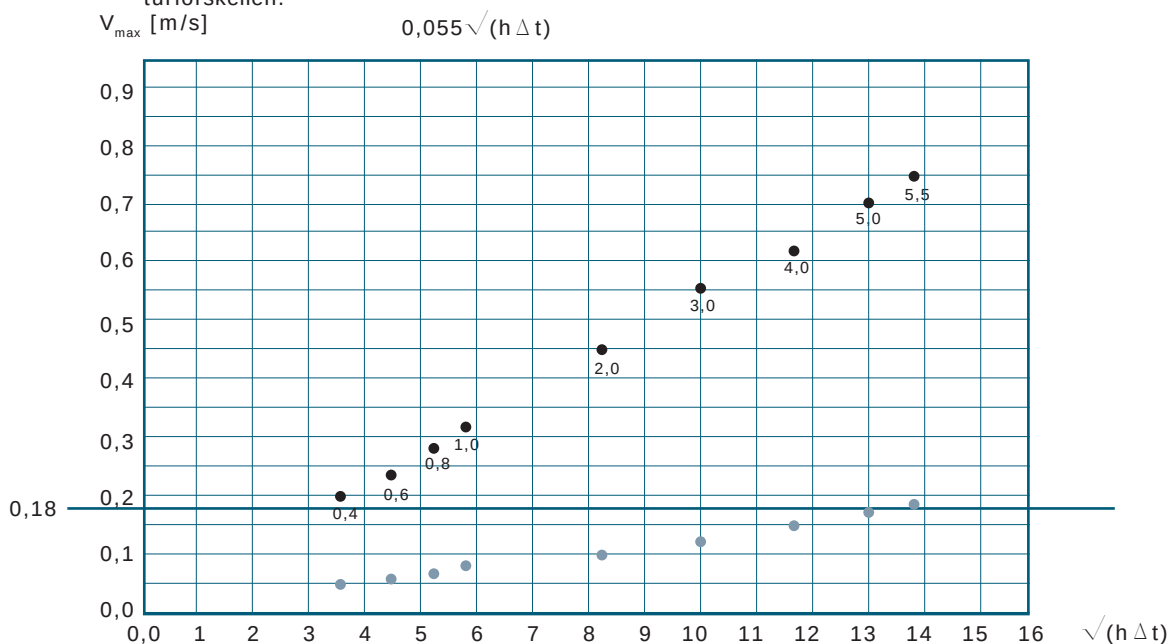
Luftens hastighed er altså 0,75 m/s ved foden af vinduet. Når luften skifter retning og når opholdszonen, 2 meter fra vinduet, er luftens hastighed:

$$V_{\text{ophold}} = 0,75 \times 0,25$$

$$V_{\text{ophold}} = 0,19 \text{ m/s}$$

Den maksimale lufthastighed i opholdszonen, måtte være 0,18 m/s, hvilket betyder at 0,19 m/s er for meget og glasfacaderne i krydset, både imod nord, syd, øst og vest skal afbrydes med en karm, så kuldenedfaldet afbrydes og luftens hastighed sænkes.

For at få en forståelse af kuldenedfaldet i forhold til forskellige vindueshøjder, laves (ill. 356), som er luftens hastighed, som funktion af højden på vinduet og temperaturforskellen.



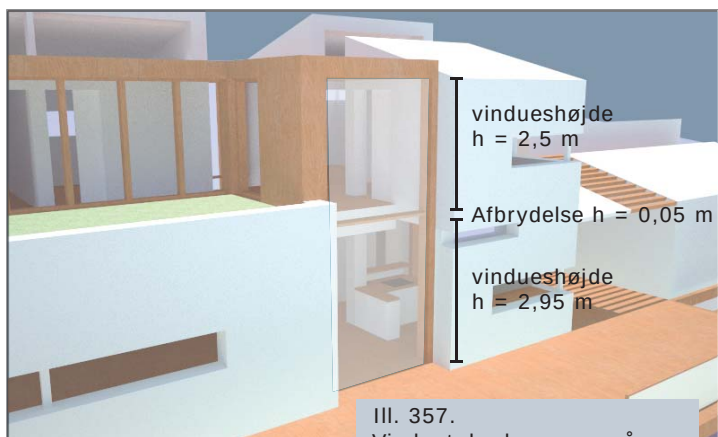
III. 356. Luftens hastighed som funktion af højden af vinduet og temperaturforskellen mellem inde (22 °C) og ude (-12°C). Højden på vinduet er anført i meter.

Konklusionen på denne undersøgelse, er at de udformede vinduer med 5,5 m i højden, ligger lige på grænsen af at overholde en lufthastighed på 0,18 m/s i opholdszonen, 2 meter fra facaden.

Halveres højden på vinduerne til 2,75 meter vil lufthastigheden ved facaden være:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= K \sqrt{(y (t_o - t_v))} & \text{og} & & V_{\text{ophold}} &= 0,53 \times 0,25 \\ V_{\max} &= 0,53 \text{ m/s} & & & V_{\text{ophold}} &= 0,13 \text{ m/s} \end{aligned}$$

