hexagon

-et koncept for bæredygtig byggeri

hexagon, ad10-ark16,2008

titelblad

Arkitektur & Design
Aalborg Universitet

10. semester arkitektur

titel:

hexagon

undertitel:
et koncept for bæredygtigt byggeri

projektperiode: 4. februar – 1. august 2008
gruppe: ad10 – ark11

vejleder: Mary-Ann Knudstrup
bivejleder/konsulent: Per Heiselberg
ekstern samarbejdspartner: Aarhus Arkitekterne A/S

trykkeri: Trykkestedet, Klosterport 4, Århus

antal sider: 170
antal kopier: 6 stk, 2008

tegningsmappe vedlagt

Svanemærket tryksag 541-434

forord

At vi står over for en global udfordring kan ikke længere negligeres. Verdens øgede velstand og som følge heraf øget forbrug har tvunget vores jord i knæ og dommedagsprofetier står i kø. Hvert år slår vejret rekorder: højere temperaturer, mere regn, oversvømmelser, tørke, cykloner, tornadoer, grønne vintre, polens is der smelter, m.m. Listen er lang og uoverskuelig, samlet under en dyster overskrift: Den globale opvarmning.

I listen over mulige årsager til disse katastrofer står vores overforbrug øverst på listen og især vores ekstreme energiforbrug. Denne opgave bearbejder netop vores energiforbrug og udmunder i en koncept, der kan minimere vores to største energiforbrugsområder: energi og transport, der i Danmark tegner sig for 70% af udledt CO2 [Danmarks Miljøundersøgelser 2007], der globalt antages som hovedårsagen til den globale opvarmning. Opgaven angriber disse to fokuspunkter: Transporten i stor skala som en konceptuel ide, mens energiforbruget i boligen bearbejdes mere arkitektonisk detaljeret.

Der arbejdes allerede på højtryk i flere multinationale virksomheder og forskningsinstitutter på at finde løsningen på fremtidens altoverskyggende globale katastrofe.

Der tales om en "ketchup-effekt": Vi ved, at det er inde i flasken et sted, og vi prøver på alle mulige måder at få ketchuppen ud. Til dato er der kun kommet små klatter, der dækker en del af vores behov og lovende forskningsresultater, men den store klat er endnu ikke kommet ud af flasken, den klat der kan dække alle vores behov. Men vi ved, den er derinde, og hvis vi bare bliver ved med at prøve, vil den på et tidspunkt komme ud. Denne opgave skal ses som et at disse forsøg, hermed ikke sagt at den er svaret på fremtidens problemer, den "klat ketchup" vi venter, men den bearbejder og kombinerer en række af fremtidens problemstillinger, til inspiration for fremtidens bymæssige byggeri, lige som jeg har ladet mig inspirere af andres projekter i udarbejdelsen af denne opgave.

Rapporten skal ses som en del af to. Den indledende opgave blev udarbejdet på forrige semester (niende), og den bearbejdede det energioptimerede typehus. Essensen af denne opgave og bygningens koncept er kort præsenteret i denne rapport, og hele rapporten er på den vedlagde CD-rom [rapport ad9-ark7, 2007_Anders Laursen.pdf]. Opgaven fokuserede på forståelsen af detaljen og konceptet bag passivhuse. Kort fortalt er passivhuse huse, der deres sit design udnytter den passivtilførte energi, eksempelvis fra solen, til den primære opvarmning af boligen. Den tilførte varme holdes inde i boligen ved et minimalt energitab ved hjælp af et kompakt design, øget isolering og minimering af kuldebroer. Alt i alt en koncept, der kræver en del fordybelse, forståelse og detaljering, for at kunne løses. Disse erfaringer drager dette projekt nytte af samt udbygger ved at inddrage andre koncepter og teknikker, der ifølge passivhuscertificeringen ikke er "tilladt". Derved vil dette projekt som udgangspunkt ikke kunne certificeres efter passivhusstandarderne, men ved at bearbejde og tilføje til konceptet er målet en bolig, der i det store hele vil anvende mindre energi og bidrage med andre kvaliteter end et tilsvarende rent passivhus.

Denne og den forrige opgave er skrevet i samarbejde med Aarhus Arkitekterne som ekstern samarbejdspartner. Aarhus Arkitekterne har igennem længere tid arbejdet med bæredygtigt byggeri, bl.a. er tegnestuen p.t. ved at opføre 66 ungdomsboliger i Birk, Herning, der i deres konstruktion opfylder passivhuskravene og anvender grøn energi fra vindmøller og brændselsceller i deres drift. Derudover står de bag et af Isovers 10 komforthuse i Skibet, Vejle, er prækvalificeret i konkurrencen om opførslen af tre institutioner i Albertslund opført efter passivhus-standarden og har mange andre projekter på tegnebordet. Tegnestuen betragter bæredygtigt byggeri som en af fremtidens byggetendenser og ser i samarbejdet en mulighed for at udvide sin nuværende erfaring og et håb om gensidig inspiration.

I kraft af min interesse og iver inden for feltet kan jeg ikke definere denne opgave som 100% objektiv. Jeg ser personligt bæredygtigt byggeri som et af fremtidens store potentialer og ønsker aktivt at fremme dets muligheder og offentlig interesse. Denne iver kan også virke hæmmende, som skyklapper med fokus på det ene mål at opnå besparelser og optimeringer, hvorved visse valg ikke ville være taget, hvis fokuspunktet havde ligget på et andet område. Men samtidig åbner det op for en diskussion, om det er det rigtige skridt, der her er taget, eller om visse områder skulle være blevet behandlet anderledes, hvorved denne opgave får en forhåbentlig aktiv rolle i diskussionen om fremtidens bæredygtige byggeri.

Opgavens mål er at kommentere det nuværende i håbet om at bidrage positivt til fremtiden. Be the change.

dato: 1. august 2008

Anders Laursen

indholdsfortegnelse

titelblad 3
forord 4
indholdsfortegnelse 6
indledning 8

problemformulering/projektidé

Metode: Integreret Design Proces 12
bæredygtig arkitektur 14
high density 16
ressourceoptimering 18
problemformulering 23

analysefase

Århus højhuspolitik 26
- byen og landskabet 26
- høje huse i Århus 26
- placering af høje bygninger i Århus 27
- sociale, økonomiske og kulturelle perspektiver 27
- byen og landskabet 28
- placering af høje bygninger i Århus 29

konsekvensvurdering 30
- delkonklusion 31

placering 32
grunden 34
skala 36
skyggediagram 38
fremtidige forhold 40
højhuskonstruktioner 42
højhuse (fordel/ulemper) 43
klima 44
ressourceforbrug 46
- elektricitet 46
- vand 47

rodzoneanlæg 49
solceller 50
casestudies 54
Tower of Tomorrow af William McDonough (USA) 56
HySociety af PLOT (DK) 58
Agro-Housing af Knafo Klimor (ISR) 60
mkLotus af Michelle Kaufmann (USA) 62
passivhus-konceptet 64
det energioptimerede typehus 66
designparametre 68
indhold 70
- høj densitet 70
- ydre forhold 70
- bygningen 70

afgrænsning 71
hovedidé 72

skitseringsfase

forundersøgelse 76
den energiproducerende facade 78
skitsering 1: indledende volumen studier 80
skitsering 2: koncept 86
skitsering 3: struktur 90
plan 94
facade og snit 95

syntesefase

konstruktion 100
planløsning på etagerne 104
lys 104
interne bevægelse og ophold 108
teknik 112
planløsning i lejligheder 113
badeværelse 114
skillevægge 116
energiberegning 118
præfabrikerede elementer 120
ventilation 126
sommer 126
vinter 127
energiproduktion 128
facade 130

præsentationsfase

bygningen i byen 140
facader 142

konklusion 154
diskussion 157
illustrationsliste 158
litteraturliste 160
appendix A 166
appendix B 168

indledning

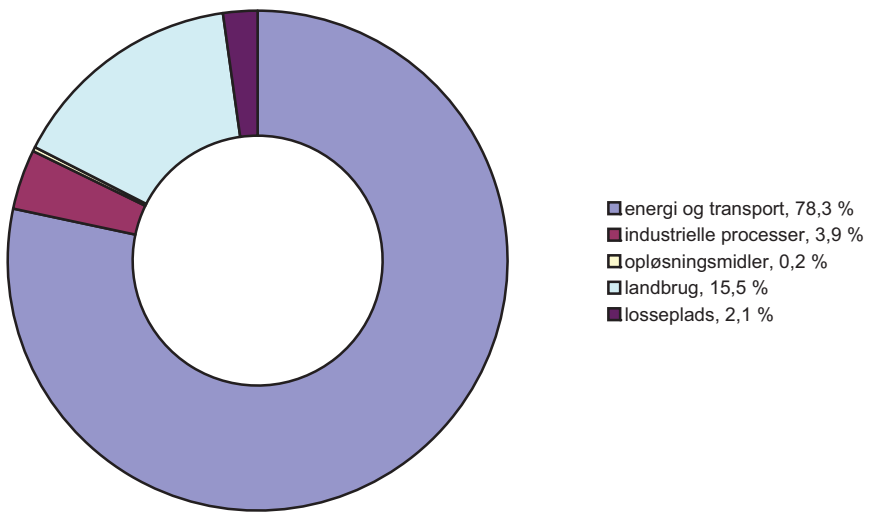
Vi har de seneste år oplevet tiltagende miljøkatastrofer og ekstreme vejrforhold, som med 90% sandsynlighed skyldes menneskeskabte drivhusgasser [dr, 1 og Climate Change 2007] og vores opførsel på denne jord. Menneskeheden står over for en massiv udfordring over de næste årtier for at få afbalanceret vores levevis, så vi kommer til at leve i pagt med naturen og ikke nu som dens fjende nummer ét. Forslagene til, hvordan vi løser denne udfordring, er mange, dette er et af dem…

Der er bred enighed om, at den globale opvarmning er truende og i større eller mindre omfang vil berøre samtlige verdens væsener og organismer fra havets hvaler og plankton til ørkenens insekter og regnskovens flora "approximately 20 to 30% of species assessed so far are likely to be at increased risk of extinction if increases" [Climate Change 2007]. At den globale opvarmning er uundgåelig vidner 11 af de sidste 12 år om (1995-2006), de rangere nemlig blandt de 12 varmeste år (overfladetemperatur) på jorden siden 1850 [Climate Change 2007]. Dette er kun et minimalt uddrag af de negative fakta og forudsigelser FN's klimarapport fremlægger. Der peges på en række udfordringer, vi står overfor i fremtiden, hvoraf arkitekturen kan imødekomme nogle.

På baggrund af vores forbrug udleder vi en række drivhusgasser, som bidrager til den globale opvarmning. Årligt udarbejdes en rapport af Danmarks Miljøundersøgelse (DMU) under Aarhus Universitet til UNFCCC og kontaktpunktet for Danmarks nationale system til drivhusgasopgørelser under Kyoto-protokollen. Rapporten omhandler Danmarks samlede udledning af drivhusgasserne [Energistyrelsen 2007].

Det globale opvarmningspotentiale, på engelsk Global Warming Potential (GWP), udtrykker gassernes klimapåvirkning i den samme vægtenhed over en nærmere angivet tid, da de har forskellig levetid i atmosfæren. Den fælles enhed er CO2, hvilket også er grunden til, at der globalt tales om at nedbringe den samlede CO2-mængde, der grundet GWP-omregningen også omhandler de fem andre drivhusgasser. Den totale CO2-ækvivalente emission af drivhusgasser er fra perioden 1990 til 2005 faldet med 7%, hvis nettobidrag fra skovenes og jordens udledning og optag af CO2 ikke indregnes. Faldet er 10% hvis de medregnes. Udledningen fordelt på gastype var i 2005:

Kuldioxid (CO2)	50.426.000 tons
Metan (CH4)	268.000 tons
Lattergas (N2O)	23.000 tons
Hydrofluorcarboner (HFC'er)	805.000 tons
Perfluorcarboner (PFC'er)	14.000 tons
Svovlhexafluorid (SF6)	22.000 tons
Samlet	51.558.000 tons



Udledningen fordeler på følgende kilder:

Den langt overskyggende udledningskilde er energi- og transportsektoren. Den primære kilde i den sektor stammer fra forbrænding af kul, olie og naturgas i kraftværker samt i beboelsesejendomme og industri. Kraft- og fjernvarmeværker bidrager med 44% af emissionen, mens 26% stammer fra transportsektoren. CO2-emissionen fra transportsektoren er steget med 26% siden 1990 hovedsagelig på grund af voksende vejtrafik.

"If we can cut the energy consumption of buildings in half, which isn't that hard to imagine, we can have an effect of 20%, a dramatic amount.

And if we can do buildings that are energy-positive – that produce more energy than they need to operate – then we're ahead of the game."
William McDonough [dash24]

Rapporten griber fat i vores nuværende bykultur. Bystrukturen er en af de mest energieffektive maskiner, mennesket har opfundet, og indeholder en lang række kvaliteter, dog er den stadig meget energikrævende i sin nuværende udformning. Projektet arbejder med at bringe nogle af de kvaliteter, som vi kender fra mere åbne bebyggelser, eks. parcelhuse, ind i den bymæssige kontekst.

Opgavens omdrejningspunkt er højhuset, hvilket også er til stor debat i flere større byer. Tesen er: Ved at bygge højhuse kan byerne komprimeres, hvorved flere kan bo på samme areal. Dette giver en lang række fordele, blandt andet bliver byerne nemmere at forsyne med energirigtig offentlig transport og gør dem mere energiøkonomiske.

Højhusbyggerier er ofte uønsket grundes deres lange skygger og betydning for lokale vindforhold, desuden udformes de oftest som store massive glasbeklædte kasser, der i mange tilfælde skæmmer i bybilledet. I denne opgave gives et svar på, hvordan et markant højhusbyggeri kan træde ud af disse fordomme og bidrage til byen som et urbant element med en række ilagte kvaliteter i forhold til byen, lokalområdet, beboerne samt dyre og plantelivet. Projektet giver et bud på, hvordan højhuse kan komme væk fra de fordomme, der er knyttet til dem, og gå mod en mere velset tilværelse. Til glæde for byen og miljøet.

Ud over energioptimeringen bearbejder projektet også ressourceoptimering og genbrug i form af at minimere materialeforbruget og arbejde med bæredygtige materialer, samt bearbejdning og genbrug af det livgivende vand, der alle indgår som en integreret del af byggeriets koncept.

"Observational records and climate projections provide abundant evidence that freshwater resources are vulnerable and have the potential to be strongly impacted by climate change, with wide-ranging consequences for human societies and ecosystems".
[Bates 2008]

metode
Den Integreret Design Proces samt analyser og casestudies anvendes som metode til at løse ovenstående udfordringer. Rapporten er bygget op efter Den Integreret Design Proces' faser. Overgangen fra en fase til projektets næste fase er markeret ved et opslag med fasens titel.

probl
/proj

lemfa
ektid

Metode: Integreret Design Pro

Integreret Design Proces (IDP) anvendes som metode til løsning af den nævnte problemstilling. IDP er specielt egnet, når det handler om bæredygtigt design, da teknik og æstetik følges ad og skal vægtes ligeligt for at opnå tilfredsstillende kvaliteter.

Metoden indeholder følgende faser
problemformulering/projektidé
analysefase
skitseringsfase
syntesefase
præsentationsfase

problemformulering/projektidé
Projektarbejdet indledes med et problem, som man ønsker løst. Hertil opstilles en problemformulering, som bliver omdrejningspunktet for det videre arbejde. I denne rapport indgår denne indledende fase også som en del af analysen, da den beskriver problemstilling detaljeret og i et lidt større perspektiv, hvorved opgaven specifikke fokuspunkter/problemstilling er essensen heraf.

analysefasen
Analysefasen omfatter diverse analyser i forbindelse med opgaven, og de tilvejebringes inden skitseringen påbegyndes. Ofte er der en række faktorer, som har indflydelse på projektets udforming, eks.: kontekst, topografi, sol-, lys- og vindforhold, adgangsforhold, lovkrav og planmæssige krav så som kommune- og lokalplan. Desuden indhentes der krav til bygningen; her i forhold til energikrav.

Analysefasen leder til en række krav, som skal efterkommes, samt mål, man ønsker at opnå. Dette vil variere alt efter, hvor vægten i opgaven lægges, men fælles for dem alle er, at de vil være målbare i en eller anden form, og projektets succeskriterium kan måles i, hvorvidt disse krav og mål er opfyldt i det færdige produkt.

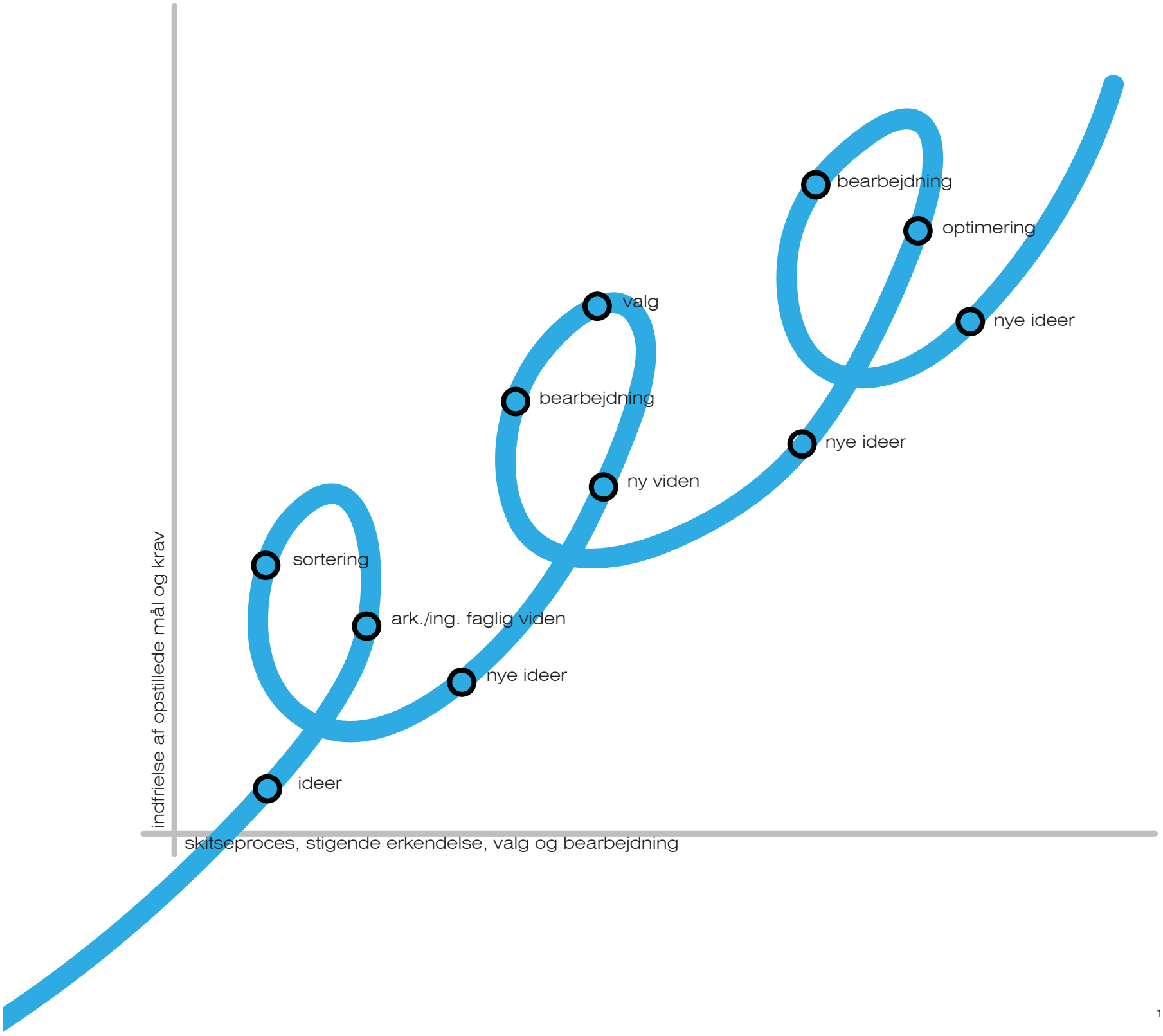
skitseringsfase
I skitseringsfasen samles alle informationerne og krav fra analysefasen, og projektet får fysisk form i form af skitser og modeller. Her mødes den arkitektfaglige og den ingeniørfaglige viden, og der genereres en række skitseforslag. I hvert forslag forsøges alle krav og mål at indfries. Det lykkes i nogle tilfælde bedre end i andre, som så har andre kvaliteter. Dette forsøgsstadie looper op til flere gange, hvor man hver gang kommer målet nærmere.

I skitseringen arbejdes der både med bygningens arkitektoniske kvaliteter samt tekniske præstationer. "Der er så at sige forskellige "modstand" i de forskellige skitseredskaber, når den kreative tanke, associationerne og ideerne afprøves og formes med blyanten, modellen og computeren. Modstanden provokerer og udfordrer den person der sidder med opgaven til at tænke, afprøve nye muligheder og nye kombinationer og løsninger på det stillede problem. Syntesen opstår i skæringsfeltet mellem de provokationer, som de forskellige medier giver, og der opstår en synergieffekt mellem de forskellige fagligheder, når processen virkelig lykkes" [Knudstrup 2005].

syntesefasen
Skitsefasen ender op med en egnet bygning, som i syntesefasen optimeres, så den står mål med det opstillede krav. Det er her bygningen finder sit færdige udtryk fra plan og facader ned til detaljerne i overensstemmelse med konceptet.

præsentationsfasen
Præsentationsfasen opfatter præsentationen af det endelige projekt. Her fremhæves projektets kvaliteter via tegninger, renderinger, modelbilleder eller lignende.

roces


bearbejdning
optimering
nye ideer
valg
bearbejdning
nye ideer
ny viden
sortering
ark./ing. faglig viden
nye ideer
ideer
indfrielse af opstillede mål og krav
skitseproces, stigende erkendelse, valg og bearbejdning

bæredygtig arkitektur

"Sustainable development is development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generation to meet their own needs."

Sådan udtrykkte World Commission on Environment and Development [World Commission on Environment and Development], anført af den norske statsminister, Gro Harlem Brundtland, begrebet bæredygtig udvikling tilbage i 1987.

Den bæredygtige udvikling har intet mål endeliget og er altomfattende. Det er altid muligt at lave forbedringer på eksisterende systemer, og hele verden skal deltage for at opnå den sande effekt af bæredygtighed. Det tales om to aspekter: "needs and limits" (behov og begrænsninger).

Needs indeholder behovet for at oprette og bevare acceptable levestandarder for alle, og konceptet bag limits omfatter behovet for at bevare de naturlige ressourcer nu og i fremtiden. Konceptet bag "needs and limits" kan lægges over en række af samfundets problemstillinger, politisk, økonomiske og dagtigdagsemner, da der ved ethvert behov for en handling/ting er nogle begrænsninger. Dette gælder især inden for bæredygtigt udvikling.

Bæredygtighed bevæger sig i flere plan. Ud over miljø, som er langt det overskyggende fokuspunkt inden for den fremtidige bæredygtige udvikling, så omhandler den også økonomiske samt samfundsmæssige incitamenter. Den ene kan ikke eksistere og udvikles uden hensyntagen til de to andre.

miljø:
Dette område omhandler alle de emner, der indgår i dagen debat, så som at minimere mængden af affald, forbruget af vand samt udledning af diverse skadelige stoffer til vores omgivelser, hvorunder drivhusgasser indgår som en at de altoverskyggende faktorer.
Vores uhæmmede forbrug af råmaterialer skal også konfronteres, da disse ressourcer ikke er ubegrænsede.
Derudover skal det menneskelige helbred også håndteres, hvilket også betyder, at mængden af skadelige og kræftfremmende stoffer, som vi til dagligt er omgivet af, skal minimeres.

økonomi:
Det økonomiske incitament for at fokusere på bæredygtighed er i høj grad muligheden for at bevæge sig ud på nye markeder og muliggøre øget salg.
Derudover ligger der en konkret mulighed ved minimering af materialebrug og effektivisering, og derved opnå øget konkurrenceevne. Men det vil kræve en stor investering, en investering mange virksonheder står overfor for deres fortsatte eksistens.

samfund:
Ud over de fysiske gevinster på samfundet som konsekvens af en mere bæredygtig udvikling, så har samfundet en interesse i opnåelse af en mere bæredygtig udvikling, hvorved et mere stabilt forsynings- og produktionssystem kan udbygges.

De tre indgår i en treenighed, hvor den optimale bæredygtige udvikling og det balancerede menneske befinder sig i midten, hvor de tre overlapper, og hvor "needs" tilgodeses, og "limits" overholdes.

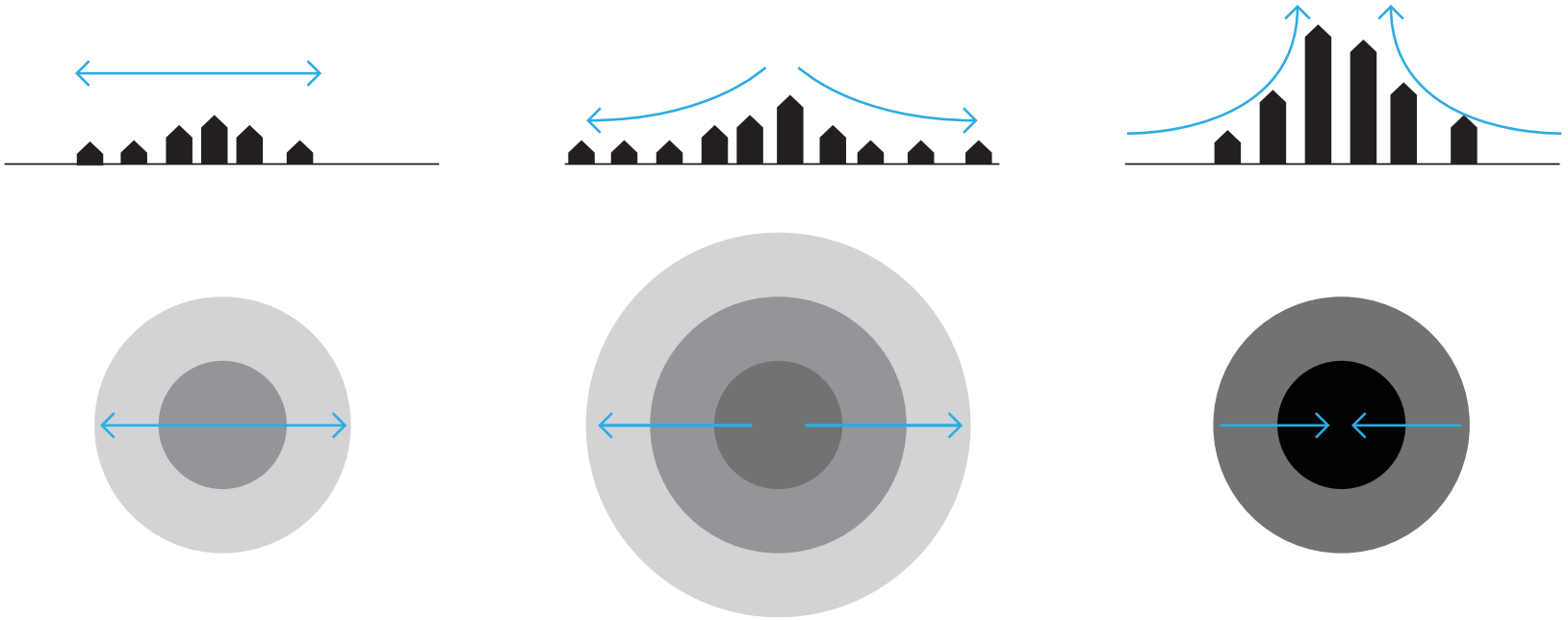
Bæredygtig arkitektur er byggeri, der i uformning, materialer, anvendelse og aptering tager hensyn til og drager nytte af naturens ressourcer uden af gå på kompromis med de fysiske eller psykiske kvaliteter.

high density

Et af de spåede midler til at opnår en mere bæredygtig udvikling er den kompakte by eller som det udtrykkes i fagtermer: high density city. Målet: High density kan opnås på en række forskellige måder og kaster flere underliggende indsatsområder af sig. Så som hvordan man omgås hinanden, offentlige rum, transport m.m.

"Density uses less land to house more people, reducing pressure on the region to sprawl over agriculturally productive land. A range of different housing choices and prices can be provided to suit people's diverse needs. Higher density buildings themselves enable sharing of resources such as energy and water. Dense communities support vibrant and walk able commercial areas, with residents walking and biking more, and driving less. These communities also support public transportation systems and community amenities, and can make green systems such as district energy cheaper to build. Denser, mixed-use neighbourhoods with a high quality public realm and accompanying amenities are great places to live."
[vancouver-ecodensity.ca, 1]

High density ses som løsningen på fremtidens urbanisering. Vi har op gennem industrialiseringen oplevet en øget tilflytning til byerne grundet de økonomiske og transportmæssige fordele ved at bo tæt og i kort afstand til arbejde. Disse fordele er ikke hovedårsagen til, at vi i dag stadig bor i byerne. Vi har igennem de sidste årtier oplevet en økonomisk vækst, der gør det muligt for mange at flytte ud til byernes forstæder og derfra dagligt transportere sig ind til byen for at arbejde. Vores tilknytning til byen afhænger i dag mere af vores forbrug af varer, service og underholdning.



nuværende bystruktur | fremtidig bystruktur | fremtidig bystruktur ved high density

En kompakt by kan bidrage til at bevare vores nuværende livsstil samt dreje den i en mere bæredygtig retning. Via den tætte by kan der opnås en række energimæssige optimeringer til gavn for beboerne og miljøet.

"Cities in the 21st century should increasingly recognize their role as centres of tolerance and justice for people rather then sites of conflict and exclusion. They should reduce their impact on the global environment by embracing dense and compact development rather than allowing profligate sprawl"
Richard Burdett [Per 2007]

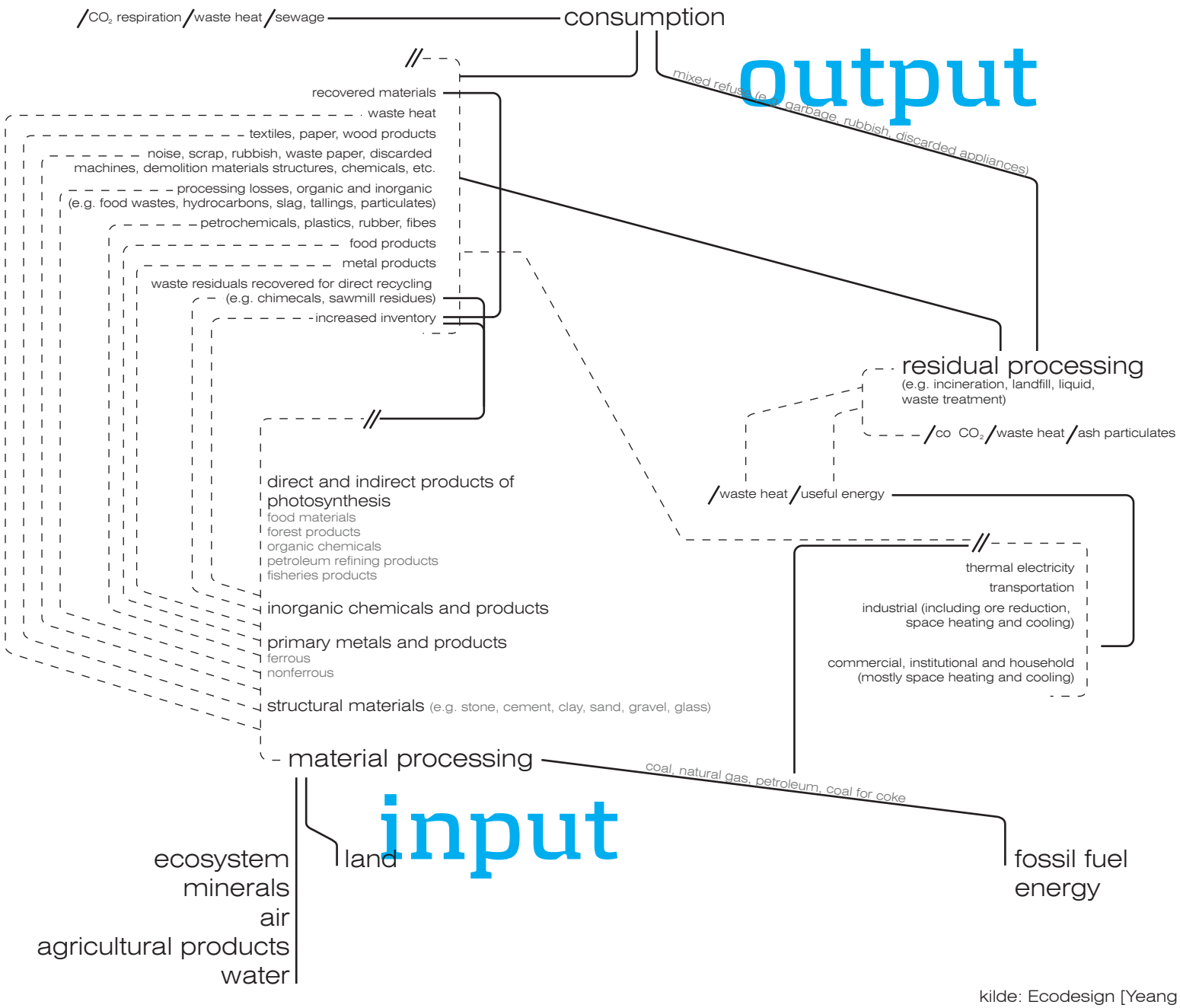
I arkitekturen handler high density om at få et stort antal mennesker til at opholde og bevæge sig inden for et lille areal, uden at der gås på kompromis med den rumlige kvalitet eller oplevelses- eller livskvaliteter.

"We believe that the combination of different functions inside the same project is the key to the regeneration of the consolidated city and for the creation of new urban nuclei and that collective housing in this context of mixed-use, generating a dense built environment, is the only solution to the consumption of resources."
Aurora Fernández Per og Javier Arpa, forfattere til Density Projects [Per 2007]

ressourceoptimering

Som omtalt i indledningen er en af faktorerne i en bæredygtig udvikling "Limits" eller begrænsninger. Herunder hører de begrænsede ressourcer, vi har til rådighed på og får tilført til jorden.

Vores jord består af en lang række materialer og grundstoffer, vi i stadig større grad udvinder til produktion af mad, materielle goder og energi. Hvis denne udvikling fortsætter med ubegrænset styrke, vil vi inden for en årrække opleve en mangel på visse produkter, et diskussionsemne vi oplever mht. den energirige naturligt forkomne råolie.

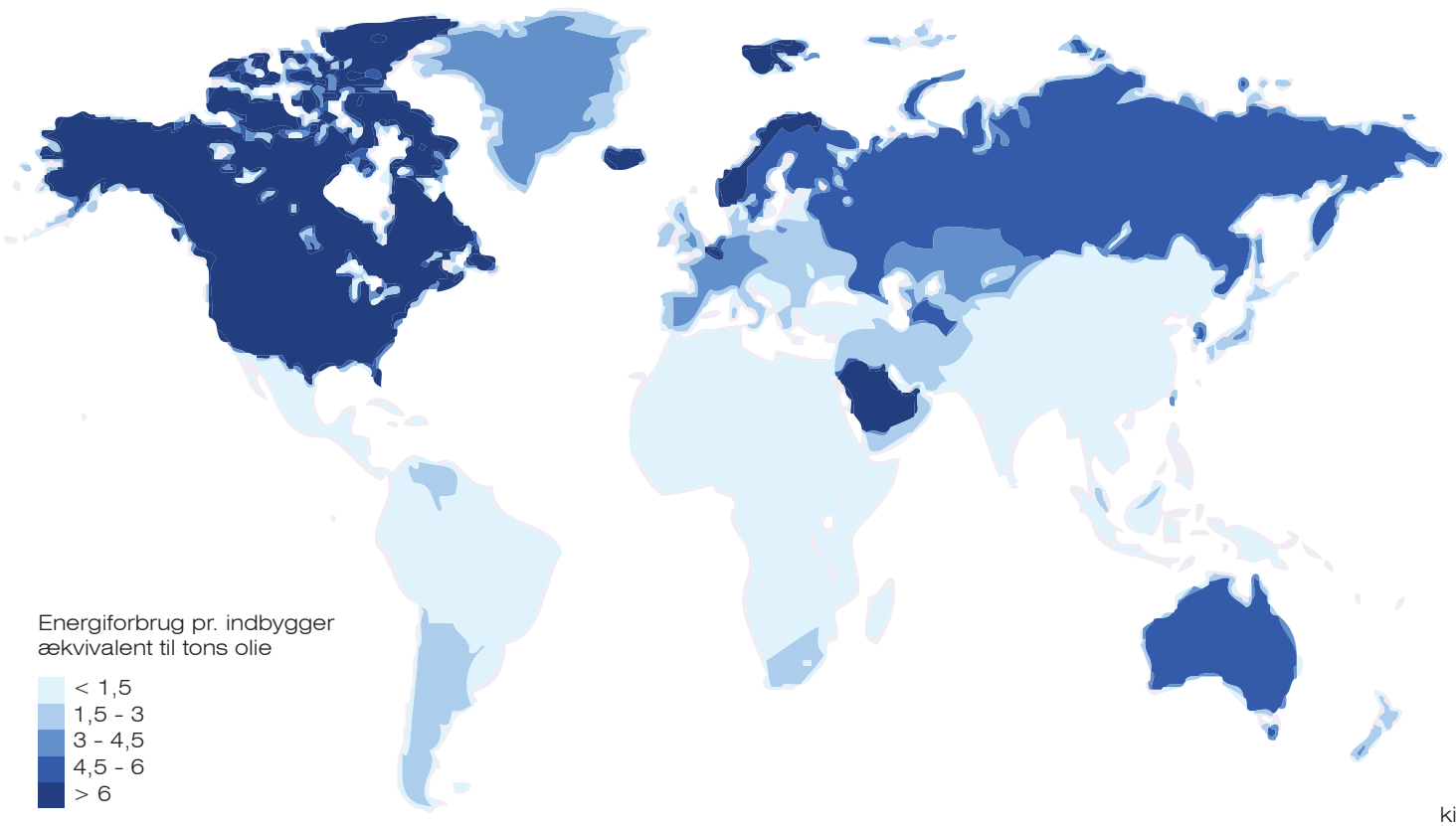


kilde: Ecodesign [Yeang 2006]

Illustrationen til venstre illustrerer ressourcernes brug, forædling, genbrug eller afskaffelse. Som vist ligger få kilder basis for en stor del af vores forbrug, hvilket netop gør det det vigtigere at beskytte og skåne disse via en bæredygtig udvikling, hvor der både tages højde for nuværende forbrug og fremtidige behov. Dette kan gøres på tre måder:
1: minimere vores forbrug af ikke fornyende materialer
2: anvendelse af bæredygtige materialer, der indgår som en naturlig del af det biologiske kredsløb
3: genbrug af alle materialer.

energi

En af de mest presserende udfordringer er behovet for energi til opretholdelse af vores velfærdssamfund samt til mange af de tidligere udviklingslande, der oplever en voldsom vækst og som konsekvens deraf en stigende efterspørgsel af energi på verdensplan. Vi brugte i 2007 energi svarende til 13 TWh (olie ækvivalent svarende til ca. 11 mia. tons olie) på verdensplan [bp, 2], hvor langt størstedelen stammer fra fossile brændstoffer.



kilde: bp, 4

Af denne enorme mængde energi bidrog vedvarende energikilder med en mindre del:

Geotermisk energi	9720,4 MW (2007)
Solenergi	5699,5 MW (2006)
Vindkraft	94005 MW (2007)

Kilde: bp, 3

Mængden af tilført vedvarende energi overstiger lang vores forbrug, som grafen herunder illustrere.

kilde: Massachusetts Institute of Technology [wikipedia, 2]

Den mest lovende energikilde både med hensyn til mængde men også med hensyn til udvindingsmetoder er solenergi.

”Hvis man finder en måde at høste solenergi tilstrækkelig effektivt og billigt, vil vores energiproblemer stort set være løst, eftersom vi hver time modtager lige så meget energi fra Solen, som hele kloden samlet forbruger af fossile brændstoffer på et helt år”.

Claus Hviid Christensen, professor ved Center for Sustainable and Green Chemistry [ing.dk, 1]

“We study a number of global issues at the Earth Policy Institute. Perhaps none is as important as water.”

Plan B 3,0 [treehugger, 1]

Ud over den voldsomme efterspørgsel efter energi, så ses vores vandforbrug også som en flaskehals I fremtiden. Vi anvender vand i næsten alle processer i den vestlige verden, lige fra fremstilling af store industrielle produktioner og elektrisk udstyr til den private bilvask, madlavning og toiletbesøg. I Danmark anvender vi rent drikkevand til alle disse processer.

“While 70 percent of the world’s surface is covered by water, it is estimated that only 1 percent of those total water resources is available for human use. Currently, between 500 million and 2 billion people are living in conditions of water stress. It is estimated that this number will rise to about 5.5 billion people by 2025.

Meanwhile, experts expect water use to increase by 22 percent over the next two decades.”

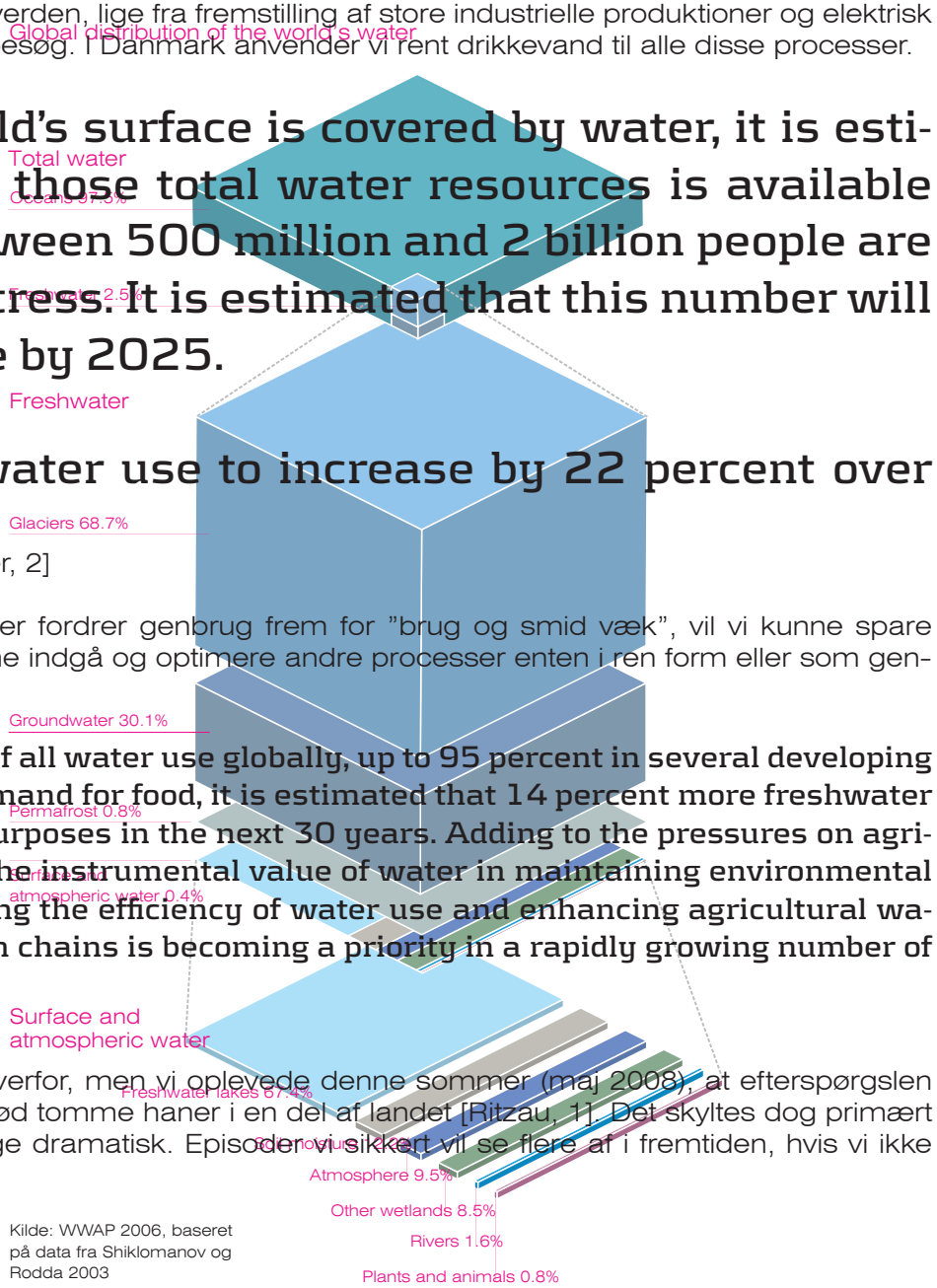
Marian Hopkins, Business Roundtable [Treehugger, 2]

Ved en omlægning af vores forsyningssystem, der fordrer genbrug frem for ”brug og smid væk”, vil vi kunne spare enorme mængder vand, der til gengæld ville kunne indgå og optimere andre processer enten i ren form eller som genbrugsvand.

“Today, agriculture accounts for 70 percent of all water use globally, up to 95 percent in several developing countries. To keep pace with the growing demand for food, it is estimated that 14 percent more freshwater will need to be withdrawn for agricultural purposes in the next 30 years. Adding to the pressures on agricultural use is the increased awareness of the instrumental value of water in maintaining environmental services and ecosystem resilience. Increasing the efficiency of water use and enhancing agricultural water productivity at all levels in the production chains is becoming a priority in a rapidly growing number of countries…”

UN-Water [UN-Water 2006]

Det er ikke en problemstilling vi I Danmark står overfor, men vi oplevede denne sommer (maj 2008), at efterspørgslen efter vand oversteg vandværkets kapacitet og betød tomme haner i en del af landet [Ritzau, 1]. Det skyltes dog primært det varme vejr, der fik vores vandforbrug til at stige dramatisk. Episoder vi sikkert vil se flere af i fremtiden, hvis vi ikke ændrer vores forbrugsmønster.



Kilde: WWAP 2006, baseret på data fra Shiklomanov og Rodda 2003

problemformulering

Hvordan udformes fremtidens bymæssige bebyggelse?

an

.alyse

Århus højhuspolitik

Høje huse har både positive og negative konsekvenser for deres kontekst, hvilket gør det til et omdiskuteret emne i de fleste større byer. Denne diskussion har også foregået i Århus, og i 2001 udmundede den i en general højhuspolitik for Århus, der udstikker en række retningslinier for højt byggeri i Århus midtby.

Den videre analyse og udvælgelse af projektets placering er baseret på rapporterne: Højhushåndbog – Et grundlag for planlægning, vurdering og 3D-visualisering af høje huse [Højhushåndbog 2005] og Højhuspolitik for Århus Kommune – Tillæg nr. 84 til Kommuneplan 2001 [Højhuspolitik for Århus Kommune 2005], som er resultatet af Højhushåndbogen. De to rapporter kommer ikke med konkrete forslag til placering, men udpeger en række områder hvor, som kommunen udtrykker det: projekter med høje huse ikke som udgangspunkt udelukkes.

Århus Kommune vil først tage stilling til konkrete projektforslag, når et skitseforslag er udarbejdet, og en konsekvensanalyse, der efterviser, om projektet arkitektonisk er tilpasset byens skyline og nærområderne omkring bygningen, er foretaget.

byen og landskabet

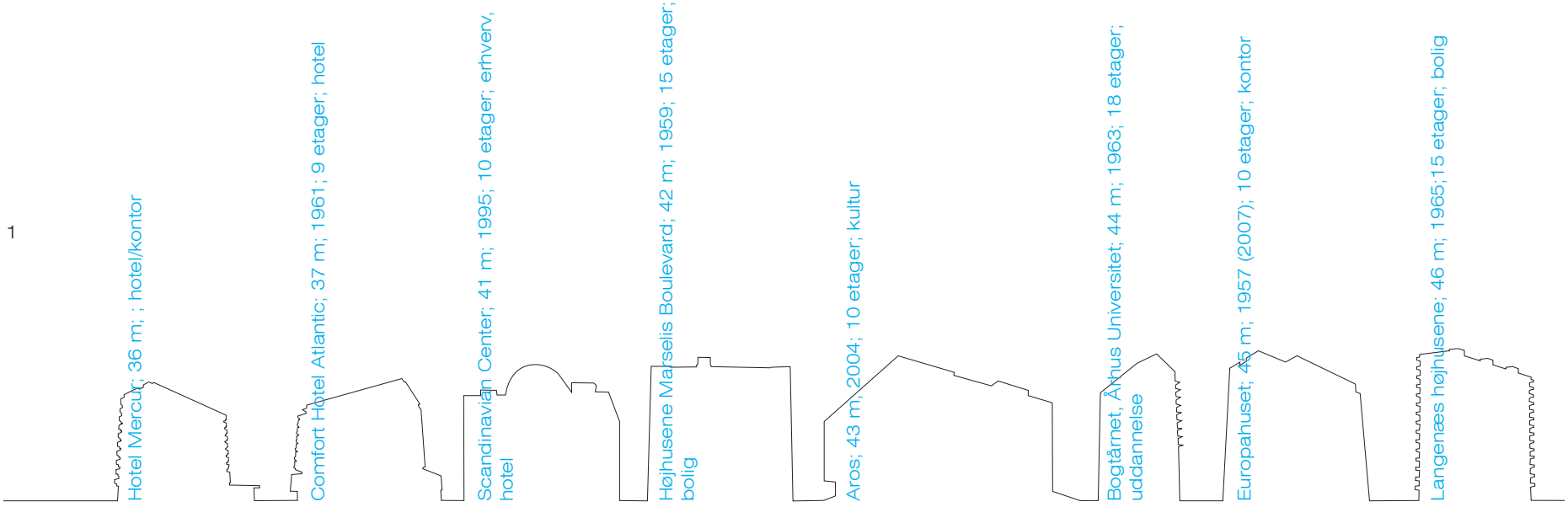
Terrænet omkring Århus midtby er karakteriseret ved en række højdedrag, som gennemskæres af Egådalen og den markante Århus Ådal, hvor Århus Å føres ind igennem byen ud i Århus Bugt. De to tunneldale efterlader tre højderygge i kommunen, der sammen med skovområder og bugten skaber et oplevelsesrigt landskab.

Byens profil fremhæves af skråningernes bebyggelse samt velvalgt placering af markante byggerier, som på Ådalens nordlige skråning, hvor Gellerupparkens fremtrædende høje blokbebyggelse på toppen af højderyggen understreger landskabets karakter og fremhæver terrænets profil. Se kort over landskabet omkring Århus by på næste side.

høje huse i Århus

Der er ikke tradition for at bygge høje huse i Århus. Dog er der opført nogle enkeltstående bygninger rundt om i byen, der markerer sig med deres højde. I 2010 skal det mest markante byggeri i Århus midtby stå færdigt, det 142 meter høje Light*house på havnefronten.

Høje huse er ifølge kommuneplanen bebyggelse på over 6 etager. Der findes i Århus omkring 100 bygninger over denne norm, hvor de færreste dog er over 8 etager. Århus' højeste huse er listet herunder:



placering af høje bygninger i Århus

Landskabselementer og bygninger, især høje bygninger, er blandt byens orienteringspunkter. En velvalgt placering af høje bygninger kan være med til at forbedre orienteringsmulighederne og byens identitet. Rapporterne fremhæver markante vejkryds som særligt velegnet for placering af højhuse i Århus. Her ville de kunne bidrage til den visuelle orientering i form af deres landmark-effekt og virke som byporte til en bydel.