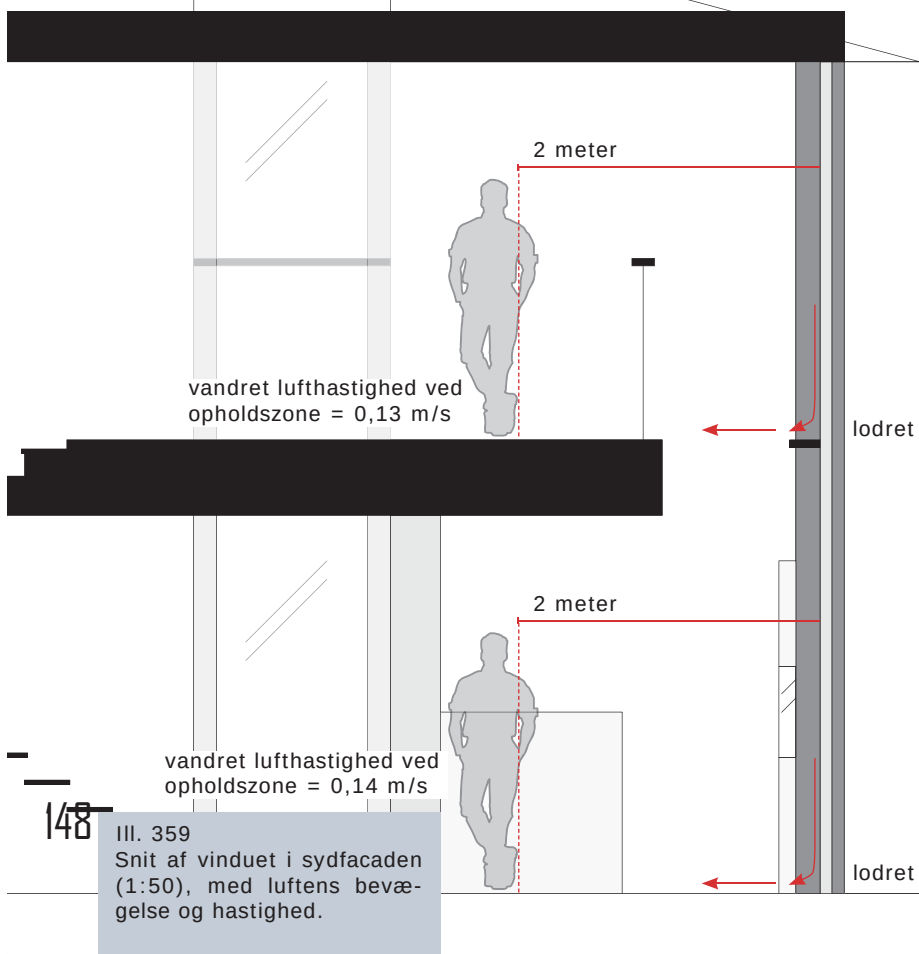
hvilket er at foretrække, så unødigt træk undgås. Ved forskellige forsøg, i forhold til det æstetiske udtryk, er afbrydelsen placeret i vinduet, med en højde af 2,95 m fra gulvet på stueplanen (ill. 357, ill. 358 og ill. 359). Glasset over afbrydelsen bliver 2,5 meter højt, da afbrydelsen flugter med overkanten af etagedækket.



III. 357.
Vinduet der beregnes på.



III. 358.
Vinduet set indefra, fra 1. sal.



III. 359
Snit af vinduet i sydfacaden (1:50), med luftens bevægelse og hastighed.

Den endelige løsning på vinduets udformning, ser ud som på ill. 357, ill. 358 og ill. 359. Det vurderes at en afbrydelse på 20 cm i bredden, vil være tilstrækkeligt til at afbryde kuldenedfaldet.

Lufthastigheden på 1. sal i opholdszonen bliver 0,13 m/s og i stueplan bliver lufthastigheden 0,14 m/s i opholdszonen.

Den laveste middeltemperatur for middeldøgn er januar, med en temperatur på kun -1°C (SBI 202, 2002). Ved denne temperatur vil den vandrette lufthastighed ved opholdszonen på 1. sal komme helt ned på 0,1 m/s og i stueplan 0,11 m/s.

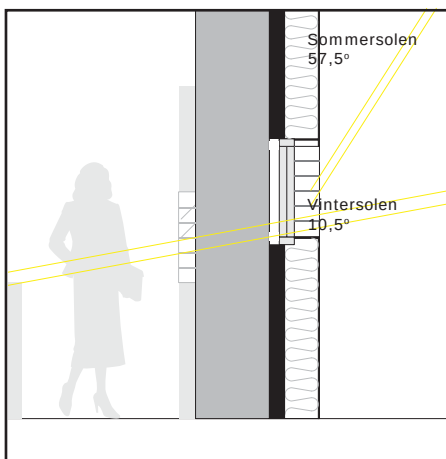
Hvilket er et mere realistisk tal på luftens hastighed fra kuldenedfaldet om vinteren.

SOLAFSKÆRMNING

På s. 132-134 blev en undersøgelse omkring bygningens energiforbrug udarbejdet. Her blev det klart, at i nogle perioder er der behov for solafskærmning for bygningens vinduer, så en overophedning af boligen undgås. Derfor er der skitseret på, hvordan udformningen af disse skulle være. På ill. 360 - ill. 363 ses den endelige udformning af solafskærmningen, samt funktionaliteten af disse.

Solafskærmningen forhindrer solen i, at trænge ind i boligen om sommeren, mens udsigten bevares. Hvis solafskærmningen anvendes om vinteren, vil solen, med denne solafskærmning, stadig trænge ind i boligen, da solen står meget lavt. Solafskærmningen kan vippe, hvis der ønskes afskærmning for indblik, udsyn og sollys, eksempelvis om aftenen, derfor er der også placeret afskærmning på de nordvendte vinduer. Disse har ikke nogen solafskærmende funktion, men anvendes udelukkende til opretholdelse af privatheden i boligen i perioder. Boligen kan derfor med solafskærmning hele vejen rundt, lukkes helt af og blive en indadvendt enhed. Indvendig afskærmning kan helt undværes i boligen.

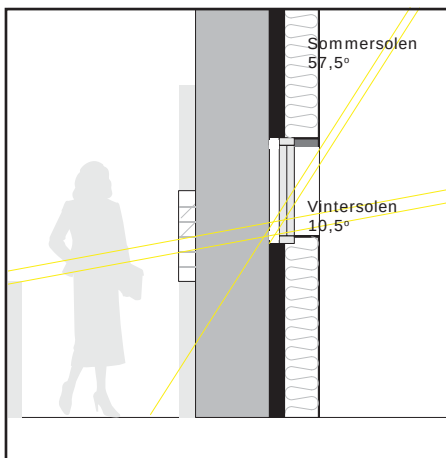
Afskærmningen kan desuden trækkes helt fra og er her skjult i toppen af karmen (ill. 362), på denne måde kan den også skabe foranderlighed i facaden. Desuden kan en udvendig solafskærmning være med til at isolere vinduerne, hvis de er trukket for på kolde vinterdage, hvor solen ikke skal anvendes til passiv solvarme.



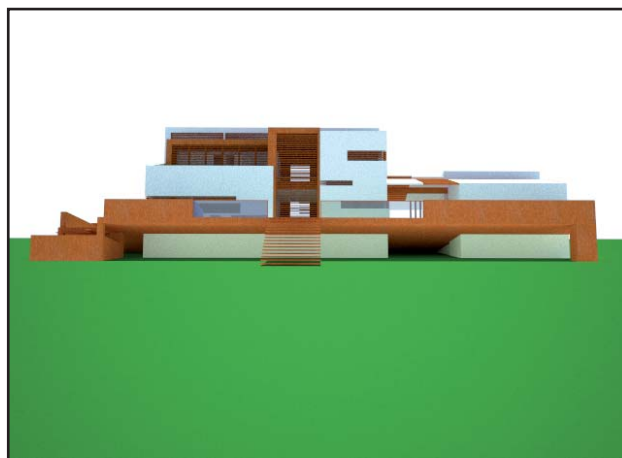
Ill. 360. snit af facade med solafskærmning for vinduerne. 1:50.



Ill. 361. Boligen med solafskærmning.



Ill. 362. snit af facade med solafskærmning for vinduerne. 1:50.



Ill. 363. Boligen uden solafskærmning.

De endelige dagslyssimuleringer af boligen, ser ud som på ill. 364 (stueplan) og ill. 365 (1. sal). Der er beregnet for det værste tilfælde, hvilket vil sige en overskyet dag uden direkte sollys og med lukkede porte i bygningen. De lukkede rum i stueplan ligger lige på grænsen til at blive for mørke, men da ideen med rummene er, at de kan åbne sig op, vurderes dagslysniveauet som tilstrækkeligt. Lux niveauet er angivet i opholdsarealet i stueplan og på gangarealet på 1. sal.



III. 364. 1:100 stueplan.
Dagslyssimulering af boligens rum.



III. 365. 1:100 1. sal.
Dagslyssimulering af boligens rum.

KØKKEN

Ved arbejdsområder i køkkenet, skal dagslysniveauet være på 500 LUX, for optimal arbejdsbelysning (se s. 50-51). Ved arbejdsbordet imod sydfacaden ligger dagslysniveauet over dette på en overskyet dag, hvilket betyder at dagslysniveauet her er tilstrækkeligt. Ved arbejdsbordet i midten af rummet er dagslysniveauet lidt lavere, men området omkring ligger ret højt, hvorfor der vurderes at være tilstrækkeligt belyst.

ALRUM

Ved spiseområdet i alrummet, skal dagslysniveauet på samme måde som i køkkenet helst være på 500 LUX, dog er den sat til 400 LUX som minimum, hvilket er opfyldt, med det store vinduesparti. Kommer man tæt på vinduet, bliver dagslysniveauet så højt, at det eventuelt kan virke for skarpt. Der kan derfor anvendes solafskærmning, hvis dagslysniveauet bliver for kraftigt. De høje vinduepartier, er med til at trække dagslyset langt ind i boligen.

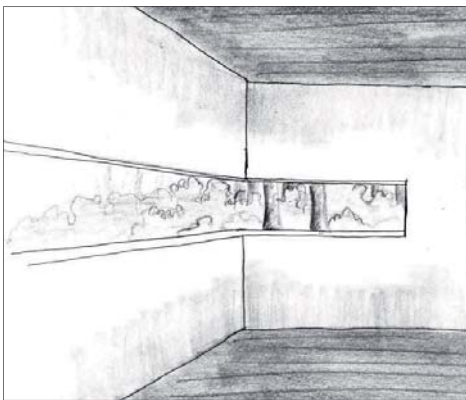
OPHOLDSAREAL

I opholdsarealet er der blandende opfattelser af hvad dagslysniveauet skal være på, men opholdsrummet anset ofte ikke som et sted med behov for højt dagslysniveau, da man ikke skal anvende området til arbejde, og har dermed ikke behov for arbejdsbelysning. Minimum dagslysniveau er derfor sat til 300 LUX. Gennemsnits dagslysniveauet i opholdszonen er et godt stykke over dette niveau, hvilket betyder, at også målet her er opfyldt.

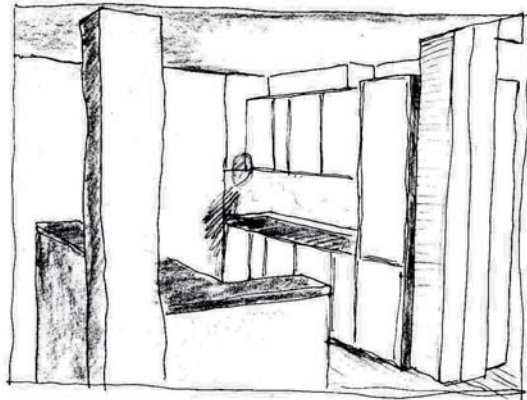
VÆRELSE

Dagslysniveauet i værelserne, er væsentligt lavere end i fællesrummene. Det forudsættes at man arbejder i nærheden af vinduet, for at opnå tilstrækkelig dagslys. Kravet for arbejds-værelset var 500 LUX, hvilket er opnået i hjørnet af rummet, som værende stedet der skal arbejdes. Hvis der ikke arbejdes, er dagslysniveauet tilstrækkeligt. Ønskes yderligere dagslys kan der åbne op til fællesrummene og dermed udnytte dagslyset fra disse rum. Åbningerne er desuden placeret, for at sikre udsigt til omgivelserne.

På 1. sal er værelserne meget bedre oplyst, grundet ovenlysvinduerne imod syd. Disse kan med fordel anvendes til soveværelser, så man vågner op til et lyst og rart rum, hvilket er meget vigtigt for menneskets velvære.



III. 366. Boligens opholdsrum, set imod vest.



III. 367. Boligens køkken, set imod øst.

VENTILATION

MEKANISK VENTILATION

I boligen anvendes et mekanisk ventilationssystem, fra november til marts måned, idét anvendelsen af naturlig ventilation i disse måneder, vil forårsage store varmetab og dermed et øget energiforbrug (se s. 132-134).