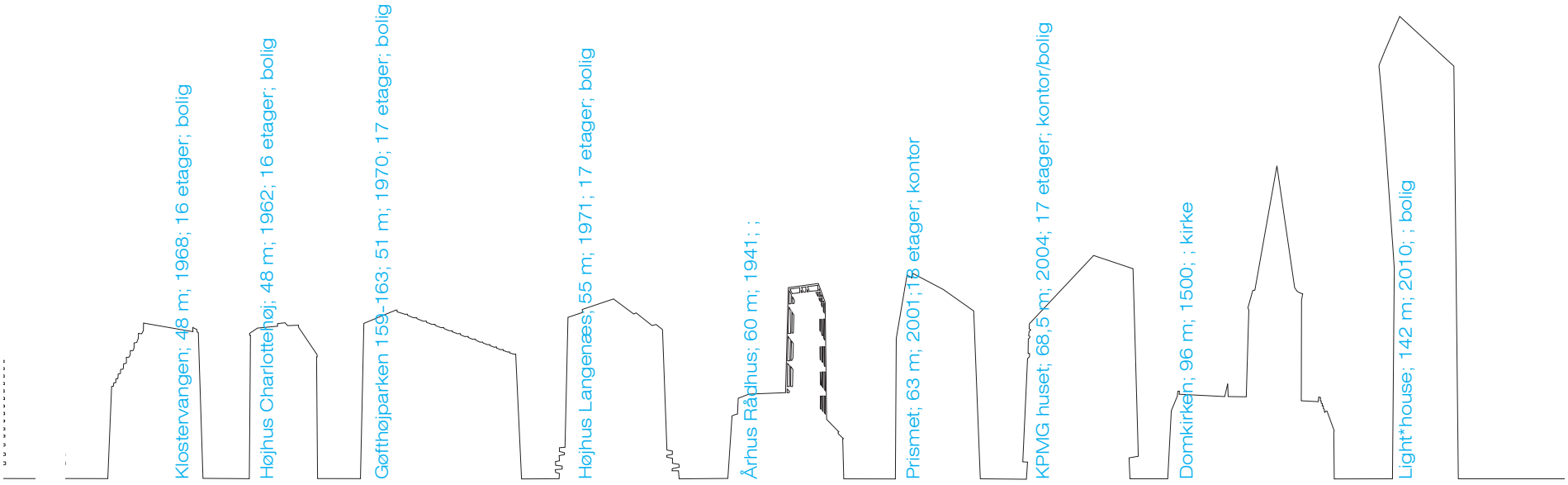
Som udgangspunkt udelukkes høje bygninger dog i bymidtens karréstruktur, der indeholder en række bevaringsværdige helheder, der som udgangspunkt vil brydes ved placering af højt byggeri. Derudover er der som udgangspunkt ikke grundlag for at overveje bebyggelse på over to etager over områdets norm, eksempelvis i tæt lavt byggeri. Tilsvarende udelukkes høje bygninger i rekreative områder. Derimod udelukkes høje bygninger ikke i områder med etagebyggeri, da etageboligområder ofte har en åbenhed og en robusthed, som muliggør fortætning også i højden. Se de anbefalede placeringer på næste side.

sociale, økonomiske og kulturelle perspektiver

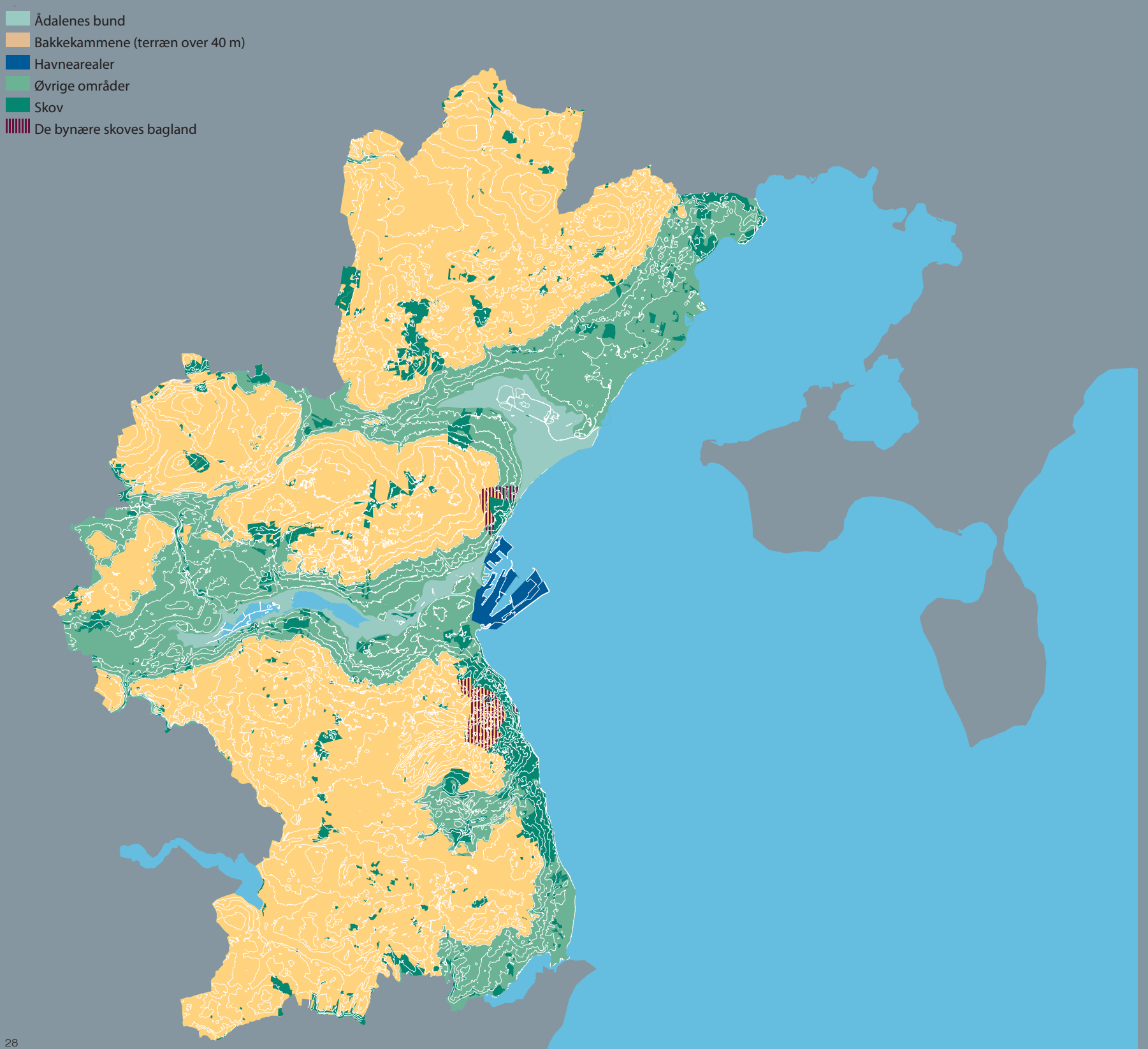
Rapporterne fremhæver en række sociale, økonomiske og kulturelle perspektiver, der skal indgå som en del af vurderingen af placeringen af høje huse, især hvis brugen er møntet på beboelse. Bolighøjhuse ses som udgangspunkt placeret i forbindelse med byområder, der ikke er rene boligområder, hvor beboerne tilbydes forskellige økonomiske og kulturelle tilbud i nærheden af deres bopæl.

De sociale forhold har stor betydning for bebyggelsens attraktion. Nogle af de virkemidler, der kan anvendes til opnåelse af en sund social bebyggelse, er blandet beboersammensætning og attraktive fælles faciliteter. Der anbefales at lave en variation i lejlighedsstørrelserne, så både enlige, pladskrævende par, børnefamilier og seniorer finder det attraktivt, samt en passende sammensætning af ejer- og lejelejligheder.

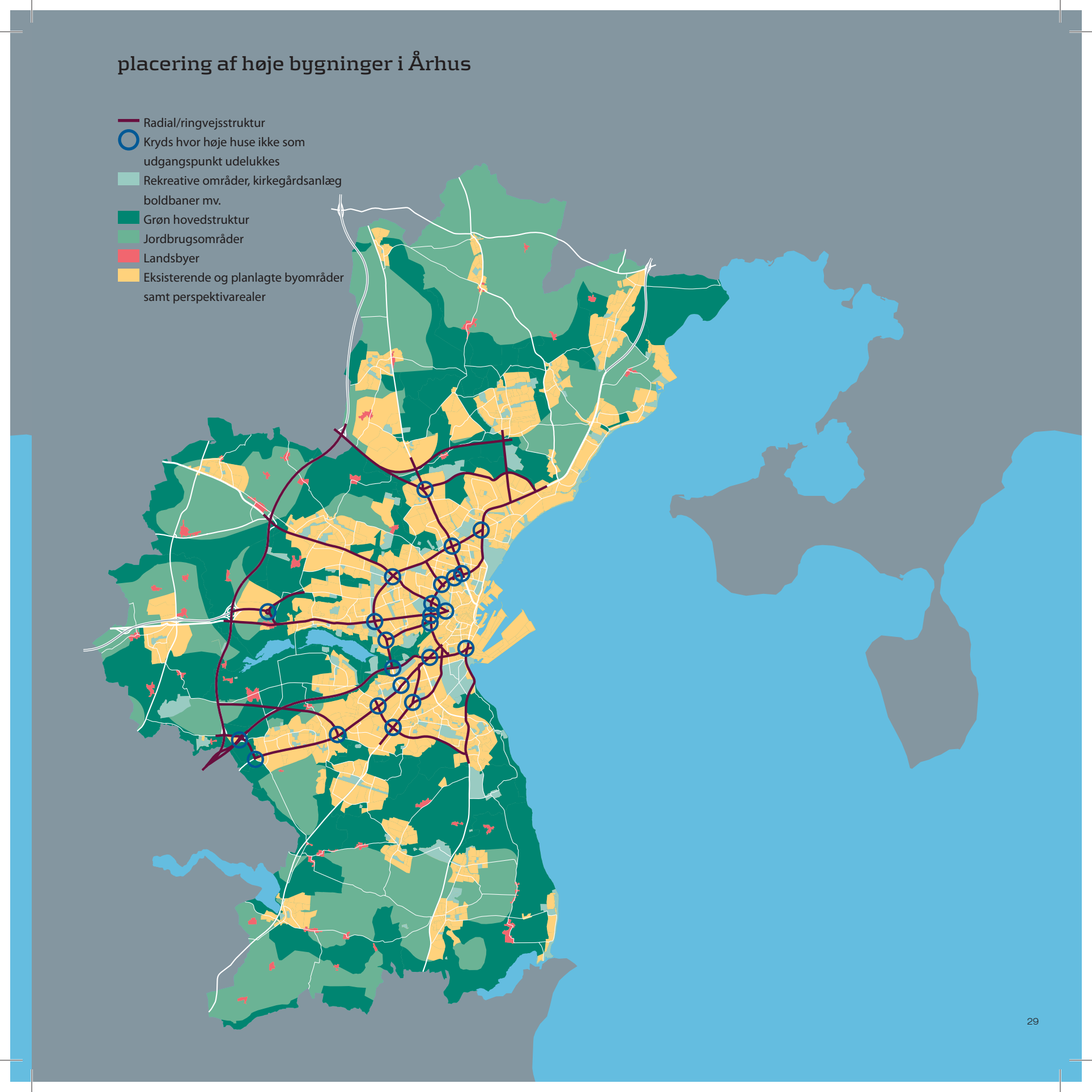
Den anderledes fysiske indretning i højhuse og den større koncentration af mennesker betyder, at sociale problemer i hører grad eskalerer sammenlignet med tætlav boligbyggeri. For at modvirke denne tendens og imitere byggeri med 'positiv social kontrol' anbefales det at markere eller afgrænse i nogle mindre overskuelige enheder i det større byggeri, eller indtænke naturlige samlingspunkter og gode fælles faciliteter. I højhusprojekter rettet mod børnefamilier bør der også tænkes på deres krav og børnenes adgang til udfoldelse.



byen og landskabet



placering af høje bygninger i Århus



konsekvensvurdering

Som grundlag for vurdering af aktuelle højhusprojekter skal en konsekvensanalyse foretages. Analysen omfatter en kortlægning af emner som bydelens bebyggelsesmønster, skalaforhold, tæthed, grønne og åbne områder, rumdannende elementer, karakteristiske bygningsmæssige træk, markante bygninger, æstertiske vurderinger, trafikale forhold og bygningens indvirkning på lokalklimaet (vind- og skyggeforhold). Rapporterne lister en række punkter, som indgår i den endelige vurdering:

hovedpunkter:
Om projektet indeholder en anvendelse, som der er almen interesse i at manifestere i byen?
Om projektet er beliggende et sted, som det er vigtigt at markere, f.eks. som et orienteringspunkt?
Hvordan projektet forholder sig til eksisterende orienteringspunkter, om projektet giver udsigt, om det tager udsigt fra andre og om der bliver tale om indkigsgener for andre?
Hvordan projektet påvirker bylivet?
Hvordan projektet bidrager imagemæssigt til byen eller bydelen på en positiv måde?
Om der er funktionelt behov for en stor sammenhængende enhed, herunder om det behøver at være i form af højt byggeri?
Om projektet ud fra en samfundsøkonomisk, sociokulturel eller ressourcemæssig vinkel er en fordel?
Hvis der er tale om bolighøjhuse redegøres endvidere for, hvilke lejlighedstyper projektet indeholder, hvilke beboergrupper der sigtes mod, og om udemiljøet vil være vigtigt for de kommende beboere, f.eks. mht. legepladser?
Hvordan projektet påvirker den overordnede og lokale trafikstruktur?

Ovenstående punkter klarlægges for vurdering af projektet formelle kvaliteter, hvilket skaber grundlag for den nærmere konsekvensanalyse, der leveres af bygherren, når et dispositionsforslag ligger klar. Denne indeholder følgende punkter:

byarkitektur:
Bygningens indflydelse på byens skyline
Indpasning i stedets bebyggelsesmønster
Bygningens proportioner og indpasning i stedets bebyggelsesmønster

byrum ved foden af det høje hus:
Eksisterende forhold
Basens facade og indvirkning på bydelens liv, herunder om den fremmer eller begrænser et aktivt liv i det åbne byrum
Skala, materialevalg og rummets afgrænsning
Adgang, funktion, muligheder for bydelens sociale liv

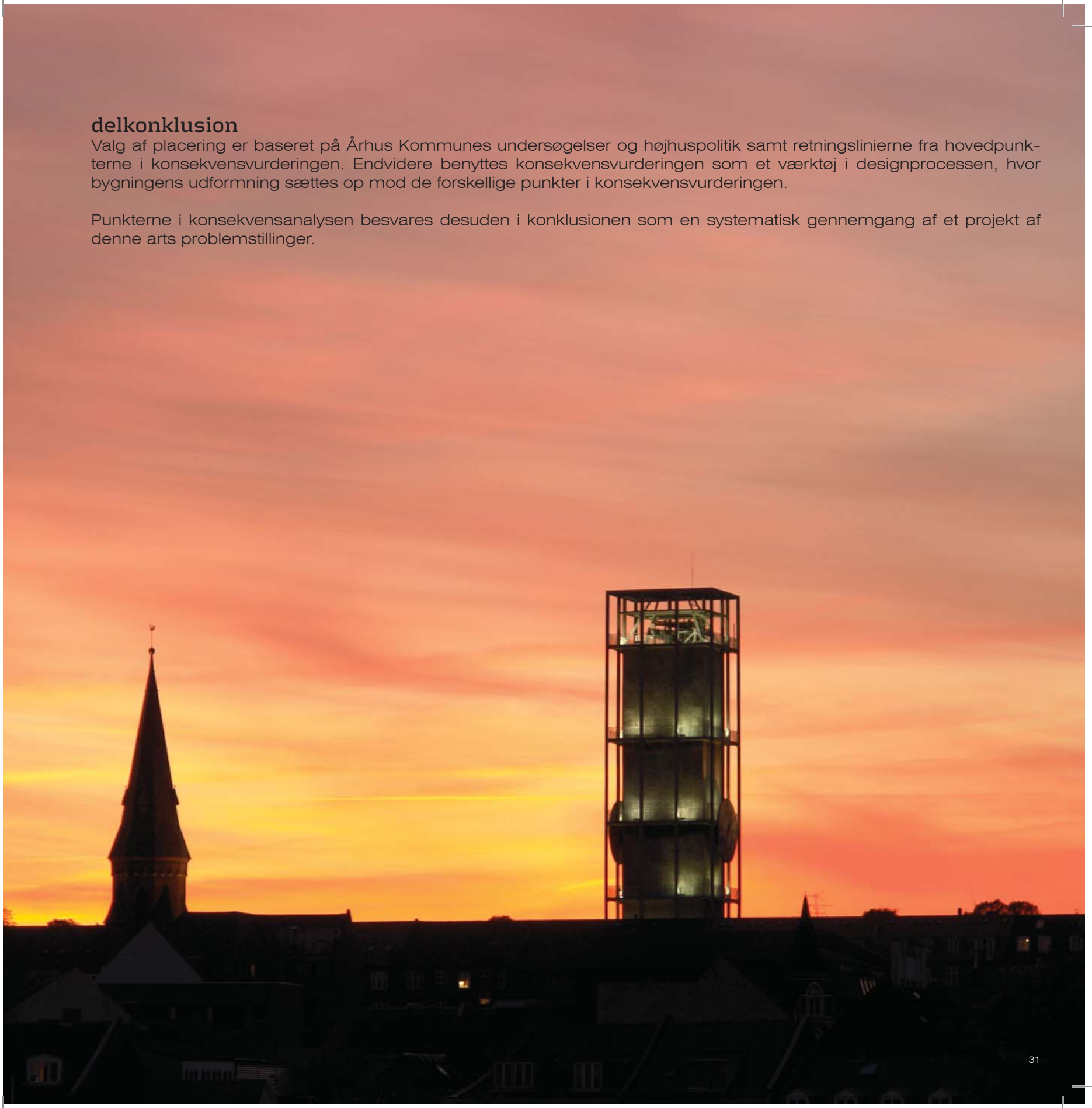
trafikale forhold:
Adgang til overordnet vejnet
Trafikal belastning
Parkeringsbehov og parkeringsløsning/placering
Kollektiv trafik

lokalt klima:
Husets vindskabende og –påvirkende effekt
Sol- og skyggeforhold samt refleksion
Klimakonsekvenser på byrumsniveau og byniveau

delkonklusion

Valg af placering er baseret på Århus Kommunes undersøgelser og højhuspolitik samt retningslinierne fra hovedpunkterne i konsekvensvurderingen. Endvidere benyttes konsekvensvurderingen som et værktøj i designprocessen, hvor bygningens udformning sættes op mod de forskellige punkter i konsekvensvurderingen.

Punkterne i konsekvensanalysen besvares desuden i konklusionen som en systematisk gennemgang af et projekt af denne arts problemstillinger.



placering

Valg at byggegrund til projektet er baseret på Århus Kommunes analyser og politik i forhold til opførsel af højhuse i Århus midtby samt egne observationer og den komme byudvikling i Århus. Desuden har et vigtigt kriterium været at finde en grund, der egnede sig til et kontroversielt projekt, der træder ud af konteksten og kommentere byens arkitektur.

Ud fra de forskellige kriterier er valget faldt på en mindre trekantet grund ved krydset mellem Marselis Boulevard/Åhavevej og Skanderborgvej (se placering på kort). Marselis Boulevard (1) og Åhavevej (2) er bindeledet mellem motorvejen mod vest (3) og Århus Havn mod øst, mens Skanderborgvej (4) er en af de store indfaldsveje til Århus midtby fra den sydvestlige del af Århus. Grunden ligger godt eksponeret og er synlig fra flere steder i byen ikke mindst ved ankomsten til Århus fra motorvejen og Skanderborgvej.

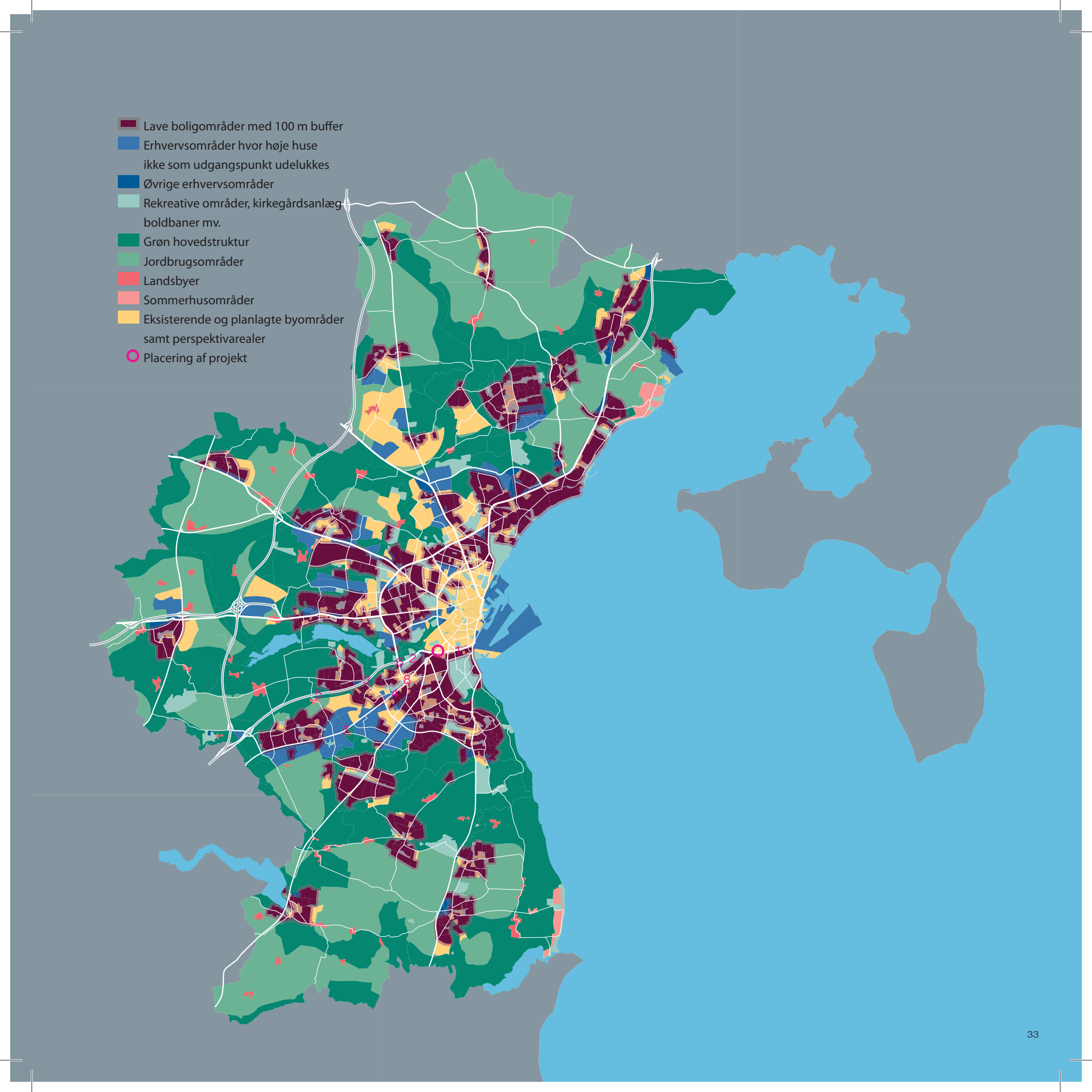
ankomst til byen

Kommer man til Århus fra motorvejen åbner der sig et fantastisk view ind over byen ca. 8 km fra Århus centrum. Da befinder man sig på en bakketop ved Lemming (5), hvorfra man kan se helt til Mols. Fra dette udkigspunkt vil en høj bygning i det valgte kryds ligge lige midt i ens udsigtslinie. Som man nærmer sig Århus, kører man fra bakkedraget og ned i Ådalen, hvorfra der er flere flotte kig til naturskønne områder bl.a. Brabrand Sø. Fra bunden af Ådalen mister man kigget ind over Århus, men har stadig flere landmarks i byen at orientere efter. For enden af motorvejen fronter man byen i krydset Viby Ringvej og Åhavevej (6). Fra krydset er ens kig rettet direkte mod krydset Marselis Boulevard/Åhavevej og Skanderborgvej der ligger ca. 1,5 km længere fremme på vejen ind til Århus midtby. Som man nærmer sig byen hen ad Åhavevej, drejer man i en svag bue, hvor ens kig retter sig mod Århus centrum, dog befinder man sig lavt i forhold til omgivelserne, så man har ingen orienteringspunkter. Cirka midt på Åhavevej drejer vejen ind under jernbaneoverskæringen, hvorefter den stiger op mod krydset mellem Marselis Boulevard/Åhavevej og Skanderborgvej, der ligger i lige linie i forhold til ens færdselsretning. Fra det lave punkt under jernbanebroen og op mod krydset åbenbarer den tætte by sig gradvist, og man møder den valgte placering, der i kraft af sin storskalaarkitektur kan skabe et tydeligt landmark og en genkendelse fra kig tidligere på ruten ind til Århus.

Kommer man til Århus midtby via Skanderborgvej dannes en lignende fotografisk ankomst. Cirka 10 km fra Århus centrum befinder man sig på toppen af det sydlige højdedrag, hvorfra der er kig ind over Århus (7), hvor den valgte placering findes lige frem for ens færdselsretning. Længere fremme rammer man Viby Torv (8), hvor Skanderborgvej krydser Viby Ringvej. Torvet ligger for bunden af dalen og er et knudepunkt for en del privat og offentlig transport. Det strategiske kryds er markeret ved højhuset Hotel Mercur. Fortsætter man mod Århus midtby kører man igen op af en bakke, hvor man fra toppen har frit udsyn til den valgt placering, der ligger som overgangen fra den lave parcelbebyggelse i Viby og den høje karréstruktur på Frederiksbjerg.

Bevæger man sig ud af byen vil en høj bygningen ikke have den samme markante karakter i forhold til visuel orientering i byrummet, da man bevæger sig enten langs høj karrébebyggelse, De Mezas Vej (forlængelsen af Skanderborgvej) eller ved markant beplantning langs vejen som ved Marselis Boulevard. Placeringen af en markant bygning vil dog tydeliggøre overgangen fra den tætte bybebyggelse og til den mere åbne struktur i mindre skala uden for byen.

Ud over de kig til grunden, som man får ved ankomsten til Århus fra de to føromtalte indfaldsveje, kan et højhusbyggeri på grunden ses fra flere steder i Århus og omegn i kraft af grundens relative høje kote.

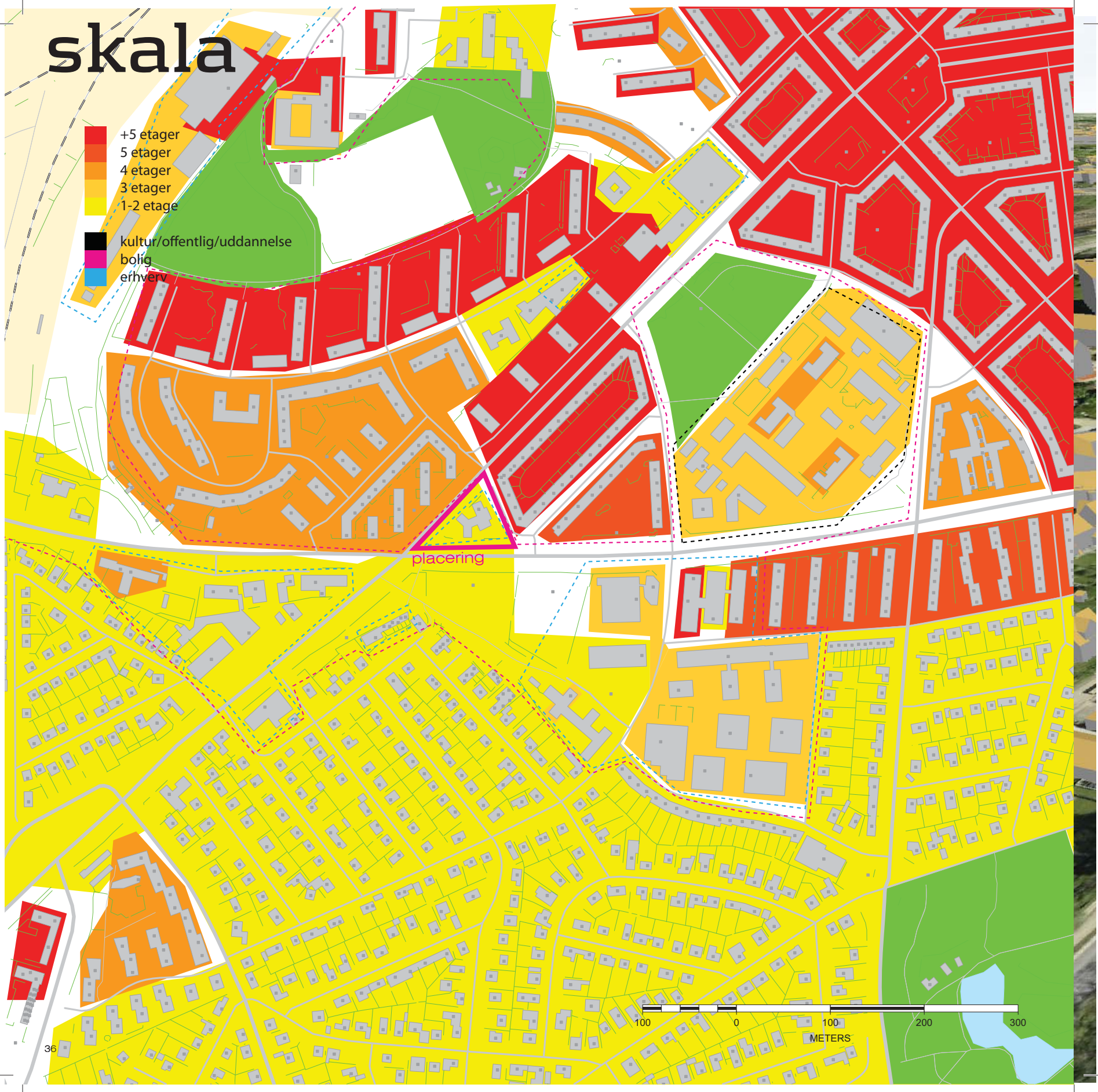

Lave boligområder med 100 m buffer
Erhvervsområder hvor høje huse ikke som udgangspunkt udelukkes
Øvrige erhvervsområder
Rekreative områder, kirkegårdsanlæg, boldbaner mv.
Grøn hovedstruktur
Jordbrugsområder
Landsbyer
Sommerhusområder
Eksisterende og planlagte byområder samt perspektivarealer
Placering af projekt

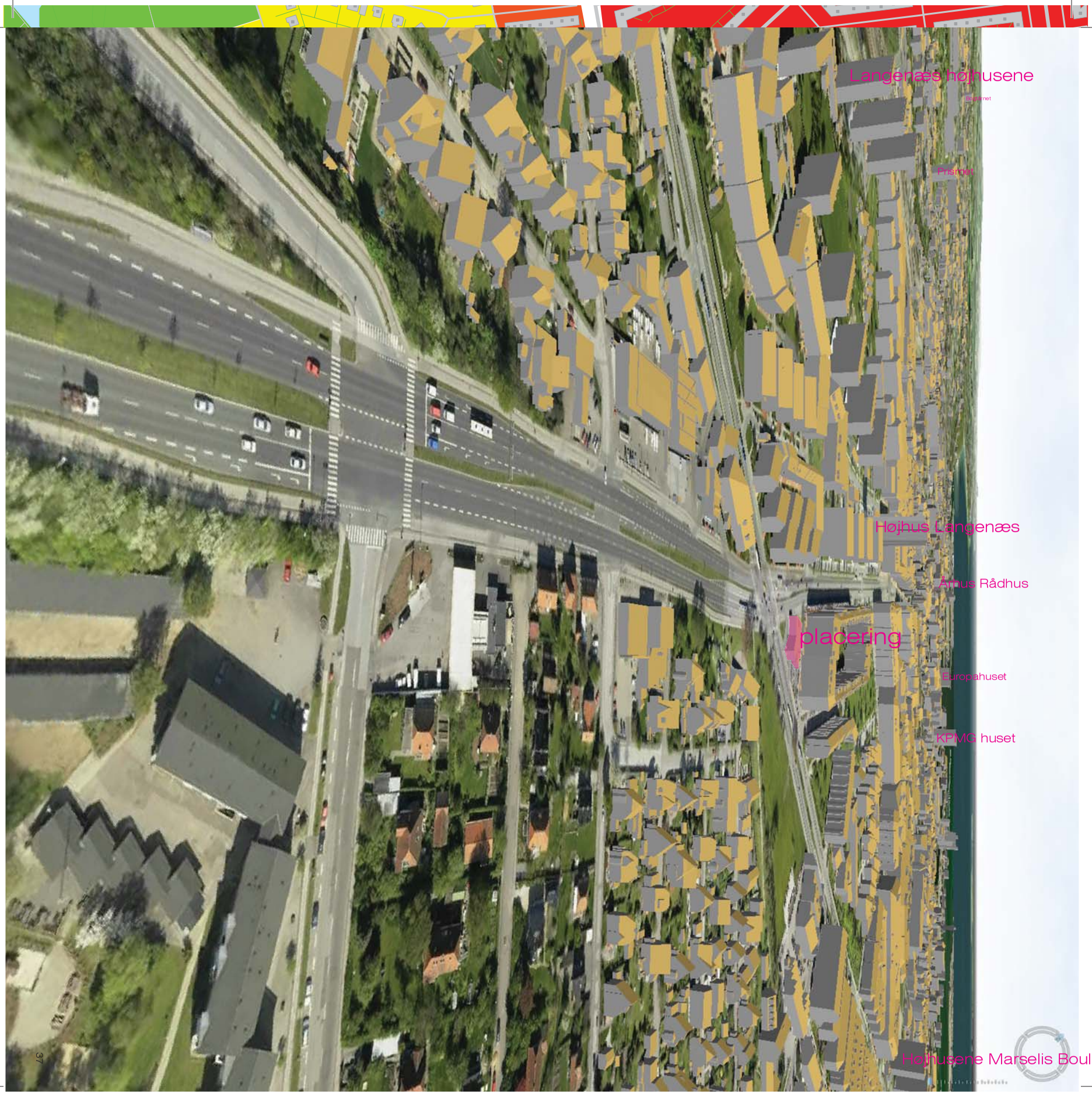
grunden

billedet viser ankomsten fra Skanderborgvej

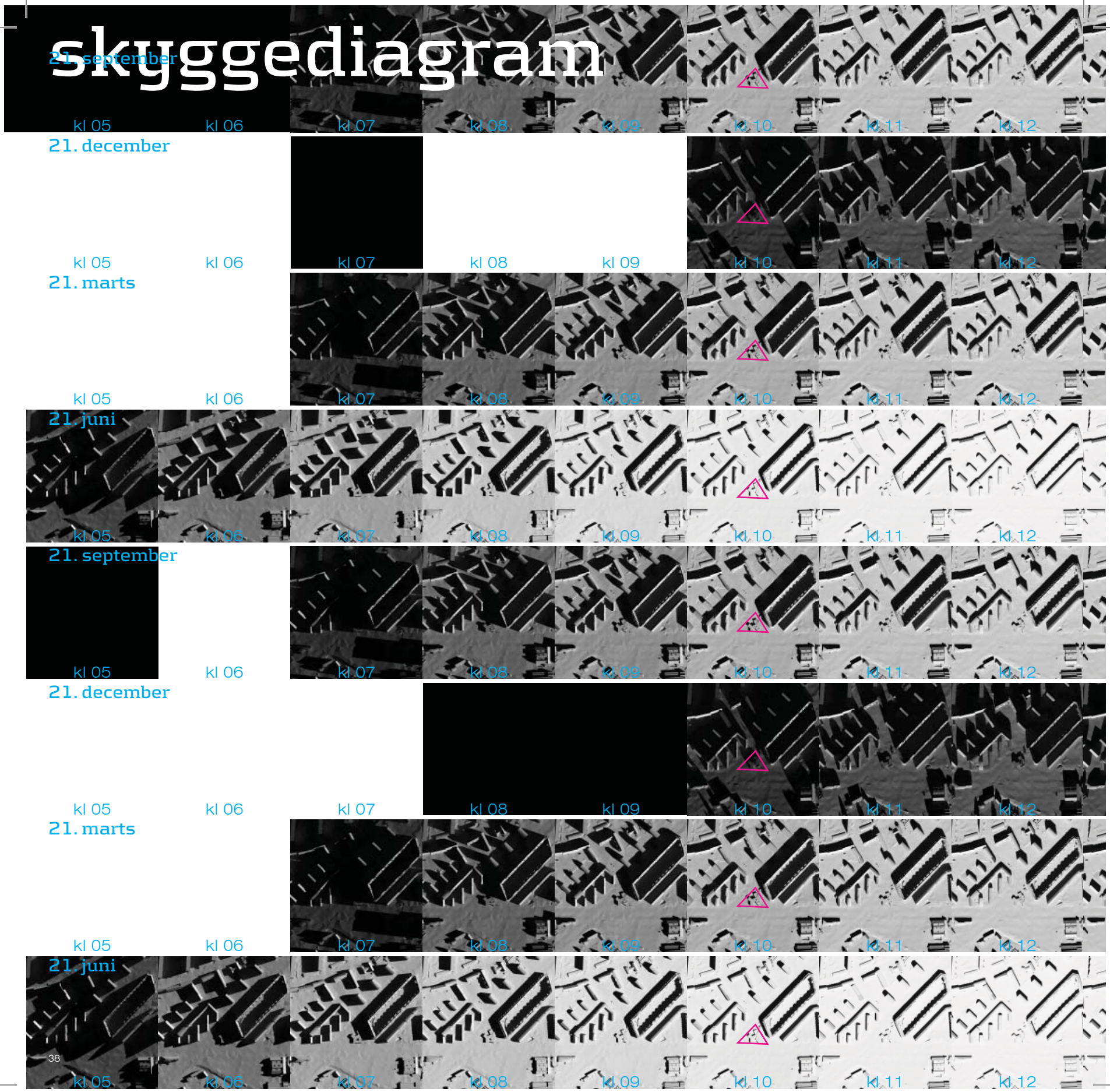
billedet viser ankomsten fra Åhavevej

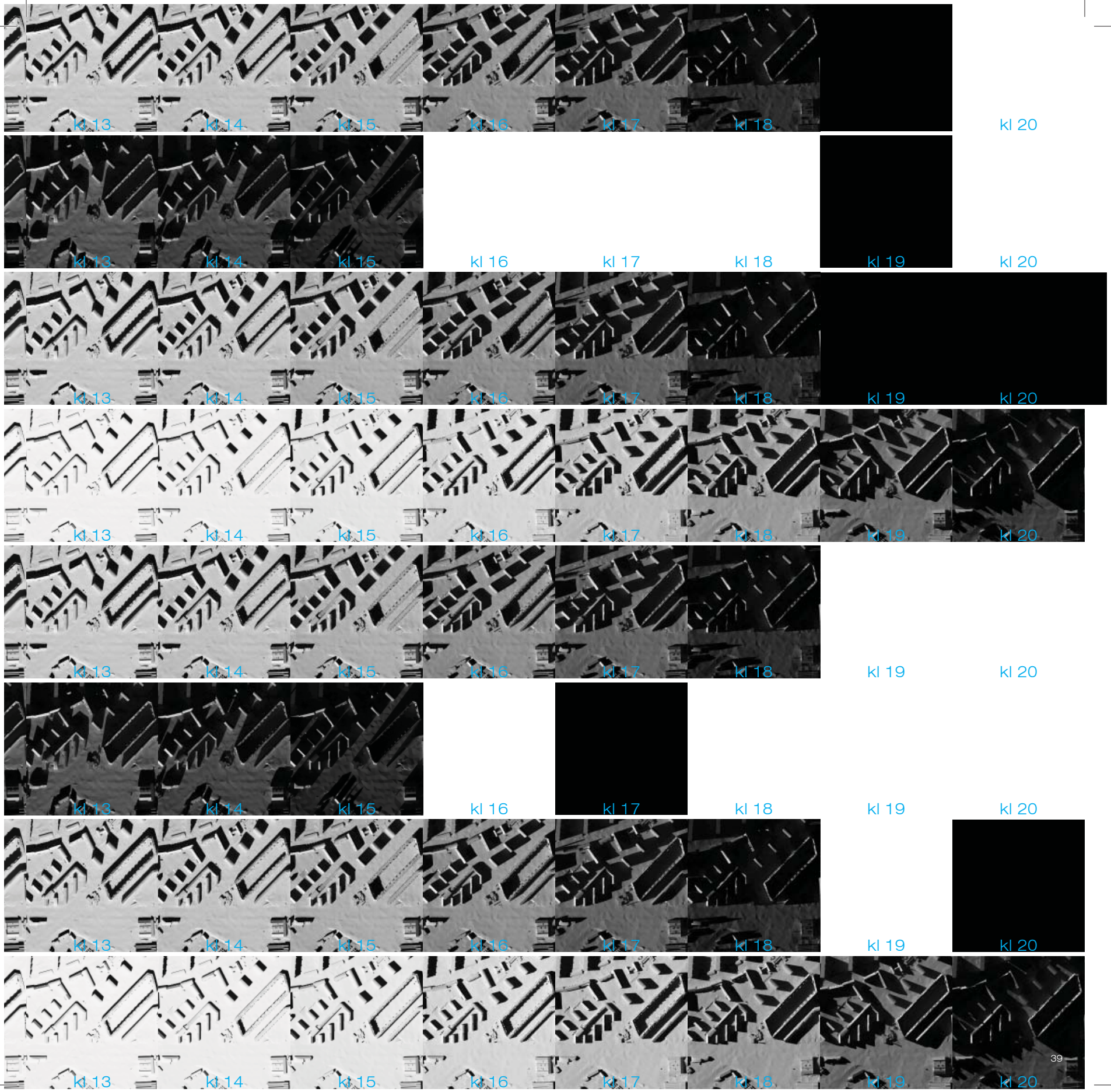
skala


+5 etager
5 etager
4 etager
3 etager
1-2 etage
kultur/offentlig/uddannelse
bolig
erhverv
placering
100
0
100
200
300
METERS


Langenæs højhusene
Prismet
Højhus Langenæs
Åmus Rådhus
placering
Europahuset
KPMG huset
Højhusene Marselis Boul

skyggediagram



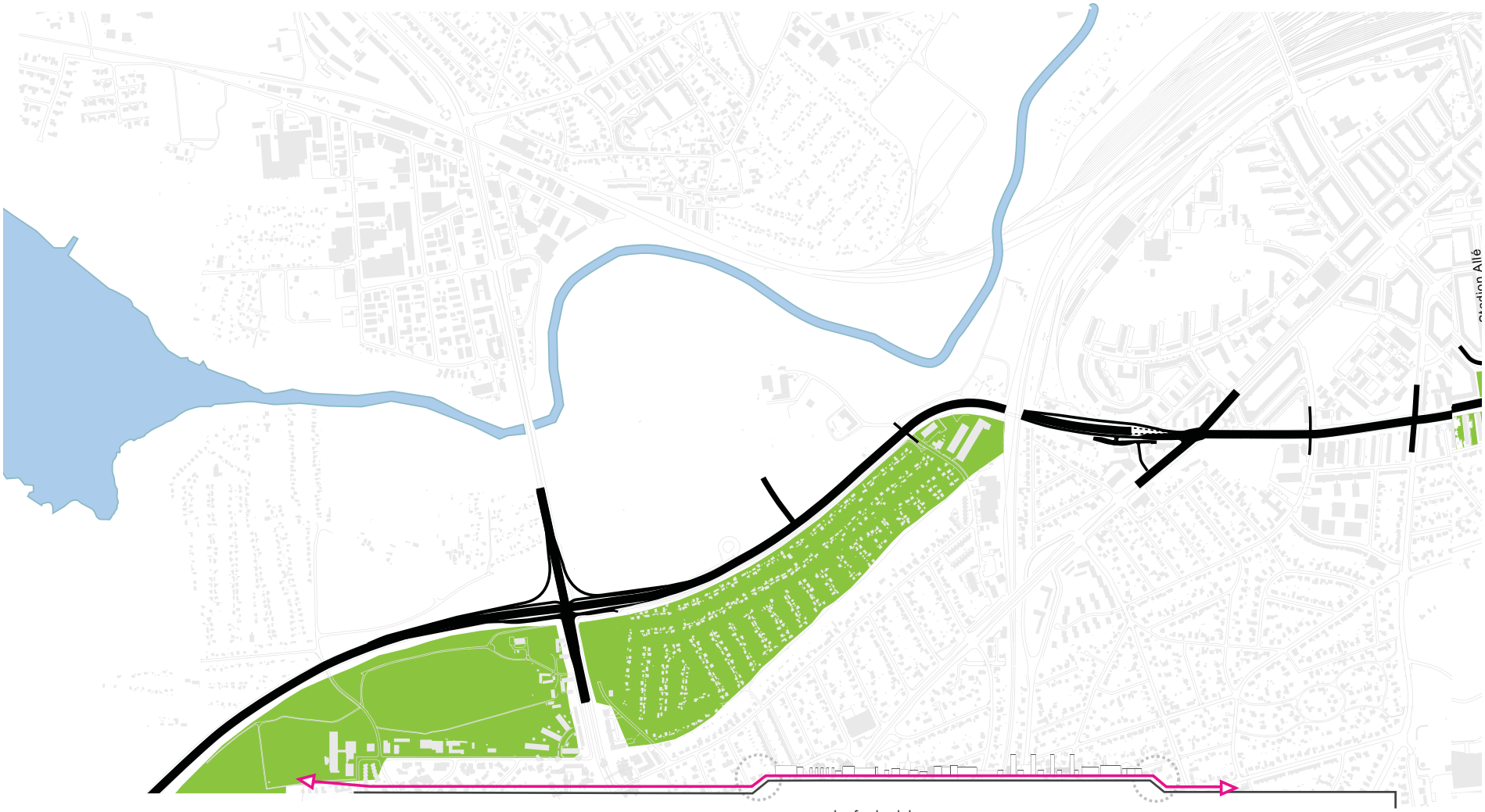

kl 13
kl 14
kl 15
kl 16
kl 17
kl 18
kl 19
kl 20

fremtidige forhold

Som tidligere nævnt fungerer Åhavevej og Marselis Boulevard som bindeled mellem det europæiske motorvejsnet og Århus Havns østlige havneanlæg, hvilket allerede nu har gjort denne strækning til en af Århus' primære transportveje for tung trafik. De fremtidige udvidelser af Østhavnen vil kun øge denne trafik til gene for de omkringliggende kvarterer og deres beboer.

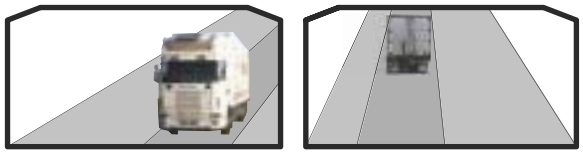
Forslaget til bevarelse af denne karakteristiske boulevard og dennes værdier er en tunnelløsning under boulevarden som bindeled mellem motorvejen og havnearealerne. Det konkrete forslag foreslår en udvidelse af Åhavevej fra to spor til fire spor og en tunnel under Marselis Boulevard, hvilket samtidig ses som en mulighed for at give boulevarden et karakterløft.

Den ny vejplan bevirker, at der vil ligge et særligt fokus på krydset ved den valgte placering. Åhavevej vil blive spaltet i to, hvor den ene vejbane fortsætter i niveau med Ådalen ind i tunnelen mens den anden vejbane føres op til krydset ved Skanderborgvej. Bevægelsen op vil yderligere fremhæve mødet med byen og fremhæve en bygning på den valgte placering som byens port.



nuværende forhold

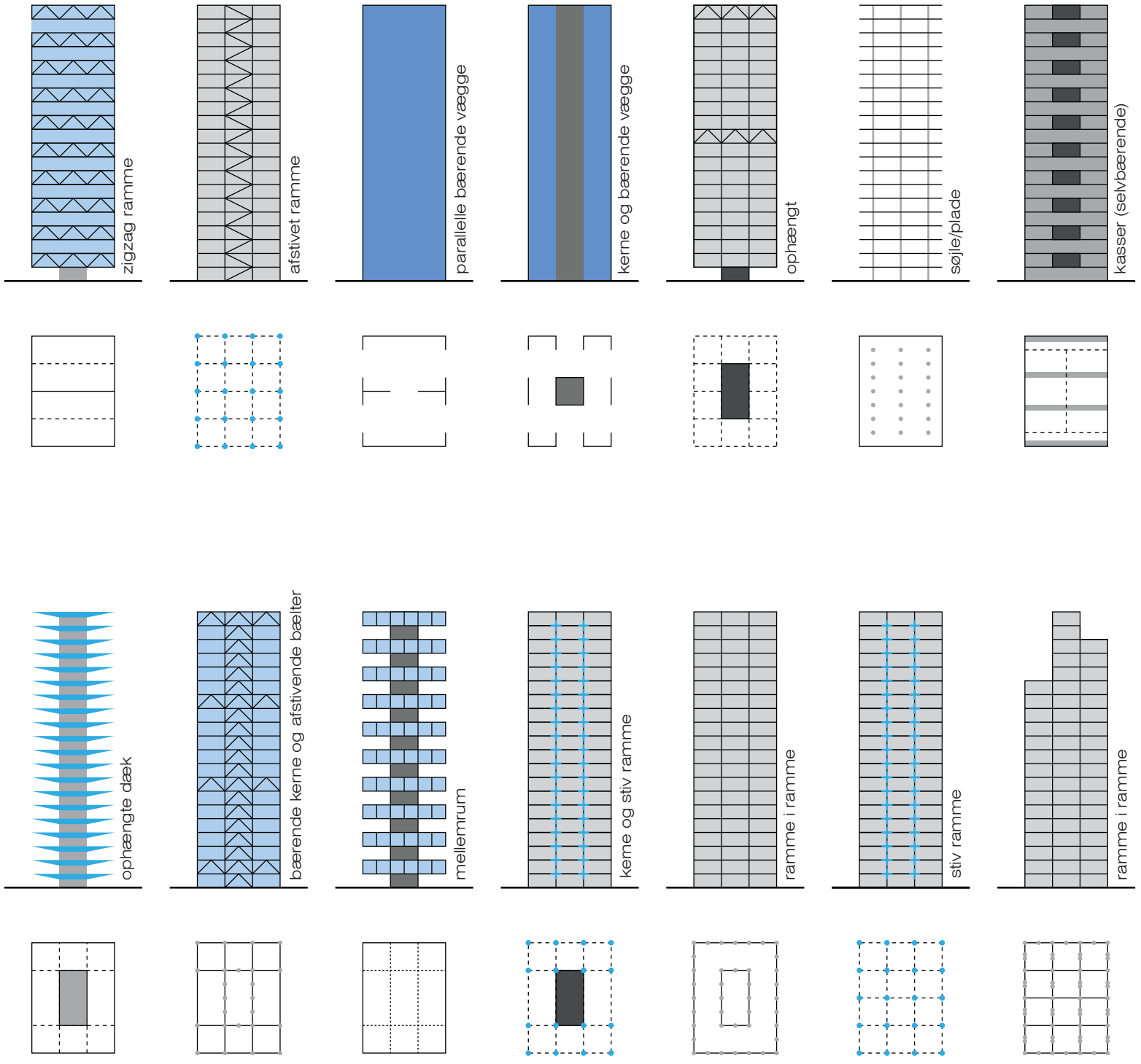
Marselis Boulevard



tunnel

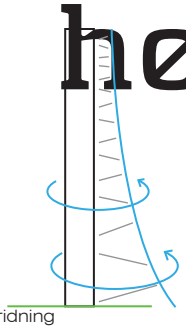
fremtidig forhold

højhuskonstruktioner

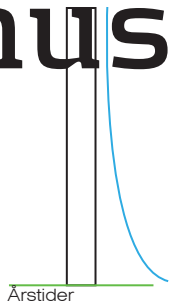


Kilde: Yeang 2002

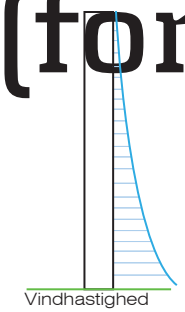
højhuse (fordel/ulemper)



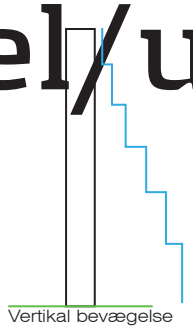
Vridning
Vindens påvirkning skaber en vridning i bygningen. Vridningen er højest ved bygningens base, hvor bygningen er forankret.



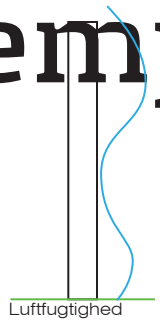
Årstider
Årstiders skriften registreres tidligst ved bygningens base.



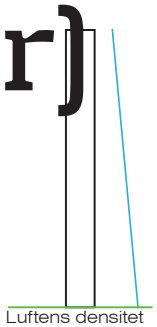
Vindhastighed
Gnidning mod jordens overflade og omkringliggende bygninger reducerer luftstrømningen.



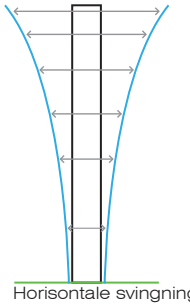
Vertikal bevægelse
Menneskers bevægelse tager til nær indgangen ved bygningens base.



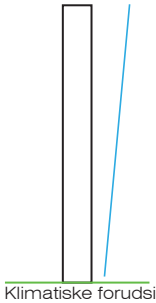
Luftfugtighed
Luftfugtigheden varierer over året. Den er dog konstant højere nær jordoverfladen og i højde med skyerne.



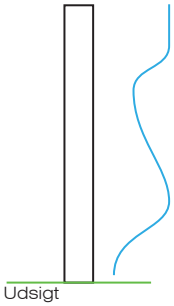
Luftens densitet
Atmosfærens densitet falder med højden.



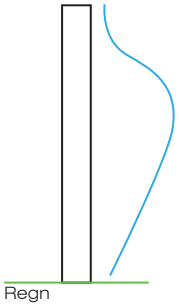
Horisontale svingninger
Vindens bevægelse rund om bygningen skaber trykforskel, som får bygningen til at svaje.



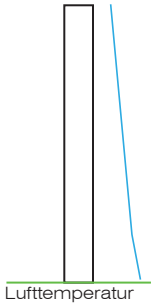
Klimatiske forudsigelser
Klimaet er afhængig af en lang række parametre, så jo længere fra jordens overflade desto mindre forudsigeligt er klimaet.



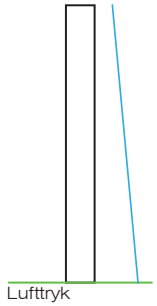
Udsigt
Ved jorden hindres udsigt af omkringliggende bygninger. Højere oppe hindres udsigten af skyer.



Regn
Mængden af regn er højest lige under skyerne. Efterhånden som regnen nærmer sig jorden, fordamper noget.

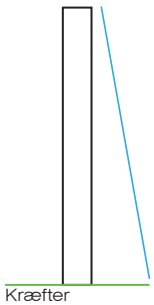


Lufttemperatur
Lufttemperaturen falder med højden.

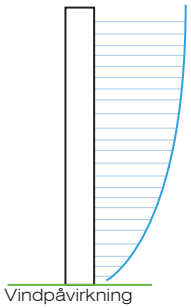


Lufttryk
Som luftens densitet falder med højden, således gør lufttrykket også.

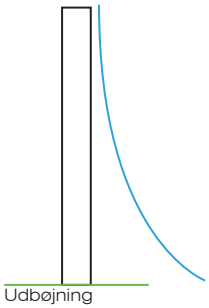
Luftforurening
Mængden af luftforurening er mest koncentreret nær byen gader og kraftigt aftagende over byens tage.