Det mekaniske ventilation er ikke detaljeret, men blot anslået, men et spørgsmål der forekommer vigtigt for boliger er, om brugerne selv kan styre systemet manuelt, ved hjælp af en brugervejledning eksempelvis, eller om systemerne skal være automatisk styrede og risikoen for forglemmelse fra brugerens side undgås. Det er ofte erfaret i boliger, at brugerne ikke anvender systemerne optimalt og dermed forøges boligernes energiforbrug. Derfor vurderes det som fordelagtigt at lade systemet være automatisk, så der på denne måde ikke laves forglemmelser, eller forkert anvendelse af systemet. Dog skal et ekstra, men minimalt energiforbrug tillægges denne funktion.

Der findes forskellige styresystemer, eksempler på dette kan være:

- Temperaturfølere
- Fugtfølere
- Vejrstationer
- Co₂ følere

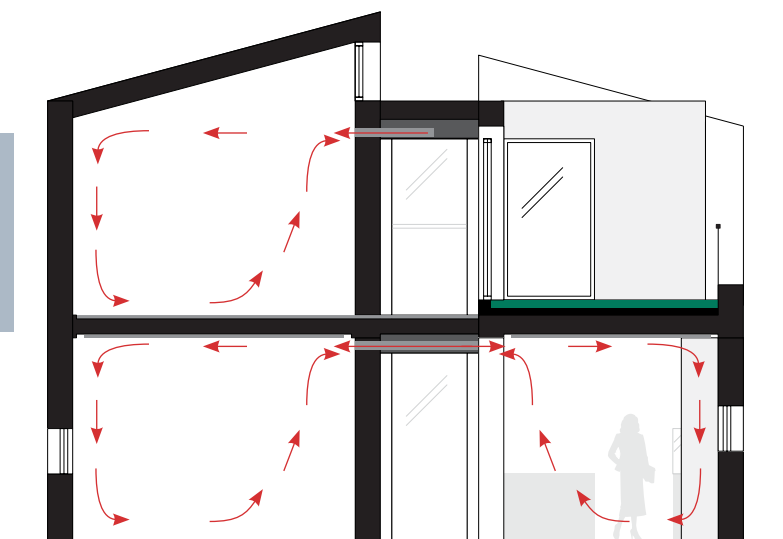
En temperaturføler, vurderes som umiddelbart den bedste løsning til en bolig.

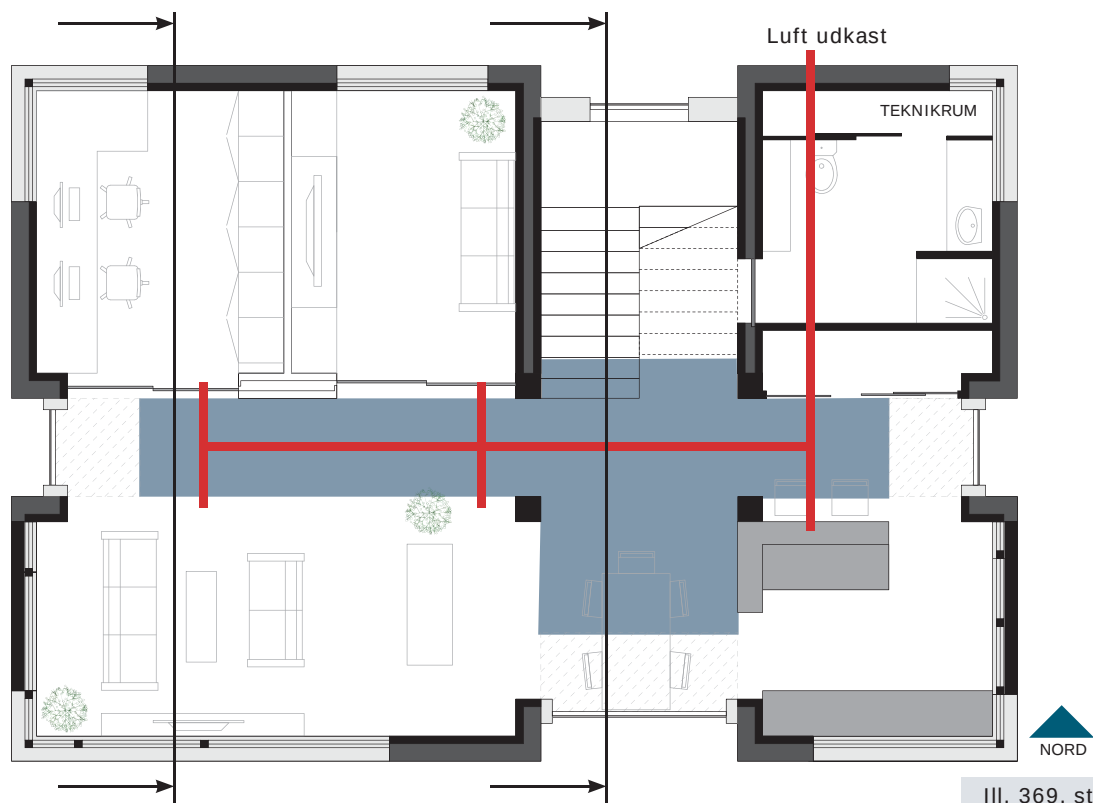
Ventilationssystemet der anvendes skal have en effektiv varmegenvinding, så der spares energi på opvarmning. Derudover skal der vælges et ventilationssystem med et lavt energiforbrug, da formålet nettop er at spare på energiforbruget. Strategien for ventilationssystemet er opblandingsventilation (ill. 368), hvor armaturerne for både indblæsning og udsugning sidder under etageadskillelsen i det nedhængte loft (ill. 368) i stueplan, og under loftet i gangarealet på 1. sal.

Et lille teknikrum er udformet i badeværelset, som et stort skab med skydedøre, så agregatet er let at komme til, samt så der gives ekstra opbevaringsplads på badeværelset.

Desuden er der lavet plads til installationer under etageadskillelsen, på denne måde gøres installationerne let tilgængelige, i tilfælde af nødvendig reparation. Der er afsat 200 mm, da rørføring af hovedledninger vurderes til minimum 160 mm og rørføring til stikledninger minimum 100 mm. Desuden er der lavet plads til andre installationer, som eksempelvis el.

Ill. 368. Snit 1:100
Luftbevægelsen fra det
mekaniske ventilation-
system.