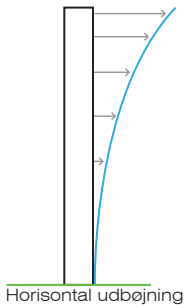
Kræfter
Konstruktionens belastning ophobes ned igennem bygningen og er størst ved fundamentet.



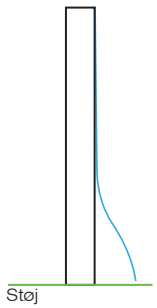
Vindpåvirkning
Bygningens påvirkning stiger med højden.



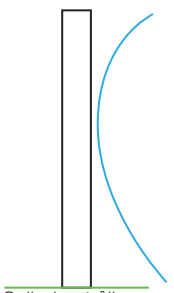
Udbøjning
Udbøjningen stiger mod bygningens base grundet de ydre og indre påvirkninger.



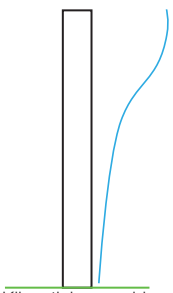
Horisontal udbøjning
Vindens påvirkning forsager flytning af bygningen tyngdepunkt.



Støj
Støjniveauet falder des længere man befinder sig fra gadeniveau.



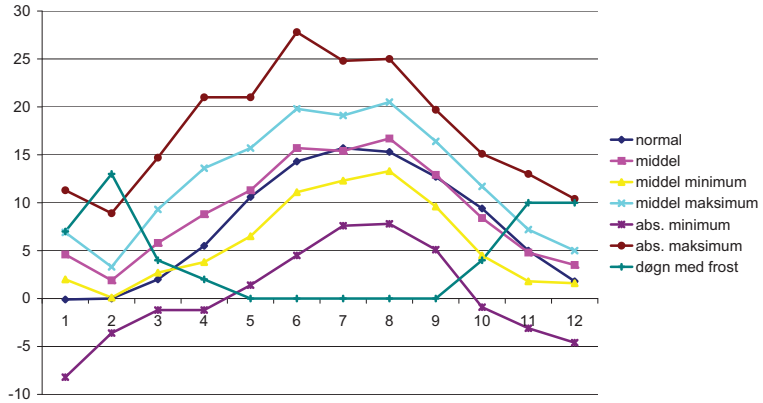
Sollysbestråling
Solens stråling aftager igennem atmosfæren. Dog reflekteres de i skyerne, hvilket intensiverer bestrålingsniveauet ved jordoverfladen.



Klimatiske ændringer
Jorden termiske egenskab minimerer udsvinget ved pludselige vejrskift.

Højhuse er ikke en problemfri bygningsform. Diagrammerne viser forskellige fordele og ulemper ved høje bygninger. Udgangspunktet for diagrammerne og de forskellige påvirkninger er en meget høj bygning, så høj at den rækker over skyerne. Diagrammerne er ikke udtryk for dette konkrete projekts mål, men en illustration af hvad der skal overvejes, når man designer høje bygninger. Kilde: Yeang 2002

klima

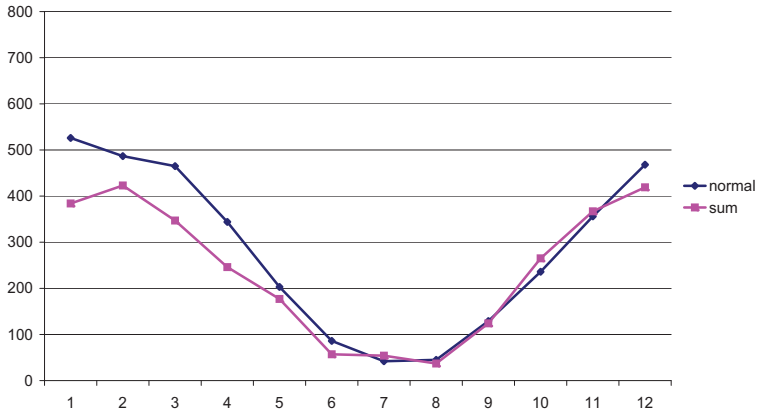


lufttemperatur

Data er fra 2007 og omhandler temperaturen målt i Århus. Temperaturen i ° C og antal dage (døgn med frost) vises op ad y-aksen, mens månederne vises ud ad x-aksen. Kurverne viser forholdene mellem forskellige temperaturinddelinger, hvoraf kurven "middel" temperaturer mest interessant, da den viser middel for perioden (måneden). Til sammenligning med "normal", der viser middeltemperaturen beregnet for normalperioden 1961-1990, kan man se, at temperaturen generelt var højere sidste år, især første halvår. Antal dage med frost giver udtryk for, hvor mange døgn i perioden, minimumstemperaturen har været laver end 0° C. Datakilde: DMI

graddage

Graddage fortæller noget om det sandsynlige forbrug af energi til opvarmning af vores huse på baggrund af klimaet. Graddage bliver udregnet ud fra udendørsdøgnmiddeltemperaturen og kan korrigeres for solskin og vind. Definitionen på graddage er faktisk meget simpel, da det er (den positive) forskel mellem en konstant indendørstemperatur og den gennemsnitlige udendørstemperatur set over en periode.



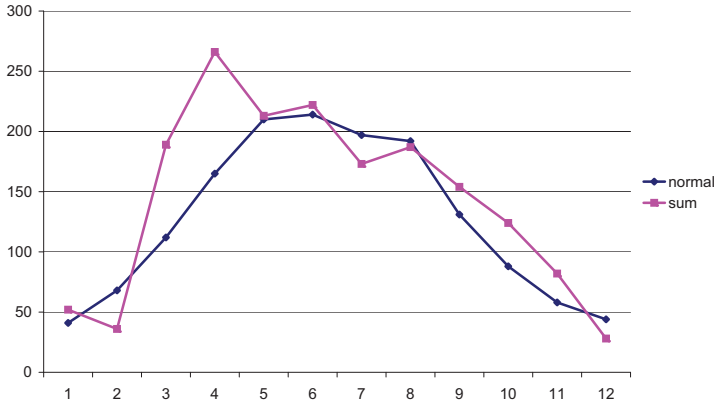
Den konstante indendørstemperatur kalder man også basistemperaturen. I Danmark (og mange andre steder i Europa bl.a. i Sverige) er basistemperaturen sat til 17° C, som således er den temperatur, varmeanlægget skal levere energi til. Det lyder umiddelbart som en noget kølig indendørstemperaturer, men som regel kan man tillægge omkring 3 grader fra de såkaldte sekundære varmekilder som os selv samt belysning, hårde hvidevarer, TV, computere osv. Dvs. at vi indendørs har ca. 20 grader eller derover. Er døgnmiddeltemperaturen + 5 grader, registreres der således 17 - 5 = 12 graddage for dette døgn.

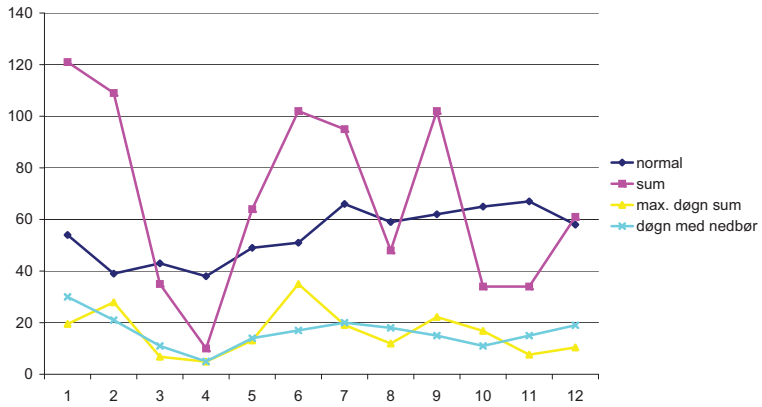
Tallet for graddage fortæller noget om det sandsynlige forbrug af energi til opvarmning af vores huse på baggrund af klimaet. Jo større graddagetal, jo større forbrug. [DMI, 1]

Det viste data er for månederne i 2007. "Normal" er akkumulerede skyggegraddage beregnet for normtiden 1961-1990. "Sum" er akkumulerede skyggegraddage i perioden. Datakilde: DMI

sol

Diagrammet viser antallet af solskinstimer i Århus fordelt over årets måneder i 2007. "Normal" viser antallet af akkumulerede solskinstimer beregnet for normalperioden 1961-1990. "Sum" er antallet af akkumulerede solskinstimer i perioden. Kurverne giver udtryk for det samme, som ses i temperaturdiagrammet: med et varmt forår i 2007. Datakilde: DMI

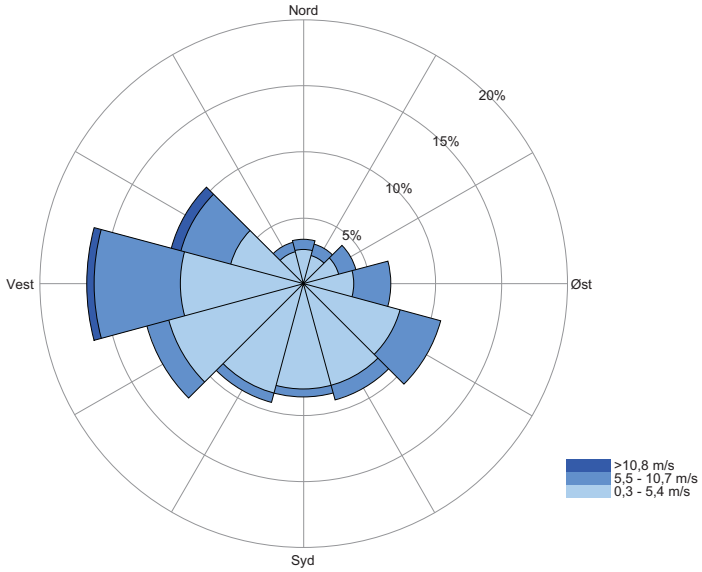




nedbør

Diagrammet viser mængden af nedbør i i Århus fordelt over årets måneder i 2007. "Normal" er middel af akkumuleret nedbørsum beregnet for normalperioden 1961-1990. "Sum" er den akkumulerede nedbørsum i perioden. "Max. døgnsum" er største døgnnedbørsum i perioden. "Døgn med nedbør" er antallet af døgn i perioden, hvor døgnnedbøren har været større eller lig med 0,1 mm.

Normal-kurven giver udtryk for det svingende vejr, vi oplevede sidste år, hvorved den ikke giver udtryk for den egentlige nedbørsmængde. Derimod giver sum-kurven et mere reelt billede af de egentlige nedbørsmængder i Århus. Den samlede mængde nedbør pr. år i Århus er ca. 650 mm, hvilket er lidt under landsgennemsnittet på ca. 710 mm. Datakilde: DMI



vind

Vindrosen viser, at den fremherskende vind kommer fra vest, både med hensyn til hvor ofte det blæser og vindstyrken. Derudover blæser det jævn fra cirka sydøst og til nordvest. Vinde fra det nord- og nordvestlige hjørne forekommer kun sjældent. Vindrosen er for Tirstrup Lufthavn nordøst for Århus. Datakilde: DMI

ressourceforbrug

Opgavens problemformulering drejer sig om opnåelse af en energi- og ressourcenoptimeret bygning, hvorved en analyse af personers forbrug skaber grundlaget for bygningen udformning og mål for præstation. Den følgende analyse omhandler personers forbrug af opgavens fokuspunkter elektricitet og vand samt hvor det anvendes. Energi til opvarmning analyseres ikke, da værdien for passivhuset her anvendes, 15 kWh/m2 pr. år, hvilket er langt under det nuværende energiforbrug til opvarmning. Hvor det har været muligt, er der arbejdet med tal for lejligheder.

elektricitet

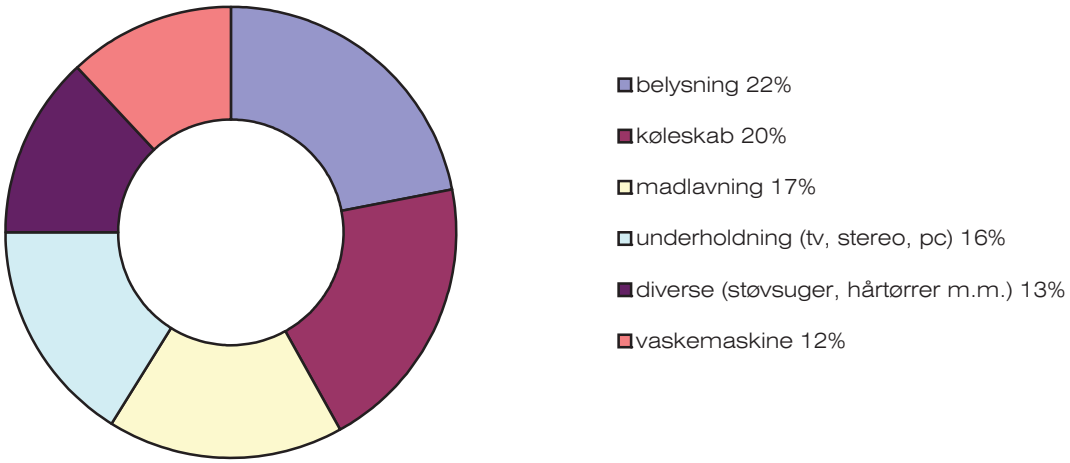
Elforbruget i Danmark afhænger af boligens størrelse og beboersammensætning. Herunder findes nogle vejledende tal for mængden af el i kWh brugt i lejligheder. Opvarmning indgår ikke som en del af elforbruget.
Ældre lejlighed uden vaskemaskine: 1.500 - 2.200 kWh pr. år svarende til 4-6 kWh pr. døgn.
Nyere lejlighed med vaskemaskine: 2.500-3.600 kWh pr. år svarende til 7-10 kWh pr. døgn.
Børn i huset får typisk elforbruget til at stige med 500-1.000 kWh pr. barn om året. Teenageres elforbrug ligger forholdsvist højt. [Dong Energy, 1]

Det samlede elforbrug afhænger meget af det antal personer, der bor i lejligheden. Herunder ses en oversigt over elforbruget i de forskellige energiklasser.

	antal personer i husstand	1	2	3	4	>4
A	meget lavt elforbrug	1300	1735	2145	2535	2920
B	lavt elforbrug	1341	1785	2203	2603	3000
C	elforbrug lidt under gennemsnittet	1424	1881	2318	2739	3160
D	gennemsnitligt elforbrug	1610	2100	2577	3046	3520
E	elforbrug lidt over gennemsnittet	2107	2683	3268	3864	4480
F	højt elforbrug	3100	3850	4650	5500	6400
G	meget højt elforbrug	>3100	>3850	>4650	>5500	>6400

Elforbruget fordeler sig således [Seas-nve, 1]:

fordeling af energiforbrug i lejlighed



elforbruget i et passivhus

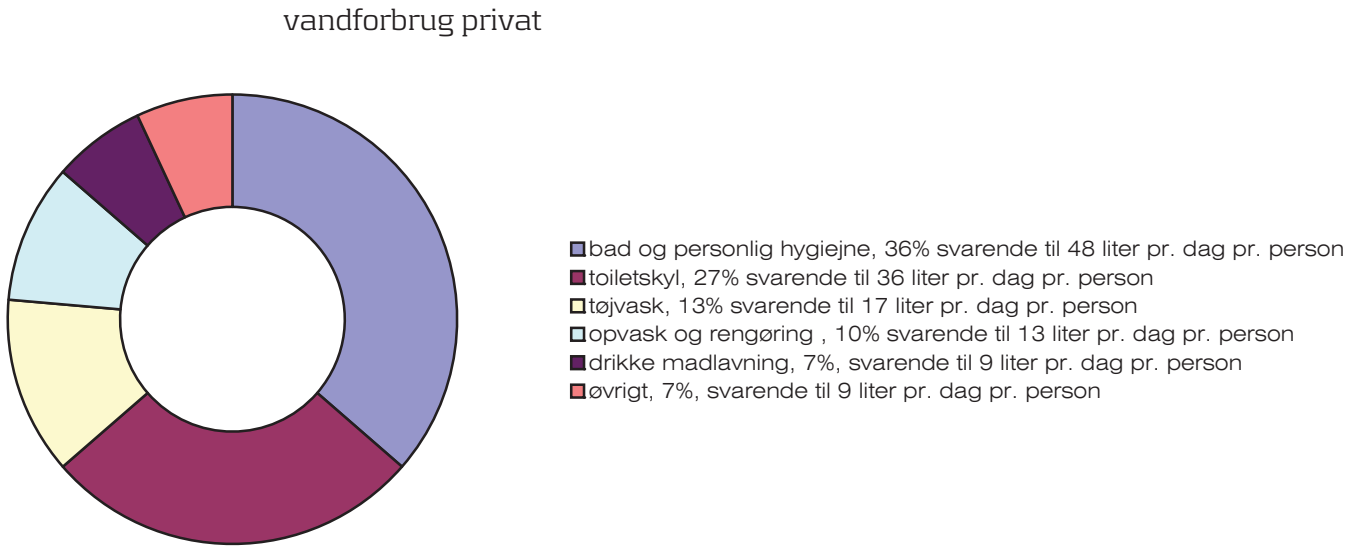
Elforbruget i passivhuset er afhængig af husets nettoareal, hvorved det er svært at sammenligne med de ovenstående data. Passivhuset på have et primært energiforbrug til drift af ventilationsanlæg, vaskemaskine, opvasker, føntørrer, kaffemaskine, belysning m.m. må 120 kWh/m2 pr. år. Hvis man ser på en standardlejlighed på omkring de 80 m2 [Danmarks Statistik], må den have et energiforbrug på 80 m2 gange 120 kWh/m2 pr. år. Der er ikke taget hensyn til brutto-/nettoarealforholdet. Dette giver et "lovligt" energiforbrug/elforbrug på 9.600 kWh i forhold til passivhus-kravene. Hvis det sammenlignes med de danske energiklasser, så vil man i en 80 m2 bolig kunne bo over fem personer, hvilket vil være utænkeligt, og stadig ligge langt over den dårligste energiklasse. Da projektet handler om det ressourcebevidste byggeri, anses det for usandsynligt, at husets målgruppe vil ændre brugsvaner så markant, at de nærmer sig passivhusets tilladte energiforbrug. Erfaringen inden for passivhus vidner også om, at de 120 kWh/m2 pr. år er højt sat. Det første certificerede passivhus i Danmark havde et beregnet primært energiforbrug på ca. 90 kWh/m2 pr. år, svarende til 75% af det tilladte. Huset har kun været beboet i få måneder, men de første målinger på elforbruget viser, at forbruget ligger endnu lavere. Aconto betalingen indikerer et elforbrug, der ligger lidt højere end den anvendte energi til opvarmning. Dog skal det tilføjes, at de 120 kWh/m2 pr. år kan være svære at overholde i mindre boliger, hvor brugsvandet opvarmes ved el, da det kræver meget energi og kun lidt er "lovligt" grundet det lille boligareal.

I den videre proces anvendes et primært energiforbrug på 75% af det tilladte jf. passivhus-kravene, det vil sige et primært energiforbrug af el på 90 kWh/m2 pr. år samt fordelt på de forskellige kilder.

vand

Der bliver i Danmark brugt ca. 250 mio. m3 vand, hvilket svarer til 127 liter pr. person pr. dag. Dette kan dog nedbringes til omkring 100 liter ved installering af diverse spareforanstaltninger [Miljøstyrelsen 2003]. Forbruget varierer meget alt efter ens adfærd. Et 5 minutters brusebad med sparebruser bruger ca. 25 liter vand, hvilket kræver ca. 1 kWh at opvarme, mens et karbad kræver ca. 180 liter og 6,5 kWh at opvarme. Men som hovedregel bruger en gennemsnitsdansker et sted mellem 110-135 liter om dagen, hvoraf en tredjedel af dette udgøres af varmt vand. Energiforbruget til opvarmning af varmt vand varierer alt efter opvarmningsmetoden. Ved fjernvarme bruger man i runde gennemsnitstal 750 kWh pr. person pr. år, mens der ved elvarmer bruges ca. 850 kWh pr. person pr. år. Tal for opvarmning indgår ikke i oversigt over brug af elektricitet. [Danmarks Statistik, Statistikbanken og Dong Energy, 2]

Vandforbruget fordeler sig således [Dong Energy 2 og Seas-Nve, 2]:



vandforbrug
I understående tages der udgangspunkt i et vandforbrug på 100 liter pr. person pr. dag.

vandtilskud
Ud fra DMI's vejrdata vil der på et 875 m2 stort areal, svarende til taget ved et bebygget areal på 50%, årligt blive tilført 568,75 m3 regnvand (568.750 liter) svarende til ca. 4 liter pr. person pr. dag i bygningen. Denne mængde kan føres direkte ind i bygningens vandcyklus som gråt vand. Mulighed for opsamling af regnvand på facaderne indgår ikke i denne beregning, da denne mængde er afhængig af vindstyrken og retning og derfor meget variabel.

vandcyklus
Vand kan anvendes til forskellige formål alt efter, hvor beskidt det er. I øjeblikket ser vandcyklus for langt de fleste hjem ud som illustreret. Vores daglige forbrug bliver hentet op fra grundvandet og ender direkte i landets kloakker uanset, hvad det har været anvendt til. Selv det forholdsvise rene regnvand ledes væk.Omkring 36% af det vand, vi anvender (bad og personlig hygiejne), og regnvandet (det såkaldte grå vand) kan forholdsvist nemt genanvendes i vores hjem til toiletskyl og tøjvask. Toiletskyl og tøjvask udgører 40% af en persons daglige vandforbrug, så ved optimeret genbrug af det grå vand fra bad, personlig hygiejne og regnvand kan forbruget til toiletskyl og tøjvask dækkes 100%. Ved et forholdsvist enkelt indgreb kan vandforbruget reduceres med 40%, mens udledningen til kloaksystemet kan reduceres med 36%.

nuværende genanvendelse

genanvending af det grå vand

En rensning af det grå vand, før det genanvendes, kan klares ved et rodzoneanlæg. For at kunne optage og bearbejde den mængde, der dagligt udledes, skal hver boligetage have et anlæg på ca. 50 m2 [Miljøstyrelsen 1999]. Hvis der kun udledes gråt vand til rodzoneanlægget, vil det efter rensning være muligt at drikke. Ifølge vores fordeling af vandforbruget vil det ikke være nødvendigt, men kunne anvendes som gråt vand. Rensningen vil dog forbedre vandkvaliteten. Der vil ikke forekomme lugtgener under renseprocessen.

Det også muligt at genanvende 100% af det vand, boligen udleder. Dette kan ske via et pileanlæg, der renser vandet via fordampning, hvorved alt vand udledt til anlægget renses 100%. Denne metode kræver dog et lukket rum, hvorfra det fordampede vand kan trækkes ud og kondenseres, hvorefter det igen kan indgå i boligens vandforbrug. Ulempen ved pileanlægget er de meget store anlægsudgifter, og det er meget arealkrævende. For at kunne behandle spildevandet fra en etage skal der udlægges et 2000 m2 stort areal til pileanlægget [Miljøstyrelsen 2003], hvilket er mere end det dobbelte etageareal.

genanvending af det grå og sorte vand

rodzoneanlæg

Der findes flere små rodzoneanlæg i Danmark, primært på landejendomme. Deres funktion er at rense vandet, før det føres ud i vandløb, sø m.m. Rodzoneanlæg udført efter Miljøstyrelsens vejledning [Miljøstyrelsen 1999] opfylder renseklasse O (reduktion af organiske stoffer). Udledes der ikke vand fra afløb fra toilet, opfylder det rodzoneanlæg op til renseklasse SOP (skærpet krav til reduktion af organiske stoffer og fosfor samt nitrifikation). For at et rodzone skal fungere må der ikke udledes store mængder vand over kort tid, eks. fra badekar, desuden skal det holdes frostfri.

opbygning

Det rodzoneanlæg bestå af to elementer:

- en bundfældningstank
- et rodzoneanlæg.

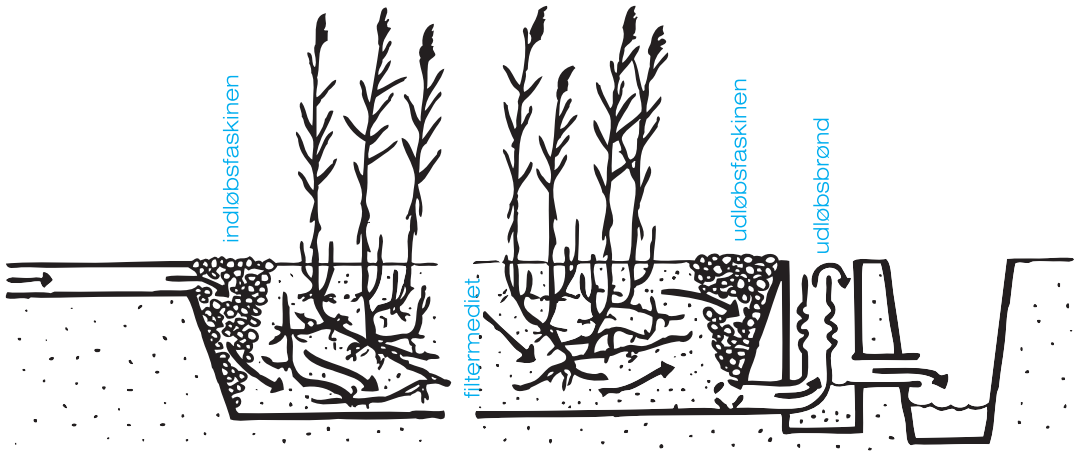
Bundfældningstanken anvendes til at fjerne bundfældelige stoffer og flydestoffer, før det ledes til viderebehandling. Vandet skal passere en sådan tank, før det kan ledes ud i rodzoneanlægget, ellers er der stor risiko for tilstopning.

Rodzoneanlægget består af et beplantet grusfilter med horisontal gennemstrømning. Det forurenede vand ledes igennem anlægget, hvor det passerer planternes rodzone, hvor spildevandets nedbrydelige dele nedbrydes af de mikroorganismer, der sidder på planterødderne og i grusfilteret. Planterne har stor betydning i anlægget. Deres vækst i rodnettet modvirker tilstopning af filtermediet, derudover udgøre det en stor overflade, hvorpå mikroorganismerne kan sidde. Spildevandet ledes ind i rodzoneanlægget via en indløbsfaskine, og efter rensning samles det rene vand i en udløbsfaskine. I rodzoneanlæg anvendes nedsivning ikke, anlægget udføres derfor med en tæt membran i bunden.

Indløbsfaskinen opbygget af singels (Ø25 – 50 eller grovere) eller tilsvarende porøst materiale. Dette skal sikre en effektiv fordeling af spildevandet i anlæggets tværsnit. Indløbsfaskinens overflade skal være ca. 10 cm over filtermediet. Spildevandet fordeles i faskinen via et tværgående drænrør.

Filtermediet skal fordeles jævnt i anlægget og sikres mod indtrængning af overfladevand udefra. Filtersandet skal være vasket og have en uensformighed.

Udløbsfaskinen opbygges efter samme princip som indløbsfaskinen. Opsamlingsdrænet placeres dog i bunden af faskinen. Uden for faskinen installeres en udløbsbrønd, hvori udløbsdrænet føres op til ca. 50 mm over overfladen på filtermediet.



Rodzoneanlægget beplantes oftest med ”tagrør” (Phragmites australis) i en tæthed på fire planter pr. m2. Andre planter kan dog også anvendes: Gul Iris, sø-kogleaks, bredbladet dunhammer og smalbladet dunhammer.

solceller

I takt med at ord som global opvarmning, bæredygtig udvikling, oliekrise og vedvarende energi dagligt indgår i diverse nyhedsmedier, opstår den globale søgen efter et alternativ til vores nuværende energiproduktion. Solceller en af de mest lovende teknologier, og vi vil støde på det over alt i en nær fremtid. Længe har solceller været en integreret del af mange lommeregnere, hvilket betyder, at man aldrig skal bekymre sig om batteriets levetid. I fremtiden vil lignende tiltag findes på andre objekter og i mange tilfælde i en mere højteknologisk integration. Eksempelvis produceres der mobiltelefoner med transparente solceller på skærmen, hvorved den kan producere sin egen strøm, uden at det går ud over designet.

udvikling

Den "fotovaltiske effekt", som solceller anvender til at omdanne solens stråler til el, blev opdaget af den franske fysiker Edmund Bequerel i 1839. Han påviste, at der opstår en elektronisk spænding, når to identiske elektroder i en svag ledende opløsning bliver udsat for lys. Denne opdagelse skabte det teoretiske grundlag for udviklingen af den første solcelle fremstillet af selen i 1880 med en effekt på ½%.

Det var dog ikke før kapløbet inden for rumindustrien i 50'erne, at udviklingen eksploderede. I dag er udviklingen ikke drevet af rumteknologien, men af en bevidsthed om, at det vedvarende alternativ til vores nuværende energikilder skal findes, og solen har stort potentiale.

I kraft med udviklingen er cellernes effektivitet også steget. Fra i 1980'erne at have en effektivitet på omkring 5%, kan man i dag fremstille kommercielle celler af silicium i monokrystallisk tilstand (den mest hyppige anvendte) med effekter på op til 15%. Dog arbejdes der på højtryk på at øge denne effektivitet samt finde andre medier og strukturer for at optimere solcellers el-produktion. Nogle af de seneste forskningsresultater anvender nanotråde, hvorved overfladen kan optimeres og effektiviteten kan komme op på 40%. Med den nuværende udvikling er det ikke usandsynligt, at vi inden for få år vil se kommercielle solceller med en effektivitet på 20%.

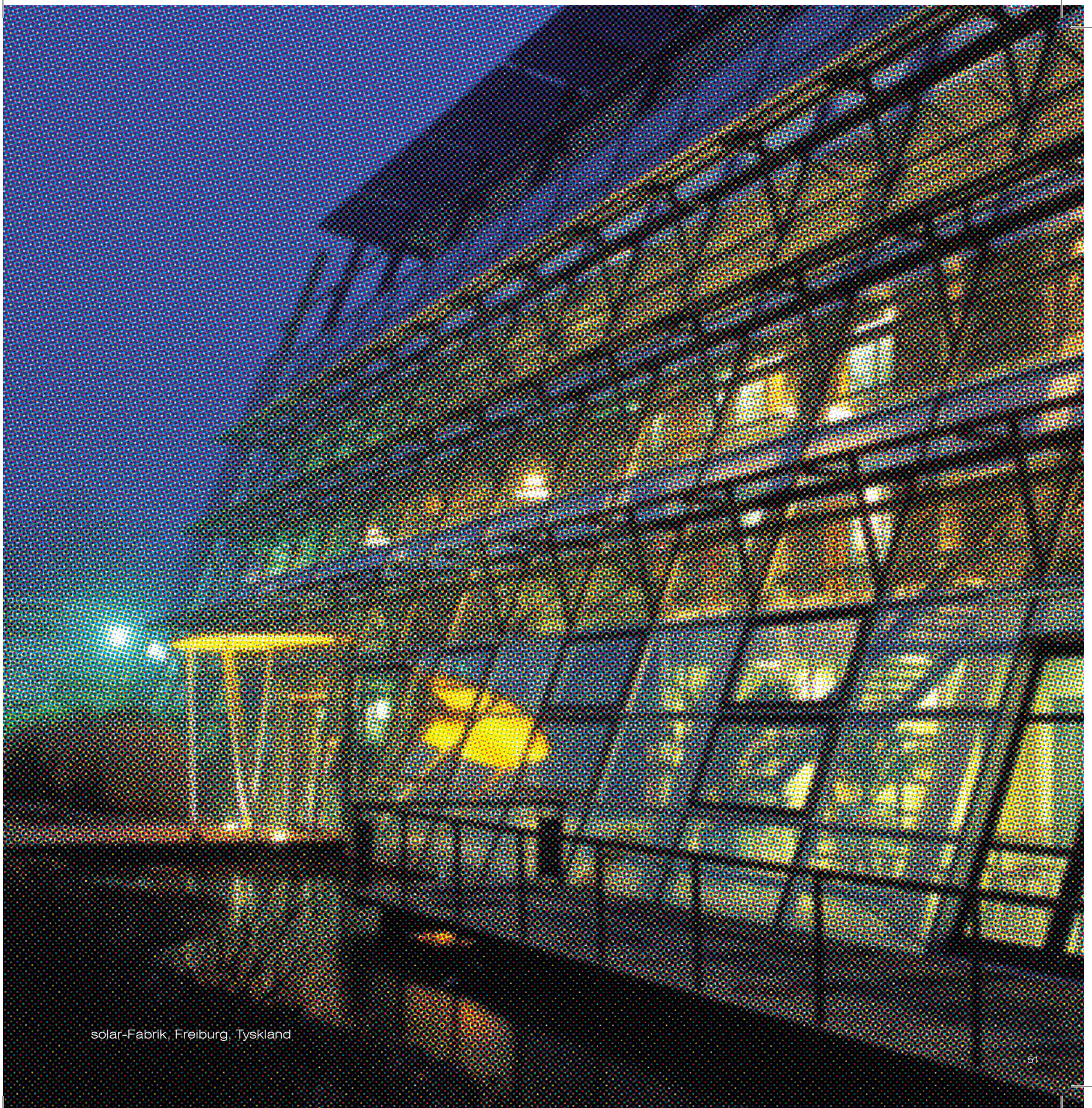
De seneste år har solcellers pris været faldende, dog er der stadig lang vej før de er konkurrencedygtige med øvrig el-produktion. Produktionsprisen for nettilsluttet solstrøm er 2-4 kr. pr. kWh, mens den for kul er nede på 13–15 øre, for olie 25-30 øre og for naturgas 20-25 øre pr. kWh. (ekskl. tilskud, moms, forbindelser til el-nettet m.m.) (2002 tal) [Wittchen 2002]. Også når man betragter solcellers produktion over tid, er det en dårlig investering. Solcelleanlæg har en tilbagebetalingtid på 40-50 år (2002 tal), men garanteres kun en levetid på 20-25 år. Så selv om deres produktion fortsætter efter de 25 år, dog med dalende udbytte, så er det stadig en meget langsigtet investering.

På trods af den dårlige økonomi er der fra 2001 -2002 sket en stigting i opstillede solceller på 35% på verdensplan. Hvis denne udvikling fortsætter, vil el produceret af solceller overstige atomkraft i 2030 [Wittchen 2002]. I Danmark er potentialet i udnyttelse af solenergien nok til at dække en tredjedel af vores forbrug.

solceller i arkitekturen

Solceller har et stort potentiale ikke mindst fordi de, sammenlignet med andre udnyttelser af vedvarende energi, ikke har nogle gener ud over det æstetiske. Langt de fleste solcelle-anlæg opstillet i dag er ikke en integreret løsning med bygningen, men et solcellepanel sat på taget, udhuset eller græsplænen.

Arkitekturen har en mulighed for at spille en aktiv rolle. Hvis man betragter de ekstreme arealer, overflade bygninger har, både facader og tage, så ligger der et potentiale for en stor el-produktion, der i princippet er gratis og ugenerende, når anlægget er sat op. Dog er der det æstetiske aspekt. Der findes groft sagt to måder at sætte solceller på bygninger: 1. fremhæve dem og derved øge signalværdien og 2, integrere dem, så de ikke er synlige (tyndfilm), eller så de følger bygningens linier og struktur. Det findes mange eksempler på begge løsninger, hvor de mest kendte har solcellerne synlige i en eller anden form.



solar-Fabrik, Freiburg, Tyskland

typer

Der findes flere typer solceller hvor langt de fleste består af silicium.

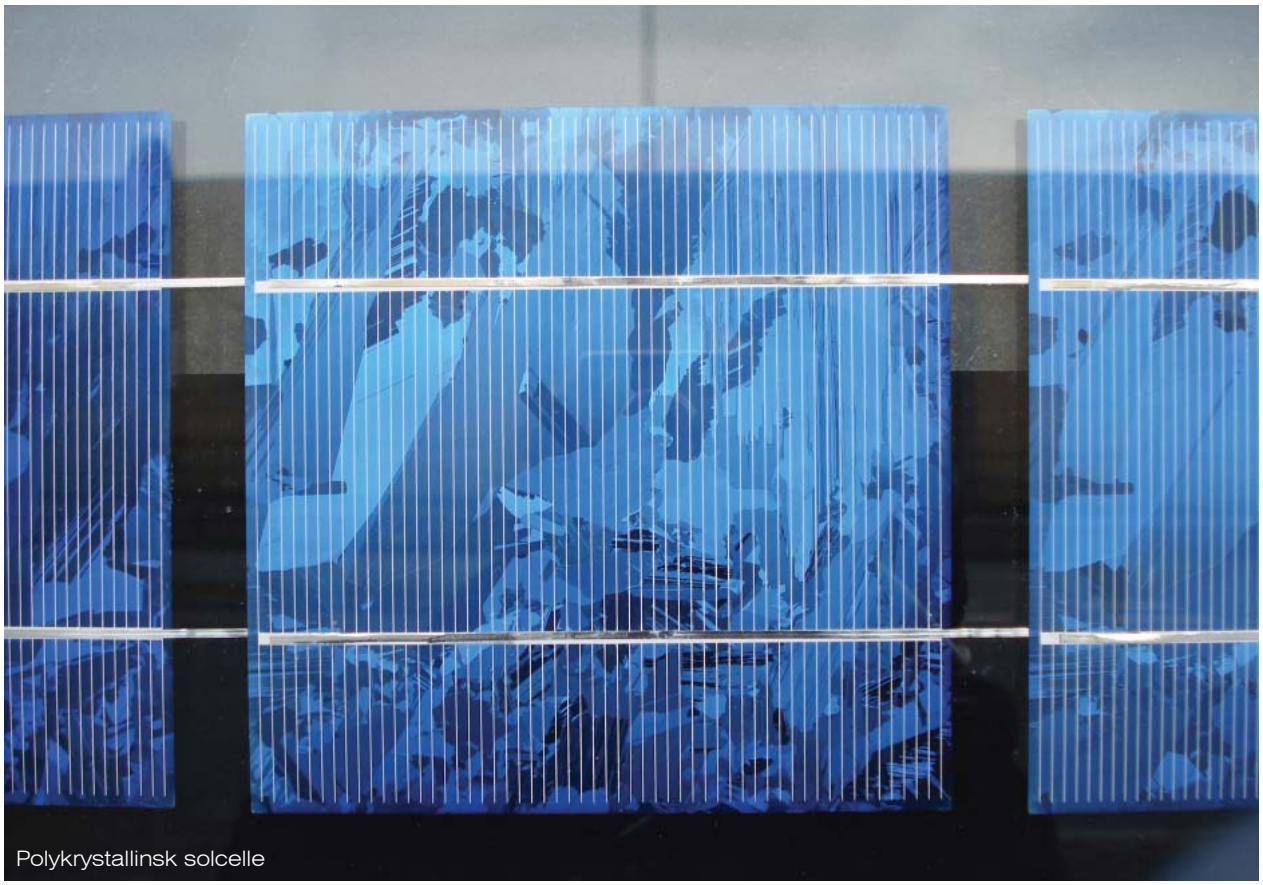
tilstand	effektivitet	form	årligt udbytte[1)]
Monokrystallinsk	10-13%	runde el. kvadratiske	120 kWh/m2
Polykrystallinsk	12-15%	kvadratiske	100 kWh/m2
Amorfe/tyndfilm	4-9%	smalle striber	50 kWh/m2

1) under forudsætning af orintering mod syd med en hældning på ca. 45 grader i forhold til lodret og ingen skygge.

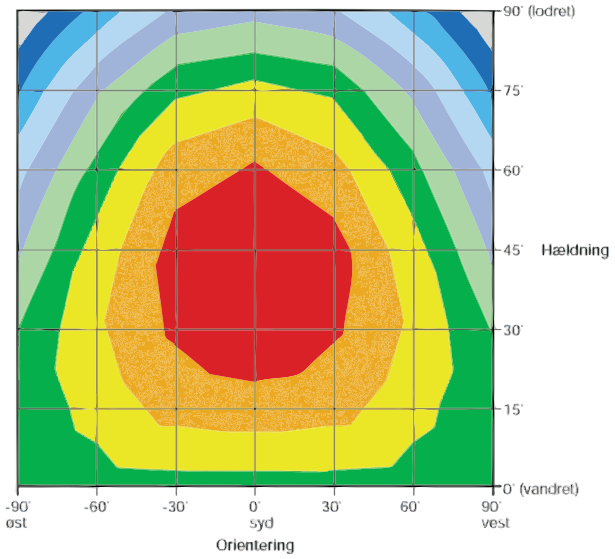
Monokrystallinsk solceller er de mest energieffektive solceller, der masseproduceres i dag. De har en ensfarvet udtryk og produceres ved at skære tynde skiver af silicium af en stang og er derfor som udgangspunkt runde. De skæres dog ofte i kvadrater for at opnå en høj dækninggrad.

Polykrystallinsk er de billigste at fremstille,og det er dem, man oftest møder med deres stærkt schatterende overflade oftest i blå. Denne overflade får de grundet deres produktionsmetode, hvor de sammensættes af mindre stykker eller korn fra monokrystallinsk silicium, hvilket også bringer produktionsomkostningerne ned.

Amorfe solceller eller tyndfilmceller adskiller sig væsentligt fra de to ovenstående typer. De fremstilles ved at pådampe silicium direkte på et glas eller metalfolie og kan derfor fremstå delvis transparent. Dette gør denne type oplagt i tonede ruder.



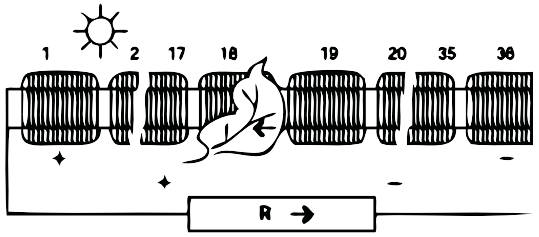
Polykrystallinsk solcelle

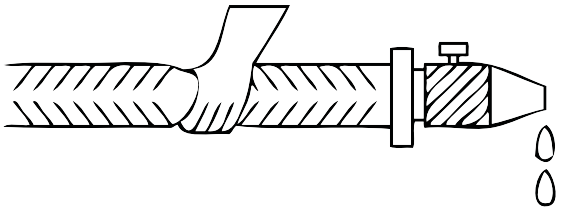


produktion af elektricitet

Solceller anvender den fotovaltiske effekt til at producere elektricitet. Skiven af det anvendte medie, oftest silicium, påføres kontakter på for- og bagside. Når siliciumet belyses, opstår en spænding mellem de to kontakter. Bagsidekontakten er forholdsvis ukompliceret og består opfest af et lag aluminium eller molybdæn. Forsidekontakten er en opvejning mellem effektforøgelse og den skygge, den vil danne på siliciumpladen. Oftest udføres den i en tynd sølvtråd, som dækker 3-5% af overfladen.

En solcelle, selve skiven af 10-15 cm i størrelse, producerer kun 1-2 Watt jævnstrøm ved en spændingsforskel på ca. 0,5 volt. Dette kan dog forøges ved at serieforbinde cellerne, hvorved næsten ethvert elbehov kan imødekommes. Dette betyder også, at elproduktionen kan dale drastisk, hvis en celle i forbindelsen ligger helt eller delvis i skygge. Dette skyldes, at den solcelle med den laveste solindståling er bestemmende for ydelsen over hele strengen. Det kan sammensignes med at klemme på en vandslange, derved bliver dette punkt bestemmende for mængden af vand, der kommer ud. Lige som slagskygger har betydning, har solcellernes orientering også stor indflydelse på ydelsen.





Ydermere spiller cellernes temperatur ind i effektiviteten. Ydelsen falder lineært med stigende temperatur. For krystallinske solceller falder ydelsen med ca. 0,5% pr. grader celsius, mens det er cirka det halve ved amorfe celler. Da de fleste solceller er mørke, vil en opvarmning være et nødvendigt onde. Temperaturen på solceller vil typisk komme op på 80 grader celsius.

casestudies

”Casestudiet er en strategi til empirisk udforskning af et udvalgt nutidigt fænomen i sin naturlige sammenhæng ved anvendelse af forskellige datakilder, der kan anvendes i en bevisførelse”

Robson [wikipedia 2007; 1].

Casestudies anvendes som metode for at danne et overblik over eksisterende fænomener for derved at analysere, hvilken lære der kan uddrages af disse. Da projektet i høj grad bygger på en tese, findes der ikke på nuværende tidspunkt egentlige byggerier, der kan bruges som cases. Derfor vil de fleste cases stadig være på projektstadiet, og nogle vil formentlig aldrig blive opført. Dog ses de som interessante bud på løsninger til fremtidens byggerier.

Analyserne forsøges at gøres objektive. I forvejen ligger der en subjektiv udvælgelse af de valgte eksempler, som ikke kan undgås. Men det giver også et udtryk for den arkitektoniske og tekniske kontekst, man ser sig i og ønsker at videreudvikle og udbrede.

Der er de seneste år kommet en lang række bud på løsningen af fremtidens byggeri i byerne, mange som højhuse og nogle som ekstreme skyskrabere. Et udvalg af de mange projekter kan ses på modsatte side. Mange indeholder de samme elementer, teorier og bæredygtige flows, hvorved de alle i større eller mindre grad vil indgå i det færdige projekt. Dog er der udvalgt et mindre antal projekter, der gennemgår en mere dybdegående analyse, der danner udgangspunktet og inspirationen for den videre bearbejdning af projektet. De valgte cases er:

Tower of Tomorrow af William McDonough

Bygningen er et bud på fremtiden kontorbyggeri i bymæssig kontekst. Den indeholder en række interessante tilgangsvinkler til det bæredygtige byggeri, hvoraf enkelte teorier kan videreføres til andre projekter. Projektet er et projektforslag og er ikke planlagt opført endnu.

HySociety af PLOT

HySociety er PLOT’s bidrag til ”Too Perfect: Seven new Denmarks”. Projektet indeholder en lang række interne flows af energi og forbrugsgoder, der cirkulerer og genbruges internt i bygningen/samfundet. Forslaget gør op med energiforbruget og vender det til en fordel, hvor tesen er: jo mere energi der bruges, jo mere energi skabes der. Projektet er et forslag til, hvordan et nulenergi-samfund kan se ud.

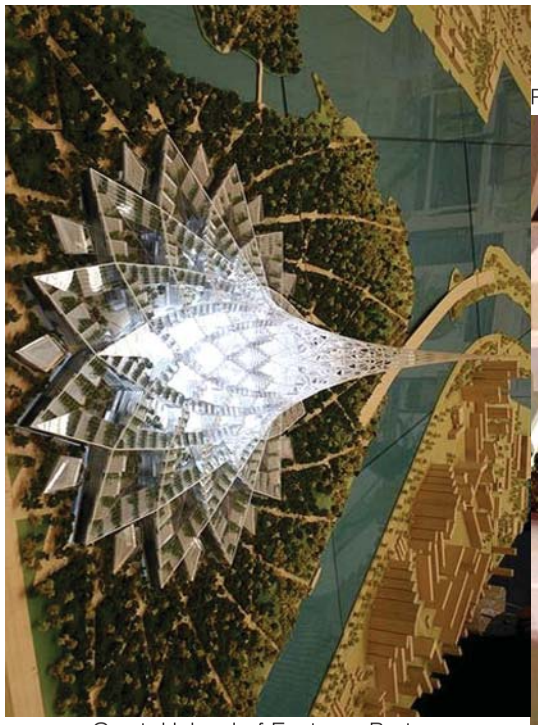
Agro-Housing af Knafo Klimor

Projektet tager udgangspunkt i de kommende udfordringer for Kinas befolkning. I fremtiden vil et stort antal kinesere flytte ind til byerne, hvor de vil have behov for nye boliger. Projektet foreslår en præfabrikeret boligblok med interne haver og lavt energi- og ressourceforbrug. Projektet er på nuværende tidspunkt ikke planlagt opført.

mkLotus af Michelle Kaufmann

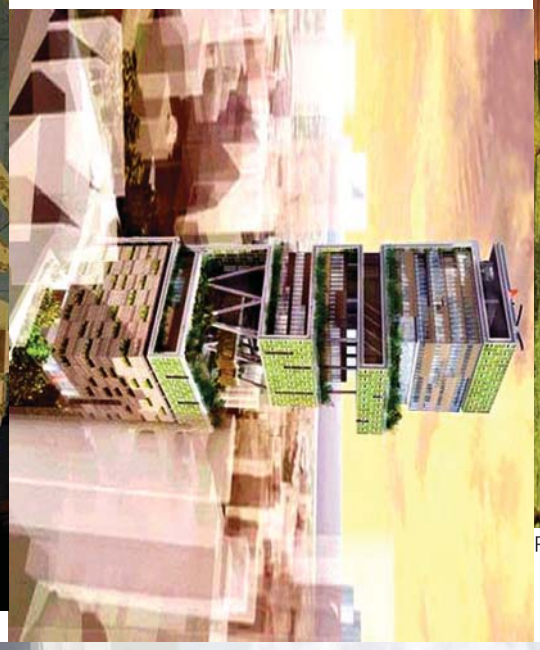
Boligenheden mkLotus fokuserer på, hvordan en boligenhed kan minimere brugen af energi og ressourcer, hvor der især fokuseres på vandforbruget. mkLotus er en præfabrikeret boligenhed, for én familie. Der er på nuværende tidspunkt blevet produceret en prototype, som har deltaget i flere udstillinger for at promovere projektet og den bæredygtige livsstil.

De udvalgte casestudies udpeger en række interessante teknologier, principper og arkitektoniske løsninger, der vil indgå i skabelsen af fremtidens bæredygtige bebyggelse i bymæssig kontekst.