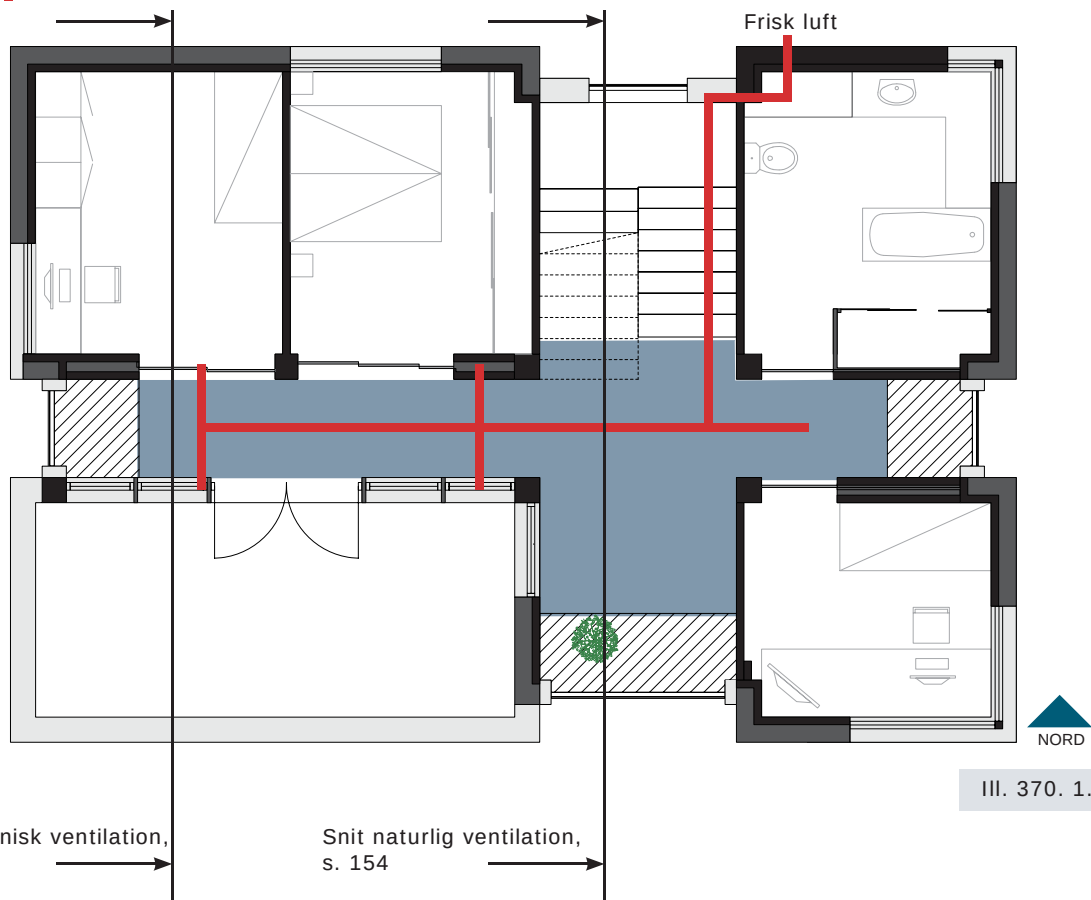




III. 369. stuen 1:100

Rørføringen i boligen til det mekaniske ventilationssystem

Nedhængt loft, hvor rørsystemet er trukket



III. 370. 1.sal 1:100

Snit mekanisk ventilation,
s. 152

Snit naturlig ventilation,
s. 154

NATURLIG VENTILATION

Fra april til oktober anvendes naturlig ventilation, fremfor mekanisk ventilation i boligen, for at spare energi til drift af det mekaniske ventilationssystem (se side 132-134). I den forbindelse ønskes det beregnet hvor høj et luftskifte der er behov for i boligen. I Be06 beregningerne, anvendes mindste kravet fra bygningsreglementet, som siger 0,5 gange i timen, hvilket ikke fortæller noget om termiske komfort.

Derfor beregnes det nødvendige luftskifte, i forhold til hvor mange mennesker der anvender boligen, samt hvilken forurening disse afgiver til luften og dermed forringer luftkvaliteten, beregningsmetoden kaldes olf-metoden. Der findes også andre metoder til beregning af nødvendigt luftskifte i boligen, blandt andet ved at se på CO₂ niveauet i boligen ved anvendelse, eller ved at se på luftfugtigheden. Det er valgt at beregne med olf-metoden, da dette anses som mest relevant i forhold til boliger. Følgende formel til beregning anvendes:

NØDVENDIGT LUFTSKIFTE

$$Q = 10 \times (q / (C_{\text{inde}} - C_{\text{ude}})), \text{ hvor}$$

Q = Nødvendig luftskifte

C_{inde} = Luftkvalitet inde med 15 % utilfredse

C_{ude} = Luftkvalitet ude i naturområde

q = forurening fra personer og møbler i forhold til arealet

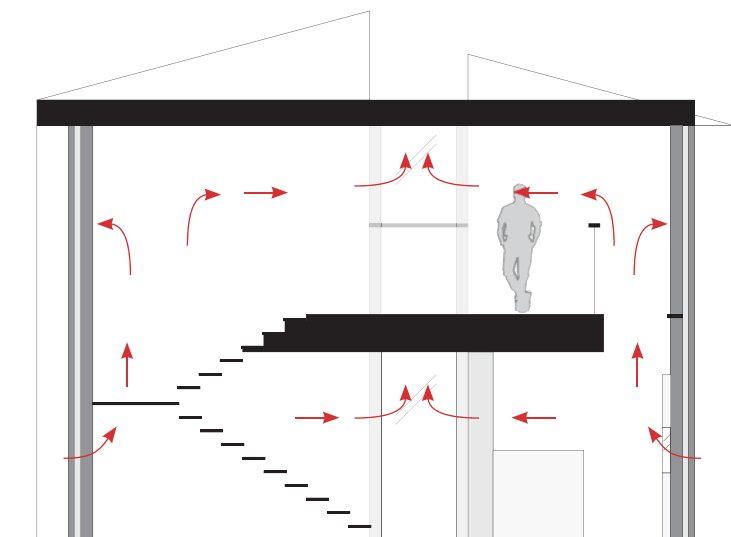
Boligen anses for at være beboet af maksimalt 5 personer, hvilket giver et nødvendigt luftskifte på Q = 0,6 gange i timen, for at opretholde termisk komfort (se app. 3, side. 181-182). Det vil sige at det mindste luftskifte krav fra bygningsreglementet ikke helt er nok, hvis alle 5 beboere befinder sig i boligen døgnet rundt.

Herefter ønskes undersøgt, hvorvidt dette luftskifte kan opretholdes om sommeren, med de ønskede vinduer i boligen. Hertil anvendes et regneark udarbejdet til formålet (se app. 4, s. 183). resultaterne viser at ved gennemsnits vindhastigheden for Aalborg, vil luftskiftet i boligen opnås, hvis vinden kommer både fra syd, vest og sydvest, som er mest karakteristisk for Aalborg. Dette opnås ved at anvende enkeltsidet ventilation, med et vindue på 1,4 m², med en effektivitet på 50%. Ved dage med lavere vindhastighed, kan krydsventilation anvendes, for at øge effektiviteten.

Med bygningens udformning, vil det være en fordel at anvende de dobbelthøje rum i boligen til naturlig ventilation. Metoden der anvendes er "stack ventilation" (se side 49).

Hvis der åbnes i stueplan stiger den varme luft op til bygningens tag, hvor en åbning skal placeres og lukker luften ud. Der skabes derfor dette undertryk, som er beskrevet på s. 49 og en naturlig luftgennemstrøm skabes (ill. 371).

III. 371. Snit 1:100
Luftbevægelsen fra
naturlig ventilation,
med åbninger i begge
sider af boligen.



OMRÅDETS ENDELIGE UDFORMNING

Designvejledningne for projektet er ikke nøjagtigt defineret og kan tolkes ret frit, derfor er der lavet en sidste undersøgelse ud fra de analyser der er udarbejdet i projektet. Området må, som beskrevet på s. 8 maksimalt udformes med 600 m², og maksimalt 8 boliger pr. grund. Der arbejdes med tre af disse grunde, hvilket vil sige maksimalt 1800 m² eller maksimalt 24 boliger.

Boligerne er udformet med et opvarmet bruttoareal på ca. 122 m² i stueplan, hvilket vil sige at der maksimalt må være 14 boliger. Ill. 372 viser placeringen af boligerne på grunden. Der er maksimalt plads til 12 boliger, ellers vil den enkelte bolig ikke få gode sollysforhold. Med 12 boliger, er de placeret ret tæt og vil ikke helt få de plads der ønskes omkring det private udeareal.

Hvis tilbygningen med parkering, vigtualierummet og vaskerummet medregnes, hvilket er mest sandsynligt, så er bruttoarealet på boligen 182 m², hvilket vil sige at der maksimalt må være 9 boliger på grunden.

Ill. 373 viser en placering af boligerne, med 9 boliger placeret på grundene. Her virker området pludselig meget bedre, skoven er blevet dominerende som ønsket, og alle boligerne har gode sollysforhold. Boligerne er placeret i 3 klynger, med 3 store offentlig fællesareal til aktiviteter imellem boligerne.

Til sidst er der set på arealet af hele boligen, med reposet. Dette har et areal på 427 m², hvilket vil sige at der kun må placeres 4 boliger på de tre grunde. Dermed bliver området meget lidt bebygget, der er derfor lavet et forsøg med 6 boliger (ill. 374). I forhold til ønskerne fra området (lokalplanen), så lever denne ikke op til områdets karakter. Derfor forudsættes det, at området må bebygges med 9 af de udformede boliger.

Der er udarbejdet 5 forskellige boligstørrelser til området, hvilket virker af meget, når der kun skal placeres 9 boliger. Men området med skovparceller strækker sig over 16 grunde, som spænder hele vejen omkring området (se s. 8-9), hvor der med disse boligtyper må placeres 3 på hver grund, hvilket vil sige at der i alt placeres 48 boliger.





Etagehøjderne på boligerne er markeret med et rødt tal, på trappen ned til området. Der er placeret 3 boliger på 3 etager, 3 boliger på 2 etager og 3 boliger på 1 etage.



Overgangen mellem haveparcellerne og skovparcellerne, ønskes meget skarpt opdelt, så når man køre langs med Ikarosvej, vil man på den ene side af vejen opleve en meget tæt skov op imod vejen. Man vil få steder kunne ane dele af boligerne, men ikke kunne se dem tydeligt. På denne måde skal interessen vækkes og man skal få lyst til at opleve området.

Når man bevæger sig rundt på området vil man opleve lysningerne, som en forlængelse af boligerne, som offentlige fællesarealer.

På den anden side af vejen vil der være plantet en række træer langs med vejen (ill. 275), på den måde opnås en allé stemning og en tydelig opdeling af, hvad der er haveparceller og hvad der er skovparcelområde.