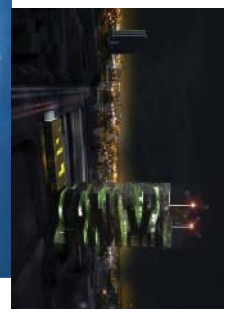


Crystal Island af Foster + Partners

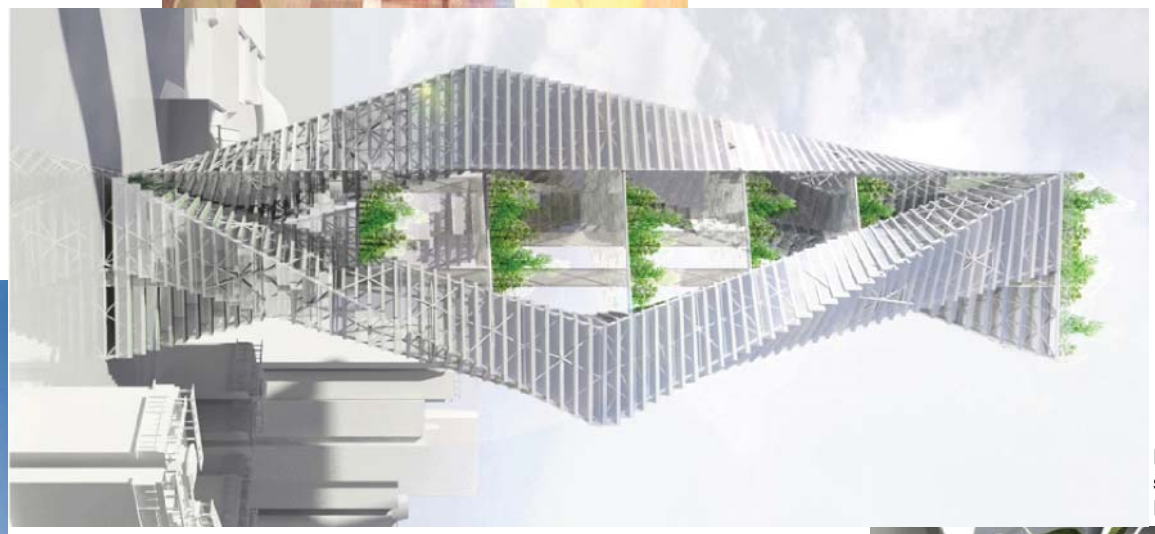
Residence Antilia af The Perkins + Will



Russia Tower af Foster + Partners

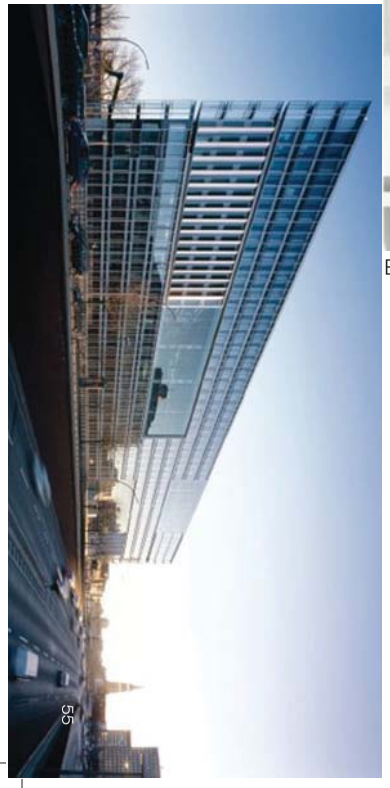


Vertical Farming af Architect Pierre Sartoux fra Atelier SOA

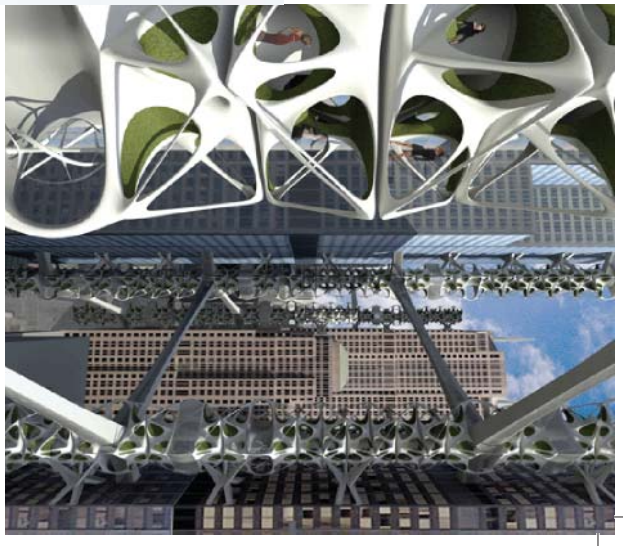


Escaper af Sohta Mori - Yuichiro Minato

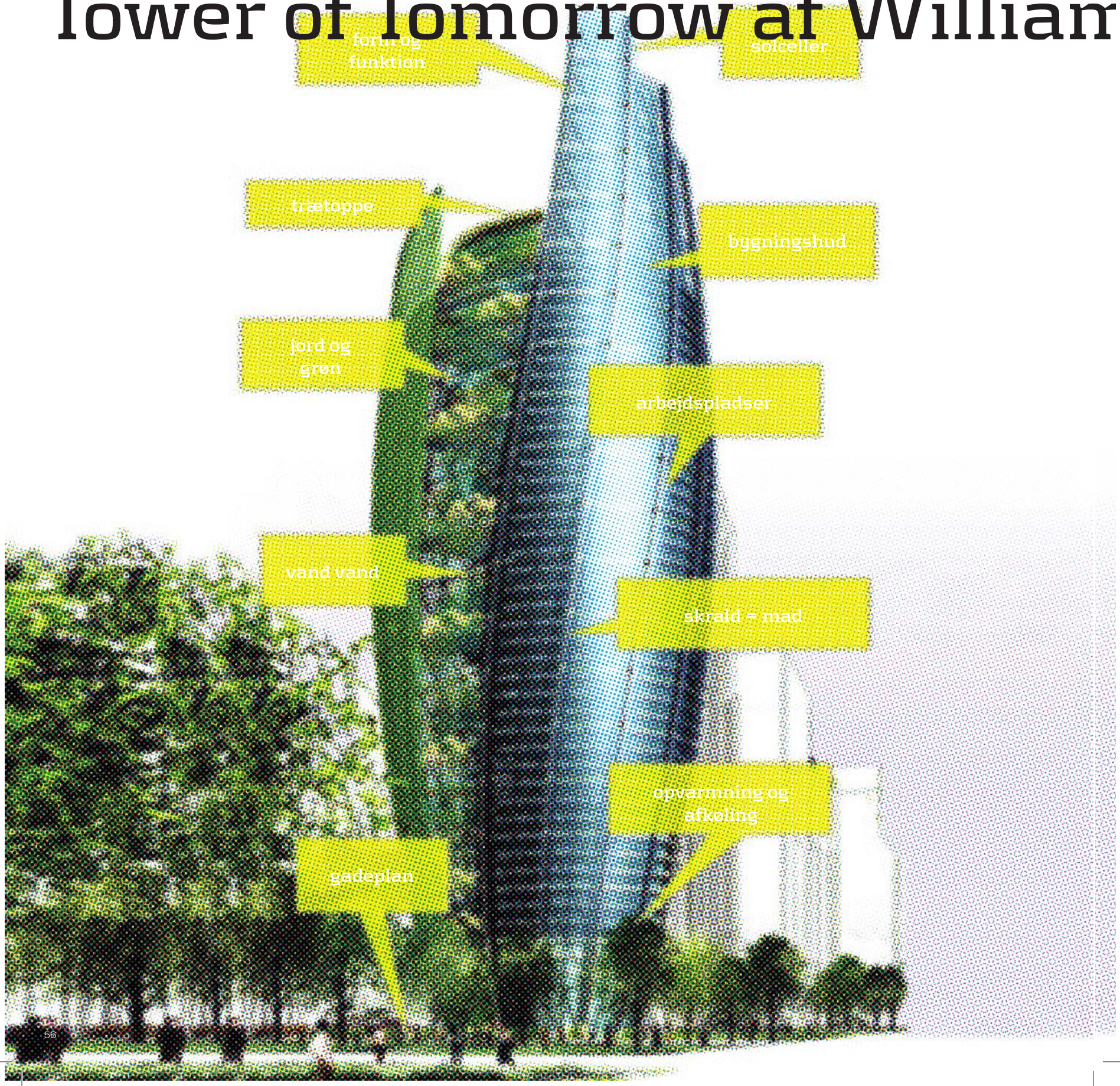
The Deichtor office building af BRT Architekten



Retrofitting our Skyscrapers For Food and Power



Tower of Tomorrow af William



m McDonough (USA)

Strukturen er tegnet af William McDonough, en af pionererne inden for bæredygtigt byggeri. Blandt andet har han designet det første hus i Irland, der kun benyttede sig af solenergi til opvarmning tilbage i 1977, og han er medforfatter til "Cradle to Cradle". I 1999 blev han udråbt til "Hero of the Planet" af Time Magazine på grund af sit arbejde.

Tower of Tomorrow er inspireret af naturens design og dens cyklus som i sammenspil med moderne teknologi giver en moderne bygning på naturens præmisser.

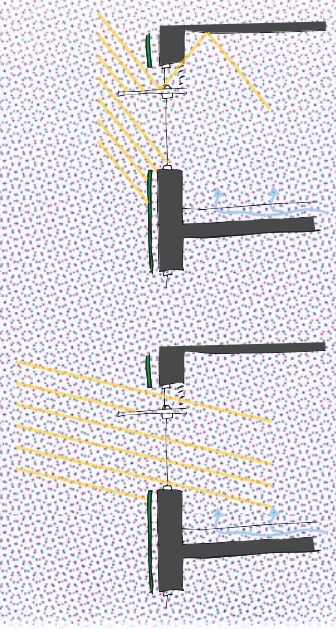
"Fortune magazine asked us to speculate on 'the building of the future'. What we came up with was 'a building for the present', something that would be possible today that accommodates the idea of a building that emulates a tree – a building that receives its energy from the sun, that grows food, that builds soil, that provides a habitat for hundreds of species, that changes colours with the seasons, that creates micro-climates, that would purify water.

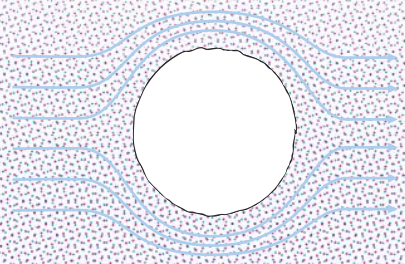
A building that would do just about everything a tree would do except self-replicate."
William McDonough, [Furtune Magazine 2006]

Bygningen er begrønnet på den vestlige facade samt på taget. Ud over at planterne producerer ilt og optager smog, så omdanner de den traditionelle asfaltbelagte tagflade til et frodigt og grønt opholdsareal til brug for bygningens brugere og naturens dyr. Den vestlige side af bygningen består af en række treetages høje atriumrum med grønne planter, som renser den interne luft. Nordfacaden består af klart glas belagt med positivtladede mosser, der absorberer partikler fra luften.

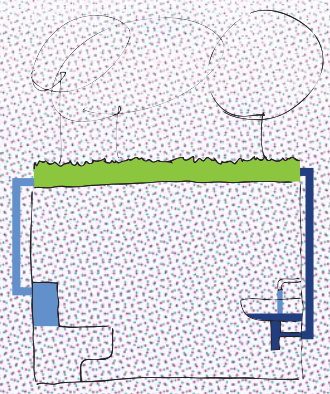
Energien til bygningen kommer fra et 9.000 m2 stort solcelleanlæg på bygningens sydside, som kan dække op til 40% af behovet i bygningen.

Alle materialer i bygningen fra bærende konstruktioner til møblement kan genbruges.



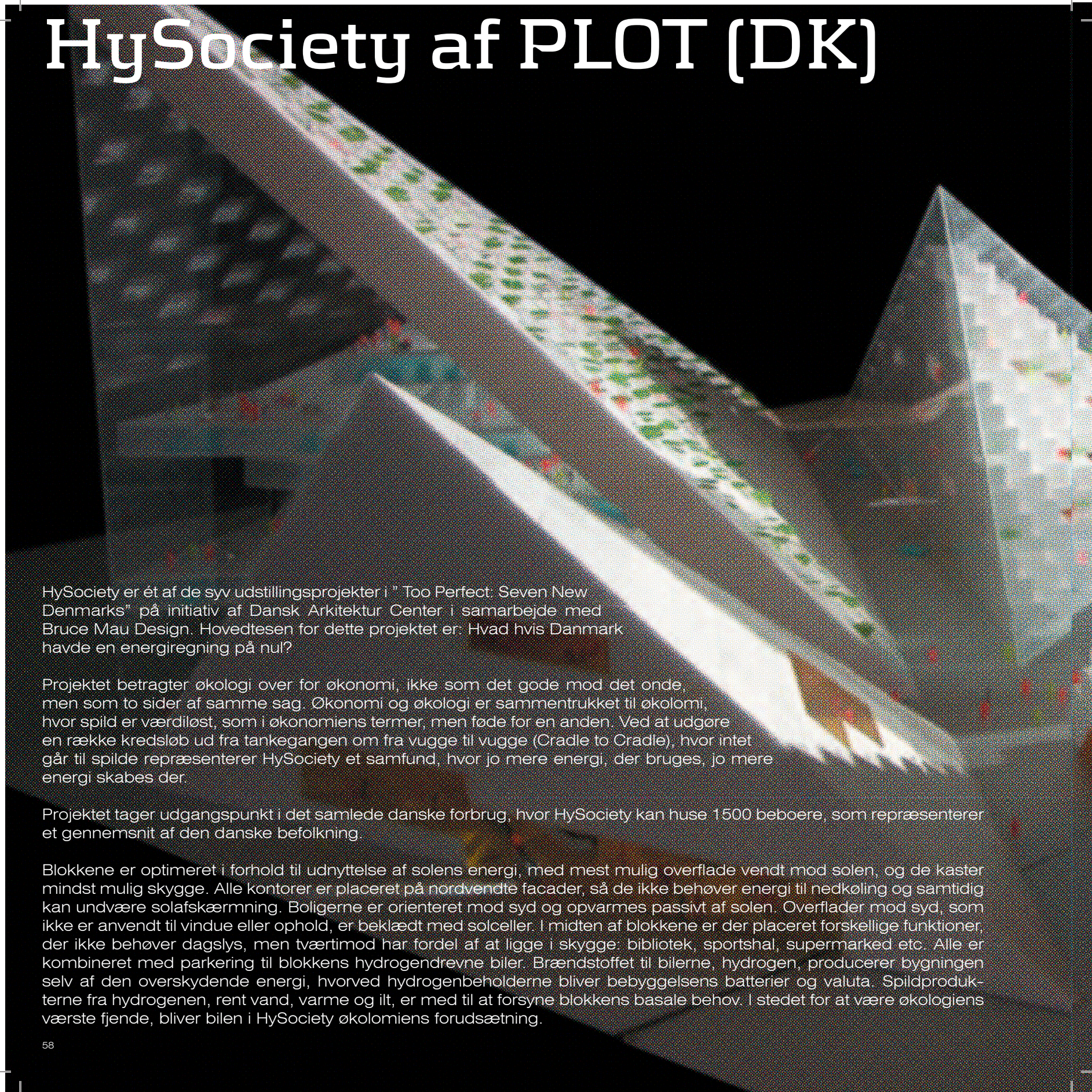


Bygningens form er aerodynamisk, hvilket mindsker vindens påvirkning og turbulens samtidig med, at den samlede overfladen mindskes i forhold til gulvareal, og anvendes mindre materiale i konstruktionen for at opnå stabilitet.



De grønne flader indgå som en del af bygningens vandcyklus. Spildevandet fra håndvaske og bad bruges til at vande bygningens planter. Vandet renses af haverne og kan bruges som vand, der ikke drikkes - eksempelvis i toiletterne.

HySociety af PLOT (DK)

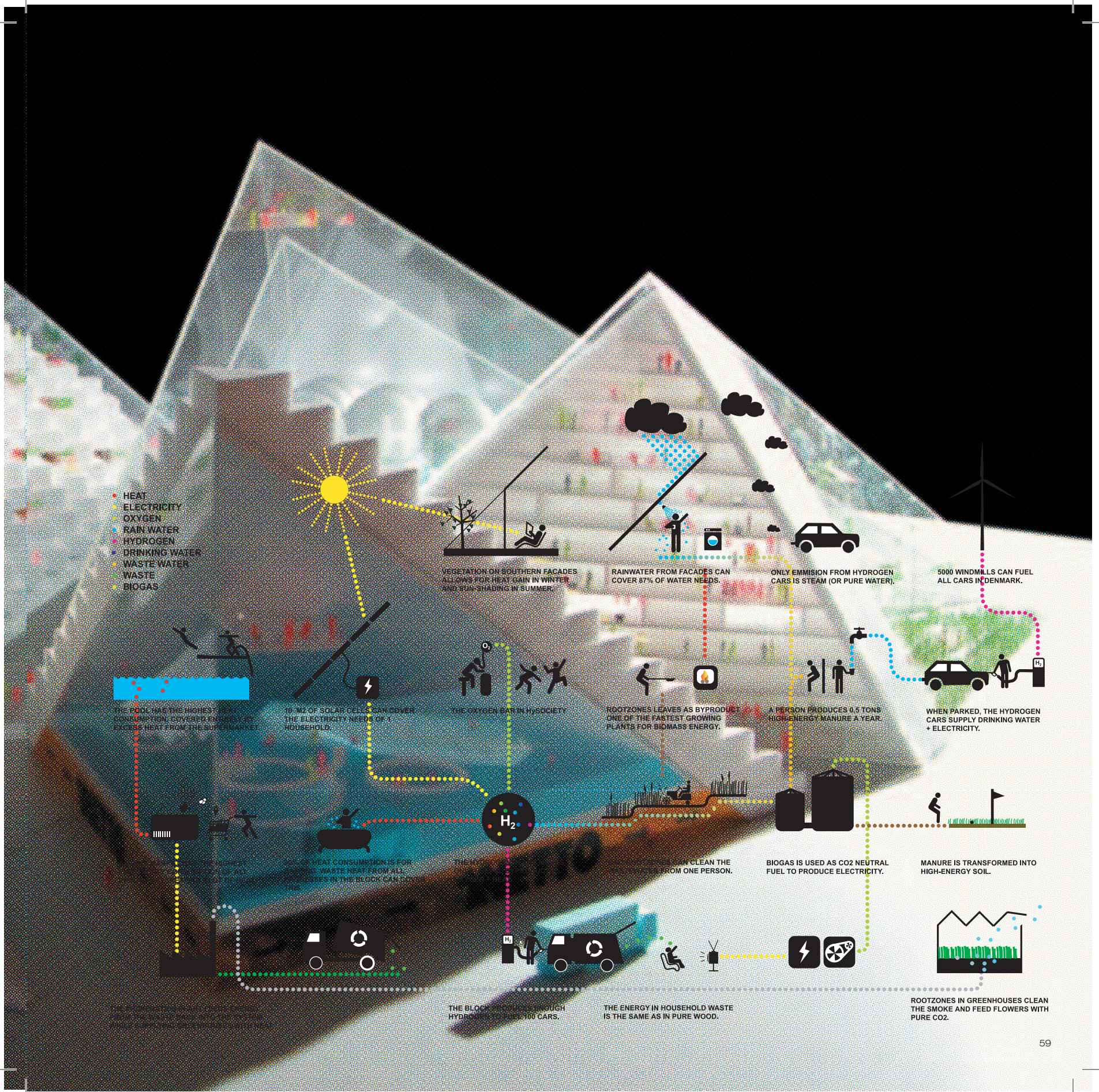


HySociety er ét af de syv udstillingsprojekter i " Too Perfect: Seven New Denmarks" på initiativ af Dansk Arkitektur Center i samarbejde med Bruce Mau Design. Hovedtesen for dette projektet er: Hvad hvis Danmark havde en energiregning på nul?

Projektet betragter økologi over for økonomi, ikke som det gode mod det onde, men som to sider af samme sag. Økonomi og økologi er sammentrukket til økolomi, hvor spild er værdiløst, som i økonomiens termer, men føde for en anden. Ved at udgøre en række kredsløb ud fra tankegangen om fra vugge til vugge (Cradle to Cradle), hvor intet går til spilde repræsenterer HySociety et samfund, hvor jo mere energi, der bruges, jo mere energi skabes der.

Projektet tager udgangspunkt i det samlede danske forbrug, hvor HySociety kan huse 1500 beboere, som repræsenterer et gennemsnit af den danske befolkning.

Blokkene er optimeret i forhold til udnyttelse af solens energi, med mest mulig overflade vendt mod solen, og de kaster mindst mulig skygge. Alle kontorer er placeret på nordvendte facader, så de ikke behøver energi til nedkøling og samtidig kan undvære solafskærmning. Boligerne er orienteret mod syd og opvarmes passivt af solen. Overflader mod syd, som ikke er anvendt til vindue eller ophold, er beklædt med solceller. I midten af blokkene er der placeret forskellige funktioner, der ikke behøver dagslys, men tværtimod har fordel af at ligge i skygge: bibliotek, sportshal, supermarked etc. Alle er kombineret med parkering til blokkens hydrogendrevne biler. Brændstoffet til bilerne, hydrogen, producerer bygningen selv af den overskydende energi, hvorved hydrogenbeholderne bliver bebyggelsens batterier og valuta. Spildprodukterne fra hydrogenen, rent vand, varme og ilt, er med til at forsyne blokkens basale behov. I stedet for at være økologiens værste fjende, bliver bilen i HySociety økolomiens forudsætning.


HEAT
ELECTRICITY
OXYGEN
RAIN WATER
HYDROGEN
DRINKING WATER
WASTE WATER
WASTE
BIOGAS
VEGETATION ON SOUTHERN FACADES ALLOWS FOR HEAT GAIN IN WINTER AND SUN-SHADING IN SUMMER.
RAINWATER FROM FACADES CAN COVER 87% OF WATER NEEDS.
ONLY EMMISION FROM HYDROGEN CARS IS STEAM (OR PURE WATER).
5000 WINDMILLS CAN FUEL ALL CARS IN DENMARK.
THE POOL HAS THE HIGHEST HEAT CONSUMPTION. COVERED ENTIRELY BY EXCESS HEAT FROM THE SUPERMARKET.
10 M2 OF SOLAR CELLS CAN COVER THE ELECTRICITY NEEDS OF 1 HOUSEHOLD.
THE OXYGEN BAR IN HySOCIETY
ROOTZONES LEAVES AS BYPRODUCT ONE OF THE FASTEST GROWING PLANTS FOR BIOMASS ENERGY.
A PERSON PRODUCES 0.5 TONS HIGH-ENERGY MANURE A YEAR.
WHEN PARKED, THE HYDROGEN CARS SUPPLY DRINKING WATER + ELECTRICITY.
CAN CLEAN THE FROM ONE PERSON.
BIOGAS IS USED AS CO2 NEUTRAL FUEL TO PRODUCE ELECTRICITY.
MANURE IS TRANSFORMED INTO HIGH-ENERGY SOIL.
THE BLOCK PRODUCES ENOUGH HYDROGEN TO FUEL 100 CARS.
THE ENERGY IN HOUSEHOLD WASTE IS THE SAME AS IN PURE WOOD.
ROOTZONES IN GREENHOUSES CLEAN THE SMOKE AND FEED FLOWERS WITH PURE CO2.

Agro-Housing af Knafo Klimor

or (ISR)

Ifølge beregninger fra UN vil halvdelen af den kinesiske befolkning bo i bymæssig kontekst i 2010. Denne massive urbanisering kan skabe store problemer for den kinesiske kultur, økonomi og miljø. Det prisvindende projekt Agro-Housing tager fat i denne problemstilling og præsenterer en mulig løsning på Kinas fremtidige bykultur, hvor der ikke gås på kompromis med hensyn til miljøet, arkitekturen eller levestandarden.

Det 13 etages høje hus er bygget på et simpelt grid af præfabrikerede stålsøjler, hvorpå dæk og facader er fæstnet. Bygningsmassen er hævet fra jorden for at minimere fodaftrykket og give optimale forhold for beplantning og ophold ved jorden. Præfabrikerede toiletkerner stables og danner den centrale kerne, som det eneste faste element i de fleksible lejligheder. Agro-House kombinerer bolig og jordbrug i den urbane kontekst. Langs den ene facade rejser en stor vertikal have sig i hele bygningens højde, mens der på modsatte facade findes mindre grønne terrasser. Bygningens planløsning giver alle lejligheder i bygningen kig og adgang til de grønne haver. Den vertikale have skal bruges af beboerne til at dyrker deres egne afgrøder.

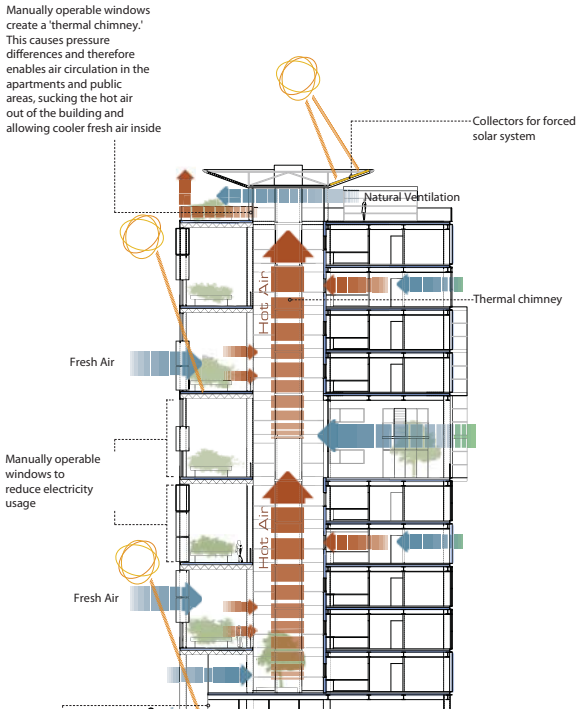
Huset er designet, så der i bygningen er flere opholdszoner, hvor beboerne kan mødes og have fældes aktiviteter. Blandt andet findes der en børnehave under bygningsmassen for bygningens børn tæt på hjem og deres forældre. På taget er der en "sky club", der fungerer som bebyggelsens forsamlingshus, der kan anvendes til sociale events, fejringer m.m.

Huset ventileres ved naturlig ventilation. Om sommeren fungerer husets centrale atrium som en stor skorsten, hvorved der konstant tilføres frisk luft til boligerne og de grønne områder. Den varme luft ledes ud i toppen af bygningen. Om vinteren holdes luften inde i huset og cirkuleres i atriumet, så de nederste boliger også tilføres varme. Ud over den interne varmetilførsel og udnyttelse af passiv solvarme installeres der et jordvarmeanlæg og en solfanger, som ud over at opvarme brugsvand bidrager med varme til lejlighederne i kolde perioder.

Boligernes grå vand samt opsamlet regnvand anvendes til vanding af planter via et dryp-vandingssystem. Systemet tilfører væske direkte til planten og minimerer derved vandforbrugt til dyrkning af beboernes afgrøder.

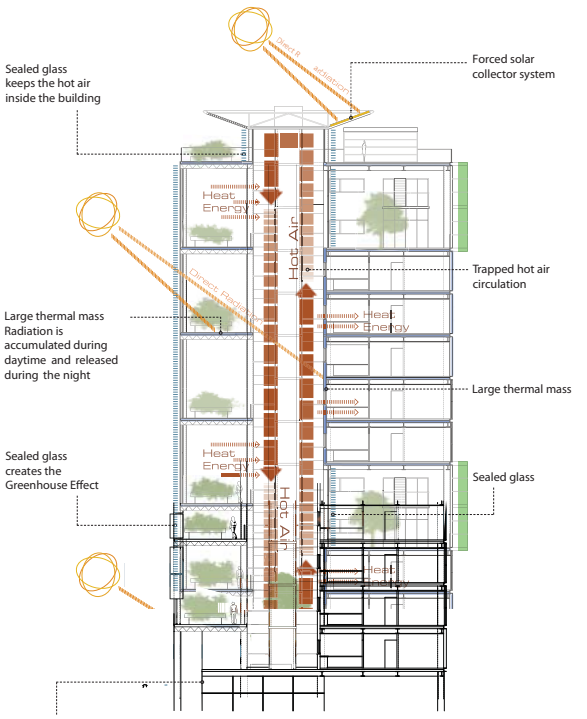
Summer

Climate Control



Winter

Climate Control



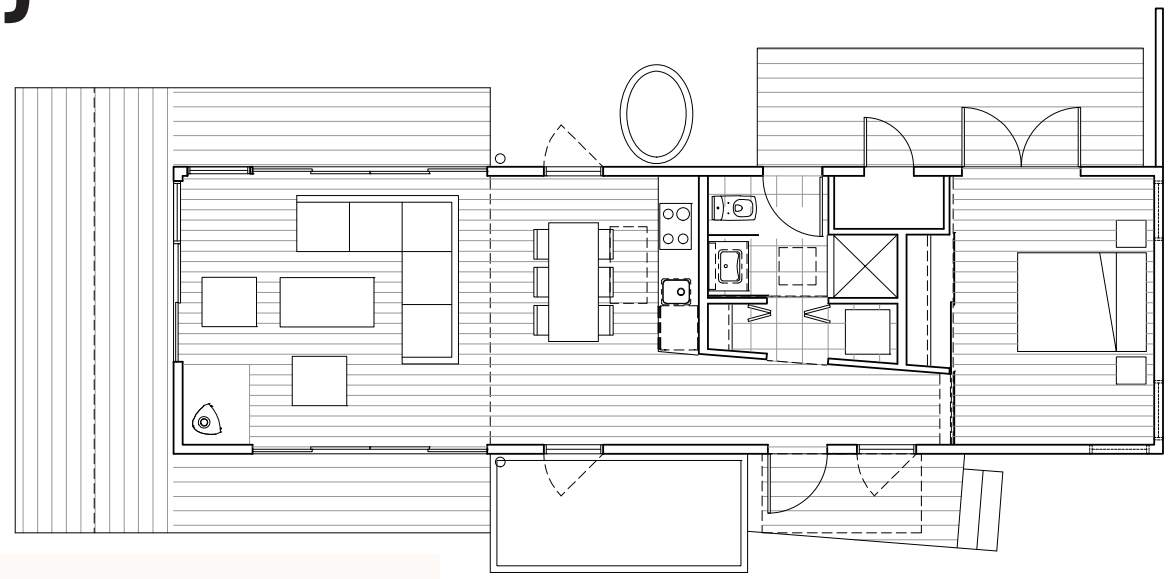
mkLotus af Michelle Kaufmar

Michelle Kaufmanns eventyr inden for bæredygtigt byggeri startede med en forespørgsel fra nogle venner om, hun kunne bygge dem et hus lignende hendes egen nyopførte bolig. Dette åbnede hendes øjne for præfabrikede grønne bygninger og har til dato udmundet i en række boligtyper. Hendes vel nok mest kendte projekt hedder mkLotus, og blandt andet har en prototype af huset været udstillet foran rådhuset i San Francisco i forbindelse med West Coast Green Expo.

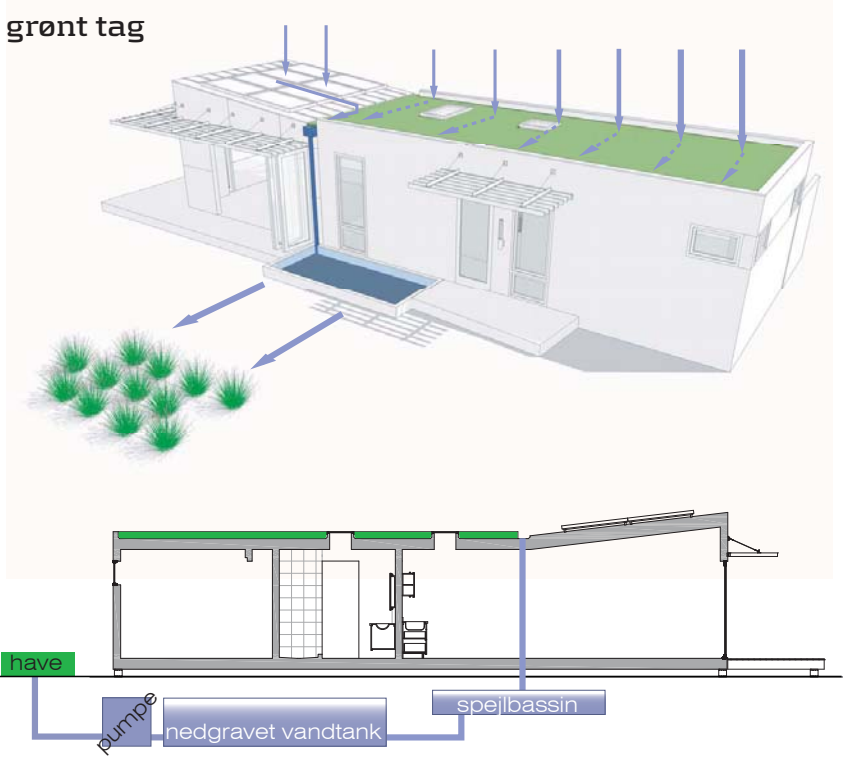
mkLotus er opbygget som præfabrikerede elementer, der færdig apteret transporteres på ladvogn til byggepladsen, hvor de sættes oven på fundamentet. Modulet kan sammensættes i op til fire moduler, og derved variere fra 2 til 8 værelser. Et enkelt modul, se illustration, har en størrelse på ca. 67 m2 og indeholder et soveværelse, stue i forbindelse med køkken, mindre vaskerum og badeværelse.

Arkitekturen og de integrerede bæredygtige teknologier gør at, bygningen præsterer et energiforbrug på nul. Husets energi kommer fra det store solcelle-anlæg på husets tag. Hvor taget ikke er dækket af solceller, er der plantet et grønt tag, som ud over at filtrere regnvandet også bidrager til isoleringen i taget. Om sommeren absorberer det grønne tag mindre varme end almindelige tage, hvorved det mindsker risikoen for overophedning i boligen. Tagfladen bruges også til opsamling af vand til vanding af haveplanter og landskabselementer. Regnvandet føres fra taget til en spejlbassin ved husets indgang. Her filtreres vandet og sendes til en tank under jorden, hvorfra det kan pumpes op og anvendes til vanding.

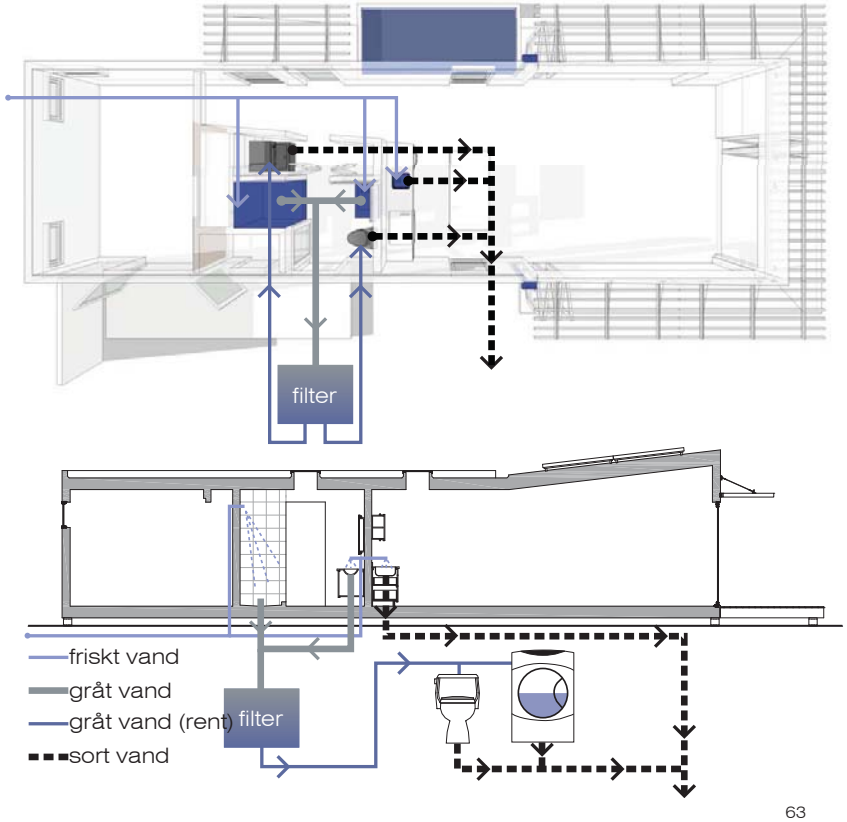
nn (USA)



grønt tag

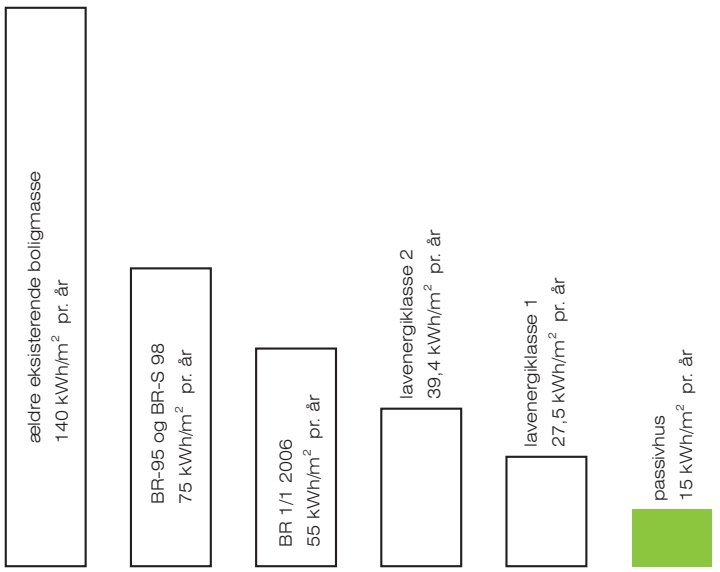


vandbearbejdning



passivhus-konceptet

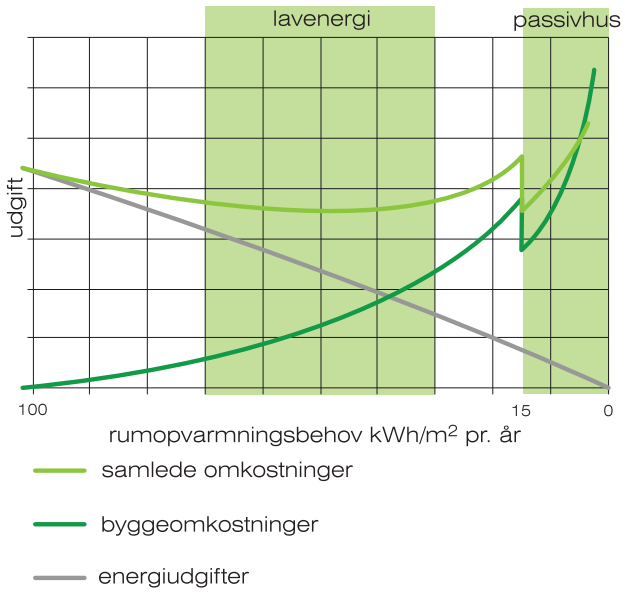
Passivhuset er ikke udbredt i den danske byggetradition endnu. I den danske byggeindustri arbejdes der derimod med lavenergihuse (lavenergibygning klasse 1 og 2), hvor energiforbruget ligger 50% eller 75% under forbruget i et almindeligt standardhus. Syd for Danmark i Tyskland og Østrig arbejdes der imidlertid med "Passivhaus" (på dansk passivhus), som der er opført mere end 8.000 af. Energiforbruget i disse huse er helt ned til 90% under forbruget i parcelhuse i den eksisterende boligmasse [isover; 1]. I Danmark er passivhus-betegnelsen ikke beskyttet, hvorimod konceptet i Tyskland og Østrig er omfattet af en certificeringsordning, således at kun huse som opfylder "passivhaus"-kravene må kaldes et "passivhaus".



Stramninger indenfor det danske bygningsreglement. Det samlede energiforbrug i det danske bygningsreglement kan ikke direkte sammenlignes med de tyske værdier [Rockwool 2006]

krav:

Et af de helt elementære krav til passivhuset er energiforbruget til rumopvarmning, der ligger på 15 kWh/m2 bolig pr. år, hvor den nuværende energiramme højst må være 70 kWh/m² pr. år tillagt 2200 kWh pr. år divideret med det opvarmede etageareal. Det lave energiforbrug i passivhuset betyder, at boligen og ikke mindst opvarmningen kan/skal tænkes på en anderledes måde - det gælder bygningskroppens udformning, facadeareal, vinduesareal, opvarmningsstrategi, detaljer og brugsituationen.



Grafen viser sammenhængen mellem byggeudgifter og energiforbrug. Det pludselige fald illustrerer hvor traditionelt varmeanlæg ikke længere er nødvendigt.

Helt konkret er der tre krav, som passivhuset skal overholde for at opfylde den tyske passivhus-certificering:

_ det totale energibehov til rumopvarmning må ikke overstige 15 kWh/m2 nettoareal pr. år (bevist via PHPP beregning)

_ det totale primære energiforbrug til varmt brugsvand, rumopvarmning/køling, ventilation, pumper, husholdningsstrøm, lys m.v. må ikke overstige 120 kWh/m2 nettoareal pr. år

_ husets lufttæthed målt ved Blower Door-test n50 <0,6 h-1.

På baggrund af erfaringen inden for passivhuse, er der udarbejdet en række vejledende værdier og tommelfingerregler, som kan anvendes i pasivhusets designfase.

ydre planlægning:

_ 0,8 W/m2K er målestokken for vinduer inklusive rammer i rum med store glasfacader og ringe fremmedvarme f.eks. fra personer eller elappatater. For at nå dette mål er det nødvendigt med specialisolerede vindueskarme og -rammer: Også hvis gasset har en U-værdi under 0,6 W/m2K

_ tæt isolering, hvor man undgår kuldebroer og ikke gennembryder isoleringslaget. U-værdien skal ligge på 0,1 W/m2K og bør ikke overstige 0,15 W/m2K som vejledning

_ sydvendt placering af 40% af vinduesfladerne er ideel

_ afskærmning af øst-, syd- og vestvendte vinduer om sommeren

_ klimaskærmens forhold mellem volumen og areal V/A for kompakthed skal ligge mellem 1 og 4. Værdien A/V skal ligge mellem 1 og 2.

_ undgå karnapper og fremspring for at minimere antallet af samlinger og derved kuldebroer samt overfladearealet.

ventilationsanlæg:
_ tilstræb korte ventilationskanaler med lav strømningshastighed
_ anvend varmegenindvindingsanlæg med høj virkningsgrad, over 80%
_ emhætte i køkken skal være med mulighed for recirkulation og med fedtfilter
_ jordvarmeveksler kan anbefales til opvarmning eller nedkøling af indtagsluft.

øvrig planlægning:
_ de sanitære installationer skal være korte og godt isoleret
_ anvend energimærkede husholdningsapparater.
[isover; 1, side19, 24 og 25]

Hele ideen ligge i at komme ned på det lave energiforbrug, for da kan boligens varmetilførsel tænkes anderledes, end vi er vant til i dag. Passivhuset er en meget tæt bolig med meget lav infiltration, og der kræves derfor ventilation for at få tilført frisk luft, da vinduer ikke kan stå åben på grund af varmetabet i kolde perioder. Denne ventilation sker via et ventilationsanlæg, som i langt de fleste tilfælde også virke som passivhusets varmekilde. Ventilationsanlægget trækker den forurenede luft ud af huset fra strategiske steder. Varmen i den forurenede udtræksluft genanvendes via en varmeveksler i ventilationsaggregatet og bruges til opvarmning af den friske indblæsningsluft. Derved tilfører ventilationsanlægget frisk luft og varme til hele passivhuset. Af øvrige varmekilder i passivhuset kan nævnes: køkkenet, lys, elektroniske apparater og ikke mindst beboere samt alle fremmede varmekilder.

Derudover spiller design og placering samt udformning af facader og vinduer en væsentlig rolle. Huset er godt isoleret med mellem 300-400 mm isolering i vægge og tag. Forbindelsen mellem facade og fundament er gennemtænkt uden kuldebroer. Vinduerne er placeret med et stort vinduesareal mod syd, mindre mod øst og vest og næsten intet mod nord. Derved får man tilført varme fra øst, vest og syd samt mindsker varmetabet mod nord.

indeklima
På trods af at et passivhus er meget tæt, er der aldrig indelukket. Dette er en sidegevinst af passivhusets opvarmningsstrategi. Da varmen tilføres via ventilationsanlægget, kommer der også en jævn strøm af frisk luft til de indre rum, og den forurenede luft trækkes ud, hvilket skaber et behageligt indeklima. Samtidig foregår det under meget kontrollerede forhold, hvor man let kan styre luftskiftet samt rense indblæsningsluften for pollen eller andre allergifremkaldende stoffer via filtre.

I kraft af sin tæthed og gode isolering findes der ingen kolde overflader eller kuldenedfald, som man kender fra almindelige boliger. Dette betyder, at man ikke udsættes for træk eller varme-/kuldestråling.

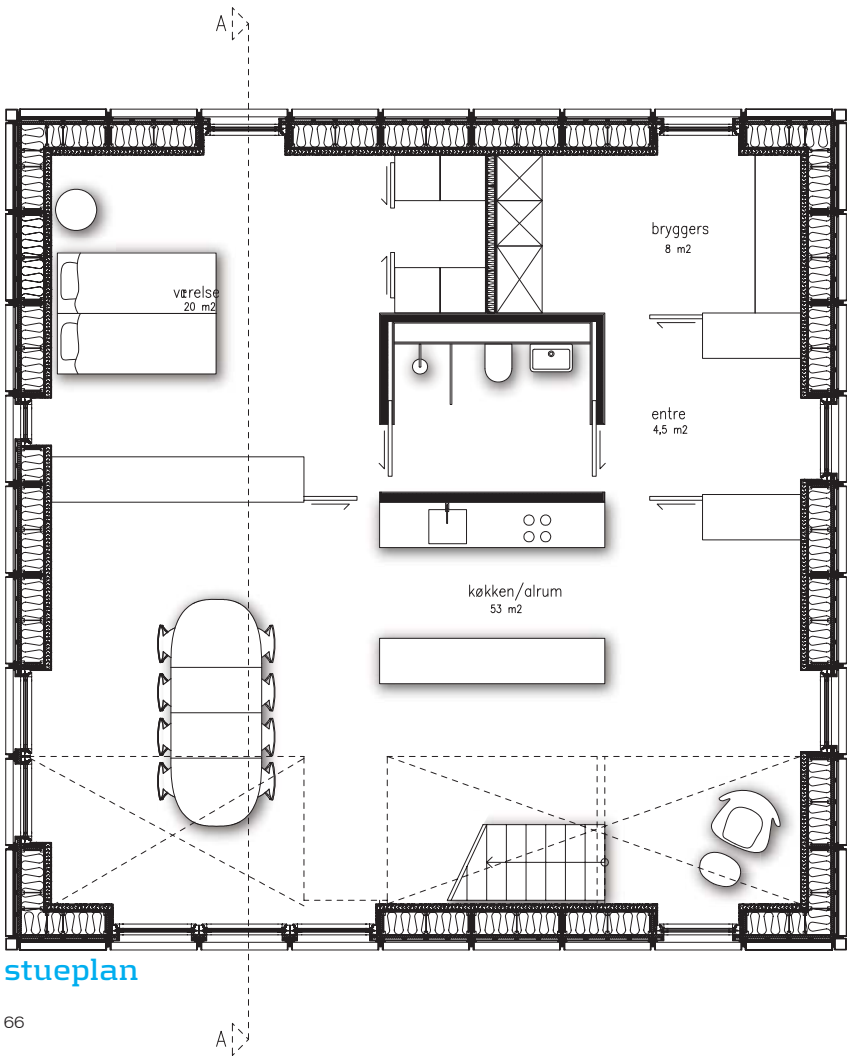
brugen
En bolig med passivhusets egenskaber stiller også store krav til brugeren. Der er ting, man kan tillade sig, og andre som er bandlyst, hvis man ønsker, at boligen skal fungere som designet. Helt konkret er det eksempelvis bandlyst at lade soveværelsesvinduet stå åbent om natten, hvis boligen ikke er designet til det (isolering i værelsets indervægge). Men man må dog godt lufte ud, men man skal bare undgå nedkøling af de indre overflader. Køling i soveværelset kan klares ved bypass i ventilationsanlægget, hvilket der skal tages højde for i designet. Et passivhus stiller nye krav til brugeren, men hvis man følger sin sunde fornuft, så har man en bolig med ekstremt lavt varmeforbrug og derved en væsentlig minimering af sine driftsomkostninger.

det energioptimerede typehus

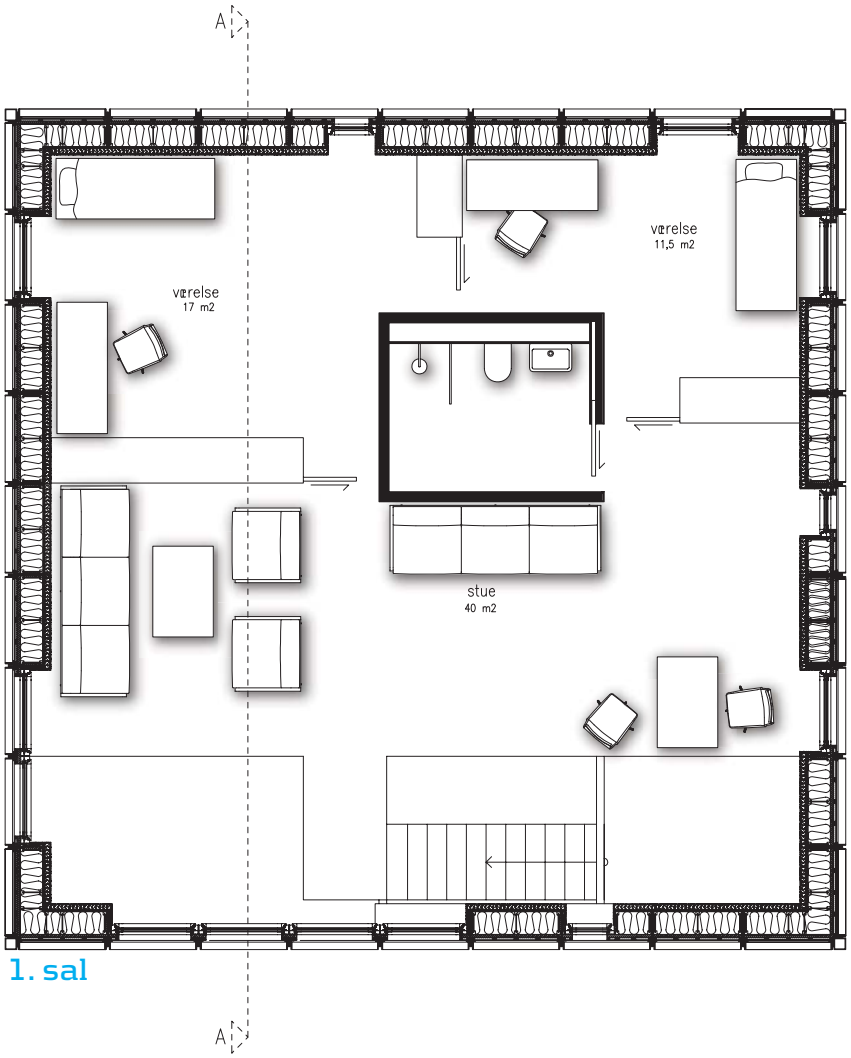
konceptet fra foregående projekt (9. semester)

Huset er optimeret i henhold til overfladeareal, hvorved energitab til omgivelserne minimeres. Dette kommer til udtryk i husets stramme form. Planen er kvadratisk i to plan, og som eneste faste rumskabende element findes den asymmetrisk placerede kerne, hvori boligens to toiletter samt alle tekniske installationer er placeret. Fra denne kerne kan alle boligens rum serviceres af ventilationsanlægget. De øvrige rumskabende elementer er fleksible skabsmoduler, som kan flyttes rundt i boligen efter behov.

Boligen er bygget op af en række forskellige præfabrikerede facadeelementer. Elementerne er ikke særlig bredde, men kan indeholde hvad der svarer til en M11 dør. Elementerne kan apteres med lukket facade, vindue eller halv af hver, alt efter den konkrete udformning på boligen, det viste eksempel er bare en af mulighederne. Samlet findes der otte tværsnit og fem længdesnit, som kun med få undtagelser frit kan sammensættes. Yderst på elementerne sidder en lamelstruktur, som ud over det æstetiske bidrager til boligens indeklima. I kolde perioder kan lamellerne vippes op og lade solens varme komme ind. I varme perioder kan de vippes ned og være med til at minimere risikoen for overophedning samtidig med at de tillader et diffust lys at komme igennem.

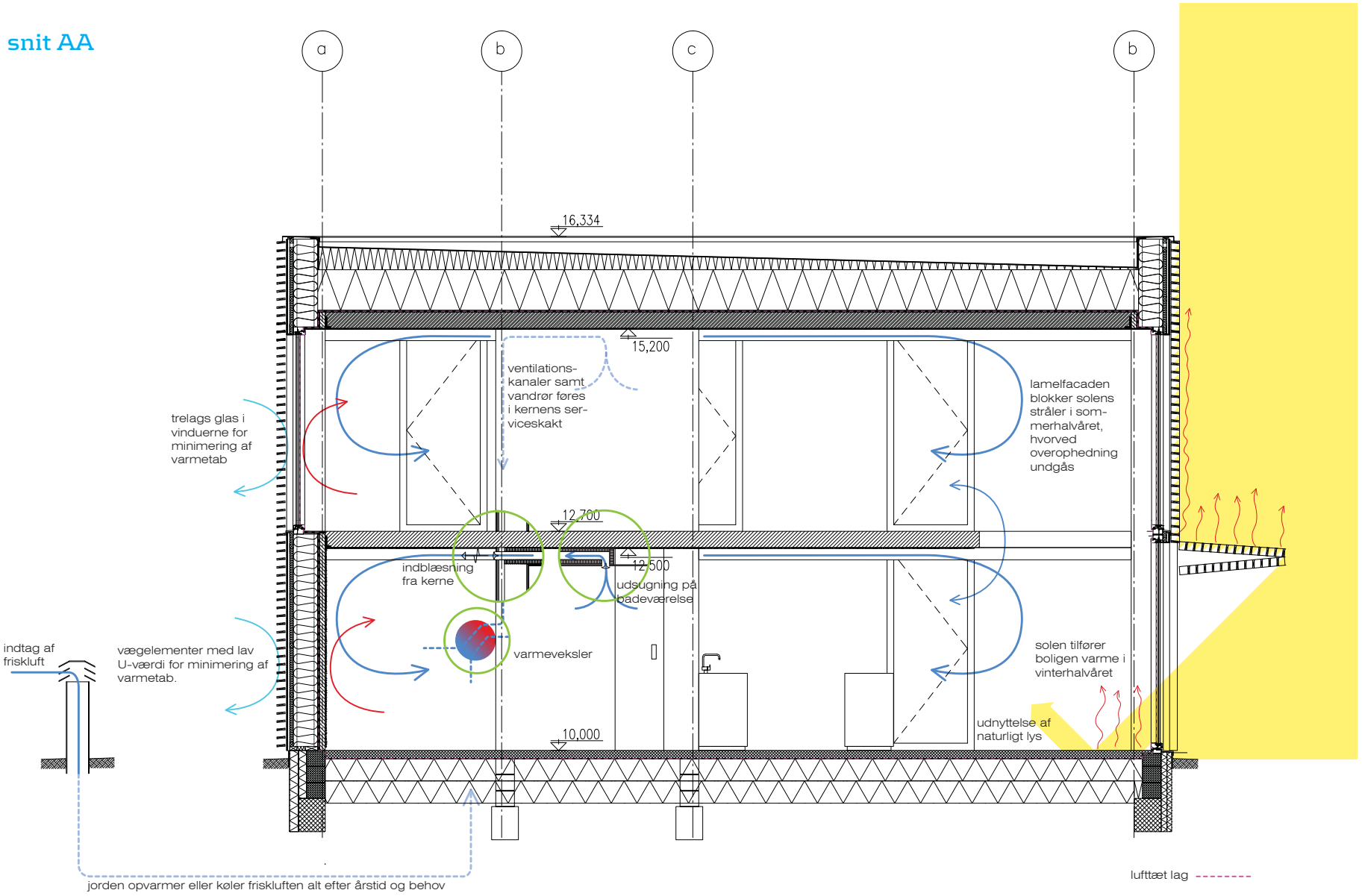


stueplan



1. sal

snit AA


a
b
c
b
16,334
15,200
12,700
12,500
10,000
ventilations-
kanaler samt
vandrør føres
i kernens ser-
viceskakt
trelags glas i
vinduerne for
minimering af
varmetab
lamelfacaden
blokker solens
stråler i som-
merhalvåret,
hvorved
overophedning
undgås
indblæsning
fra kerne
udsugning på
badeværelse
varmeveksler
indtag af
friskluft
vægelementer med lav
U-værdi for minimering af
varmetab.
solen tilfører
boligen varme i
vinterhalvåret
udnyttelse af
naturligt lys
jorden opvarmer eller køler friskluften alt efter årstid og behov
lufttæt lag

designparametre

Arkitektoniske designparametre
Bygningen skal kommentere nutidens byggeri og den måde, vi lever og bor på. Løsningsforslaget skal vise en mulig løsning for fremtidens arkitektur.

Løsningsforslaget skal signalere bæredygtighed via sin arkitektur og integrationen af forskellige bæredygtige teknologier. Bygningens beboere skal alle have adgang til grønne arealer umiddelbart i forbindelse med deres bolig i form af grønne opholdsrum eller i forbindelse med deres bevægelse i bygningen.