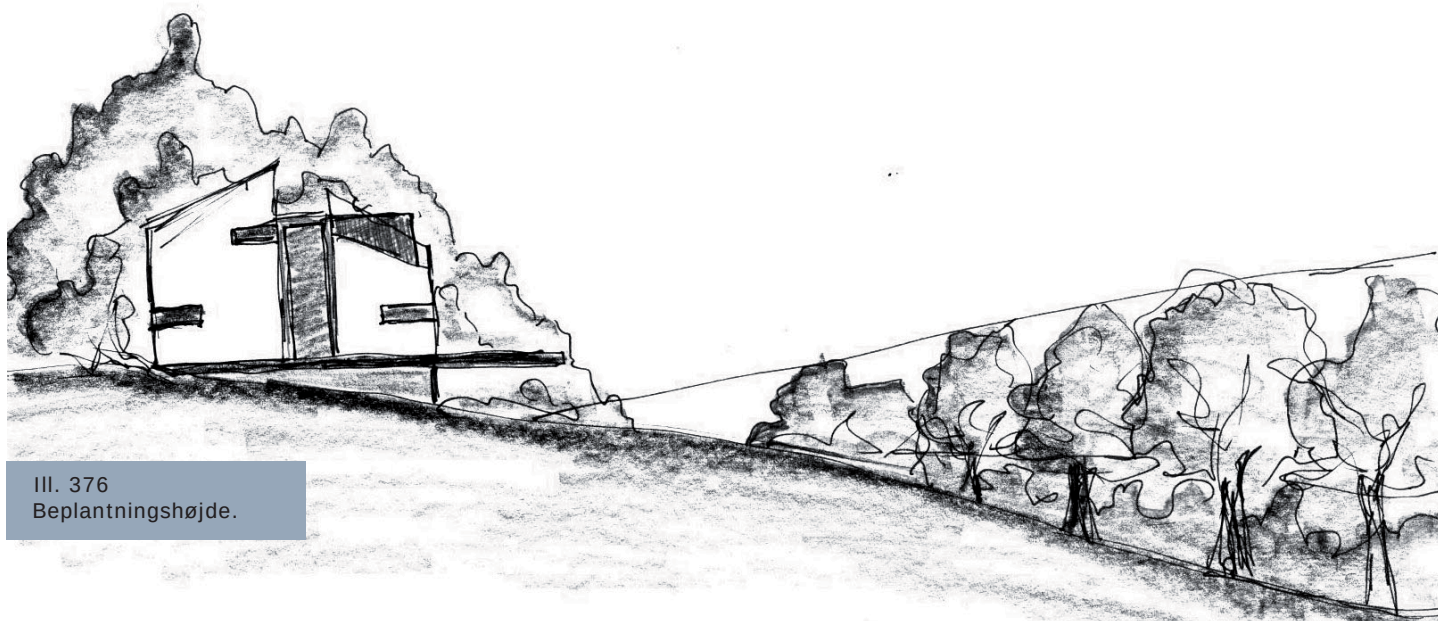
Området er meget lidt indrettet, da det ønskes at fremstå som uberørt natur, på det meste af området. Et fællesområde er dog udformet centralt på grunden, som skal indeholde fælles skovlegeplads, fælles opholdsareal, som er indrettet til formålet, samt eventuelle andre fællesfaciliteter, som hønsehuse, bålplads eller andet.



Ill. 375
1:2000

SOLFORHOLD PÅ GRUNDEN

Højden på den beplantning der forekommer foran boligerne, skal holdes i en højde, så de følger vinklen på solen (se s. 12-13). Så disse ikke skygger for solen om vinteren, når solen står med en vinkel på $10,5^\circ$ til middag. Beplantningens højde, er derfor bestemt ud fra afstanden til boligerne, men ikke yderligere detaljeret.



III. 376
Beplantningshøjde.

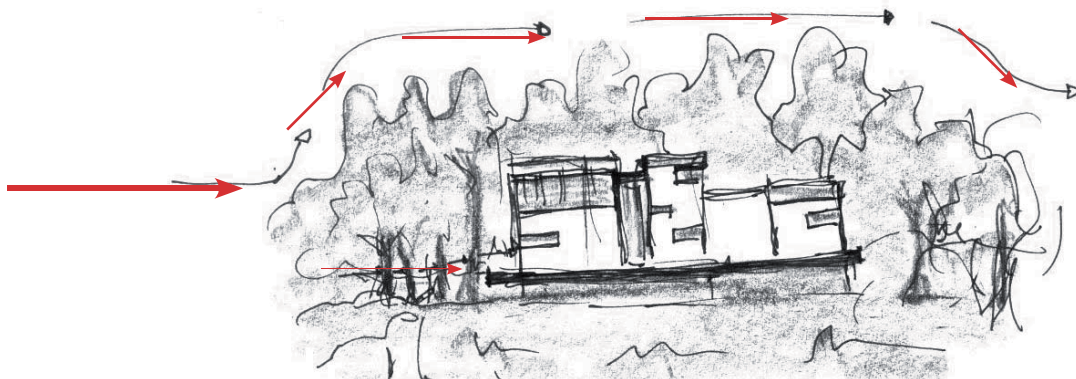


III. 377
Skyggelængder 1:2000

VINDFORHOLD OMKRING BYGNINGERNE

Da der i Danmark ofte er en hård vind, har det været ønsket, at anvende beplantningen på grunden, til at aflede vindens hastighed, så der skabes behagelige udeopholdsarealer tæt på boligen (ill. 378). Vinden kommer primært fra vest om sommeren og sydvest om vinteren, derfor er beplantningen arrangeret på denne side af bygningen.

Beplantningen ønskes forholdsvis tæt, for både at skærme for udsigten til naboen, men også for at få vindens hastighed ned. På s. 44, blev en undersøgelse lavet, omkring hvordan vinden reagerede i forhold til tætningen af beplantningen. Dette kan nu anvendes på grunden. På ill. 379 ses vindens bevægelse, når den kommer fra direkte vest og fra sydvest. Vindens hastighed sænkes tæt på boligen og skaber en smule turbulens mellem bygningerne i de store lysninger. Dette er med til at der ikke vil være helt vindstille omkring boligerne. Når vinden kommer fra sydvest om vinteren, vil de 3 forreste boliger være lidt mere udsat for vind, end de bagvedliggende boliger.



Ill. 378. Vinden bliver primært ledt hendover bygningen, med en tæt beplantning tæt på bygningen. En lille del af vinden, bliver ledt gennem beplantningen, og kan anvendes til naturlig ventilation om sommeren. Ved at sænke vindhastighederne omkring bygningen, minimeres risikoen for træk i boligen, når store dele af bygningen står åbent om sommeren.



VURDERING

Metoden der er blevet anvendt i projektet, har været den Integrerede Designs Proces, som har været et godt værktøj, til at indsamle en masse oplysninger og bearbejde disse, så projektet har endt ud med et integreret design. Projektet har været en lang iterativ proces, med tilbagevenden på det forhenværende igennem hele projektet, for på den måde at optimere på produktet gennem projektet.

Resultatet for projektet, er blevet et område med boliger, der lever op til de ønsker og krav der er opstillet gennem projektforslaget. Det vigtigste mål i projektet, var at få boligens energiforbrug så langt ned som muligt, i første omgang uden væsentlige aktive hjælpemidler. Dette er blevet opfyldt, kun ved anvendelse af mekanisk ventilation i få måneder af året. Dermed kommer energiforbruget ned på 36% under lavenergi klasse 1 i bygningsreglementet.

Det har været ønsket ikke at anvende urimelige mængder af materialer, som eksempelvis isolering, for at opnå et lavt energiforbrug. Dette er også opfyldt, med vægge på en tykkelse af kun 332 mm. Anvendes yderligere isolering, kan energiforbruget komme endnu længere ned, end hvad der i projektet er opnået. Derudover kan energiforbruget nedbringes yderligere, ved at gøre bygningen mere kompakt, dog vil konceptet for projektet som konsekvens heraf ændres. Boligens æstetiske udtryk og teorien omkring bæredygtighed har været en kompleks proces, hvor hver enkel beslutning er overvejet i forhold til flere forskellige aspekter.

En anden mulighed for nedbringelse af energiforbruget er at anvende solceller, solfanger, jordvarme, eller anden form for aktiv strategi for anvendelse af naturens energi til boligen. Dette er fravalgt i den endelige løsning, da det vurderes at energiforbruget er af acceptabel størrelse, samt af økonomiske årsager. Dog er boligen designet til at beboerne kan installere solceller eller solfanger på den sydvendte tagflade, hvis ønsket. Installerer dette vil boligen være selvforsynende, ved en ganske lille mængde solceller, men prisen for fremskaffelse af disse anlæg er i dag en høj omkostning, hvorfor det ikke er anvendt i projektet.

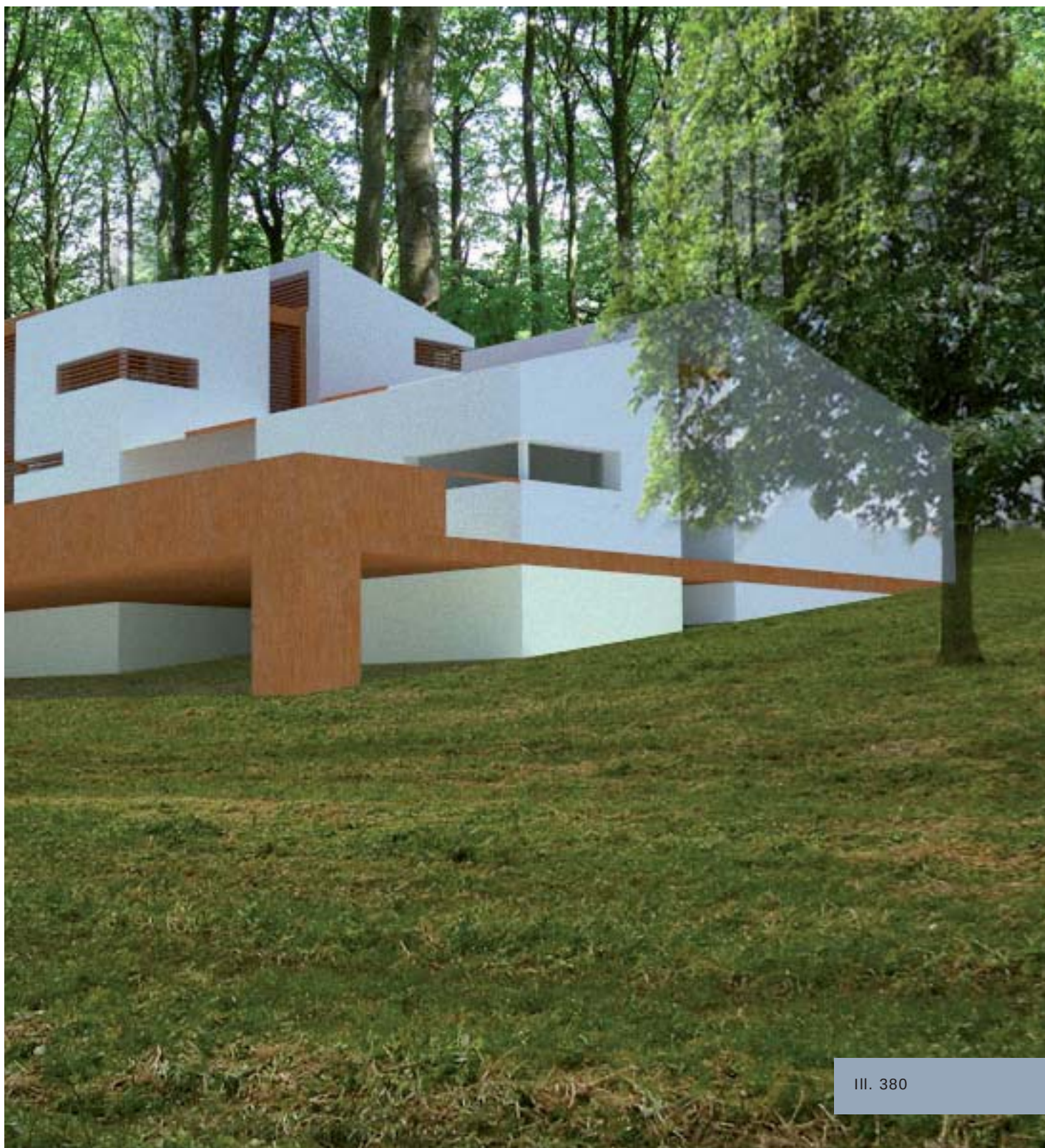
Hver bolig har et stort privat udeareal, som er adskilt fra det offentlige udeareal på grunden. Boligen er dermed adskilt fra området, for at forøge privatheden i boligen.

Boligens kryds, som er konceptet for bygningen, er med til at forbinde boligen og naturen, samt formmæssigt at gøre boligen mere spændende. Den har yderligere et funktionelt aspekt, som værende bevægelsesmønsteret i boligen. Krydset er både synligt indvendigt og udvendigt af boligen.

Planløsningen for boligen er udformet meget moderne, med store og åben områder, men med mulighed for at lukke rummene af. Foranderlighed har været et vigtigt tema i projektet og kommer til udtryk i planløsningen, både i forhold til hvert enkelt rum, men også i forhold til boligens brug af uderummene fra sommer til vinter.

Det økonomiske aspekt i projektet, har været styrrende i valget af materialer og samlinger. Det er ikke nødvendigvis de billigste materialer der er anvendt, men materialer der både opfylder de bæredygtige krav i projektet, samt materialer af lokal produktion, så der ikke skal anvendes energi til fragt af materialer over større afstande.





III. 380