Beboerne skal ikke påtvinges en særlig adfærd, men via arkitekturen og dens indlejrede kvaliteter opfordres til mindre ændringer i deres dagligdag, som vil forbedre deres livskvalitet og deres miljømæssige fodaftryk.

bebyggelsesprogram

30% erhverv
70% boliger i en variation af lejligheder rækkende fra ét værelses til enlig/studerende og til fem-seks værelses lejligheder for børnefamilien.
Fordelingen af boliger er som følger:
10% boliger over 6 værelser
20% boliger 4-6 værelser
30% boliger 3-4 værelser
30% boliger 2-3 værelser
10% boliger 1-2 værelser
Grønne terrasser og atriumrum. Hver lejlighed skal have adgang til de grønne elementer i bygningen både de store offentlige områder og mindre private terrasser.
Brinttankstation i to etager (kælder og stueplan) med tilknyttet butiksareal .
Parkeringspladser for delebiler (1 bil for hver fjerde bolig).

bæredygtige designparametre

Byggeriet skal være energioptimeret. Dette skal opnås via lavenergiboliger svarende til passivhus-standard, samt integration af energiproducerende teknologier.

Teknologierne skal indarbejdes, så de indgår som en naturlig del af arkitekturen og i samspil give det maksimale bidrag til bygningen, så der opnås en bygning med et væsentligt lavere energiforbrug i forhold til det resterende samfund.

teknologier som anvendes:

Solvarme (solar architecture)
Solcelle
Solfanger
Brint
Mekanisk ventilation
Naturlig ventilation
Termik
Rodzone
Fotosyntese.

teknologiernes præstation:

De forskellige energiproducerende teknologier skal udnytte de vedvarende energier tilført huset bedst muligt for at minimere energitilførslen fra de omkringliggende energisystemer.

Boligerne designes efter passivhus-konceptet men behøver ikke nødvendigvis at kunne godkendes som passivhus, da der ses muligheder i anvendelse af andre teknologier til opvarmning, hvor kilden bliver tilført forarbejdet energi. Passivhus-konceptet anvendes som designkoncept til udformning af boliger og kontorer og som målestok for energiforbrug til opvarmning og forbrug.

Vandforsyningen i bygningen ses som et cyklus, hvor udvalgte mængder renses via rodzoneanlæg og recirkuleres i bygningen. Derved kan behovet for af frisk drikkevand minimeres og vandflowet i bygningen optimeres.

indhold

høj densitet
Bebyggelsesprocent på over 1000%.
Minimum 1500 personer pr. ha.
Trods den høje densitet skal bygningen virke åben og fordre aktiviteter og et socialt liv i bygningen.

ydre forhold
sol
Bygningens udformning skal optimeres i forhold til udnyttelse af solens energi.
Der tages hensyn til omgivelserne inden for opgavens rammer under udformningen (eks. skyggedannelse)
vind
Der tages hensyn til vindens påvirkning af lokalområdet samt op langs bygningens facader.
facade
Bygningen dækkes med en altomsluttende facader, der fungerer son bygningens ”hud”.
Dele af facaden udlægges til grønne vertikale haver.

bygningen
konstruktion
Enkel, rationel og åben bærende konstruktion med mulighed for høj fleksibilitet.
Præfabrikerede elementer med højt antal gentagelser.
lys
Åben struktur der udnytter det naturlige lys.
Gennemlyste planer.
indre organisering
Boliger placeres, så de udnytter solens varme til opvarmning.
Kontorer placeres, så overophedning undgås.
Bygningen designes med to bevægelsesmønstre. En hurtig vertikal, primær elevatorer, og en langsommere mere diffus der ud over den vertikale retningen også har bevægelser horisontalt på de forskellige planer.
Bygningens åbne struktur udnyttes til at føre grønt op igennem bygningen.
Der indlægges zoner til offentligt ophold på hver etage, hvor der tages højde for verdenshjørner, udsigt og formål.
energibesparelse
Bebyggelse udføres efter passivhus-konceptet.
Bygningen udføres med lille ydre facade.
forsyningsteknik
Bygningen skal kunne ventileres med naturlig ventilation i perioder med risiko for overophedning.
I kolde perioder skal den indre luft kunne recirkuleres og derved fordele den indre varme til hele bygningen.
Boligerne ventileres efter passivhus-konceptet.
Serviceskakter placeres, så de let kan servicere alle boliger og kontors rum.
Føringsveje søges minimeret og forenklet.
energiproduktion
Facaden optimeres i forhold til energiproduktion.
vandbesparelse
Bygningens vandforbrug minimeres vha. vandbesparende tiltag og biologiske renselsesprocesser.

afgrænsning

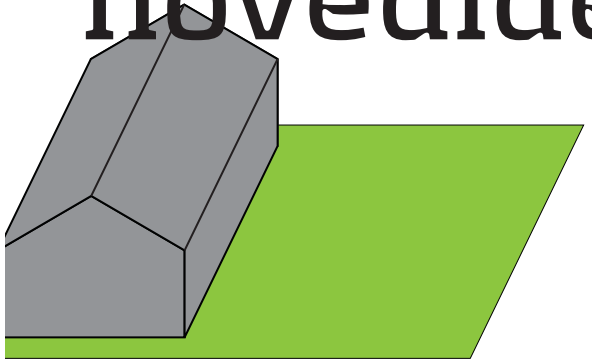
lokalplan
Da arkitekturen ses som en kommentar til den nuværende byggeskik og et mulig svar på fremtidens arkitektur, ses der bort fra den nuværende lokalplan, hvis den begrænser muligheden for løsning af projektets problemstilling. Almene bestemmelser om byggeri overholdes så vidt muligt.

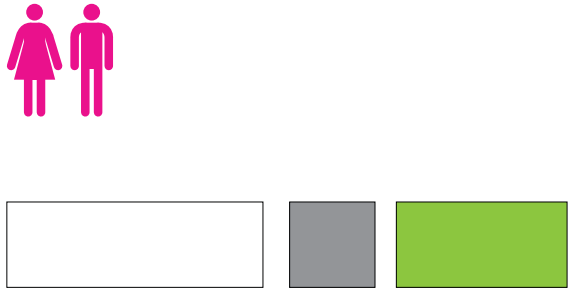
passivhus
Der vil blive arbejdet med passivhuset som koncept, hvor passivhusets principper indgår som en del af designparametrene. Der vil dog ikke blive arbejdet med passivhuset i detaljer, hvormed der heller ikke vil blive lavet beregninger på, om bygningerne opfylder passivkravene.

økonomi
Økonomien i projektet vil ikke indgå som et designparameter.

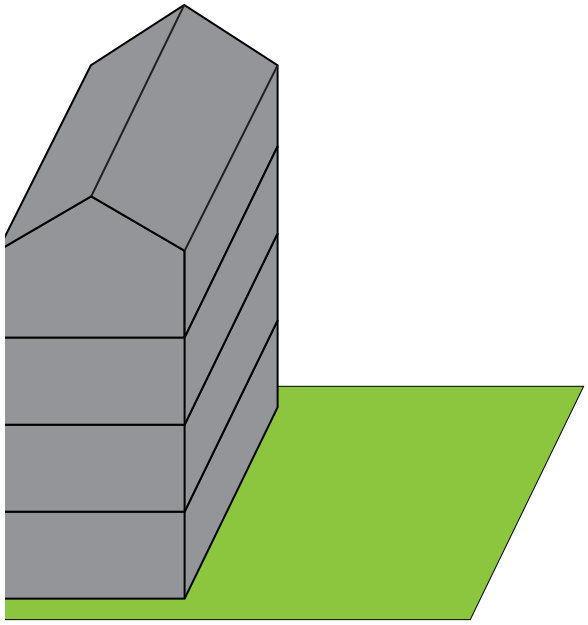
minus

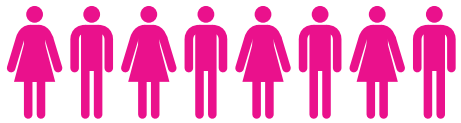
hovedidé

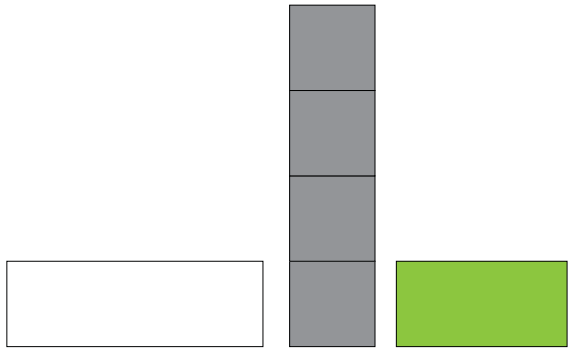


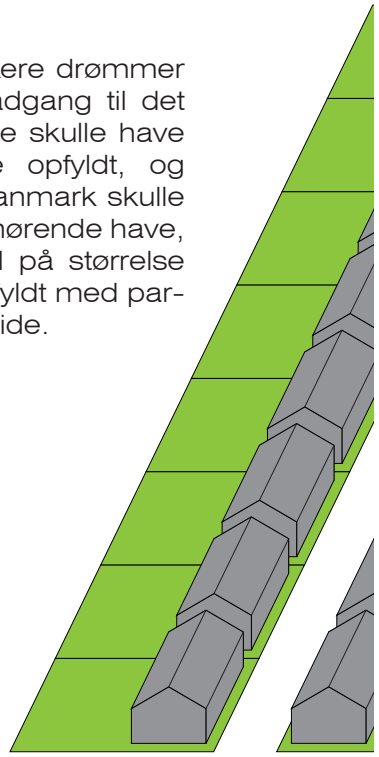


De fleste danskere drømmer om hus med adgang til det grønne. Hvis alle skulle have deres drømme opfyldt, og hver familie i Danmark skulle bo i hus med tilhørende have, så ville et areal på størrelse med Fyn være fyldt med parceller side om side.

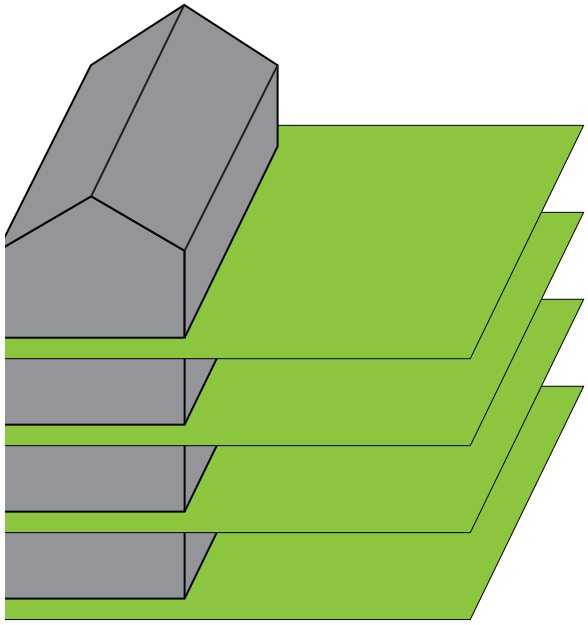


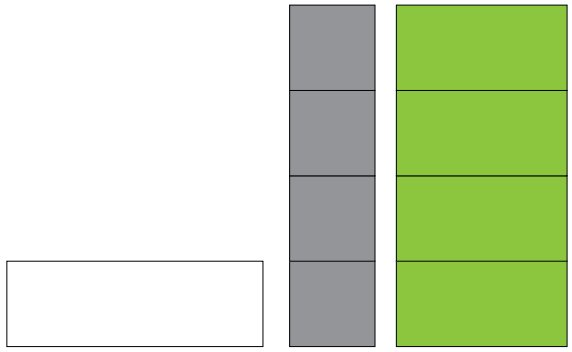




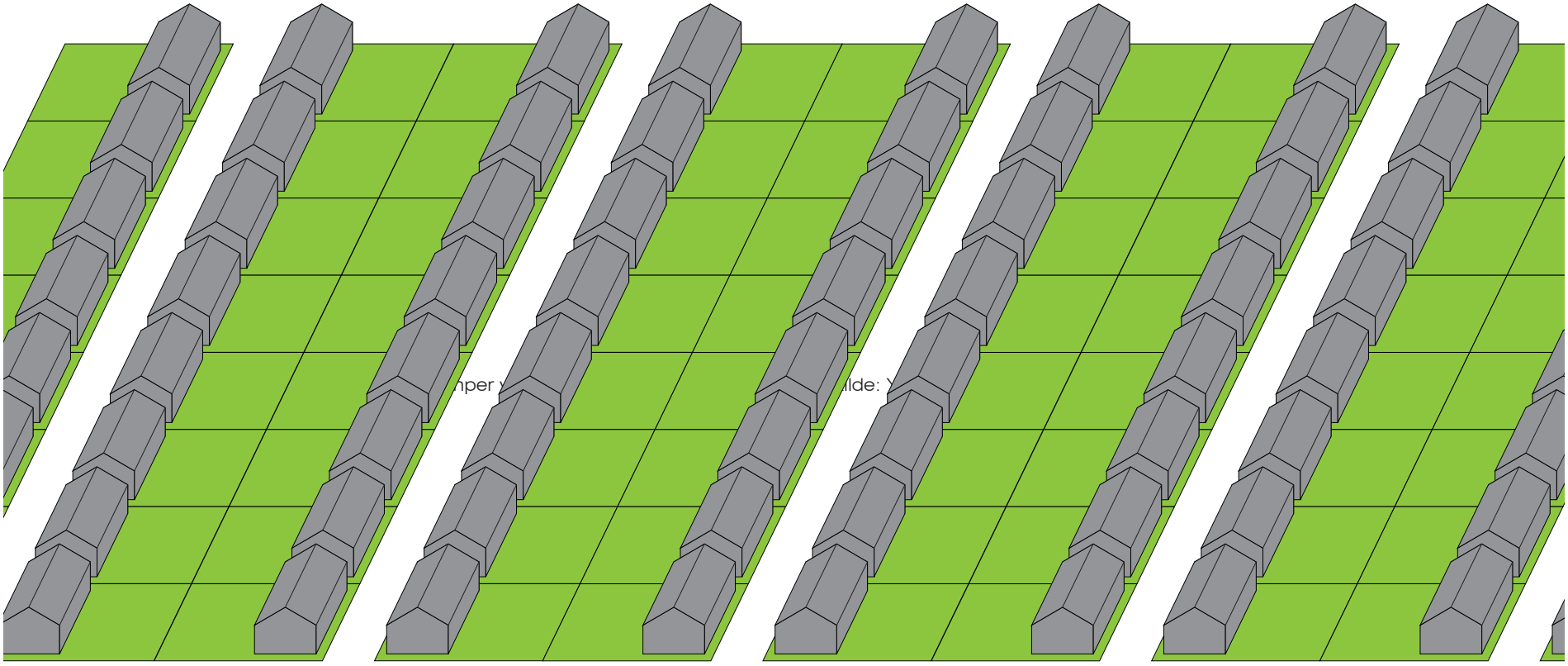


Ved at bygge i højden kan arealet udlagt til beboelse minimeres, og dermed kan restarealet udlægges til produktion eller rekreative områder. Dog mistes kontakten til det grønne element for de flere af etagerne.

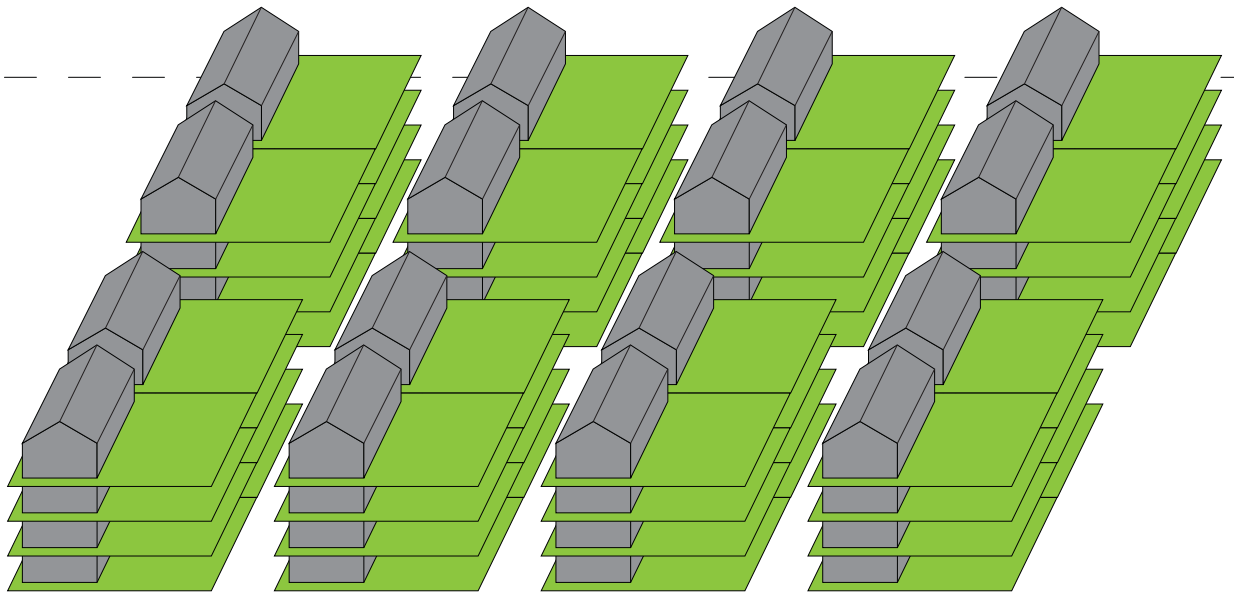




Ved at lade det grønne følge etagerne i højden, får alle kontakten til det grønne, til glæde for beboerne og personer i byrummet. Det viste forslag firedobler det beplantede areal i byen, hvilket vil have en positiv effekt på luftkvaliteten i byrummet, den udledte CO2 til atmosfæren og byens borgeres livskvalitet.



x64 grund x64 bebygget x64 have x64



x16 grund x64 bebygget x64 have x64

skits

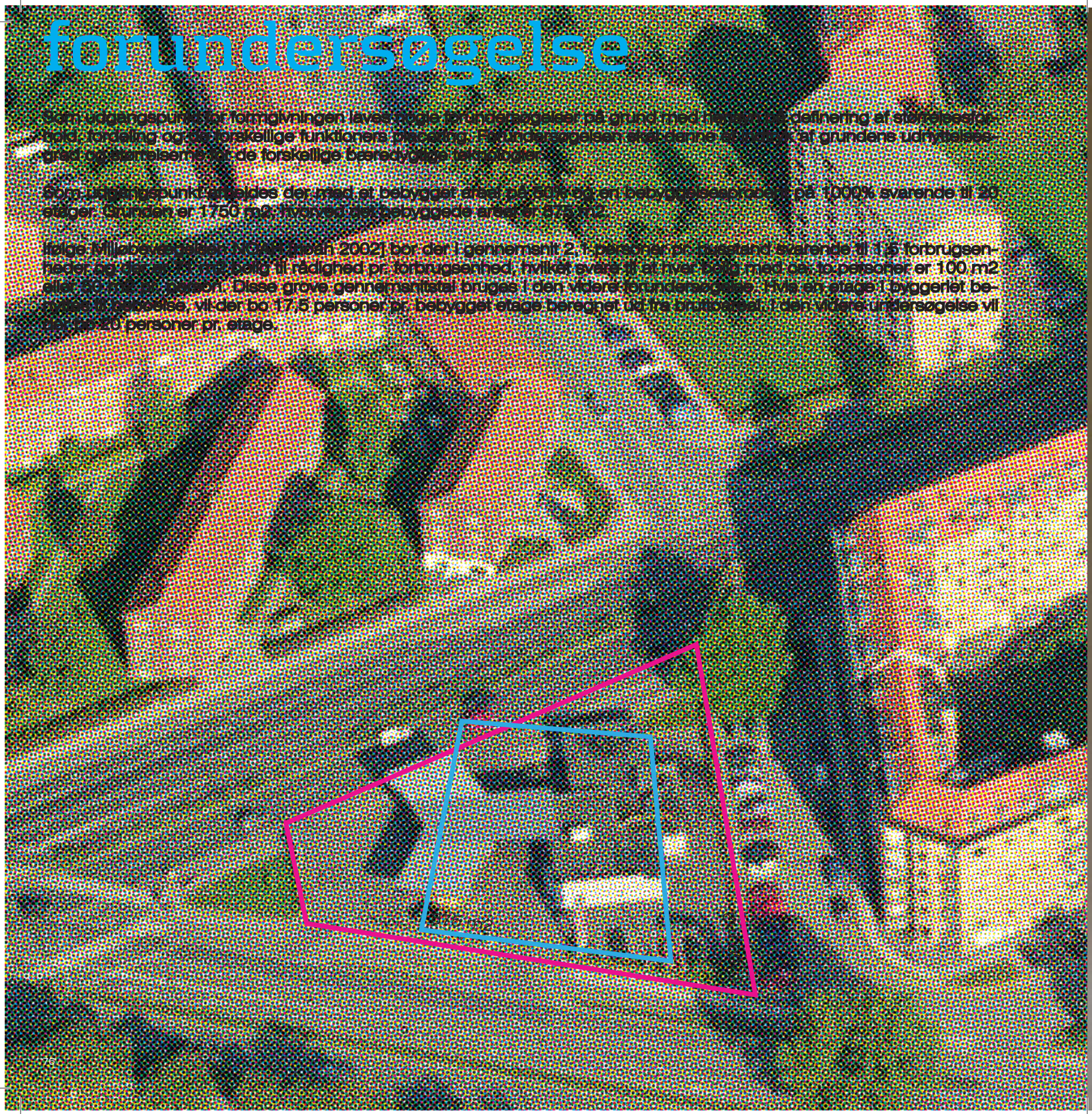
ering

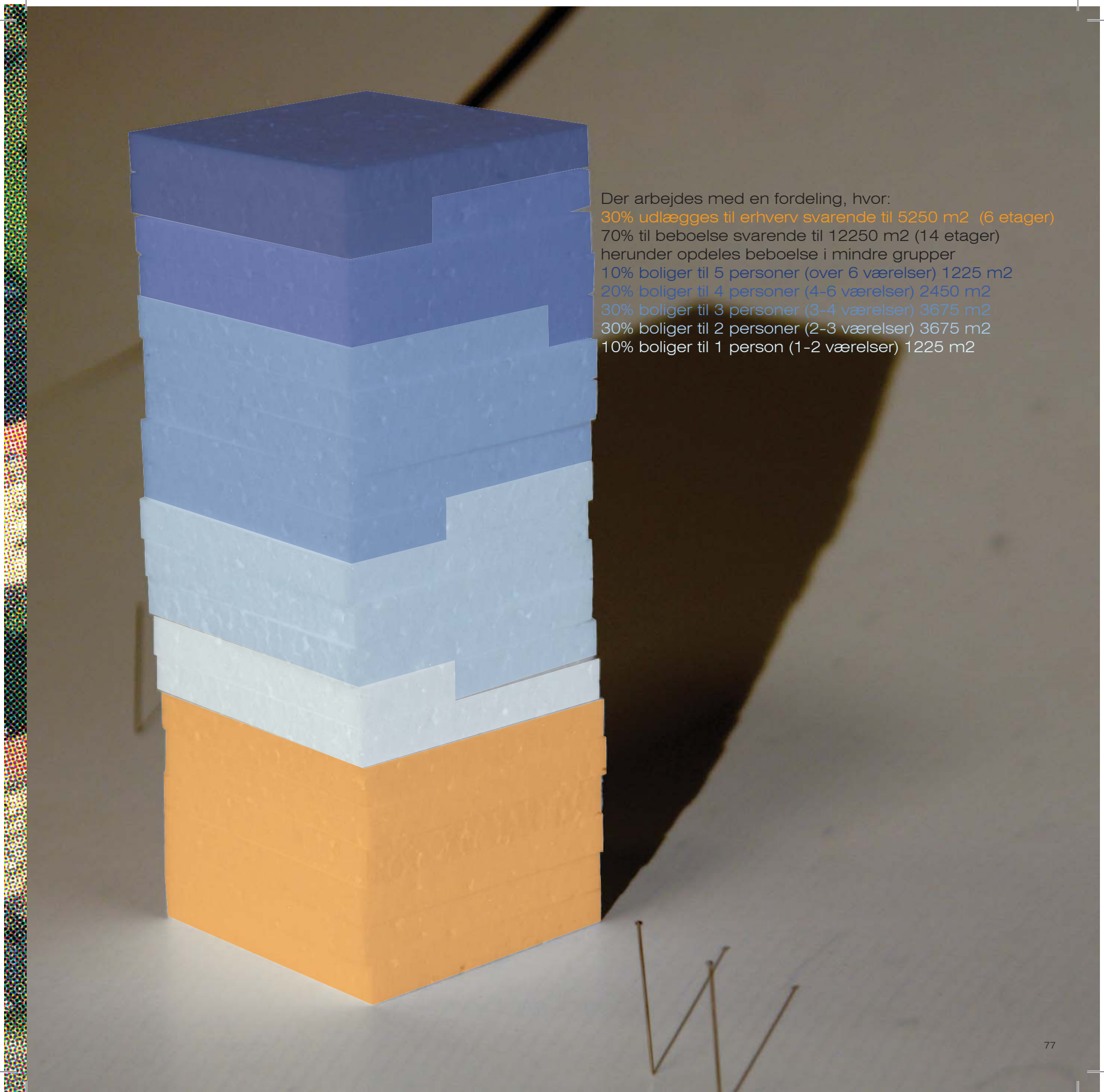
forundersøgelse

Som udgangspunkt for formgivningen laves nogle forundersøgelser på grund med hensyn på definering af størrelsesforhold, fordeling og de forskellige funktioners placering. Forundersøgelsen skal danne et indtryk af grundens udnyttelsesgrad og størrelserne for de forskellige bæredygtige teknologier.

Som udgangspunkt anvendes der med et bebygget areal på 50% og en bebyggelsesprocent på 1000% svarende til 20 etager. Grunden er 1750 m2, hvorved det bebyggede areal er 875 m2.

Ifølge Milløbevægelsen NOAH [Noah 2002] bor der i gennemsnit 2,1 personer pr. husstand svarende til 1,5 forbrugsenheder og der er 71 m2 bolig til rådighed pr. forbrugsenhed, hvilket svare til at hver bolig med ca. to personer er 100 m2 eller 50 m2 pr. person. Disse grove gennemsnitstal bruges i den videre forundersøgelse. Hvis en etage i byggeriet benyttes til beboelse, vil der bo 17,5 personer pr. bebygget etage beregnet ud fra bruttoareal. I den videre undersøgelse vil der bo 20 personer pr. etage.





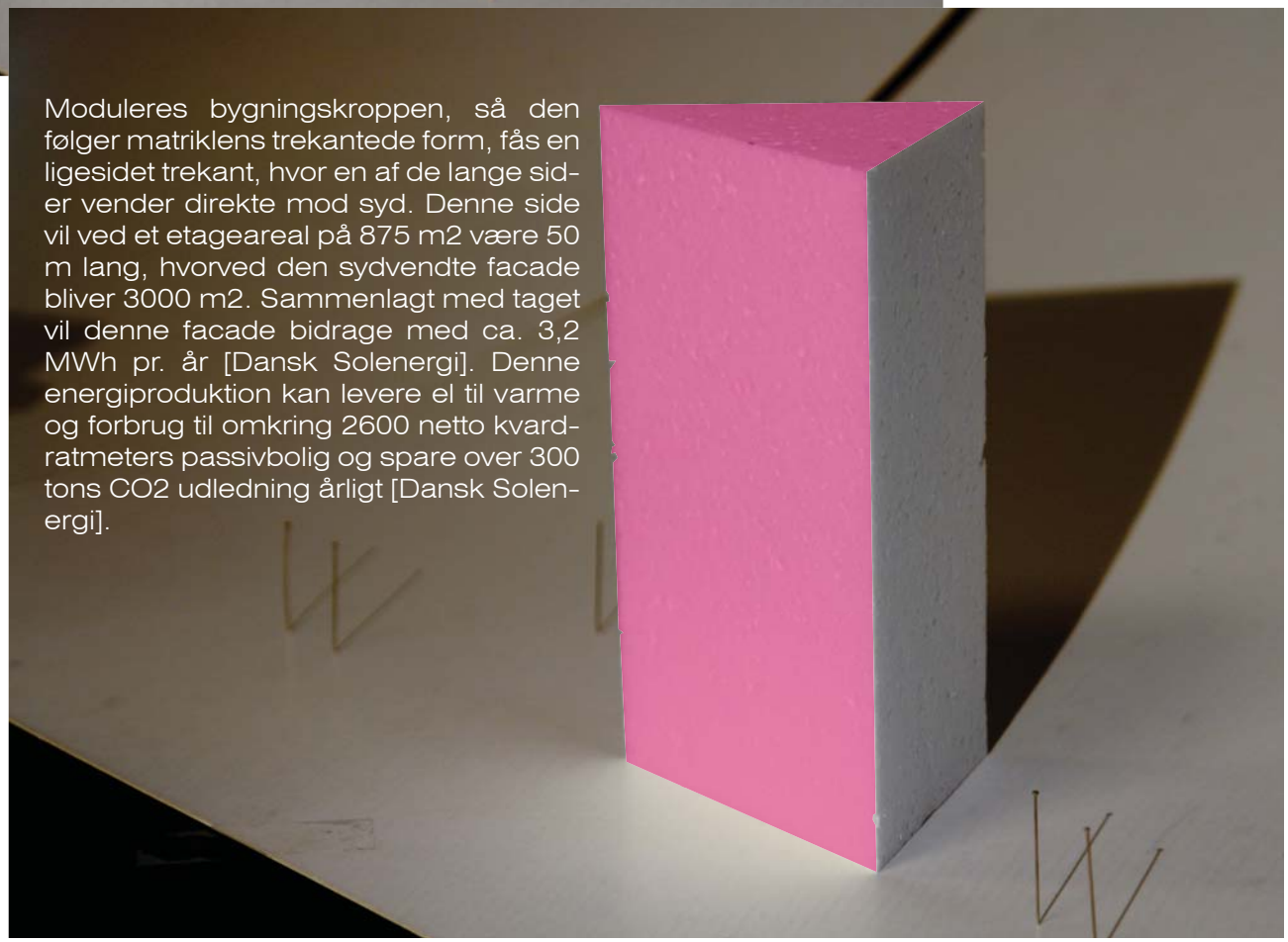
Der arbejdes med en fordeling, hvor:
30% udlægges til erhverv svarende til 5250 m2 (6 etager)
70% til beboelse svarende til 12250 m2 (14 etager)
herunder opdeles beboelse i mindre grupper
10% boliger til 5 personer (over 6 værelser) 1225 m2
20% boliger til 4 personer (4-6 værelser) 2450 m2
30% boliger til 3 personer (3-4 værelser) 3675 m2
30% boliger til 2 personer (2-3 værelser) 3675 m2
10% boliger til 1 person (1-2 værelser) 1225 m2

den energiproducerende facade

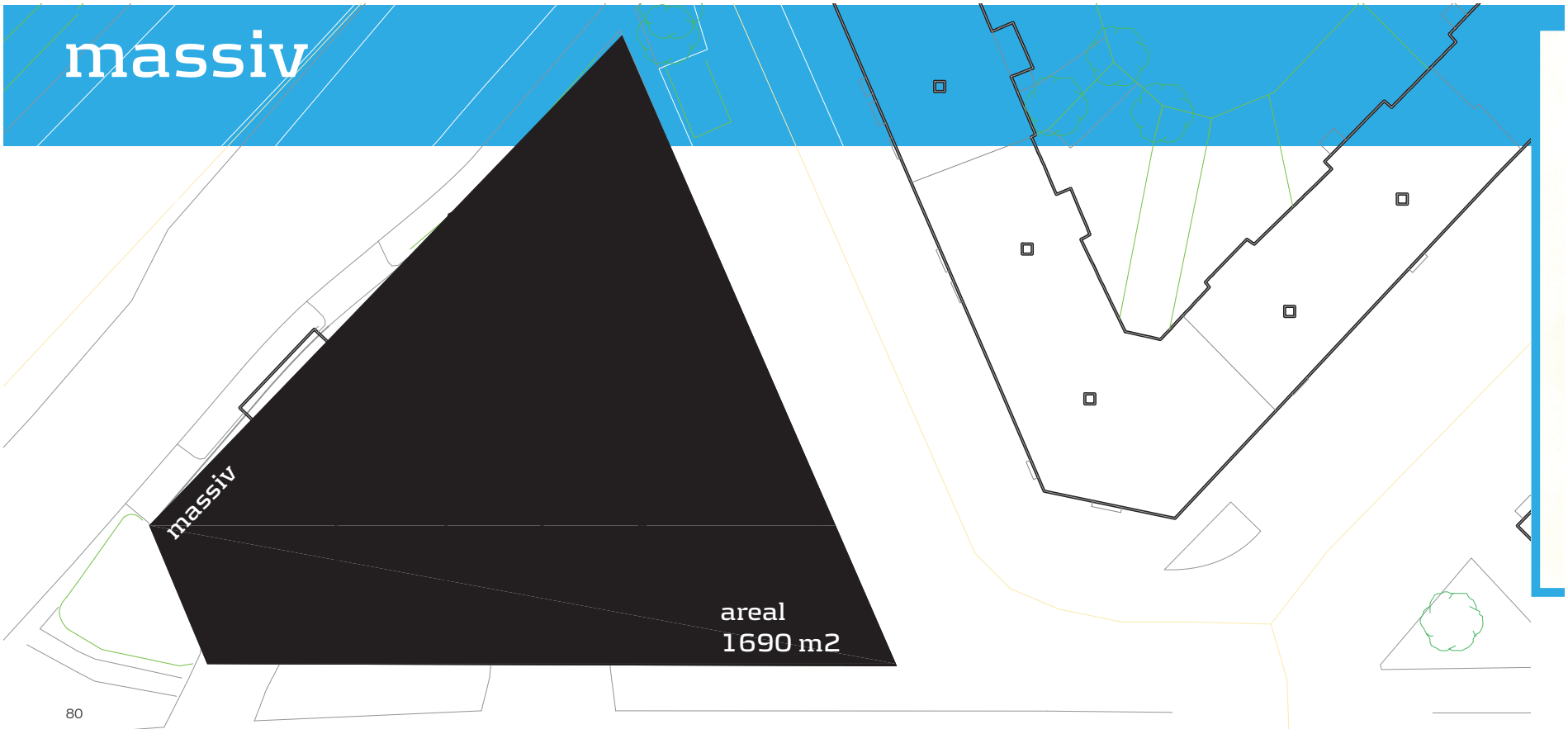
I normalt dansk byggeri er den største flade tagfladen og derfor også oftest den, vi anvender til at udnytte solens energi. I høje huse er tagfladen forholdsvis lille sammenlignet med facaderne. Derfor vil det være oplagt at udnytte disse vertikale flader til opsamling af solens energi.

Med udgangspunkt i den kvadratiske bygning med et etageareal på 875 m2 i 20 etager vil den sydvendte facade være 1800 m2, hvorved tagets og facadens sammenlagte 1675 m2 beklædt 100% med monokrystallinske solceller med en virkningsgrad på 13% vil kunne yde ca. 2,2 MWh pr. år [Dansk Solenergi].

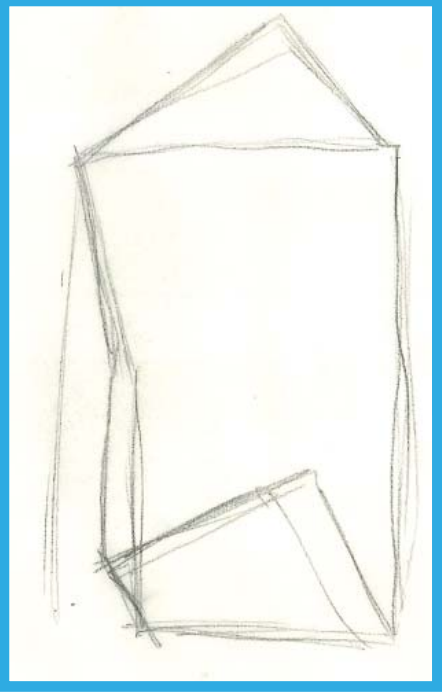
Moduleres bygningskroppen, så den følger matriklens trekantede form, fås en ligesidet trekant, hvor en af de lange sider vender direkte mod syd. Denne side vil ved et etageareal på 875 m2 være 50 m lang, hvorved den sydvendte facade bliver 3000 m2. Sammenlagt med taget vil denne facade bidrage med ca. 3,2 MWh pr. år [Dansk Solenergi]. Denne energiproduktion kan levere el til varme og forbrug til omkring 2600 netto kvadratmeters passivbolig og spare over 300 tons CO2 udledning årligt [Dansk Solenergi].

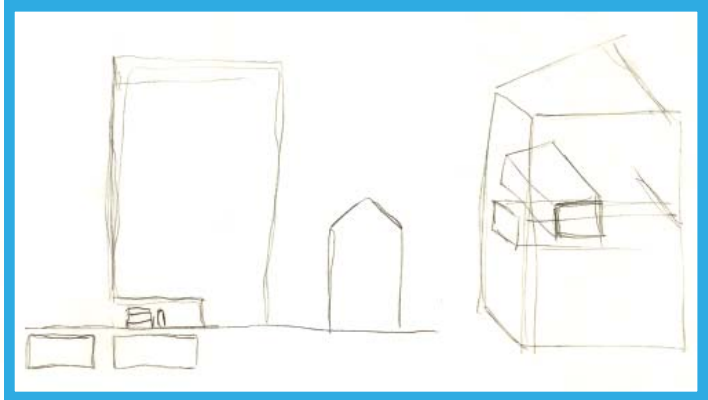


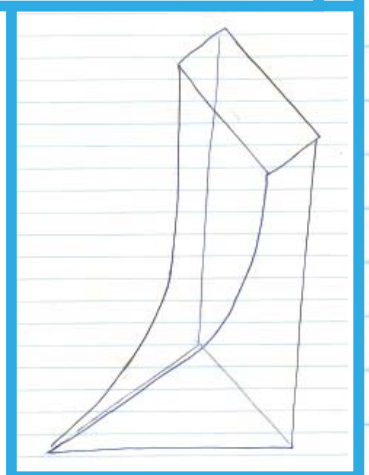
skitsering 1: indledende volur

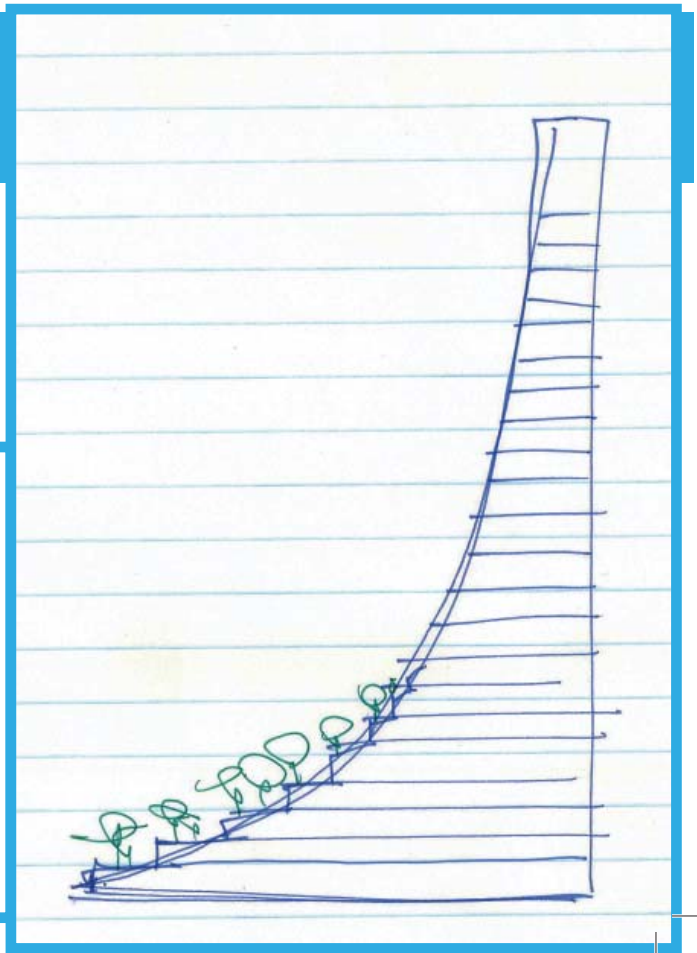


ımen studier

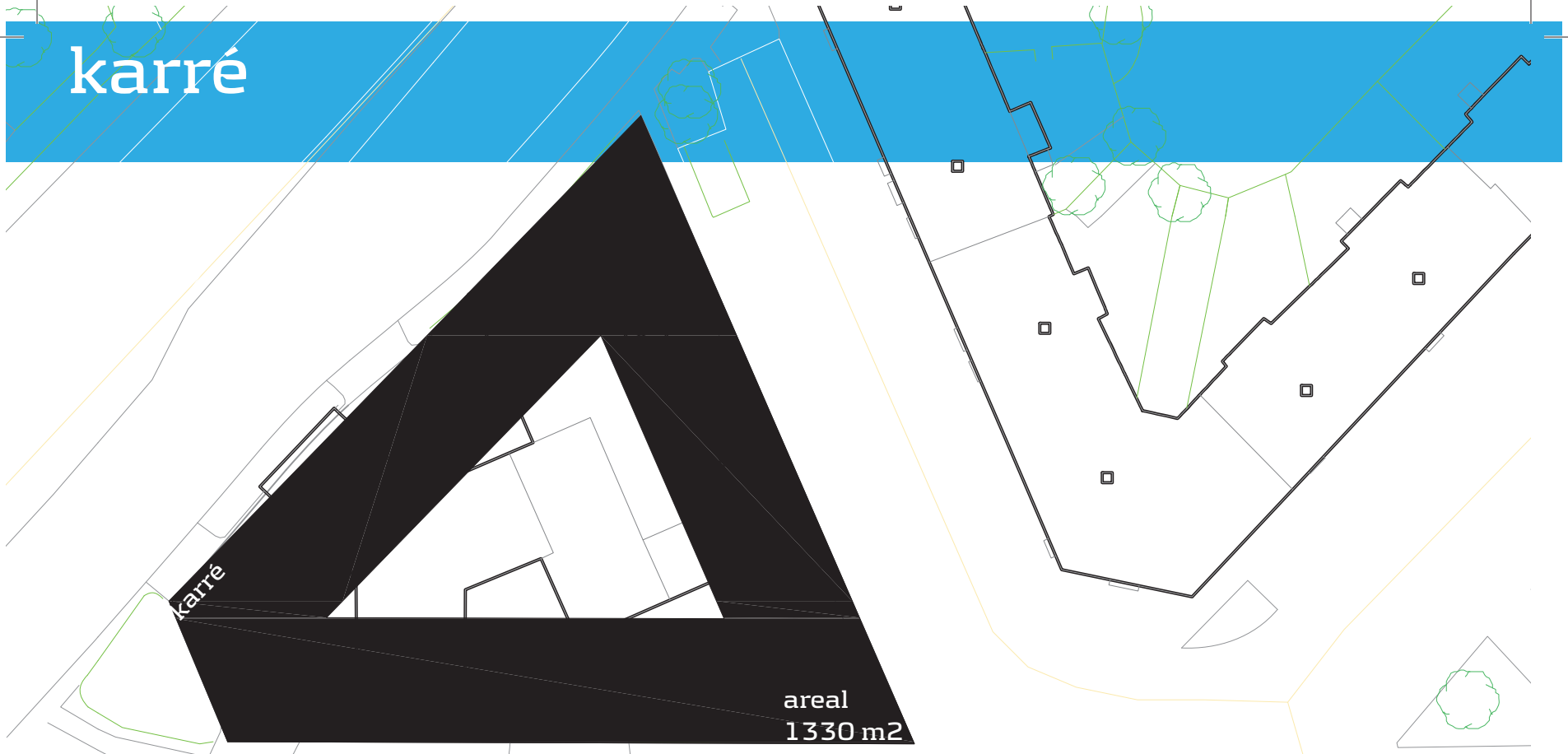




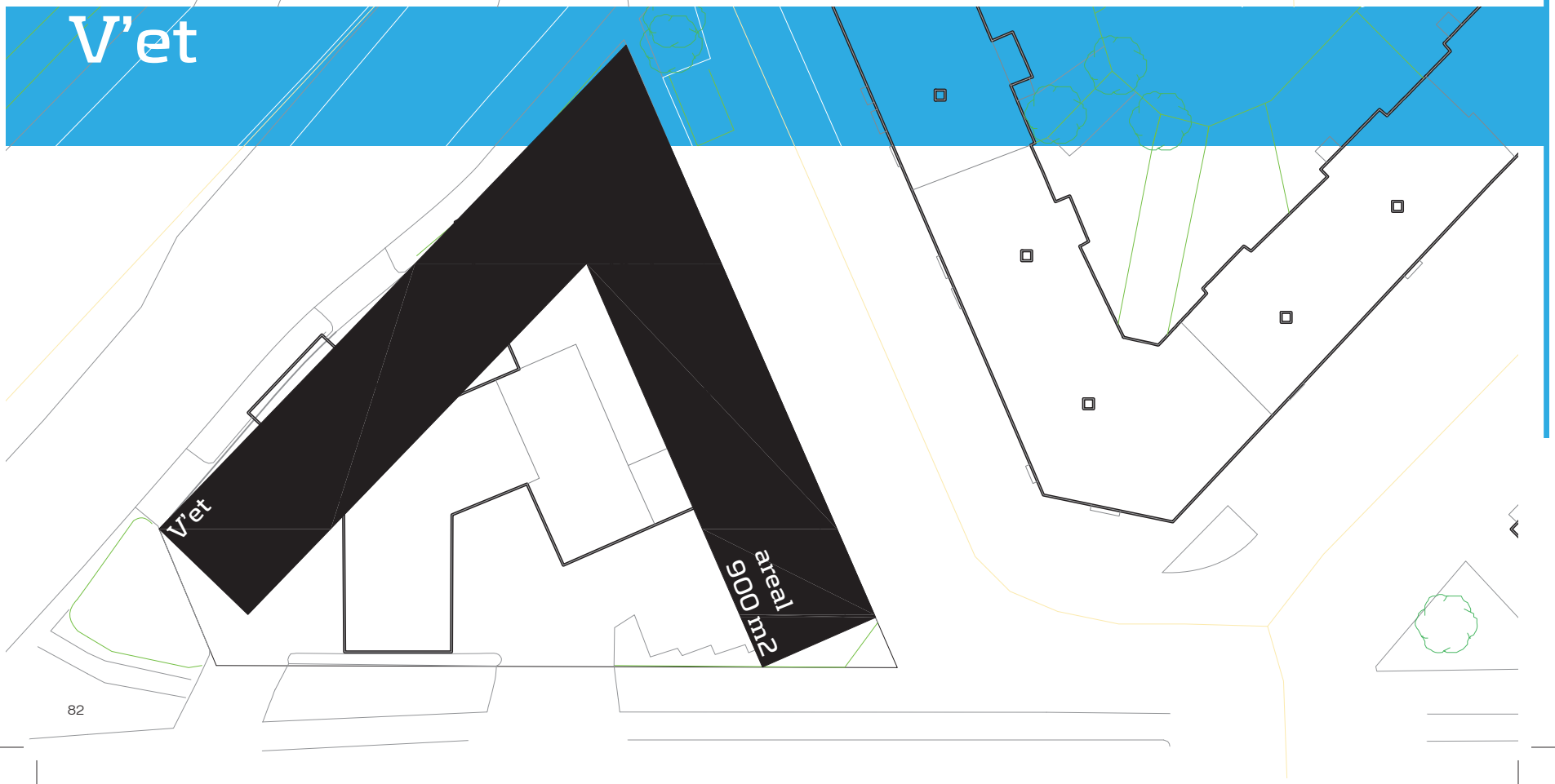


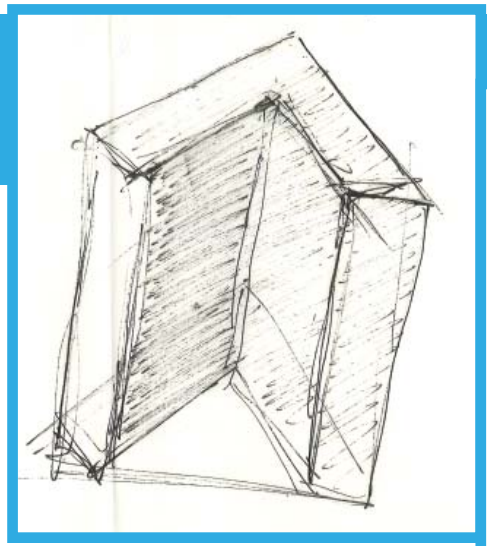


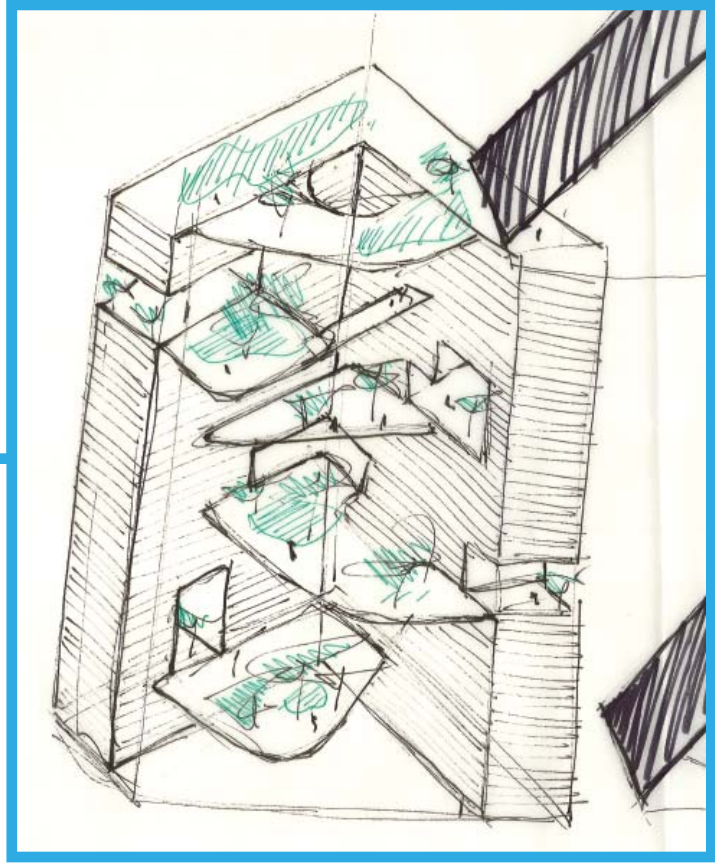
karré

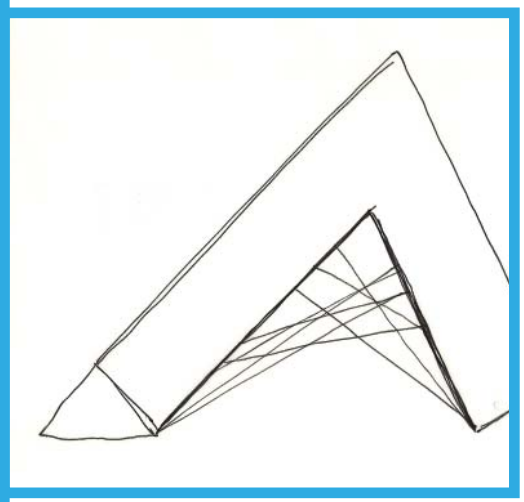


V'et

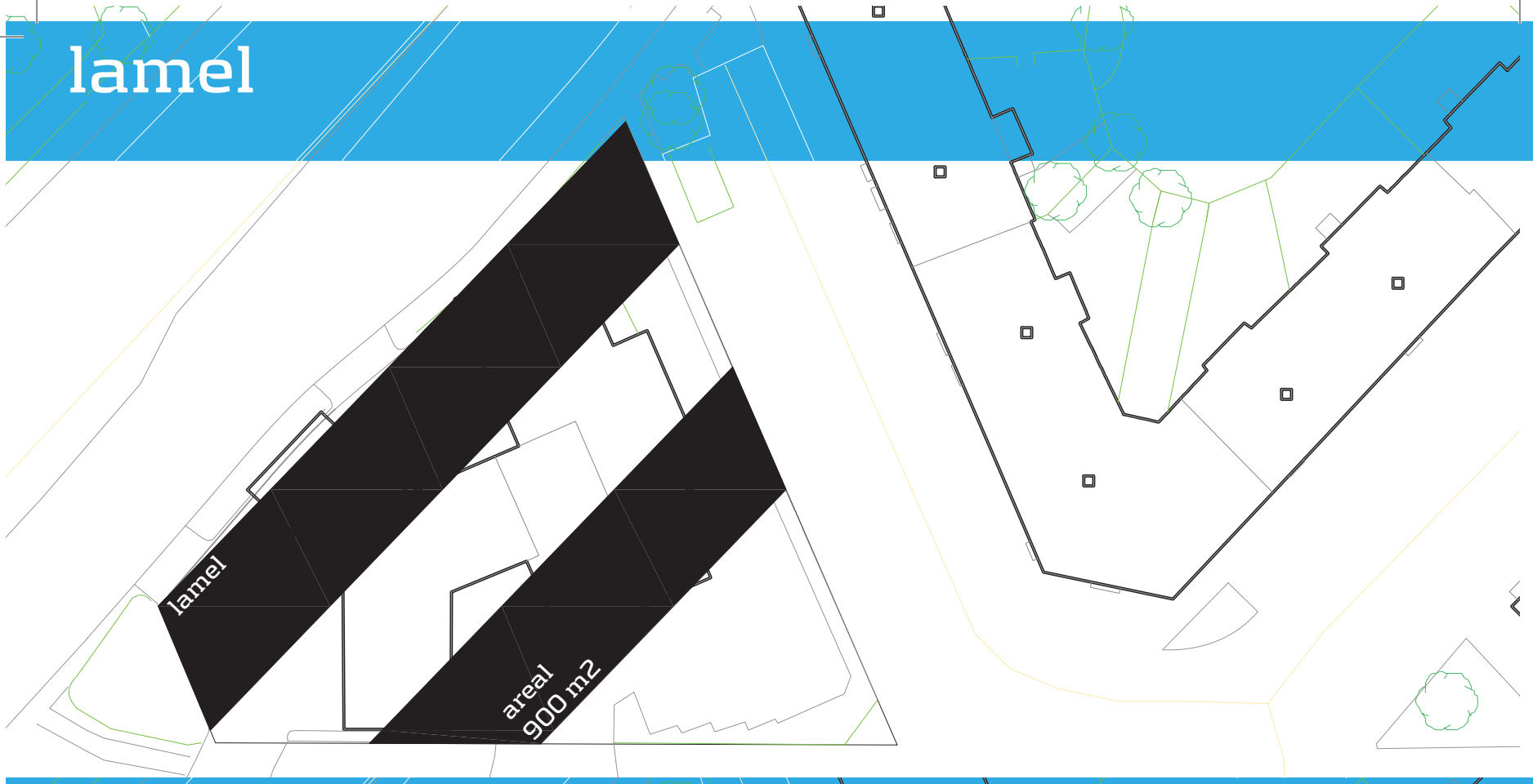




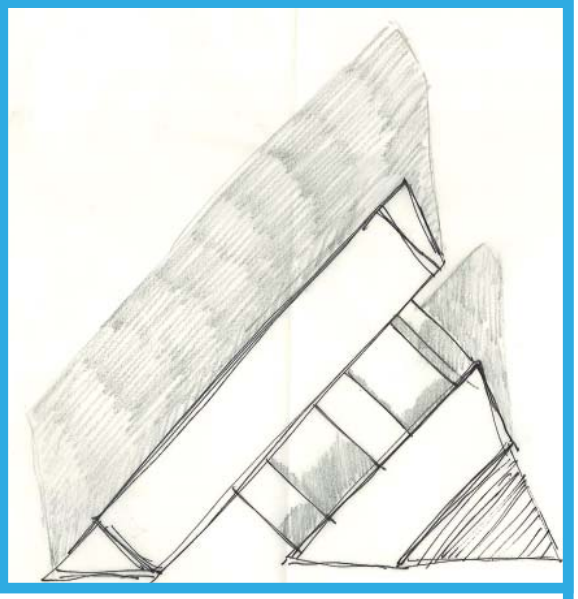


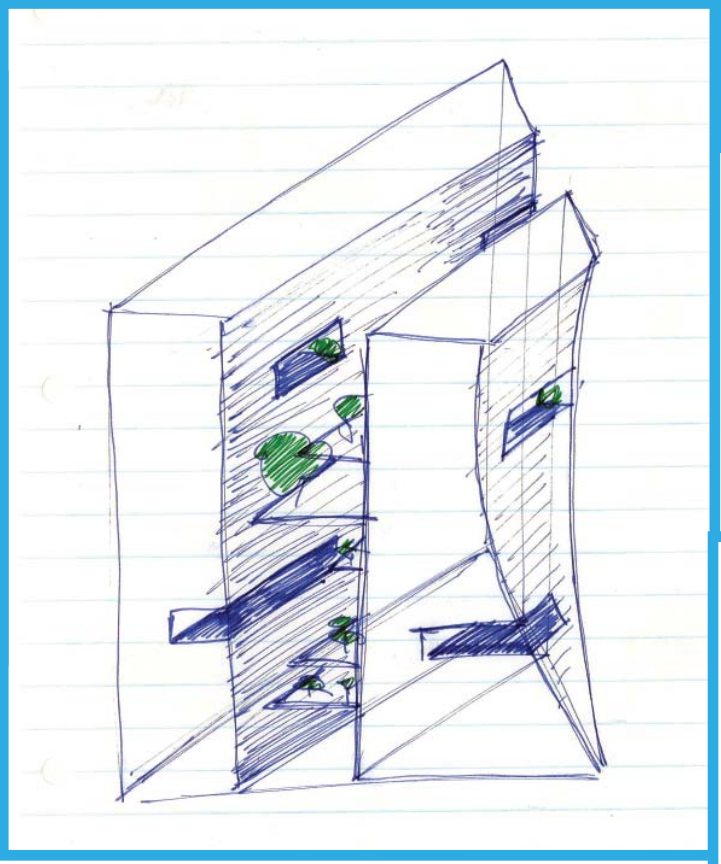


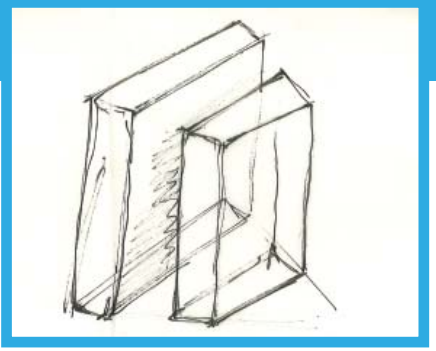
lamel

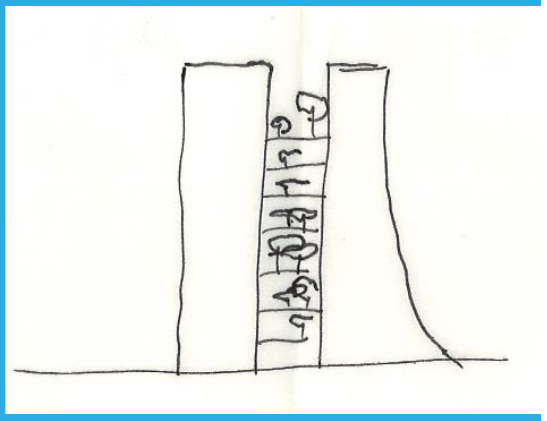


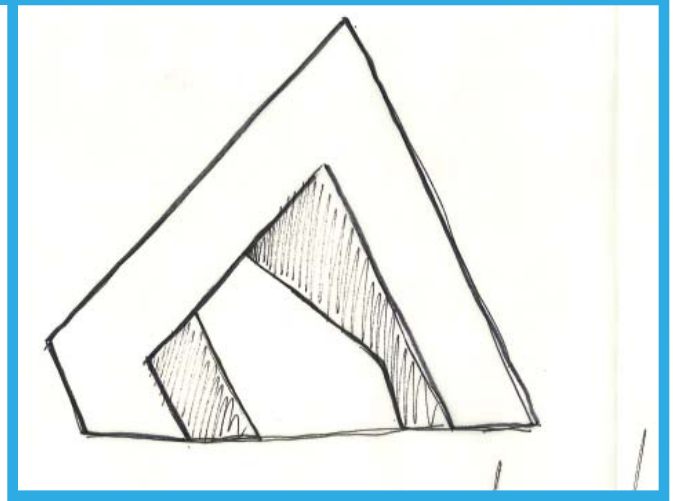
hesteskoen

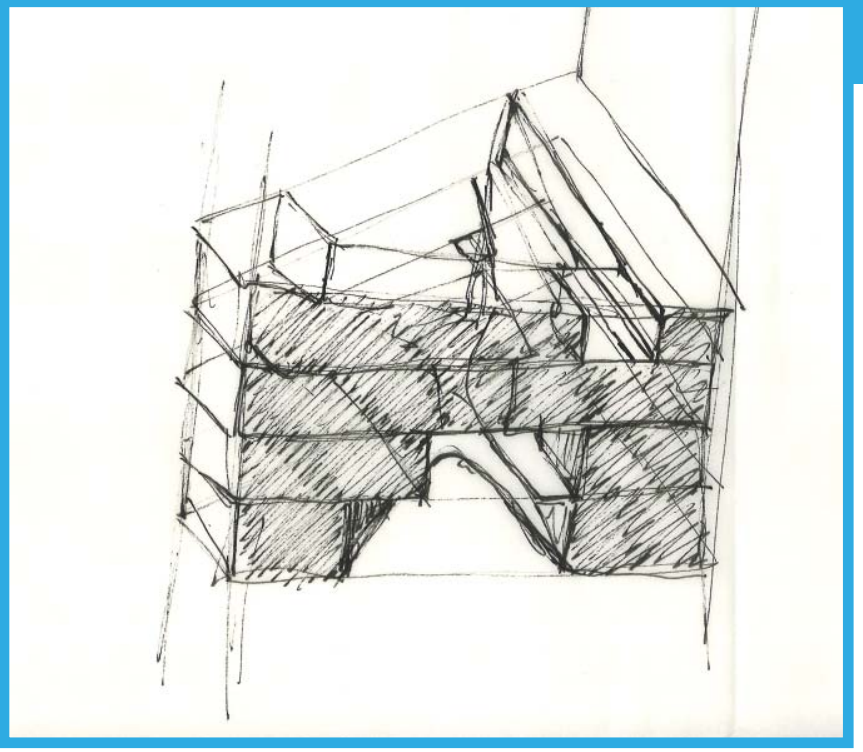




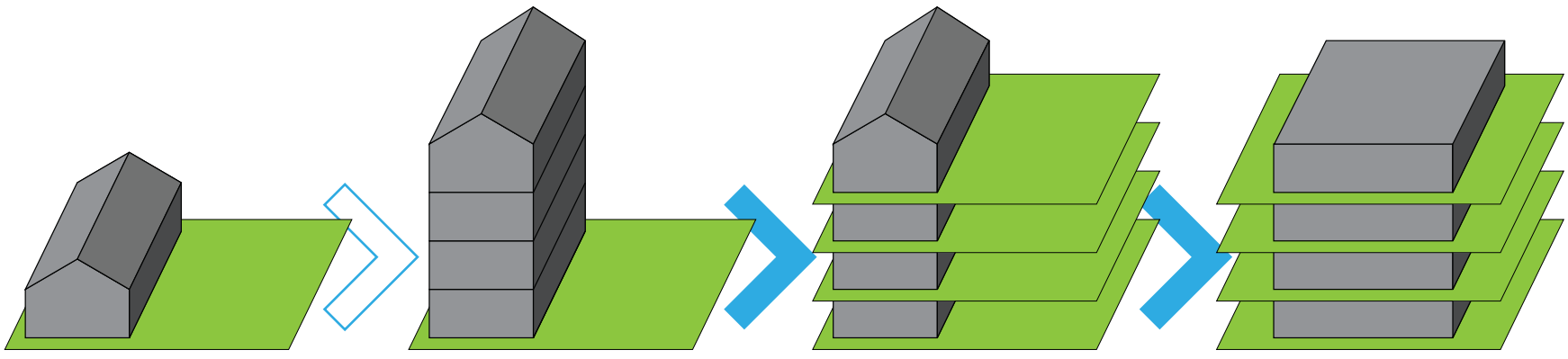


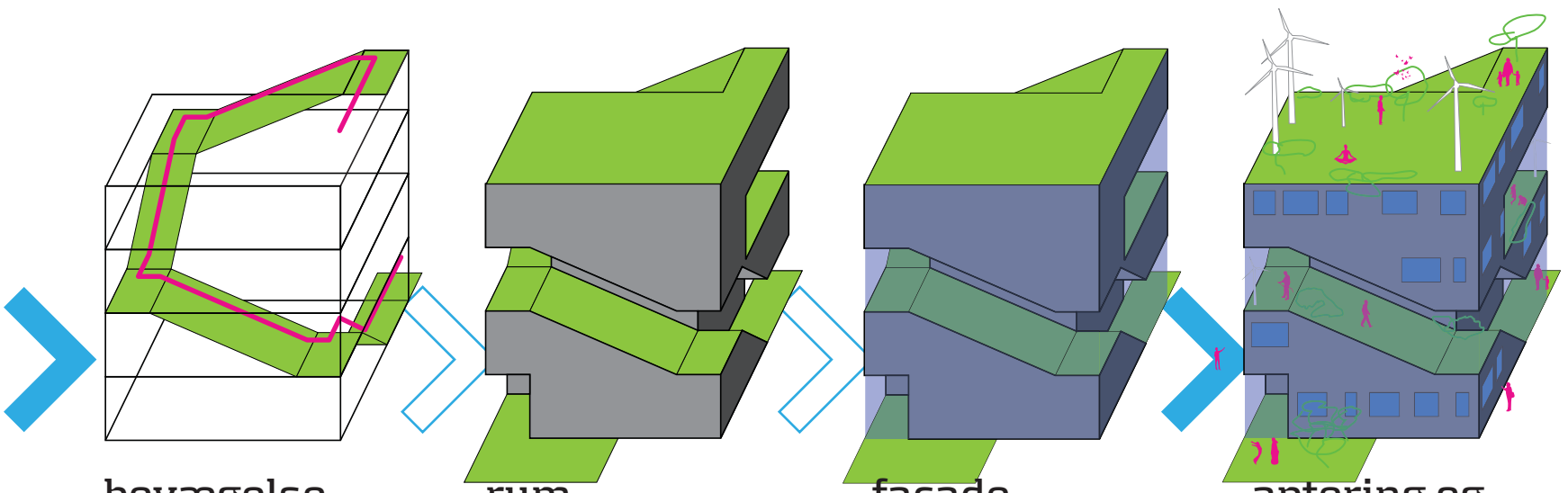




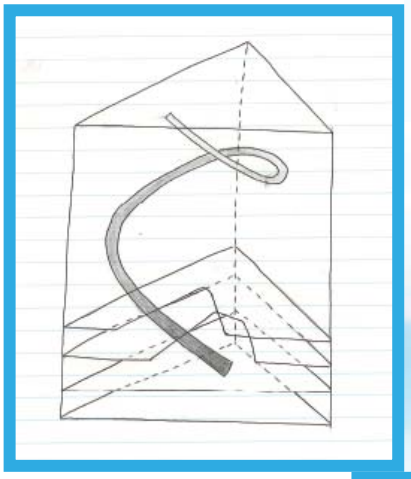


skitsering 2: koncept




bevægelse
(spiral)
rum
facade
aptering og
brug

Der skæres huller/indhak i planerne, hvorved en åben spiral bevæger sig op igennem bygningen.



Spiralen skaber et forløb op igennem bygningen med en lang række ophold med forskellige karakterer. De store udskæringer åbner bygningens indre op og bidrager med naturligt lys.

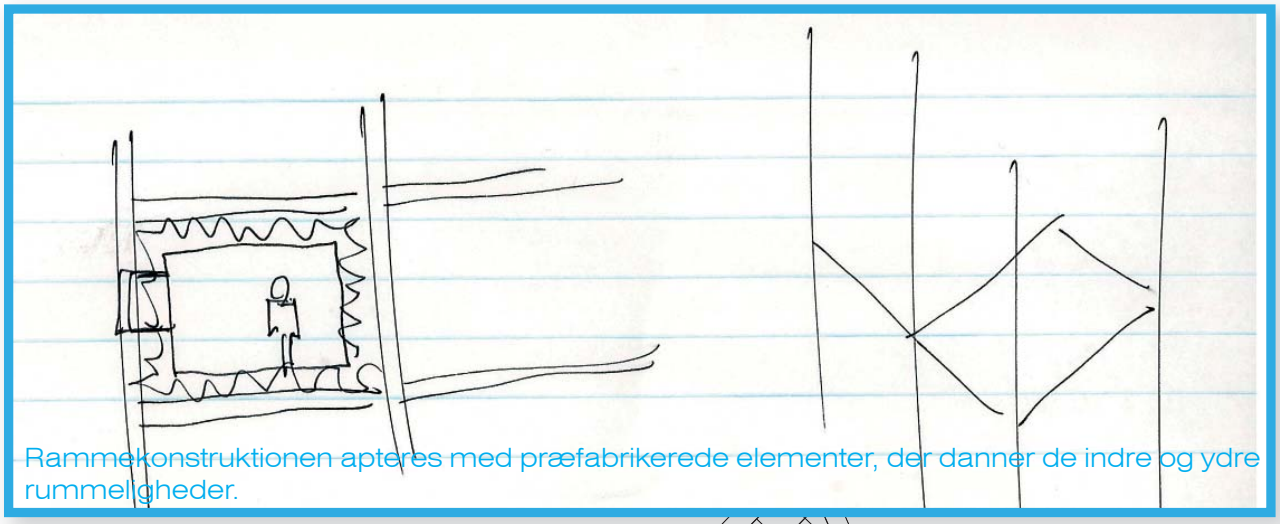
Strukturen skal gribe fat i området og de fremtidige udviklinger.

Spiralen og de åbne rum begrønnes og skaber en vertikal park i byrummet. Variationen af grønne rum og åbne flader muliggør forskelligt ophold op igennem bygningen.

skitsering 3: struktur

I et højhusbyggeri er det vigtigt med en rationel struktur, da denne skal gentages mange gange op igennem strukturen. Ud over den bærende funktion, så skal denne struktur også tage højde for serviceinstallationer og intern logistik.

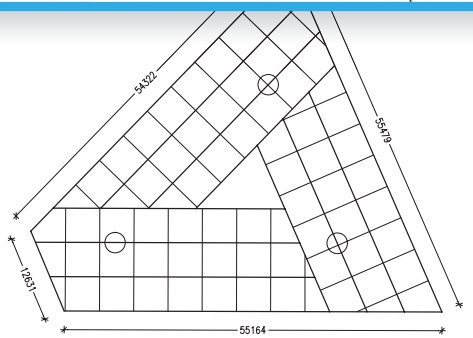
Udgangspunktet for skitserne er en rammekonstruktion af stål kendt fra konstruktioner som Eiffeltårnet og mange skyskrabere. Denne konstruktion given den maksimale fleksibilitet og muliggør frie føringer uden gennemboringer af dæk eller bærende vægge.



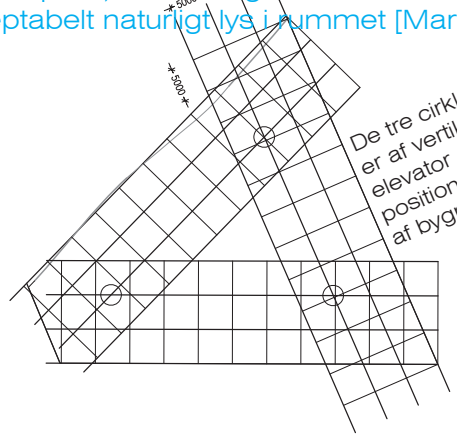
Rammekonstruktionen apteres med præfabrikerede elementer, der danner de indre og ydre rummeligheder.

Den videre skitsering skal ses som en kontinuerlig proces, hvor hvert nyt forslag er baseret på erfaringer, fordele og ulemper fra foregående skitse. Skitserne viser det grid, den bærende konstruktion ses bygget over i plan.

Griddet tager udgangspunkt i grundens form for maksimal udnyttelse. Her ses tre ens bånd lagt langs grundens dominerende sider. Afstanden mellem stregerne er 5 meter, hvilket skaber ti meter dybe rum med mulighed for lysindfald fra begge sider og en 5 meter bred svalegang. Med en rumhøjde på 2,5 meter og vindue til loft vil det give et acceptabelt naturligt lys i rummet [March 2006].

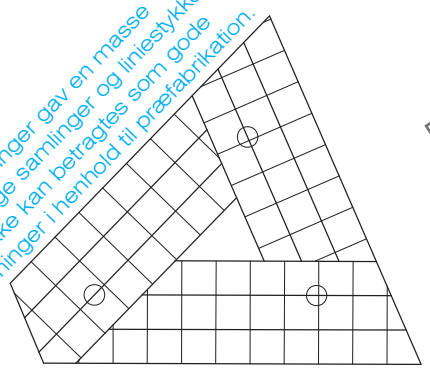


For at undgå gentagelser forsøges strukturen simplificeret ved bevæge sig enten med eller mod uret.

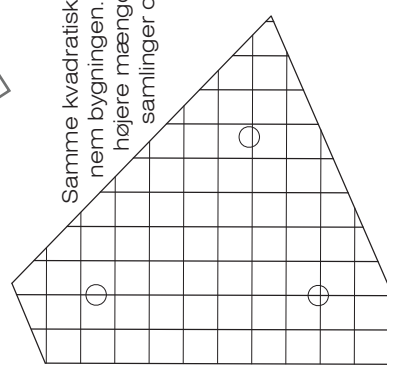


De tre cirkler viser mulige placeringer af vertikale transportveje som elevator og trapper, der i den givne position vil dække hvert deres hjørne af bygningen.

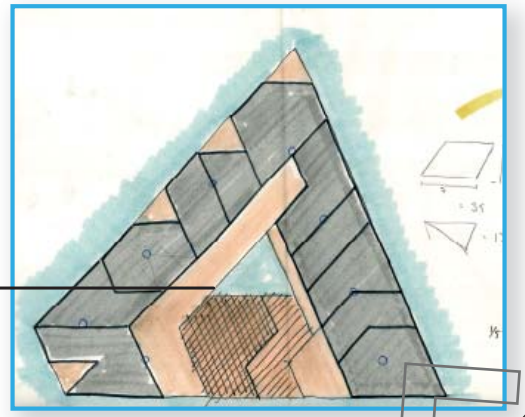
De to løsninger gav en masse forskellige samlinger og liniestykker, der ikke kan betragtes som gode løsninger i henhold til præfabrikation.



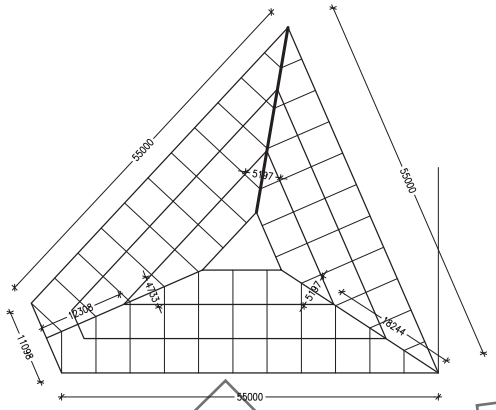
Samme kvadratiske struktur igennem bygningen. Dette giver en højere mængde gentagende samlinger og liniestykker.

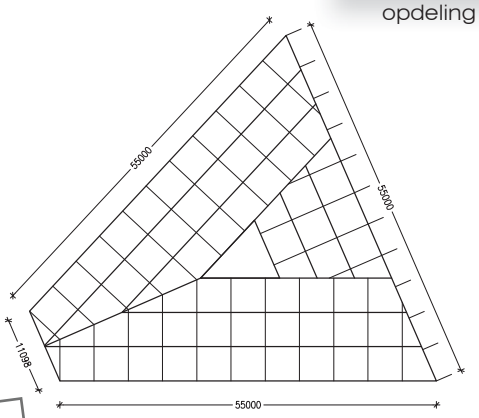


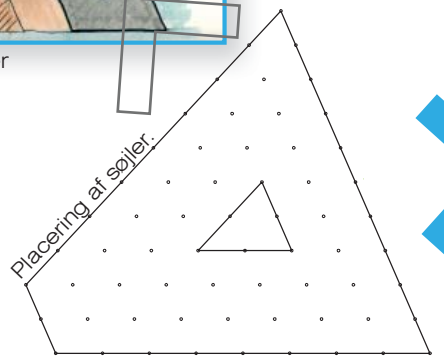
Sydside styrende



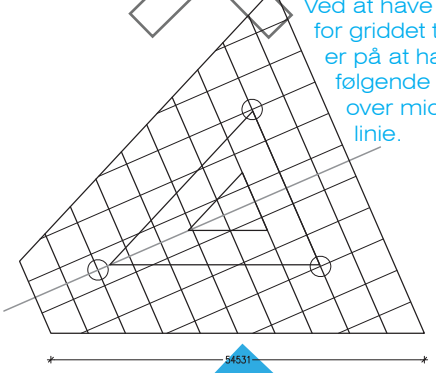
opdeling i lejligheder

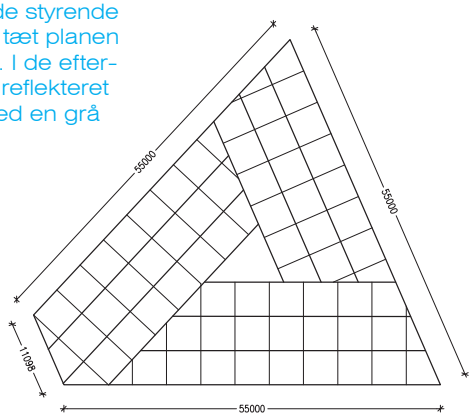


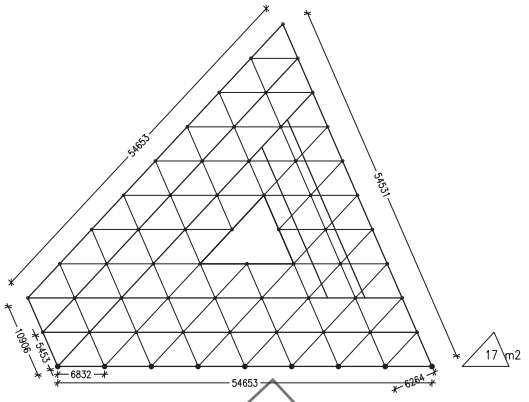


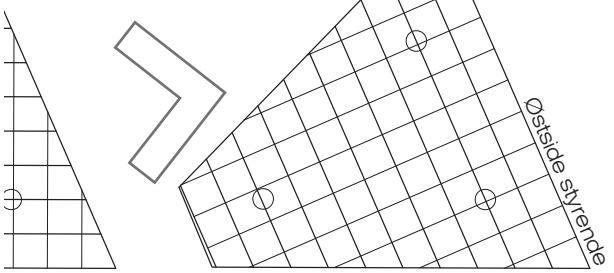


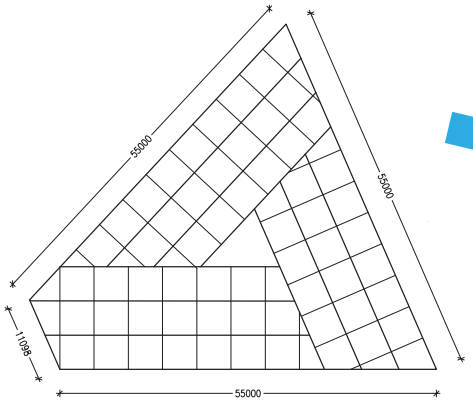
Ved at have den østlige facade styrende for griddet tydeliggøres hvor tæt planen er på at have en centerlinie. I de efterfølgende skitser er planen reflekteret over midten, markeret med en grå linie.

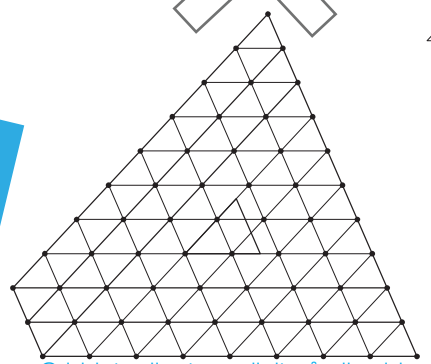




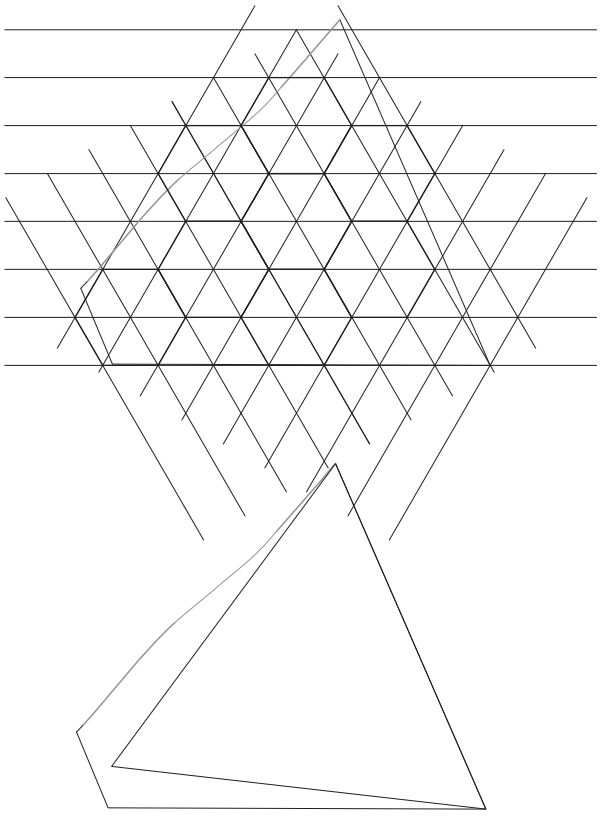




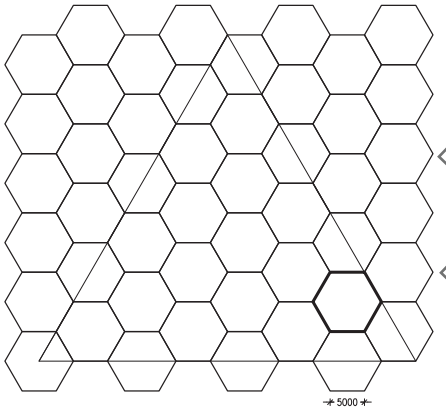




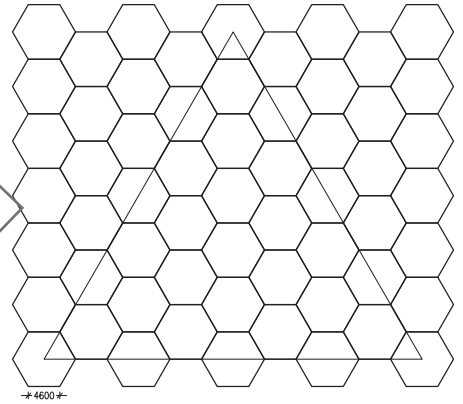
Griddet udlagt parallelt på alle siderne med afstande, så det går op i forhold til de forskellige sider.



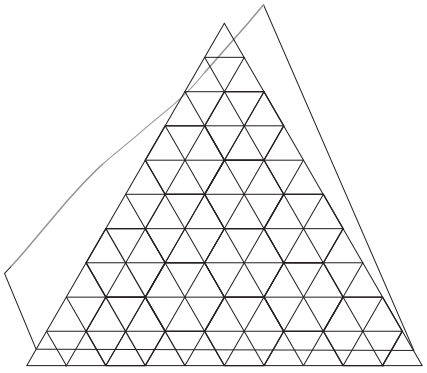
Ved at sammensætte seks ligesidede trekanter kan en perfekt sekskant (hexagon) dannes. En hexagon kan spejles over seks akser og lige som firkanter, kan de sammensættes til at dække en flade uden mellemrum. Hexagoner er desuden den optimale form, hvis der ønskes at skabes en gitterstruktur med et minimalt materialeforbrug, dette ses blandt andet i bistader.

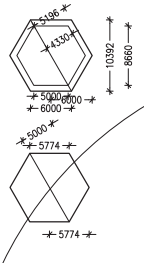


Hexagoner med sider af 5 meter, som de indledende skitser. Som det ses i nederste højre og øverste hjørne, går der meget areal til spile, hvis enhederne tænkes som sekskanter.

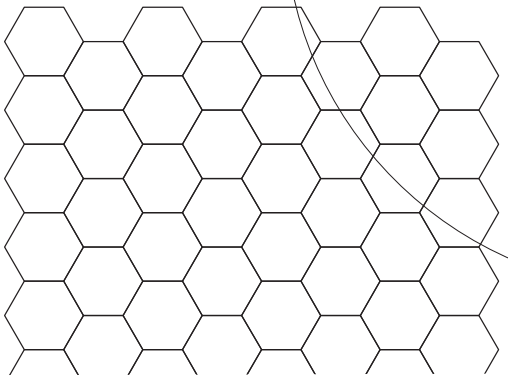


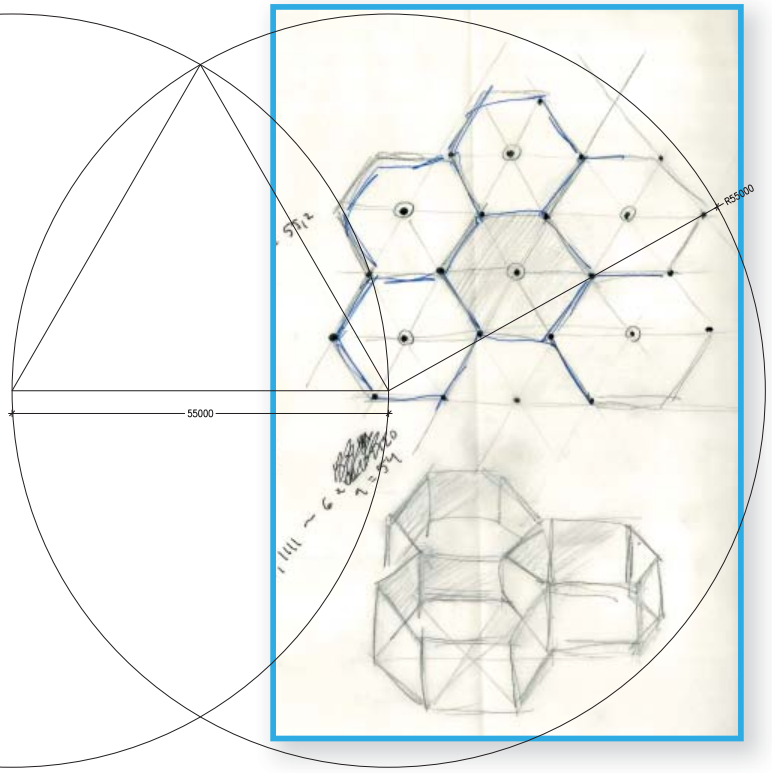
Ved en sidelænde på 4,6 meter vil alle hjørner få samme afslutning og arealet bedre blive udnyttet.

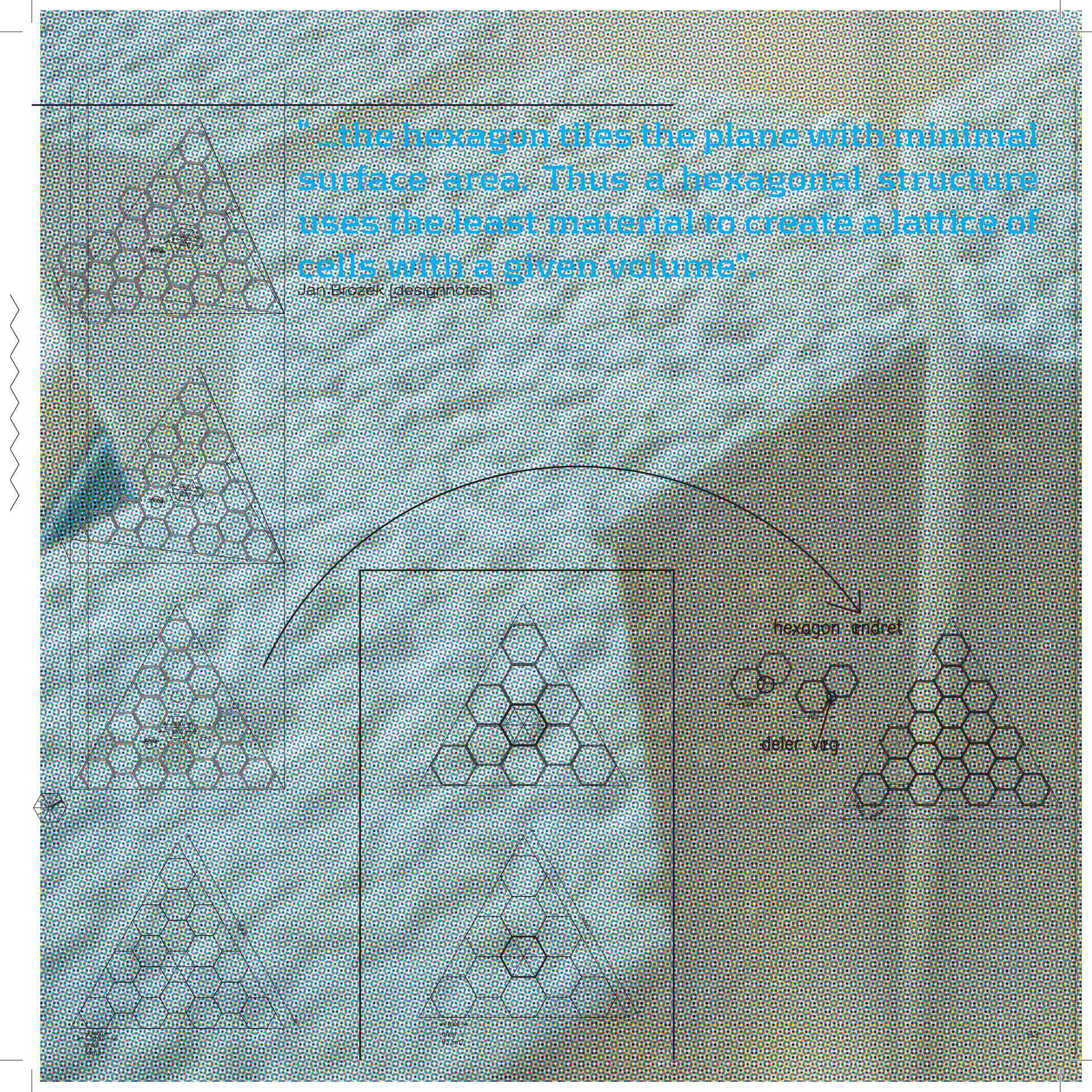




Ved at udlægge griddet efter de tre sider fremkommer en enkel struktur, med en høj frekvens af gentagelser. Griddet danner en række ligebenede trekanter. Ved at ændre grundplanen til en ligesidet trekant vil griddet udspænde mindre ligesidede trekanter, der vil fordre en lang række muligheder inden for præfabrikeret elementbyggeri.



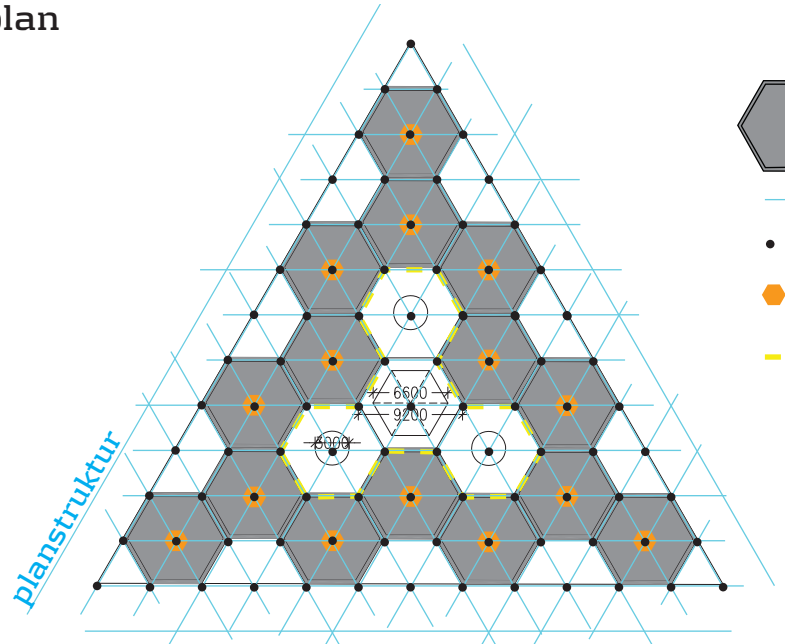




"the hexagon tiles the plane with minimal surface area. Thus a hexagonal structure uses the least material to create a lattice of cells with a given volume".

Jan Brozek [designnotes]

plan



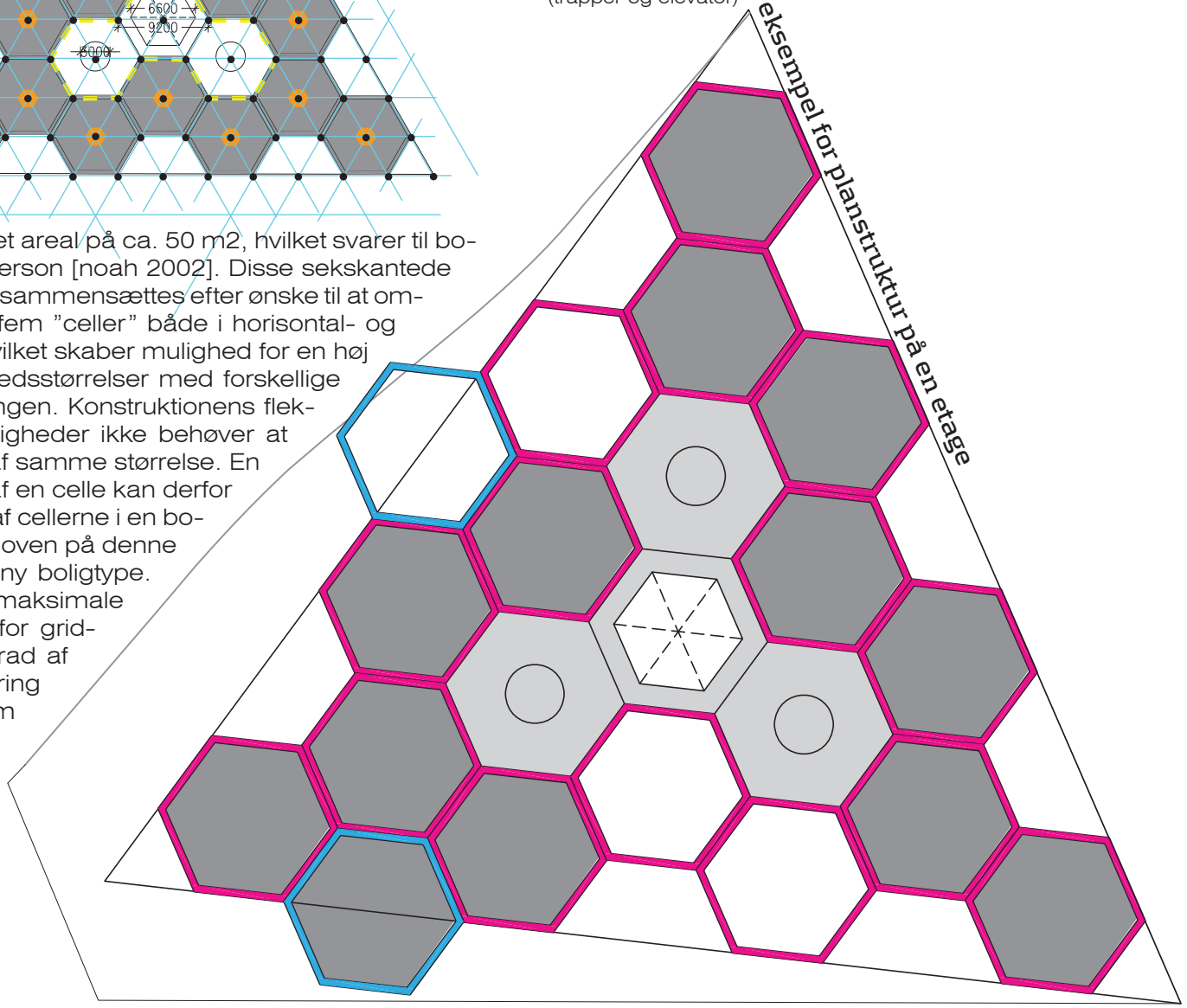
boligcelle

bjælke

søjle

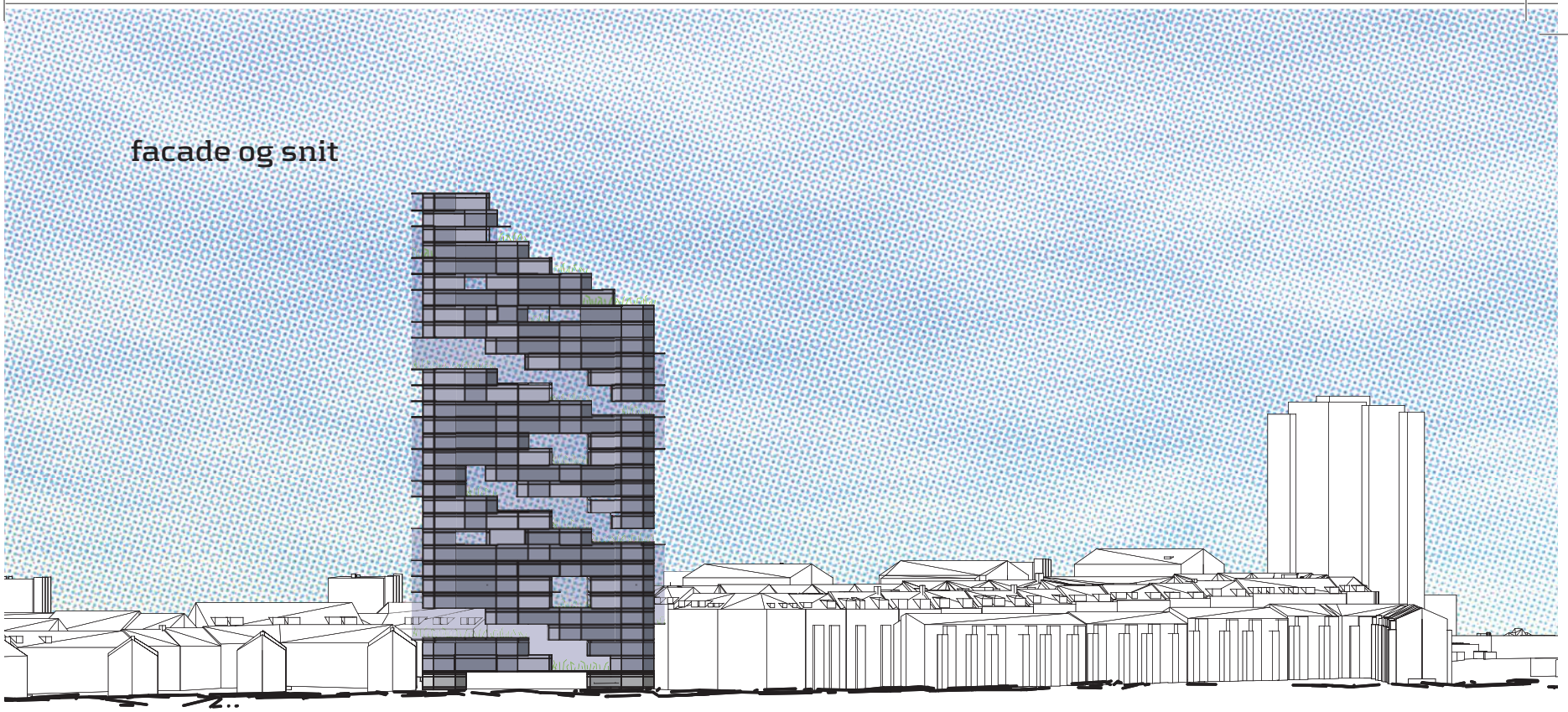
servicekerne

vertikal transport
(trapper og elevator)

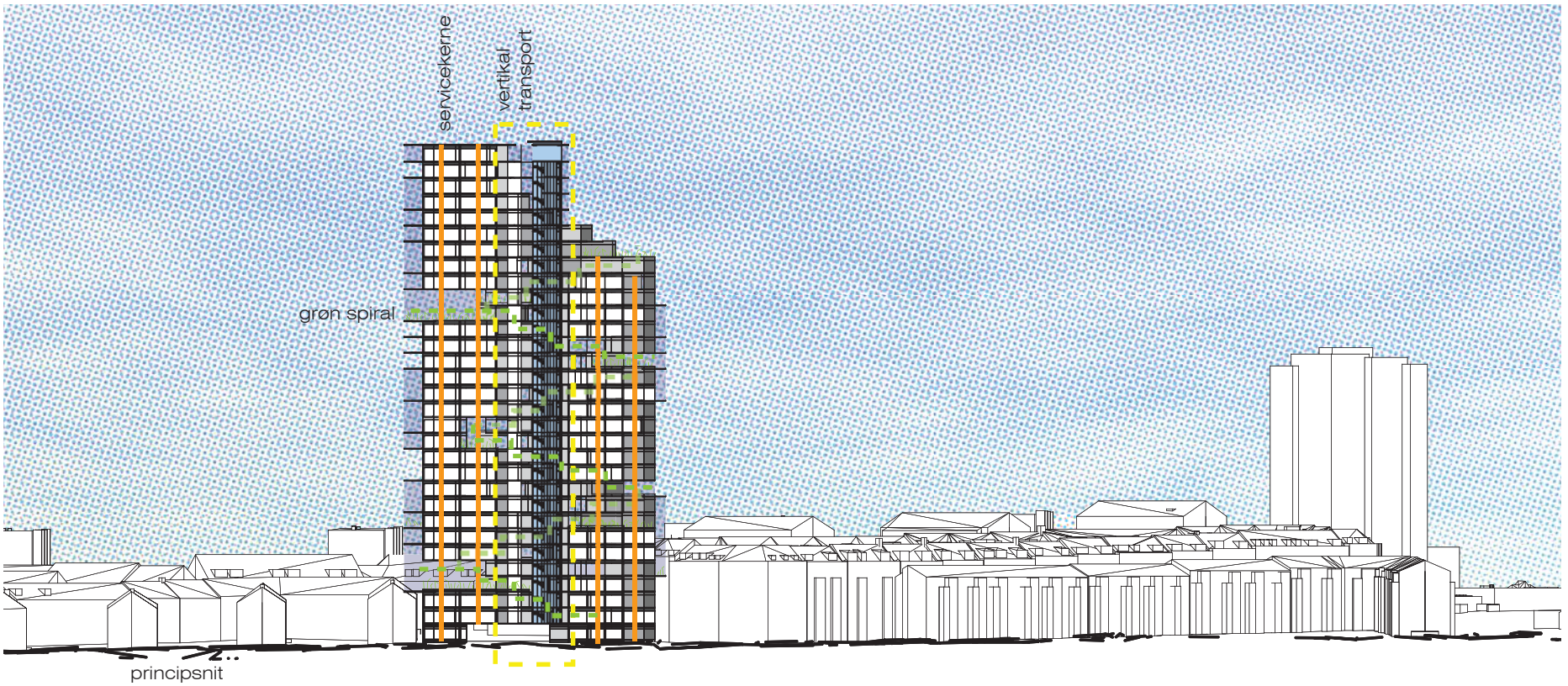


Boligcellerne har et areal på ca. 50 m2, hvilket svarer til boligarealet for en person [noah 2002]. Disse sekskantede boligenheder kan sammensættes efter ønske til at omfatte 2, 3, 4 eller fem "celler" både i horisontal- og vertikal retning, hvilket skaber mulighed for en høj variation af lejlighedsstørrelser med forskellige rumforløb i bygningen. Konstruktionens fleksibilitet gør, at lejligheder ikke behøver at ligge ovenpå en af samme størrelse. En bolig bestående af en celle kan derfor ligge oven på en af cellerne i en bolig af tre celler, og oven på denne kan der ligge en ny boligtype. Dette giver den maksimale fleksibilitet inden for griddet, og en stor grad af frihed til modulering af bygningens rum og interne bevægelser.

facade og snit



skitse af facade



principsnit

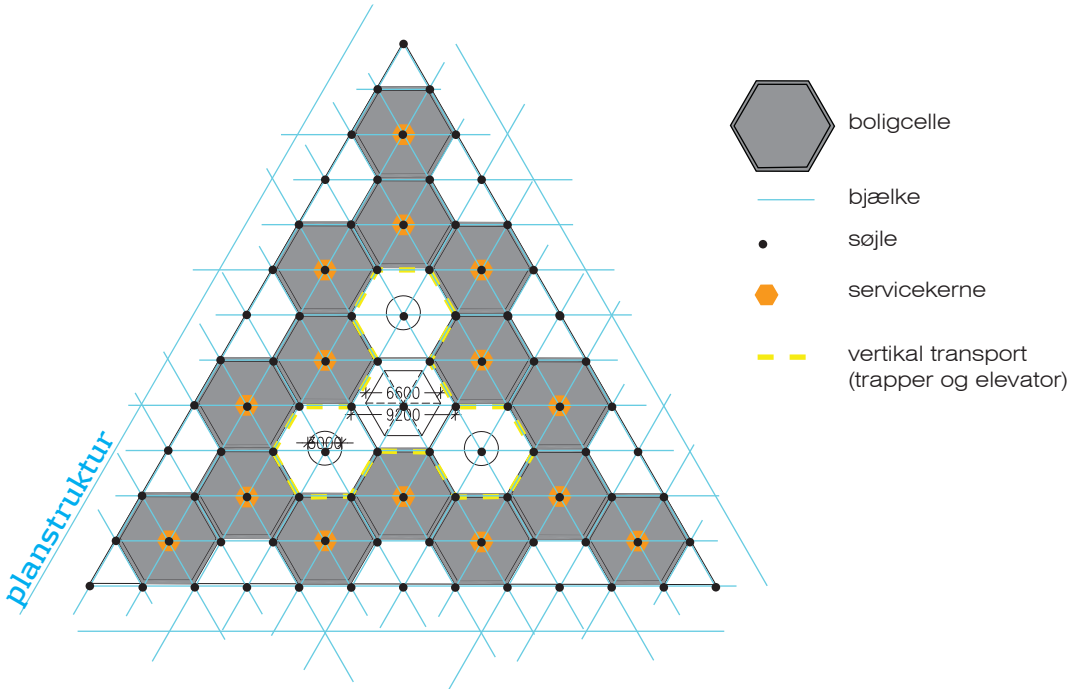
Den fleksible struktur giver mulighed for dannelse af en lang række rumligheder, det kan programmeres med forskellige programmer alt efter størrelse og placering i bygningen. Bygningen facade bliver et udtryk for bygningen indre forløb, funktioner og rumligheder, da designet tænkes indefra og ud. Derved får den indre organisering direkte indflydelse på facaden og skaber en variation, der fortætter bygningens form, struktur, forløb og koncept. Denne, i byrummet, anderledes form vil træde frem i bybilleder og som et ikon illustrere sit koncept og mulighederne inden for fremtidens bæredygtige byggeri.

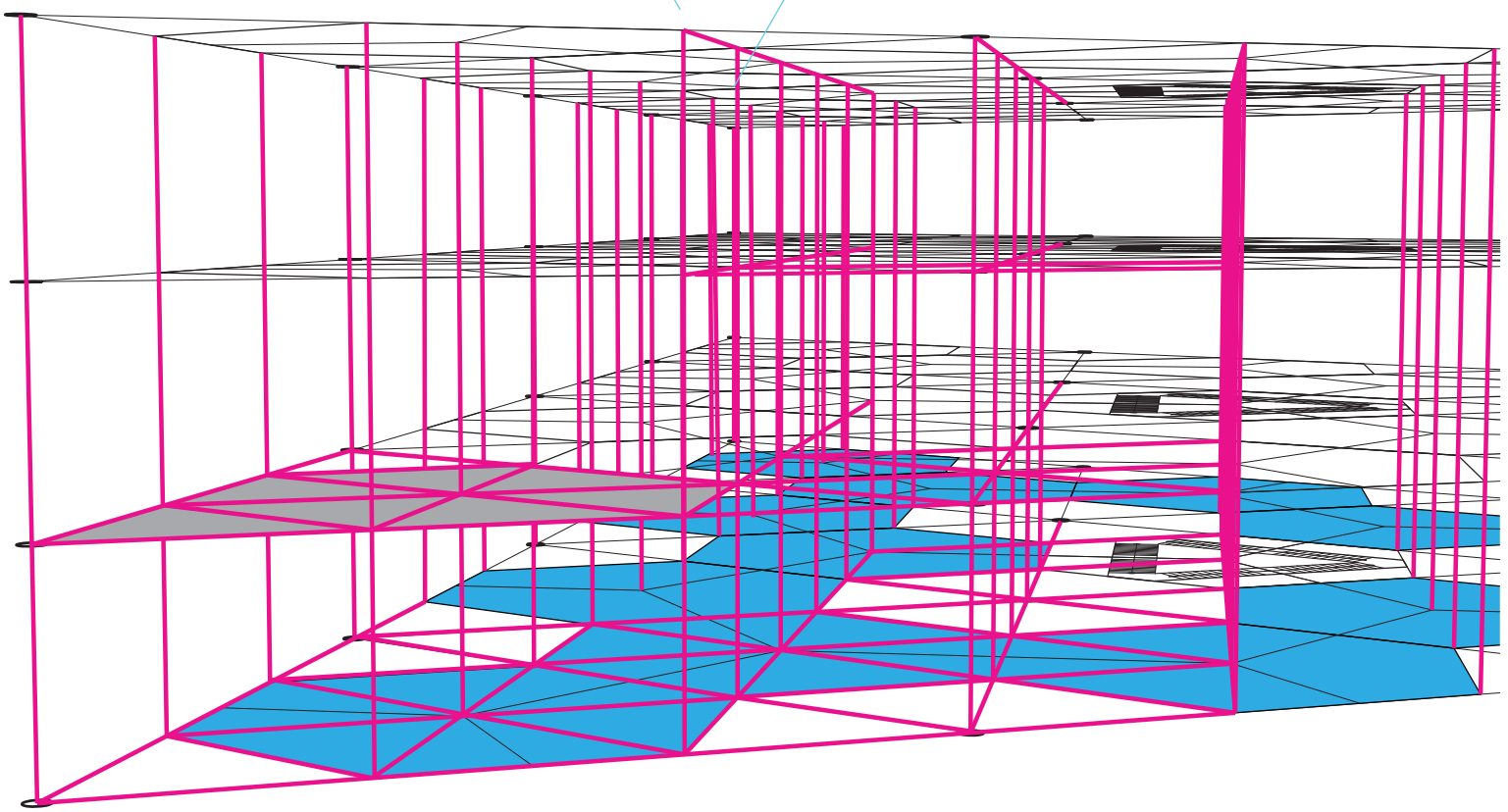
syn

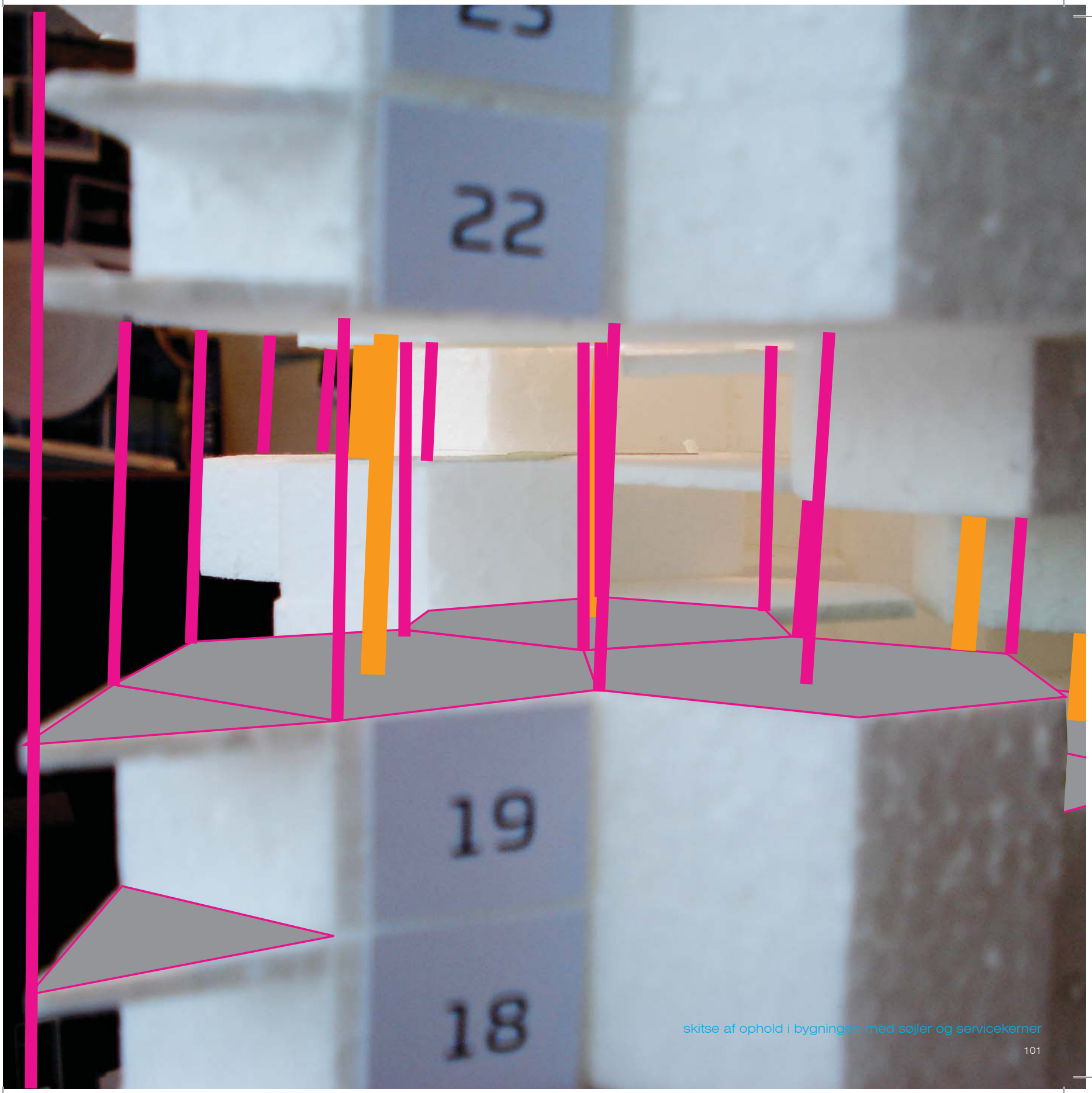
ntese

konstruktion

Udgangspunktet for konstruktionen er den skitserede planstrukturen. Denne danner et statisk stabilt grid af trekanter i planen, der gentages vertikalt på hver etage. Til at stabilisere konstruktionen sidevers anvendes boligenhedernes vægge som skiver.

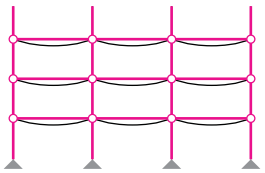




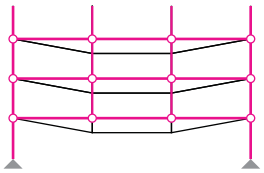


skitse af ophold i bygningen med søjler og servicekerner

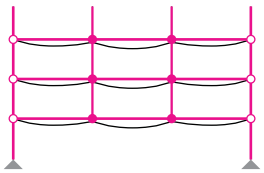
Den på foregående beskrevne konstruktion vil dog kræve mange søjler og bjælker inde i bygningen, hvilket vil skæmme de åbne rum i bygningen. For at undgå dette er konstruktionen forsøgt optimeret ved at arbejde med en momentstiv konstruktion, hvorved større spænd for bjælkerne kan opnås.



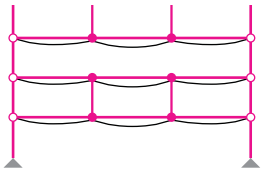
Skitserede rammerkonstruktion



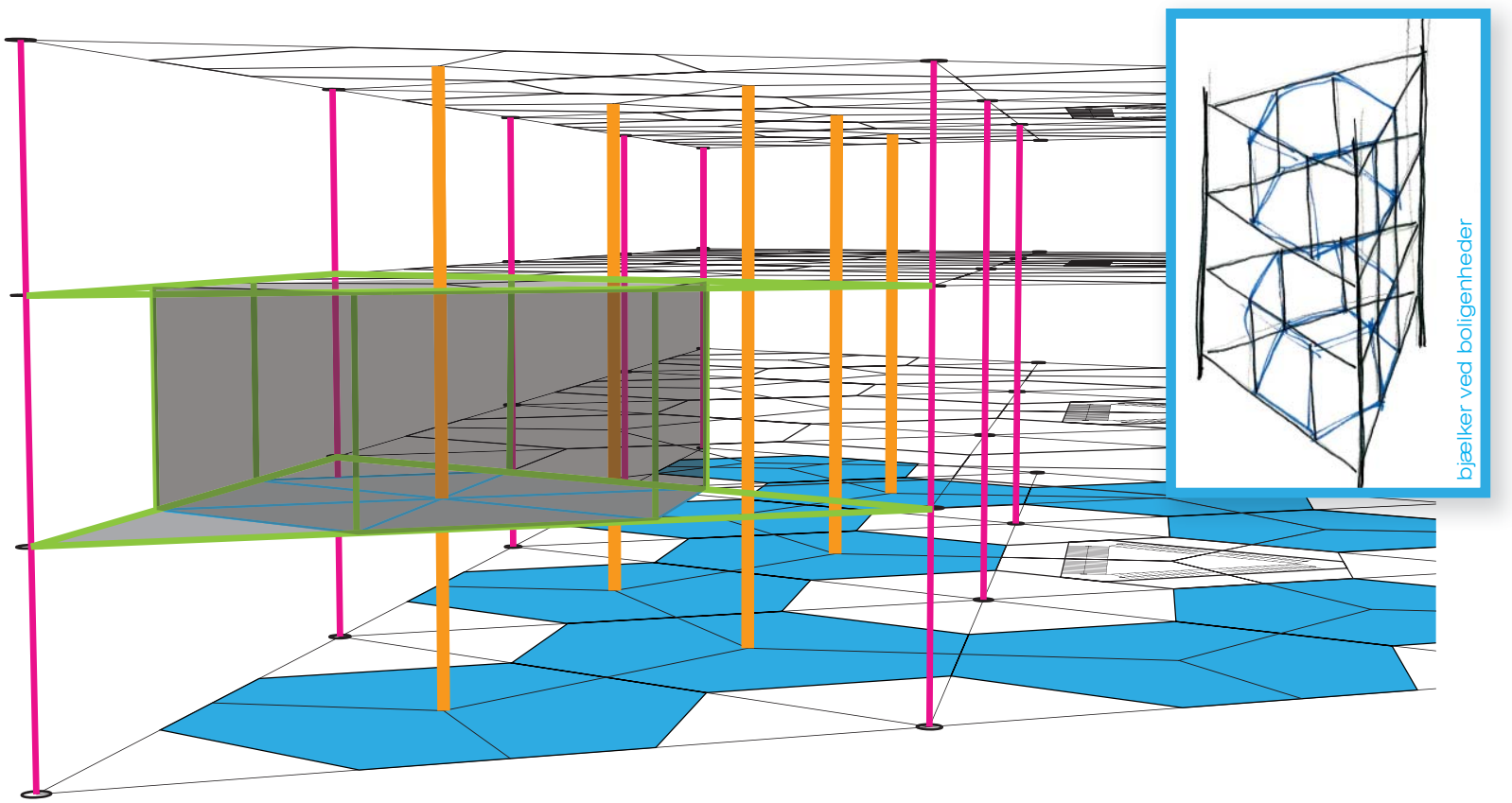
Hvis udvalgte søjler fjernes for at lave en lettere konstruktion vil den mellemliggende konstruktion falde sammen.

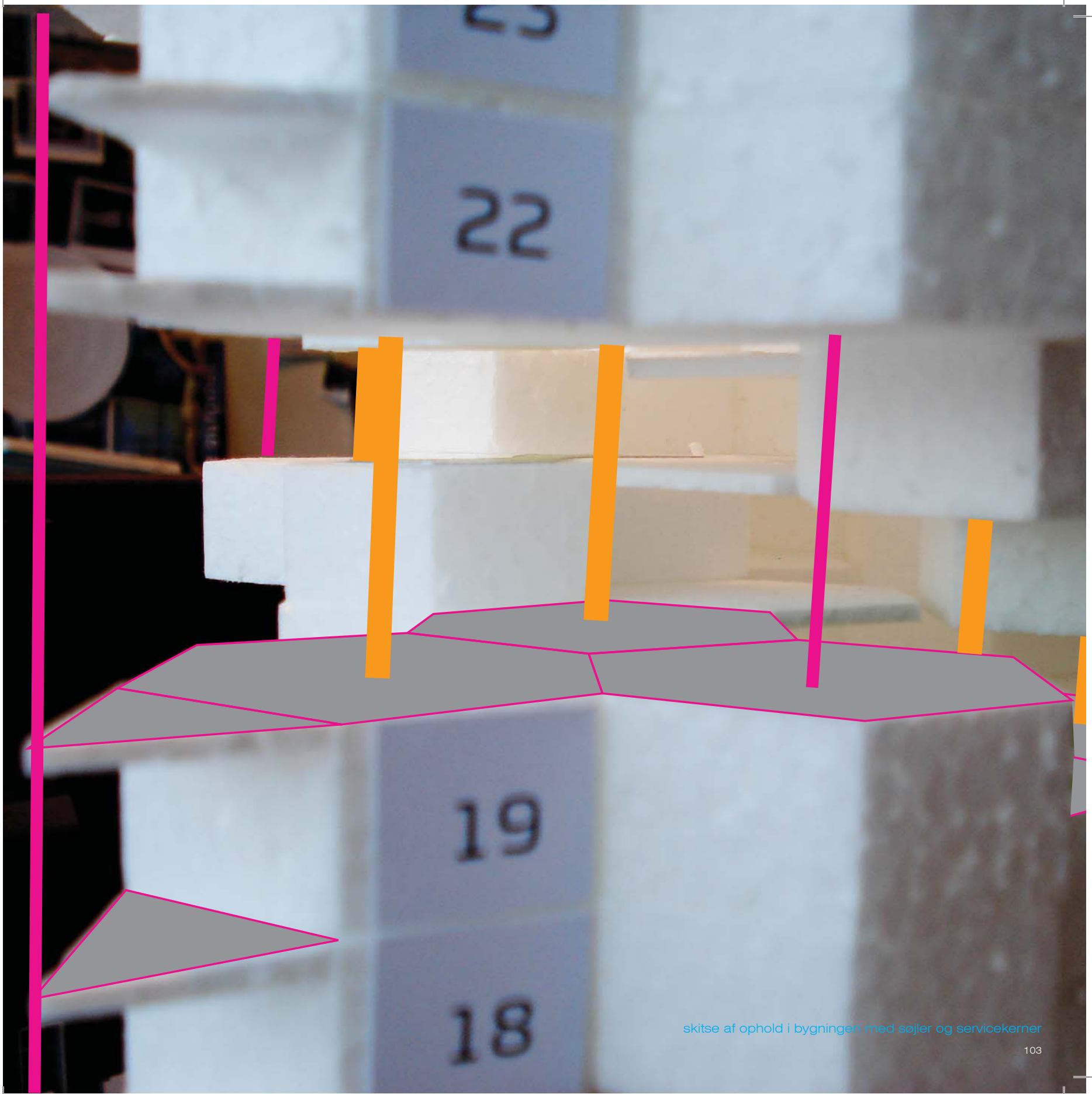


Ved at gøre samlingerne momentstive vil man opnå en stærkere konstruktion og minimere nedbøjning. En stiv ramme jf. højhuskonstruktioner



Den stive ramme han bære meget grundet det øgede flytningsmoment. Dette gør det muligt at tage elementer ud af konstruktionen uden af den svækkes væsentligt. Konstruktionen vil derfor gøre det muligt kun at have konstruktion, hvor det er nødvendigt (ved hver boligenhed). Kombination af "stiv ramme" og "mellemrum" jf. højhuskonstruktioner.





skitse af ophold i bygningen med søjler og servicekerner

planløsning på etagerne

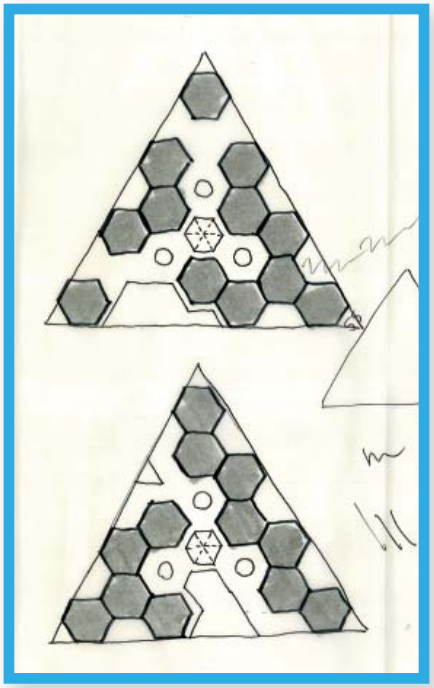
Den fleksible struktur giver mulighed for en lang række løsninger på de enkle etager. For at styre den store fleksibilitet skal der opstilles nogle regler for, hvordan forskellige problemstillinger løses, så de bidrager til bygningens kvaliteter og som et styrende redskab sikre, at disse bliver tilført til hver enkel plan.

lys

I en bygning som denne, optimeret i forhold til udnyttelse af byggegrund, hvilket har skabt en forholdsvis dyb bygning, og med de fokus- og indsatområder der er integreret i projektet er naturligt lys en af de vigtigste faktorer. Over en femtedel af den elektricitet, der anvendes i lejligheder, er til belysning, hvilket kan nedbringes ved at tænke naturligt lys ind i projektet som en af de styrende parametre. Ud over energiforbruget, så indeholde det naturlige lys en varme og kvalitet, som vi ikke er i stand til at genskabe kunstigt (endnu). Som citeret i opgavens indledende fase, så tilfører solen enorme mængder energi til jorden hvert sekund. Energi der kan bidrage til boligers drift ved at indtænke den fra starten, som ved passivhus-konceptet.

I dette afsnit vil der blive arbejdet med, hvordan det naturlige lys udnyttes i bygningens offentlige rum. Lysforhold i boligenhederne vil blive mere behandlet sammen med løsningen af lejlighedsplanerne.

Får at kaste mest muligt lys ind i bygningen gøres der flere tiltag. Af disse er bygningens konstruktion nok den vigtigste. Grundet den fleksible og optimerede konstruktion er ideen om bygningens indre opbygning ændret. Den illustrerede model af bygningen under skitseringsfasen viste er en bygning bestående af hexagoner, hvorpå der ligger dæk i hele bygningens areal, hvorpå der igen er hexagoner osv, hvilket kan minde om en søjle/plade-konstruktion. Dette skyldes dog kun modeltekniske årsager i udviklingen af konceptet. Intentionerne har hele tiden været at skabe åbninger i dækkene, og derved skabe høje rum i bygningen for derved at kunne trække det naturlige lys længere ind i bygningen.



skitse af plan med udskæringer i dæk

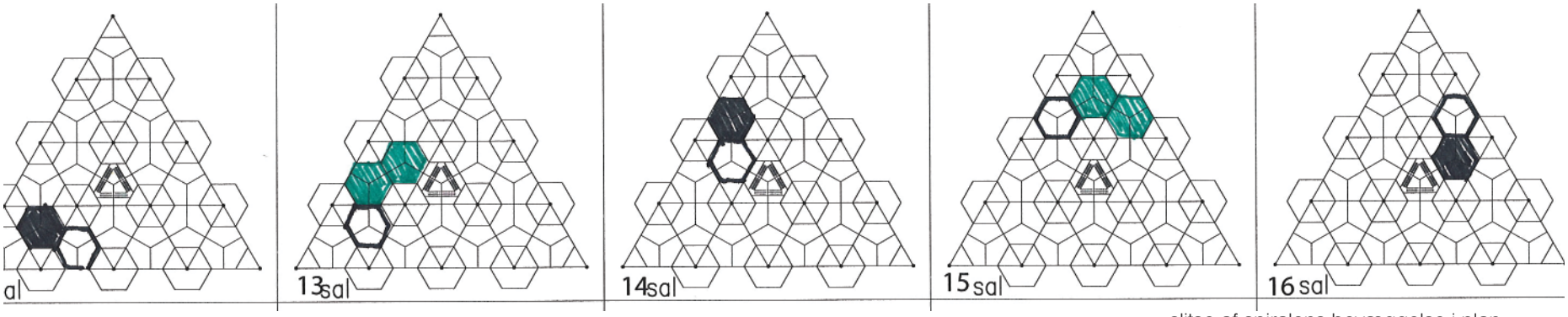
Som modelbilledet og skitsen illustrerer, er dække stadig til stede. De udskæringer, der er lavet, følger grundideen med en rammekonstruktion bygget op af en masse små trekanter. Men den stive rammekonstruktion mindsker fleksibiliteten i forhold til udformningen af disse dæk. Denne konstruktion giver dog mulighed for at betragte bygningen som en mere åben struktur, hvor den bærende konstruktion ses som række vertikale søjler, hvorpå cellernes spændes ud og, som svævende massiver imellem sig, danner bygningens åbne offentlige rum. Derved bliver de offentlige gulve og lofter til de lukkede private rums henholdvis lofter og gulve. Dog findes der dæk i bygningens indre for at den fornødne persontransport og adgangsforhold kan håndteres. Derudover anvendes der altanelementer udvalgte steder for at udnytte udearealerne bedre.

model med udskæringer i dæk

spiral

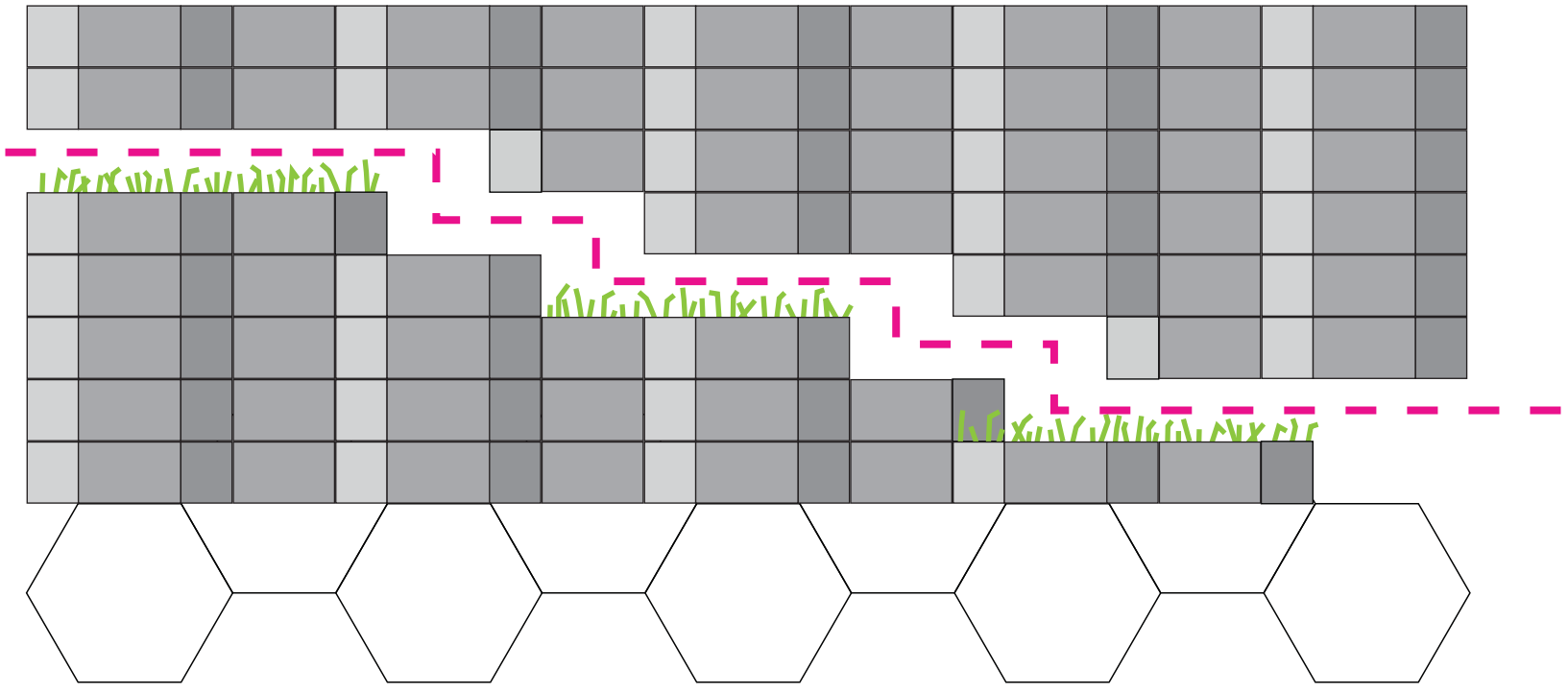
Spiralen er med sit forløb op igennem bygningen den, der med sine åbninger bidrager med mest lys til de indre rum. Det er vigtigt, at spiralen har kontinueret forløb for at understrege dens bevægelse og bidrage til beboernes mulighed for at bevæge sig i et kontinuert stisystem op igennem bygningen. Spiralen er også en vigtig del af bygningens vandbearbejdningssystem. For at mindske mængden af teknik ligger rodzoneanlæggene på hver anden etage, hvor de fylder to sekskanter og derved gør det muligt at friholde areal på planerne imellem til anden aktivitet.

På planen betyder det, at der på etager med rodzoneanlæg er taget tre celler ud, mens der på de øvrige etager er taget to celler ud i spiralens forløb. For at bevare spiralens forløb, overlapper etagernes "huller".

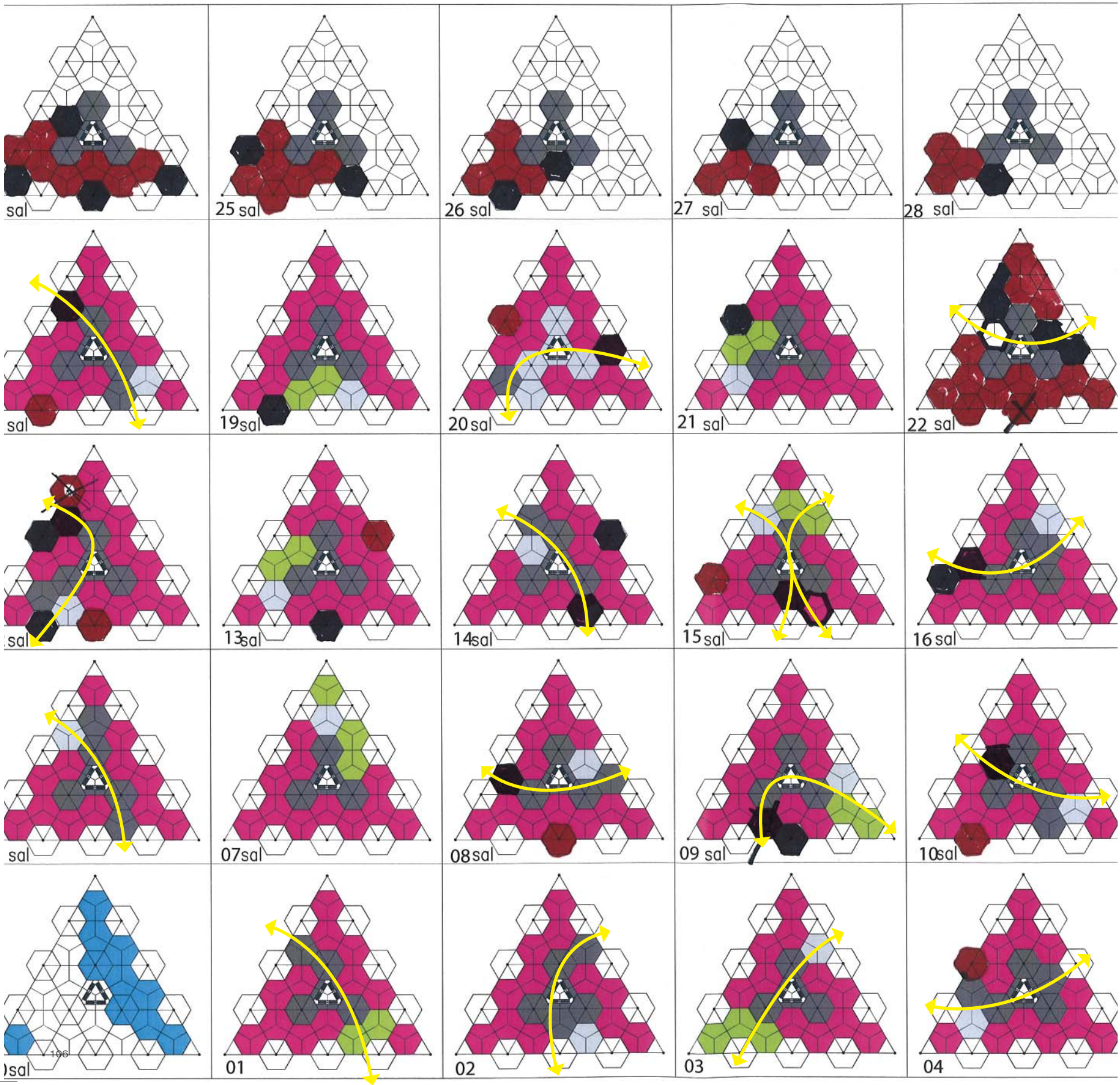


slitse af spiralens bevæggelse i plan

Illustreret ser det ud som vist på skitsen herover. Den grønne farve viser rodzoneanlæggene. De sortfarvede felter er gulv, mens de outlinede viser hvor der er dobbelthøjt rum. I facaden vil det således ud:

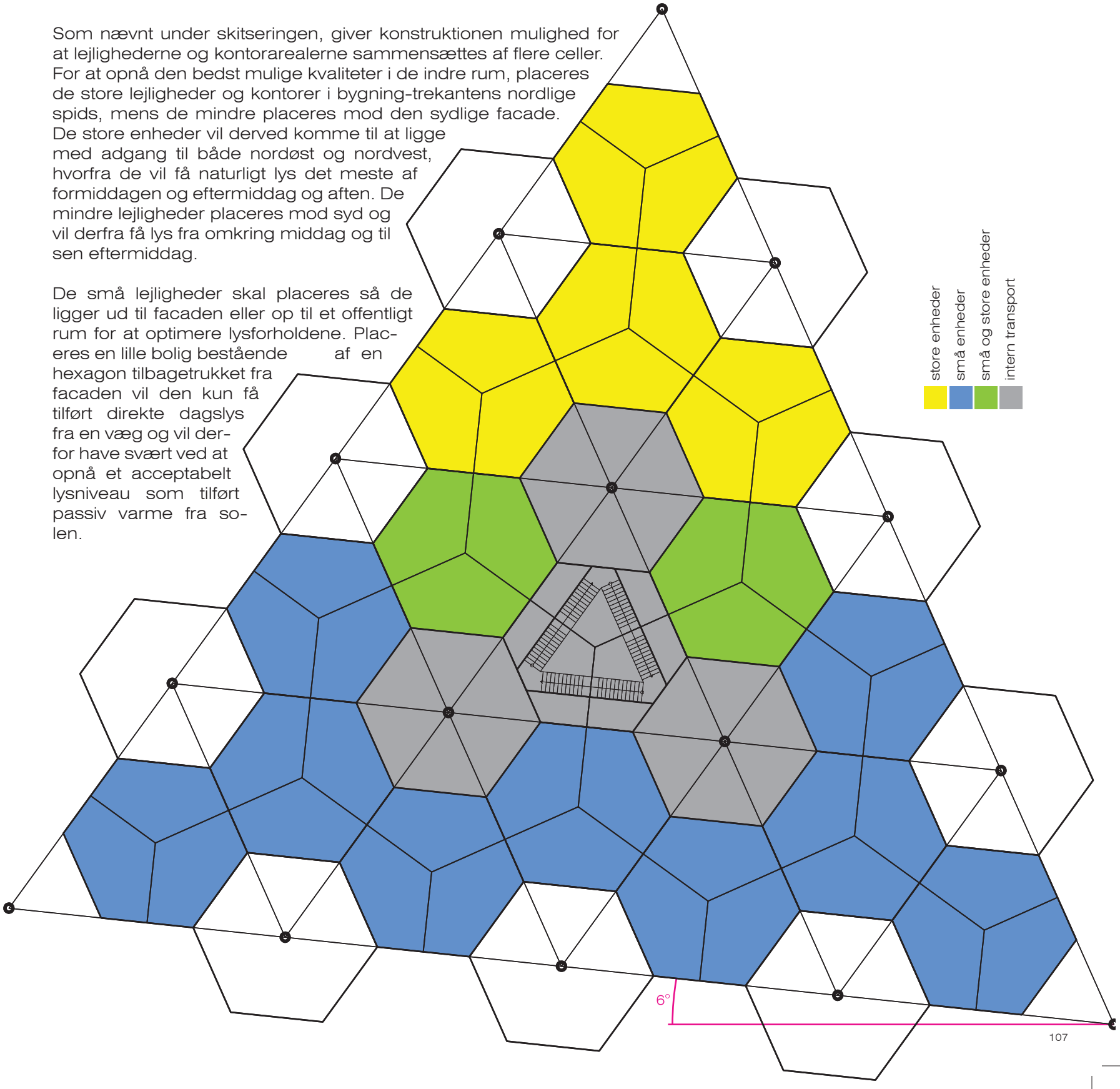


spiralens bevæggelse i facaden


sal
25 sal
26 sal
27 sal
28 sal
sal
19sal
20 sal
21 sal
22 sal
sal
13sal
14sal
15 sal
16 sal
sal
07sal
08 sal
09 sal
10sal
)sal
01
02
03
04

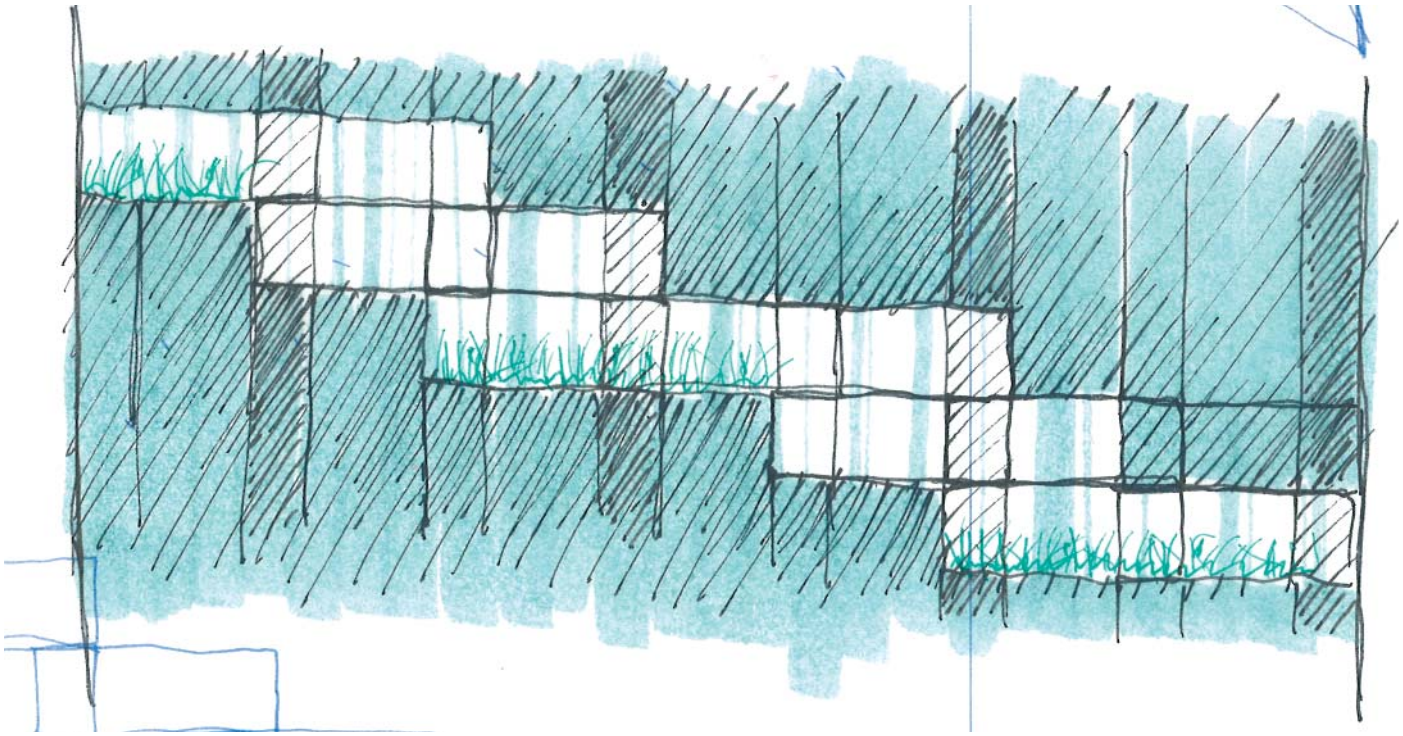
Som nævnt under skitseringen, giver konstruktionen mulighed for at lejlighederne og kontorarealerne sammensættes af flere celler. For at opnå den bedst mulige kvaliteter i de indre rum, placeres de store lejligheder og kontorer i bygning-trekantens nordlige spids, mens de mindre placeres mod den sydlige facade. De store enheder vil derved komme til at ligge med adgang til både nordøst og nordvest, hvorfra de vil få naturligt lys det meste af formiddagen og eftermiddag og aften. De mindre lejligheder placeres mod syd og vil derfra få lys fra omkring middag og til sen eftermiddag.

De små lejligheder skal placeres så de ligger ud til facaden eller op til et offentligt rum for at optimere lysforholdene. Placeres en lille bolig bestående af en hexagon tilbagetrukket fra facaden vil den kun få tilført direkte dagslys fra en væg og vil derfor have svært ved at opnå et acceptabelt lysniveau som tilført passiv varme fra solen.

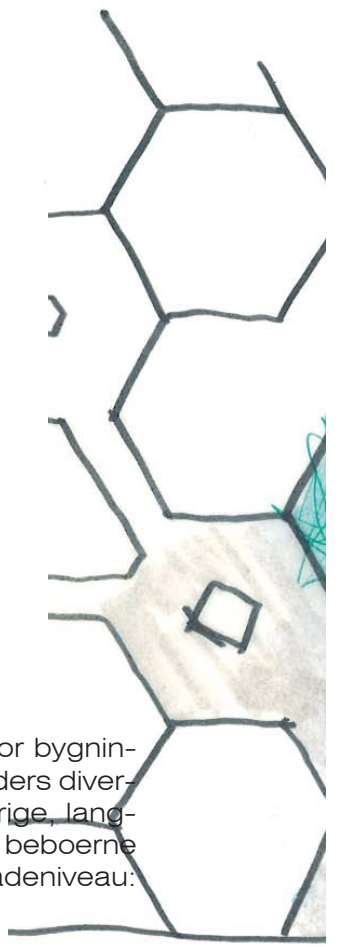


interne bevægelse og ophold

De åbninger, spiralen og lyshullerne udgør, er aktive arealer for bygningens og nærområdets beboere. Spiralen danner en grøn kile, der starter ved jordniveau og føres hele vejen op igennem bygningen. På hveranden etage er den grønne kile et vandrensningsanlæg (rodzoneanlæg), mens den på de andre etager kan fungere som små haver, græsplæner, park, blomstereng m.m. Udefra ses denne bevægelse tydeligt i facaden og fortæller denne historie.

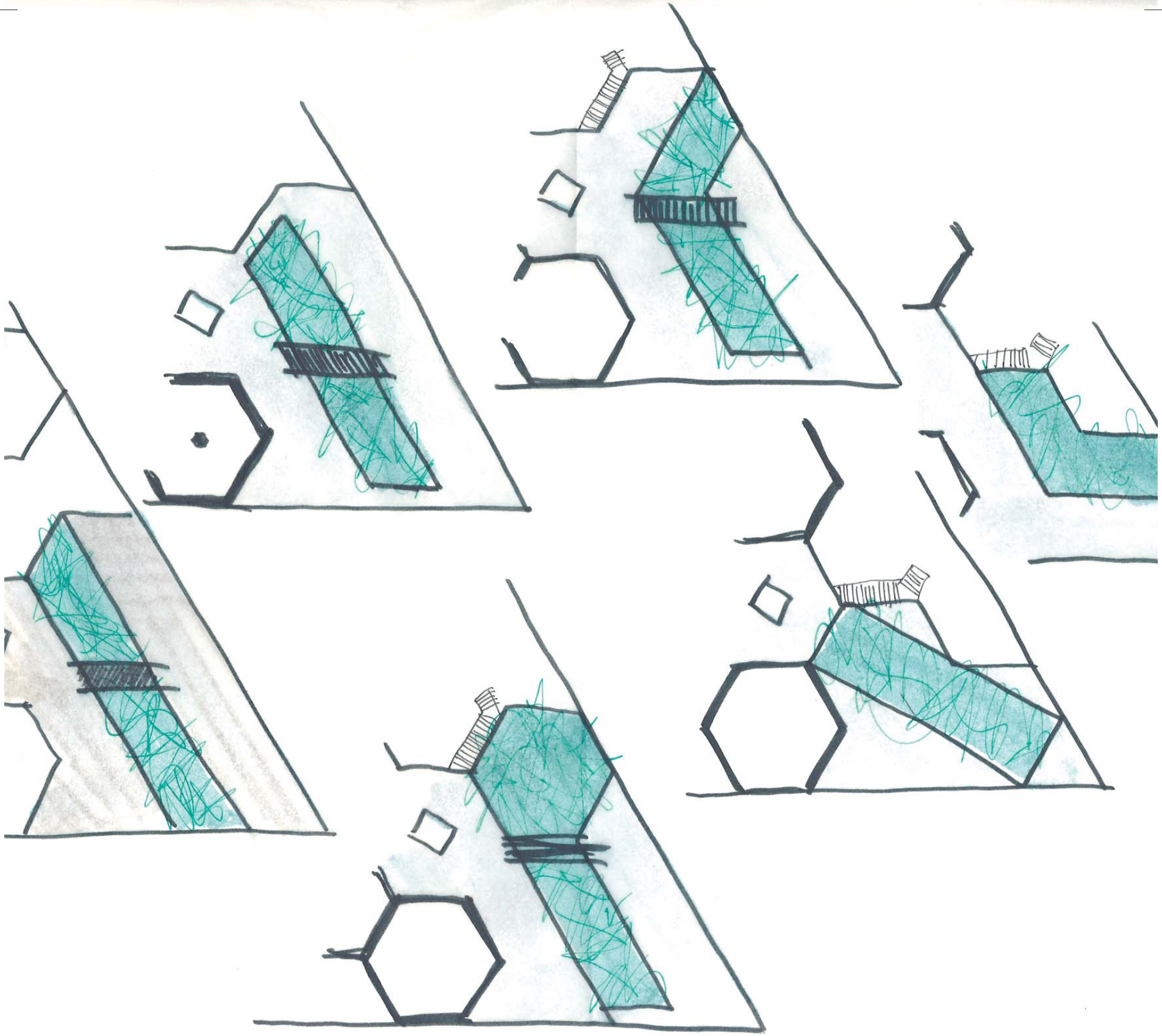


spiralens bevægelse op igennem facaden



De forskellige plateauer apteres forskelligt og opfordrer til forskellige aktiviteter. Nogle kan være legepladser for bygningens børn, andre picnicterrasser eller imødekomme fysik aktivitet så som boldspil. Spiralen og de øvrige områders diversitet giver forskellige oplevelser op igennem bygning, hvilket fremmer incitamentet for at tage den oplevelsesrige, langsomme opstigning i bygningen, spiralen, frem for den hurtige, elevatoren. Ydermere fremmer den kontakten beboerne imellem, da der i bygningen er indlagt steder, man mødes. Der er mulighed for at tage den hurtige vej ned til gadeniveau: ud af lejligheden, hen ad gangen og med elevatoren, men bygningen tilbyder et attraktivt alternativ.

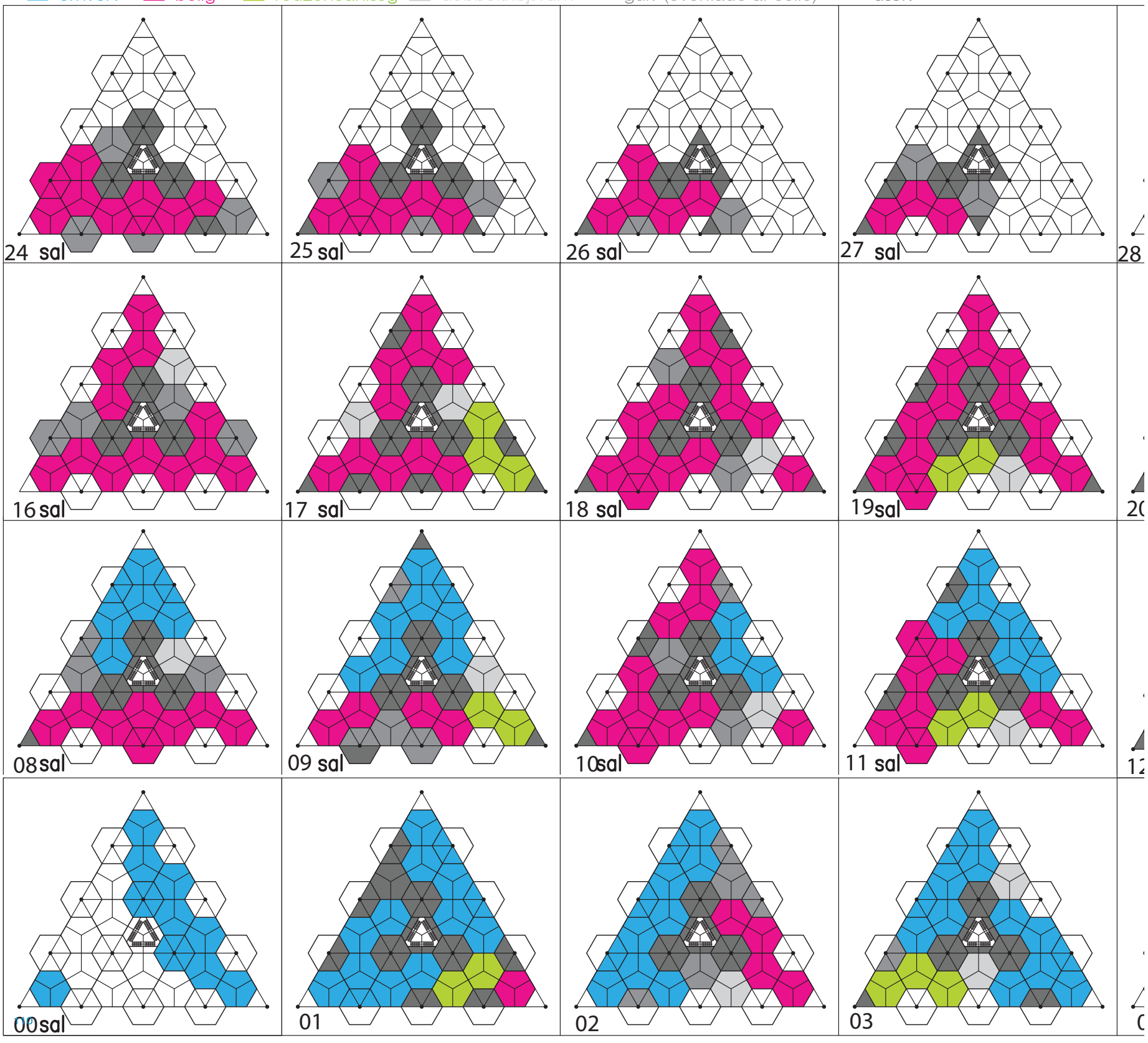
Bygningens interne bevægelse tilbyder også forskellige oplevelser på forskellige tider af døgnet og afhængig af årstid. En etage kan have en terrasse, hvor morgensolen står direkte på om foråret og et perfekt sted at nyde sin morgenkaffe. Men et par etager over har en græsplane, hvor man kan ligge og nyde den lavtstående vintersol. Og på en at de øverste etager kan der være en altan, hvorfra man kan nyde solnedgangen bag Århus' bakker. Da bygningens indre rum i princippet befinder sig i et passivt opvarmet drivhus, kan langt de fleste pladser og aktiviteter anvendes året rundt.

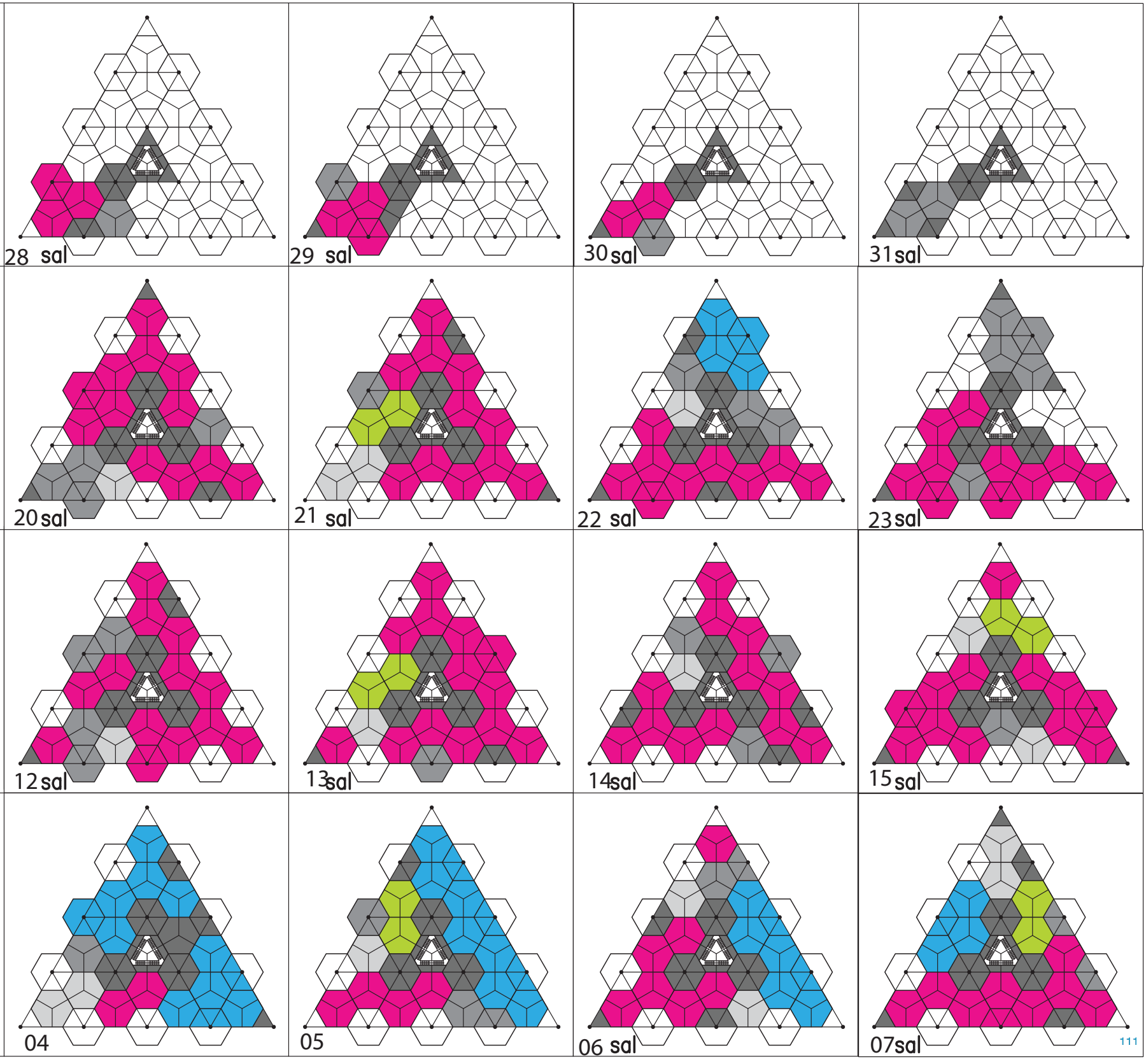


mulige udformninger på rodzoneanlæg

sættes principperne sammen vil de forskellige planer komme til at se således ud.

erhverv bolig rodzoneanlæg dobbelthøjt rum gulv (overflade af celle) dæk




28 sal
29 sal
30 sal
31 sal
20 sal
21 sal
22 sal
23 sal
12 sal
13 sal
14 sal
15 sal
04
05
06 sal
07 sal

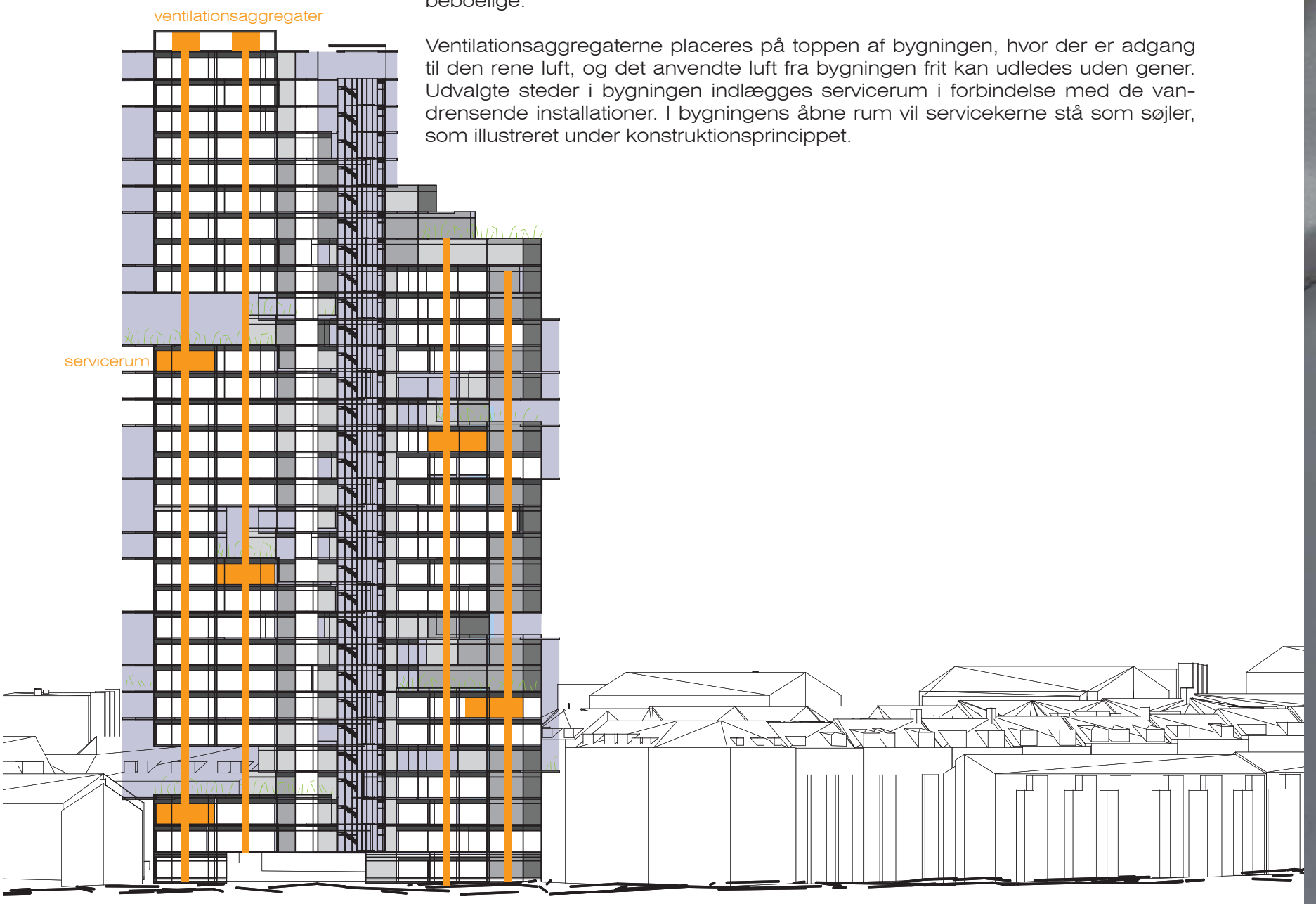
teknik

En af problemstillingerne ved højhuse er teknikken, og hvordan denne kan servicere hele bygningen. I etagebyggerier arbejdes der oftest med serviceskakter, der står for transporten af vand, el, luft og varme mellem de forskellige etager.

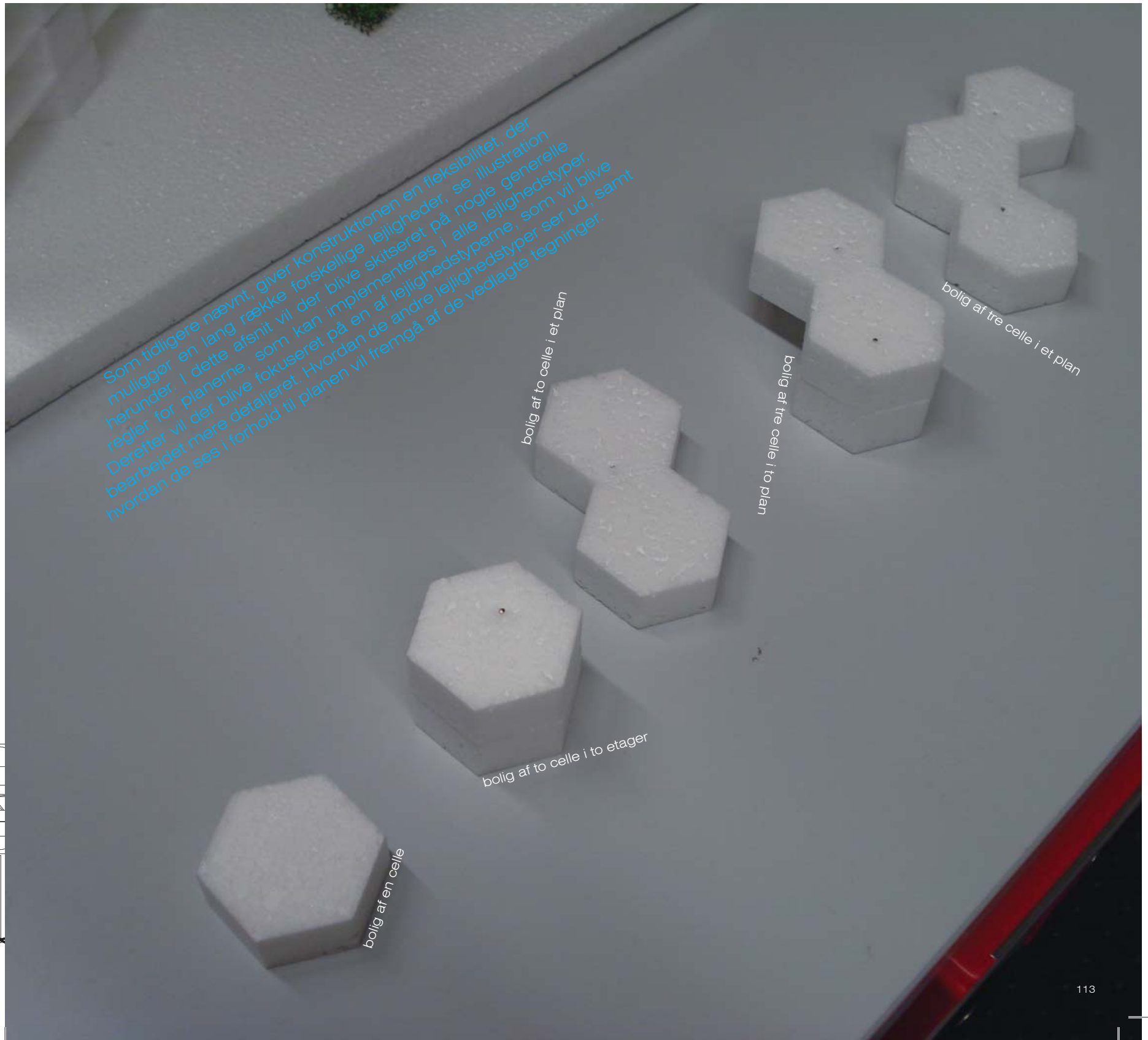
Da denne bygning bygger på opvarmning- og konstruktionsprincipper fra passivhus-konceptet, skal teknikken på visse områder tænkes anderledes. Eksempelvis vil der i bygningen ikke forekomme transport af varme til opvarmning i traditionel forstand, men i højere grad blive fokuseret på transport af ventilationsluft, som er varmekilden i passivhuset.

Hovedgrebet for føringen af teknikken er en række vertikale serviceskakter i midten af hver hexagon, der, som årerne i et træ forsyner træets yderste grene, forsyner disse kanaler bygningen med de fornødne ressourcer for at gøre dem beboelige.

Ventilationsaggregaterne placeres på toppen af bygningen, hvor der er adgang til den rene luft, og det anvendte luft fra bygningen frit kan udledes uden gener. Udvalgte steder i bygningen indlægges servicerum i forbindelse med de vandrensende installationer. I bygningens åbne rum vil servicekerne stå som søjler, som illustreret under konstruktionsprincippet.

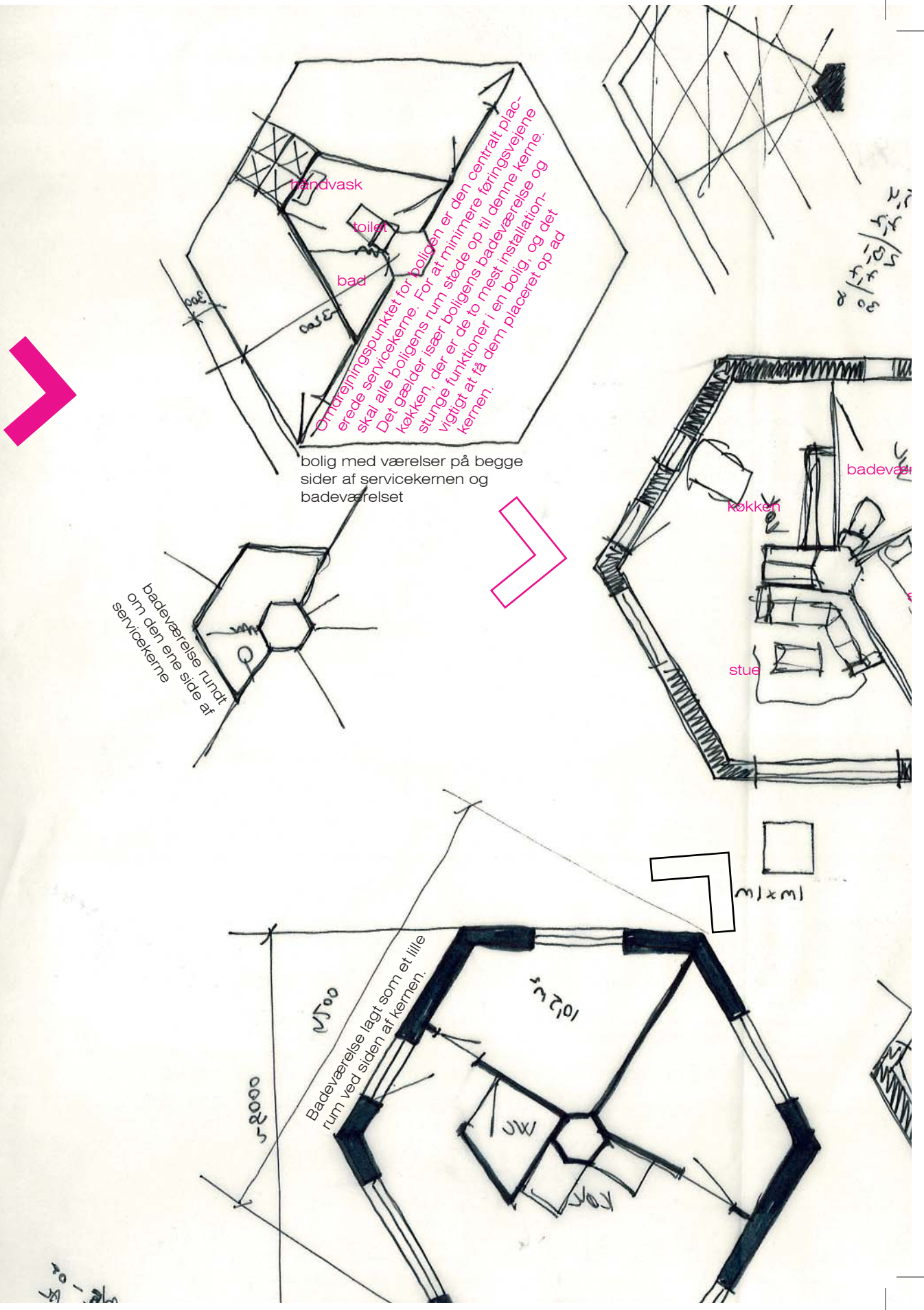


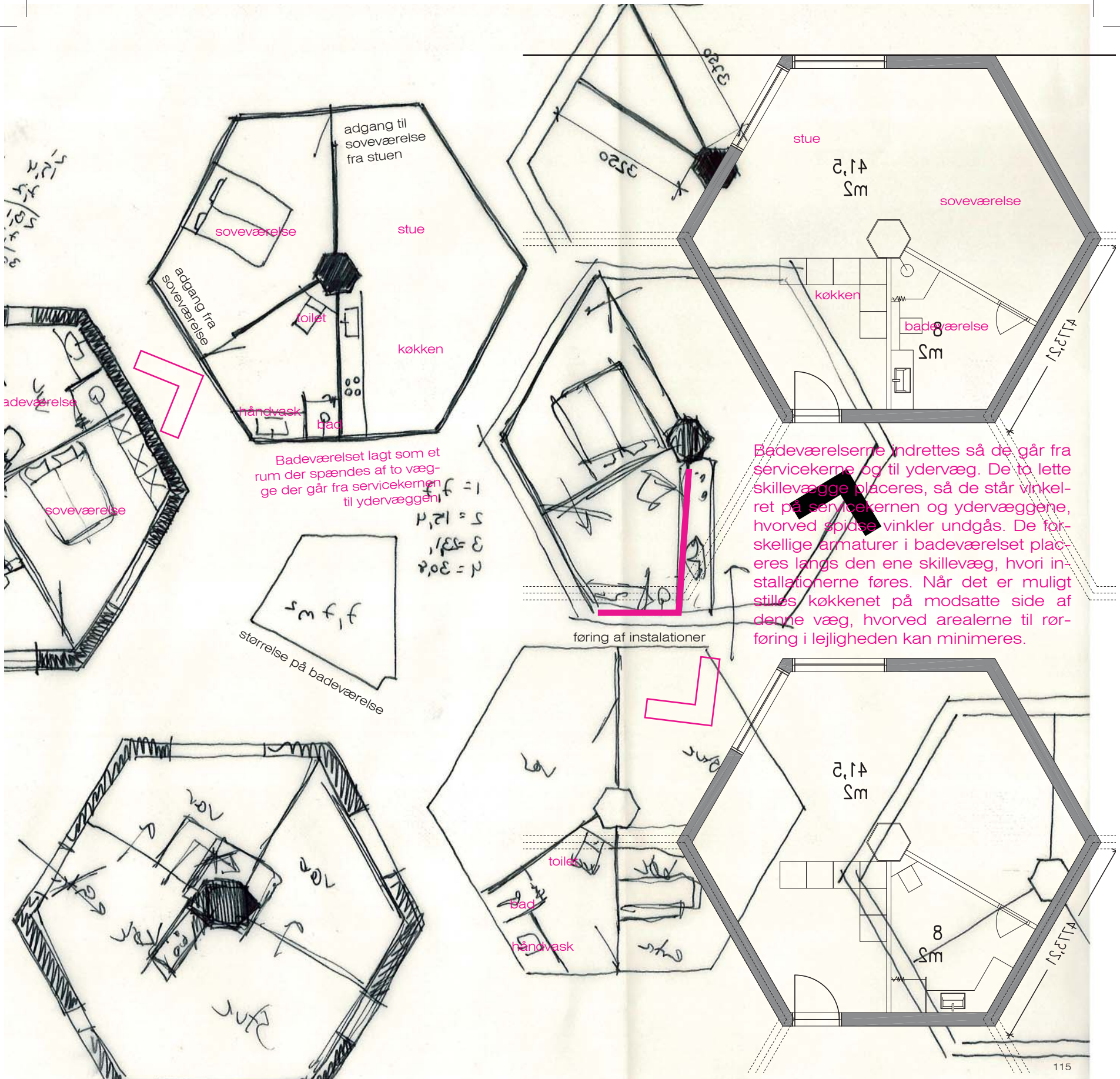
planløsning i lejligheder



badeværelse

Udgangspunktet for skitseringen er en bolig bestående af en hexagon. Denne bolig er ca. 50 m2, svarende til en boenhed for en person. Indretningen er fokuseret på hvordan et badeværelse samt et soveværelse og en stue med køkken kan integreres i den anderledes rummelighed.

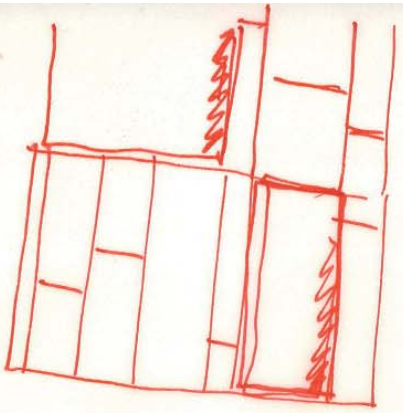


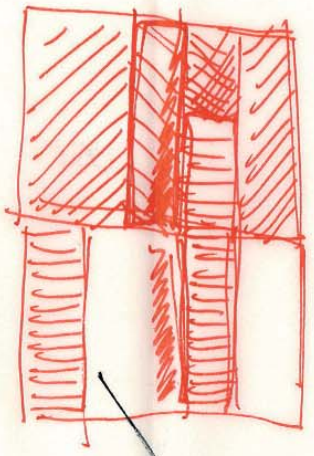


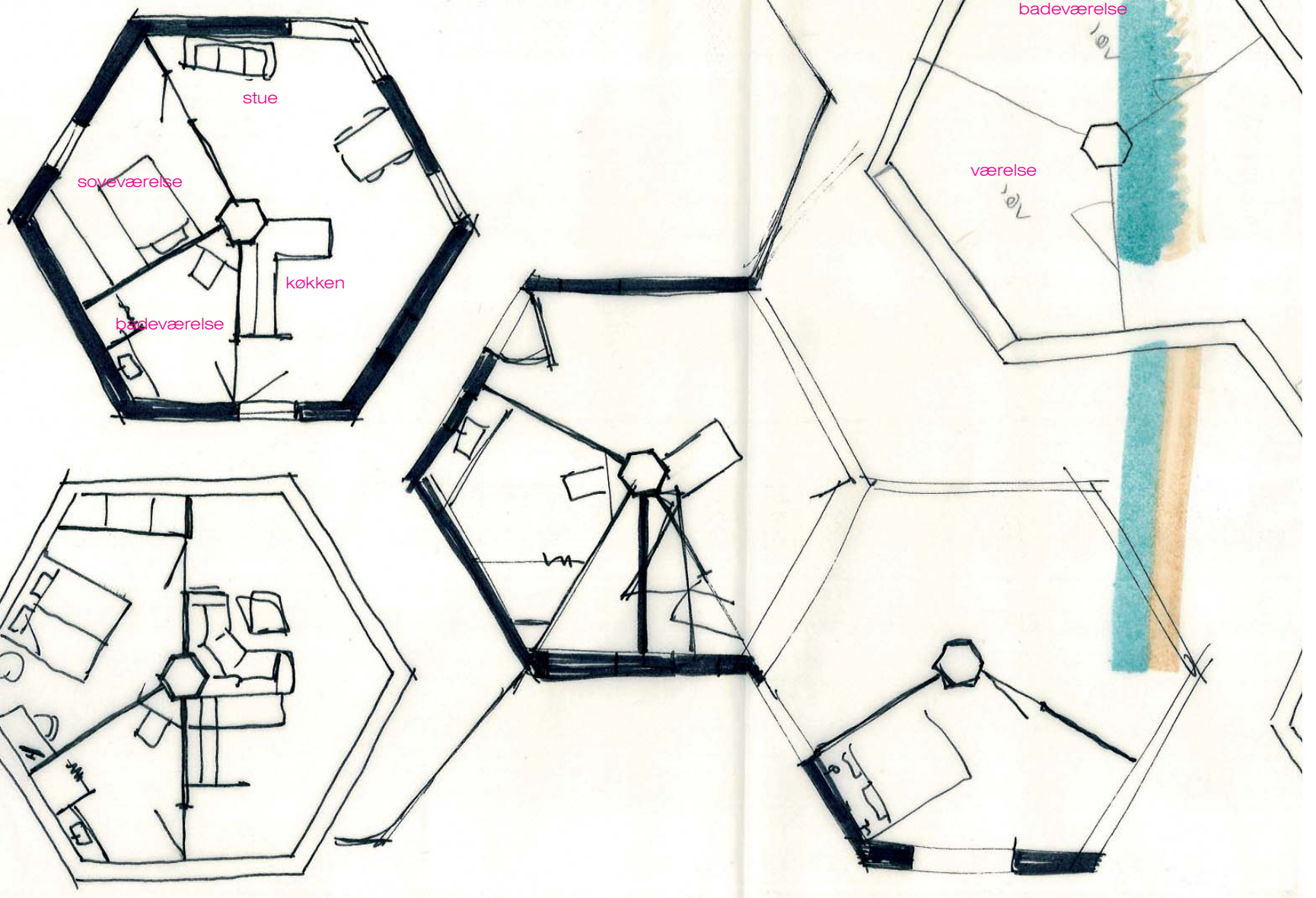
Badeværelserne indrettes så de går fra servicekerne og til ydervæg. De to lette skillevægge placeres, så de står vinkelret på servicekernen og ydervæggene, hvorved spidse vinkler undgås. De forskellige armaturer i badeværelset placeres langs den ene skillevæg, hvori installationerne føres. Når det er muligt stilles køkkenet på modsatte side af denne væg, hvorved arealerne til rørføring i lejligheden kan minimeres.

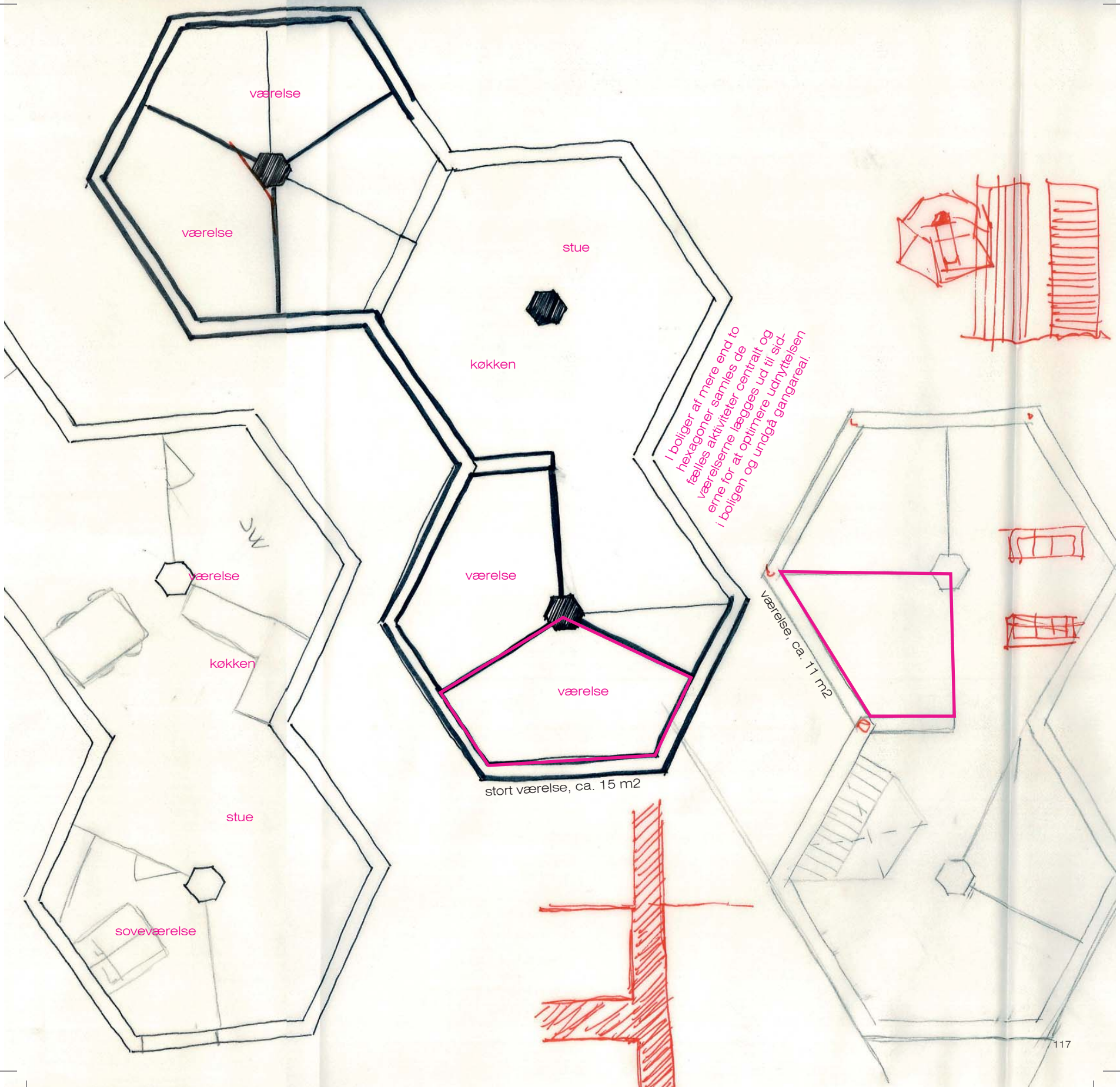
skillevægge

På de følgende to sider ses skitser over, hvordan forskellige lejlighedsplaner kan løses med skillevægge. Igen er lejlighedens servicekerne boligens omdrejningspunkt. Væggene sættes, som ved badeværelset, fra servicekernen og ud til ydervæggen. De mere detaljerede planløsninger kan ses på de vedlagte tegninger.



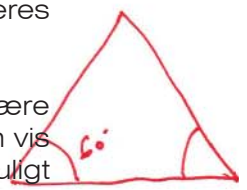





værelse
værelse
stue
køkken
værelse
værelse
køkken
stue
soveværelse
stort værelse, ca. 15 m2
værelse, ca. 11 m2
I boliger at mere end to hexagoner samles de fælles aktiviteter centralt og værelserne lægges ud til siderne for at optimere udnyttelsen i boligen og undgå gangareal.

energiberegning

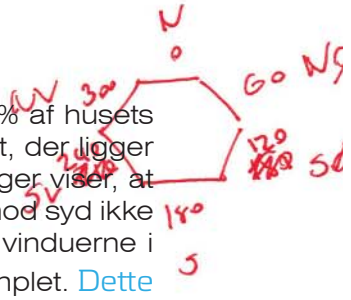
Det laves en PHPP-beregning på et udlagt lejlighedseksempel for at få en indikation af energiforbruget og for at se hvordan forskellige lejligheder skal apteres. PHPP-beregningen er dog møntet på hele bygninger. Konkret betyder dette, at hvis bygningen skal passivhus-certificeres, skal der laves en beregning over hele bygningen, den samlede facade med de åbninger der findes, det samlede beboede areal, alle meter linietab, alt intern belastning osv. Det vil i givet fald være en meget omfattende beregning. En PHPP-beregning kan dog anvendes til at betragte mikroklimaet i en enkelt lejlighed ved at lave nogle små antagelser. Beregningen kan give et fingerpeg om energiforbruget, hvor vinduer skal placeres, deres størrelser, samt om der skal tilføres elementer til at skygge for vinduerne for at undgå overophedning.



En PHPP-beregning på den viste lejlighed viser, at hyppigheden for overophedning over 25° C om sommeren vil være ca. 40%, og energiforbruget til opvarmning er ca. 25 kWh/m2 pr. år, se appendix A. Disse tal skal dog tages med en vis skepsis, da det ikke er en reel PHPP-beregning, som der vil blive foretaget på et parcelhus. Blandt andet er det ikke muligt at få overflader til at pege mod en klimazone lig den indre, og derved reelt have et energitab på nul.

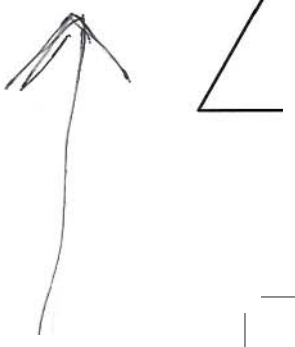
Hvis man efterligner en situation, hvor energitabet er praktisk talt nul (u-værdi tæt på 0 W/(Km2)) igennem gulvet og loftet og halverer u-værdien for de vægge, som ikke ligger ud til facaden, stiger dette tal til omkring 70% og energiforbruget til opvarmning er på omkring de 6 kWh/m2 pr. år, se appendix B. I begge beregninger dannes der 100% skygge for alle vinduerne, når der er risiko for overophedning

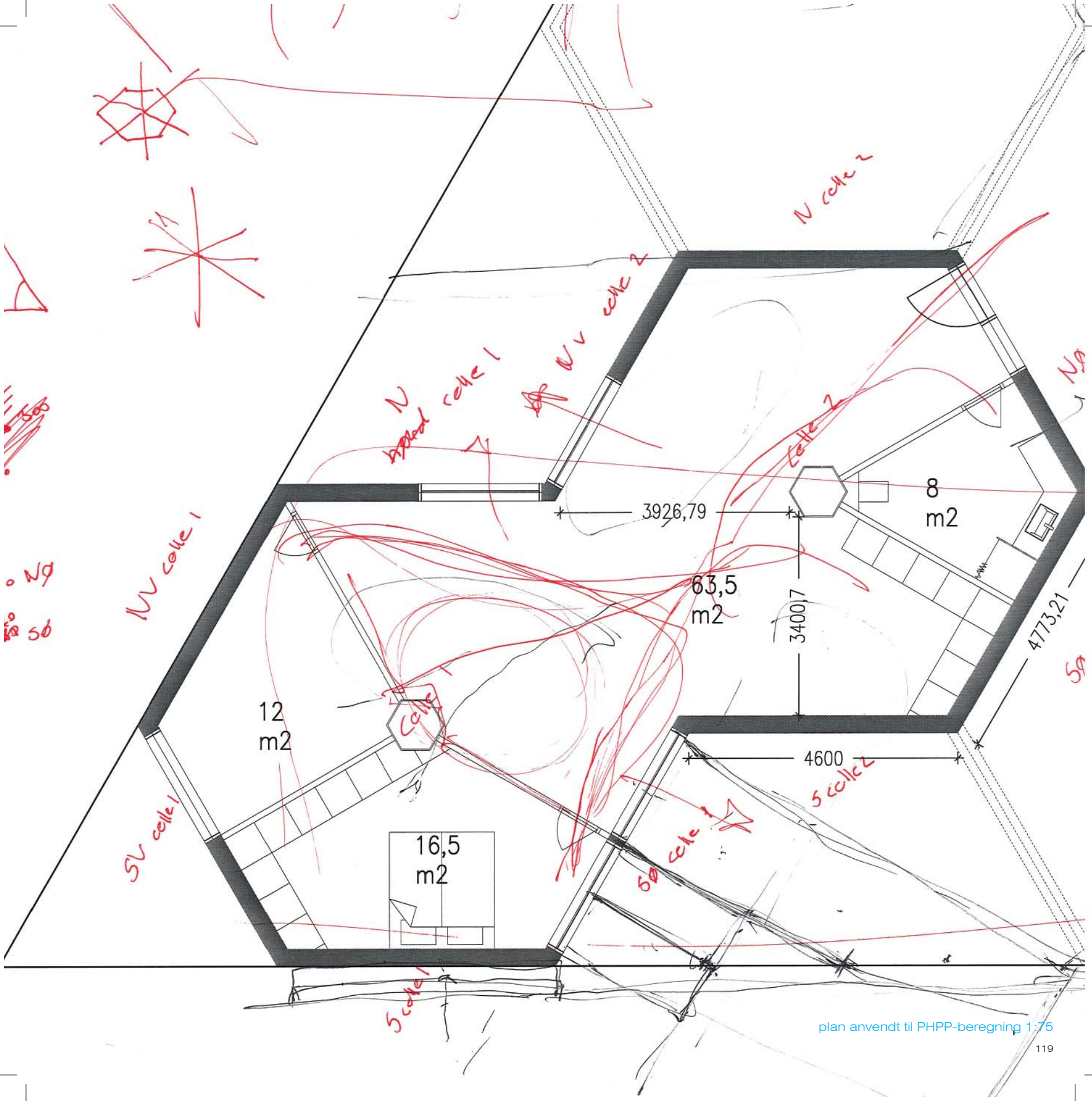
Beregningerne indikerer, at bygningens største problem er køling. Energibehovet til køling ligger omkring de 21 kWh/km pr. år, altså væsentligt over energibehovet til opvarmning. I beregningen er der ikke taget højde for naturlig ventilation i varme perioder. Hvordan den naturlige ventilation tænkes ind i bygningen gennemgås i et senere afsnit. Er denne ventilation ikke tilstrækkelig til at få temperaturen ned og derved undgå overophedning, kan andre kølende teknikker tænkes ind i byggeriet, eksempelvis at man hentede kulde fra undergrunden eller grundvandet. En mulighed kan også være at anvende rodzoneanlæggene til at køle boligerne ned.



vinduer

Placeringen og størrelsen af vinduer har stor betydning i et passivhus. Som hovedregel anbefales det at 40% af husets vinduesflade orienteres mod syd af hensyn til udnyttelse af solens energi. Da et passivhus betragtes som det, der ligger indenfor facaden, så man kan ikke anvende denne retningslinje for boligerne. Næsten tvært imod, beregninger viser, at bygningens største udfordring er at nedbringe temperaturen inde i boligen, hvorved vinduer placeret direkte mod syd ikke kan anbefales. Bygningens opbygning giver, med sine mange vinklede facader, rig mulighed for at vende vinduerne i andre retninger og derved få tilført rigeligt af naturligt lys til lejlighederne, som i lejligheden fra beregningseksemplet. Dette efterlader også sydfacaden til energiproduktion, hvorved den store mængde energi, vi lukker ude af boligen, alligevel bliver udnyttet og kommer til gavn.





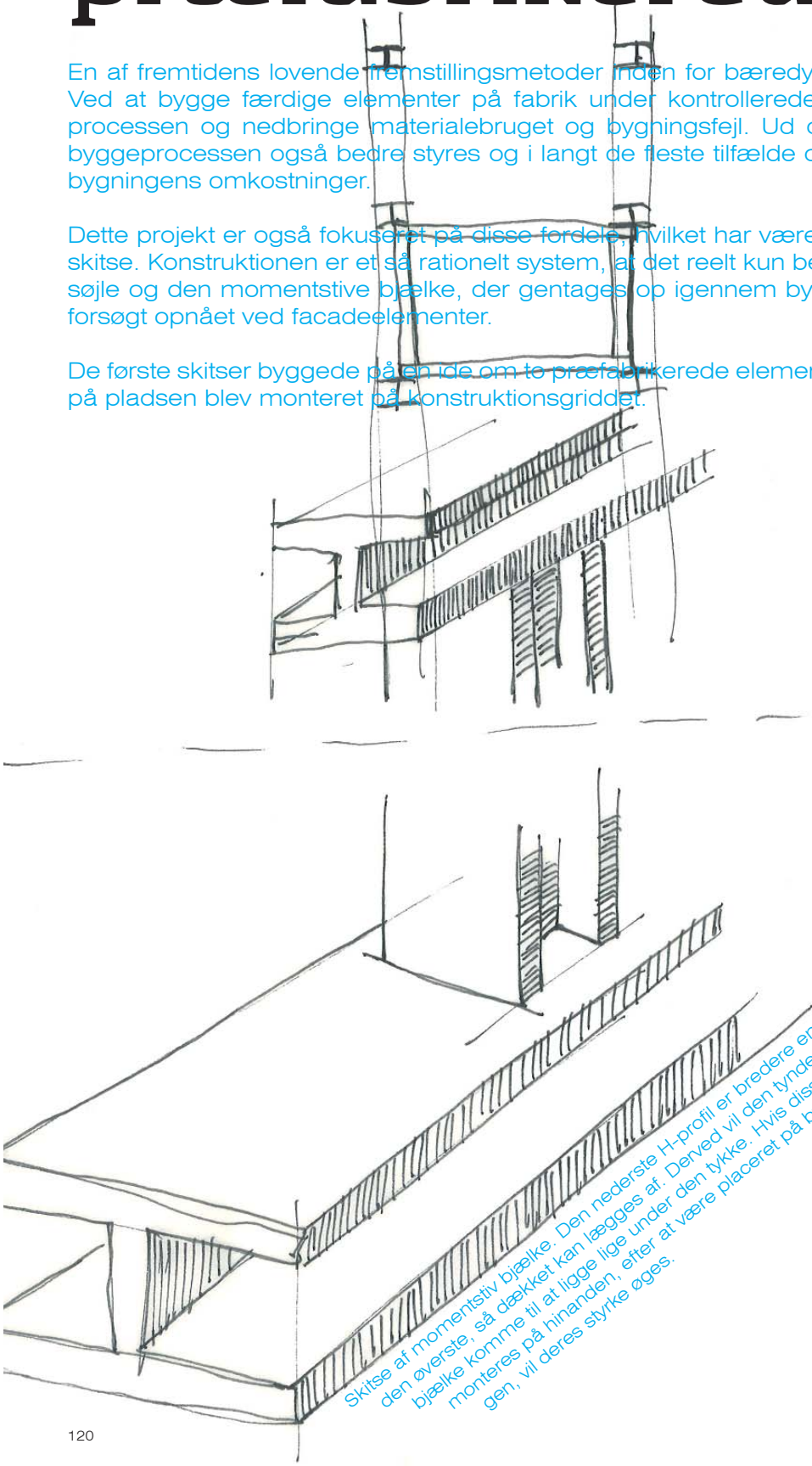
plan anvendt til PHPP-beregning 1:75

præfabrikerede elementer

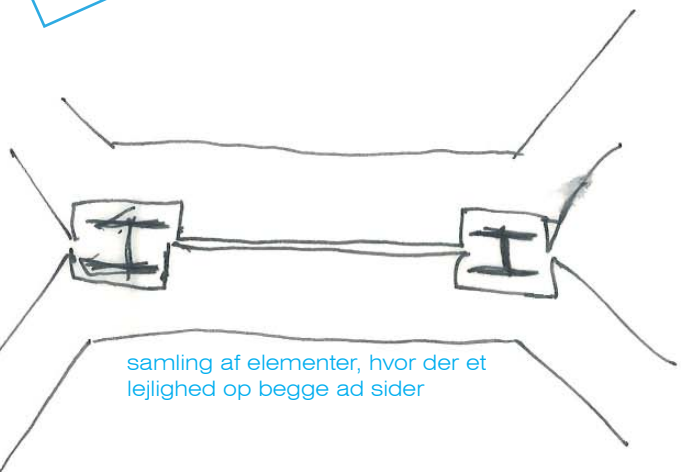
En af fremtidens lovende fremstillingsmetoder inden for bæredygtigt byggeri er præfabrikation. Ved at bygge færdige elementer på fabrik under kontrollerede forhold kan man bedre styre processen og nedbringe materialebruget og bygningsfejl. Ud over fremstillingprocessen, kan byggeprocessen også bedre styres og i langt de fleste tilfælde optimeres og derved nedbringe bygningens omkostninger.

Dette projekt er også fokuseret på disse fordele, hvilket har været et styrende element fra første skitse. Konstruktionen er et så rationelt system, at det reelt kun består af to forskellige elementer, søjle og den momentstive bjælke, der gentages op igennem bygningen. Samme rationalitet er forsøgt opnået ved facadeelementer.

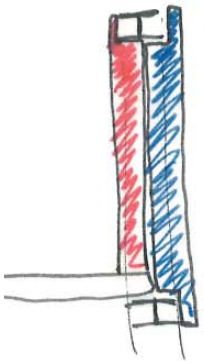
De første skitser byggede på en ide om to præfabrikerede elementer, en inder- og yderside, som på pladsen blev monteret på konstruktionsgriddet.

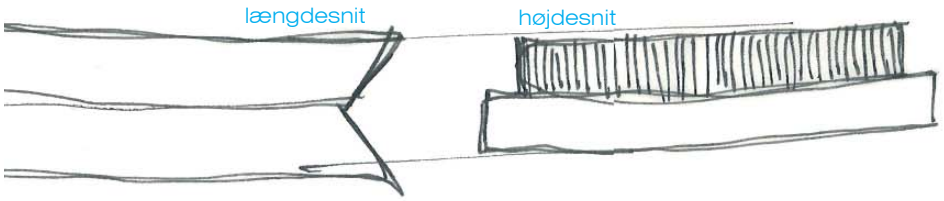


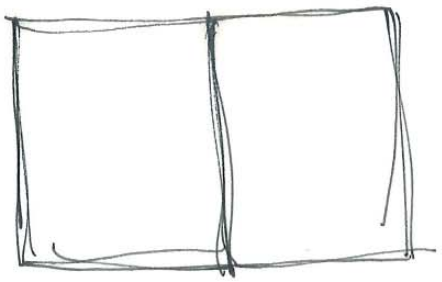
Skitse af momentstiv bjælke. Den nederste H-profil er bredere end den øverste, så dækket kan lægges af. Derved vil den tynde bjælke komme til at ligge lige under den tykke. Hvis disse monteres på hinanden, efter at være placeret på bygningen, vil deres styrke øges.

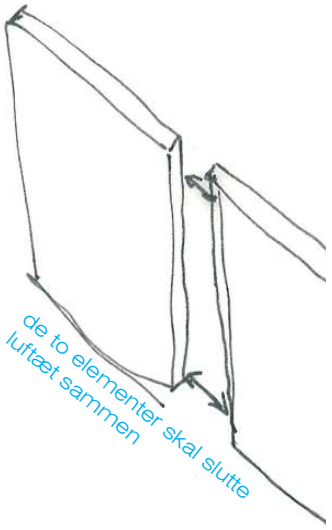


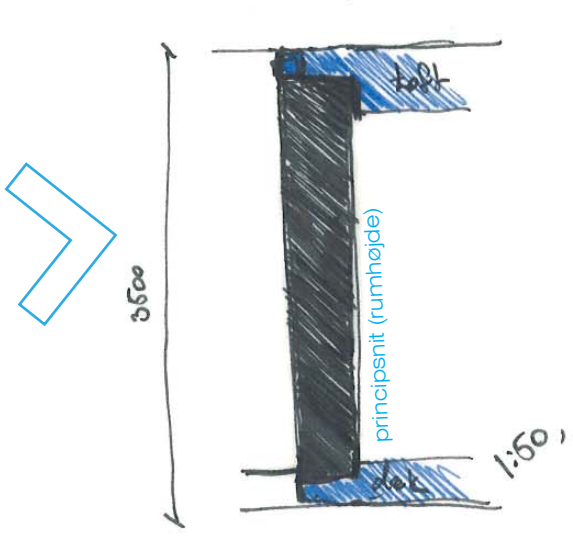
samling af elementer, hvor der et lejlighed op begge ad sider

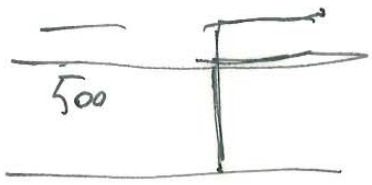




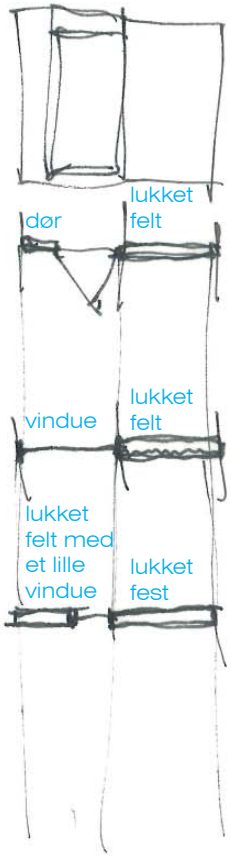


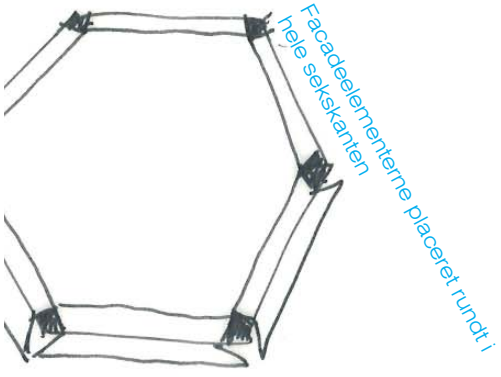






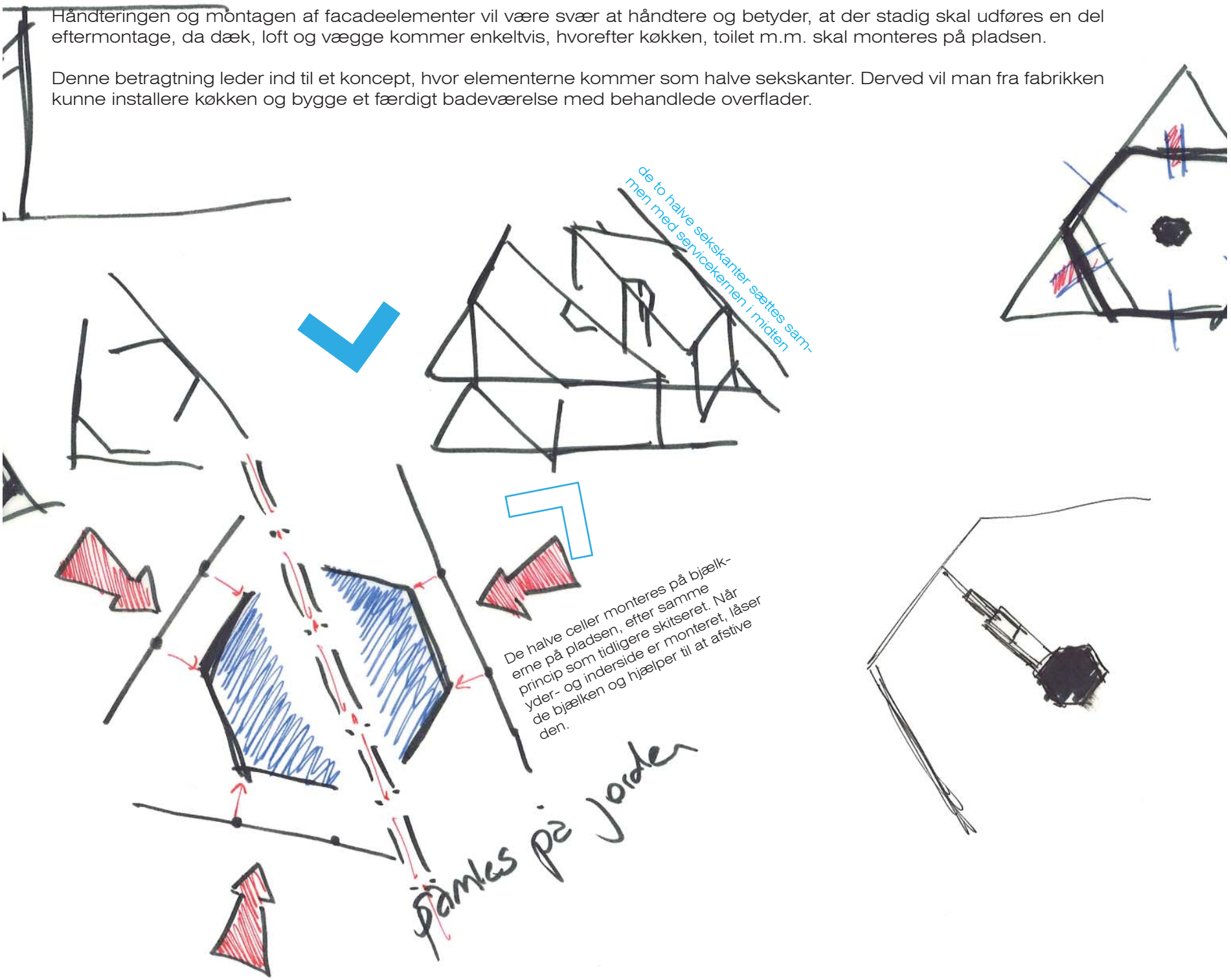
Skitser hvor hvert element er sammensat af to halve elementer, der kan sammensættes efter ønske og give en høj grad af fleksibilitet i opbygningen af de forskellige lejlighedstyper. Nogle elementer vil bestå af to lukkede felter, eks. elementer orienteret direkte mod syd. Andre bestå af et lukket felt og et vindue, andre af et lukket fest og et lukket felt med et lille vindue osv.

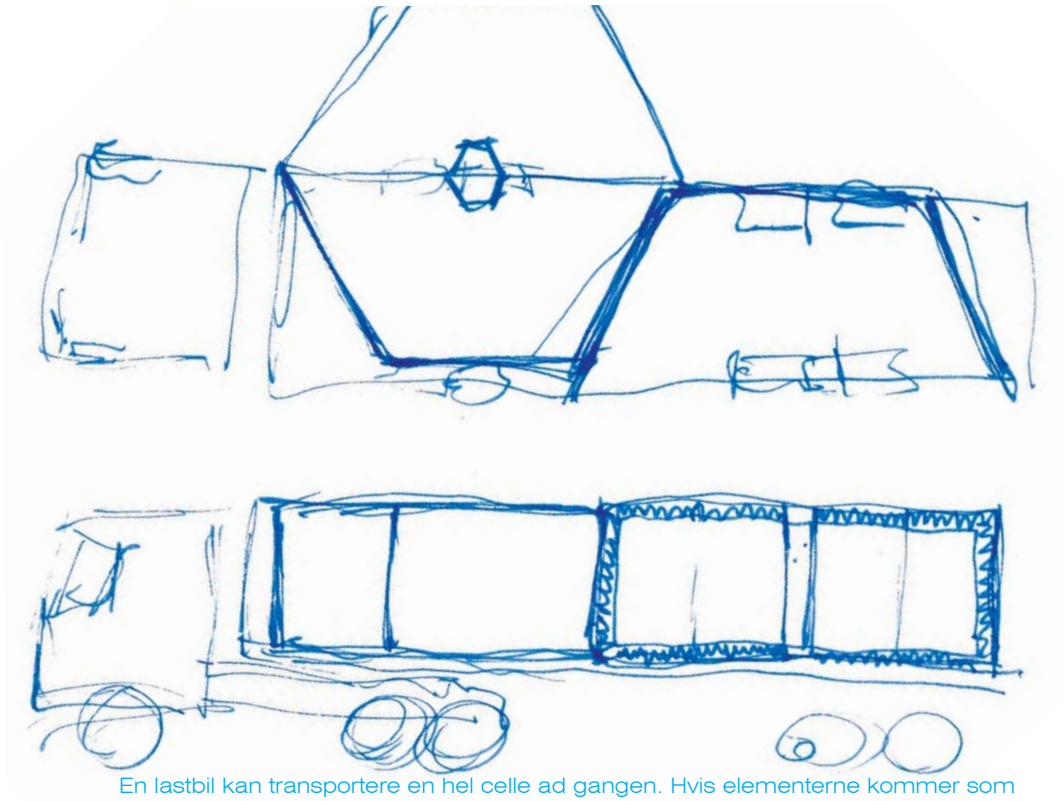




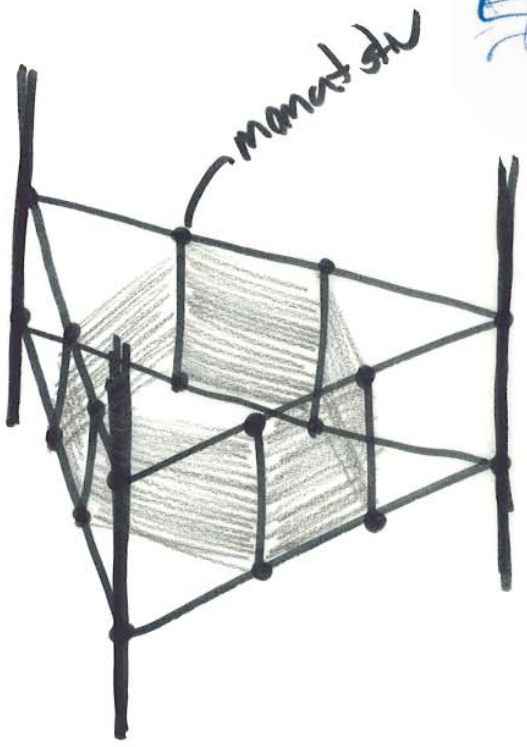
Håndteringen og montagen af facadeelementer vil være svær at håndtere og betyder, at der stadig skal udføres en del eftermontage, da dæk, loft og vægge kommer enkeltvis, hvorefter køkken, toilet m.m. skal monteres på pladsen.

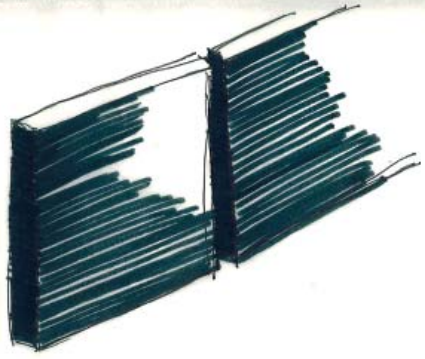
Denne betragtning leder ind til et koncept, hvor elementerne kommer som halve sekskanter. Derved vil man fra fabrikken kunne installere køkken og bygge et færdigt badeværelse med behandlede overflader.

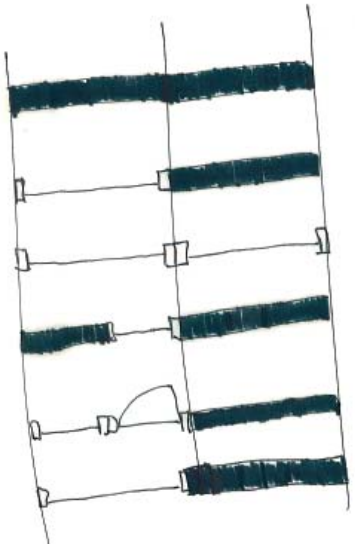




En lastbil kan transportere en hel celle ad gangen. Hvis elementerne kommer som enkeltstykker, transporteres der meget luft på denne måde. Til gengæld, vil det være en hurtigere byggemetode og mængden af spild vil kunne minimeres yderligere. Desuden er det lettere at sikre sig mod byggefejl, især i samlingerne der skal være lufttætte, da der på denne måde er langt færre samlinger, der skal foretages på pladsen.

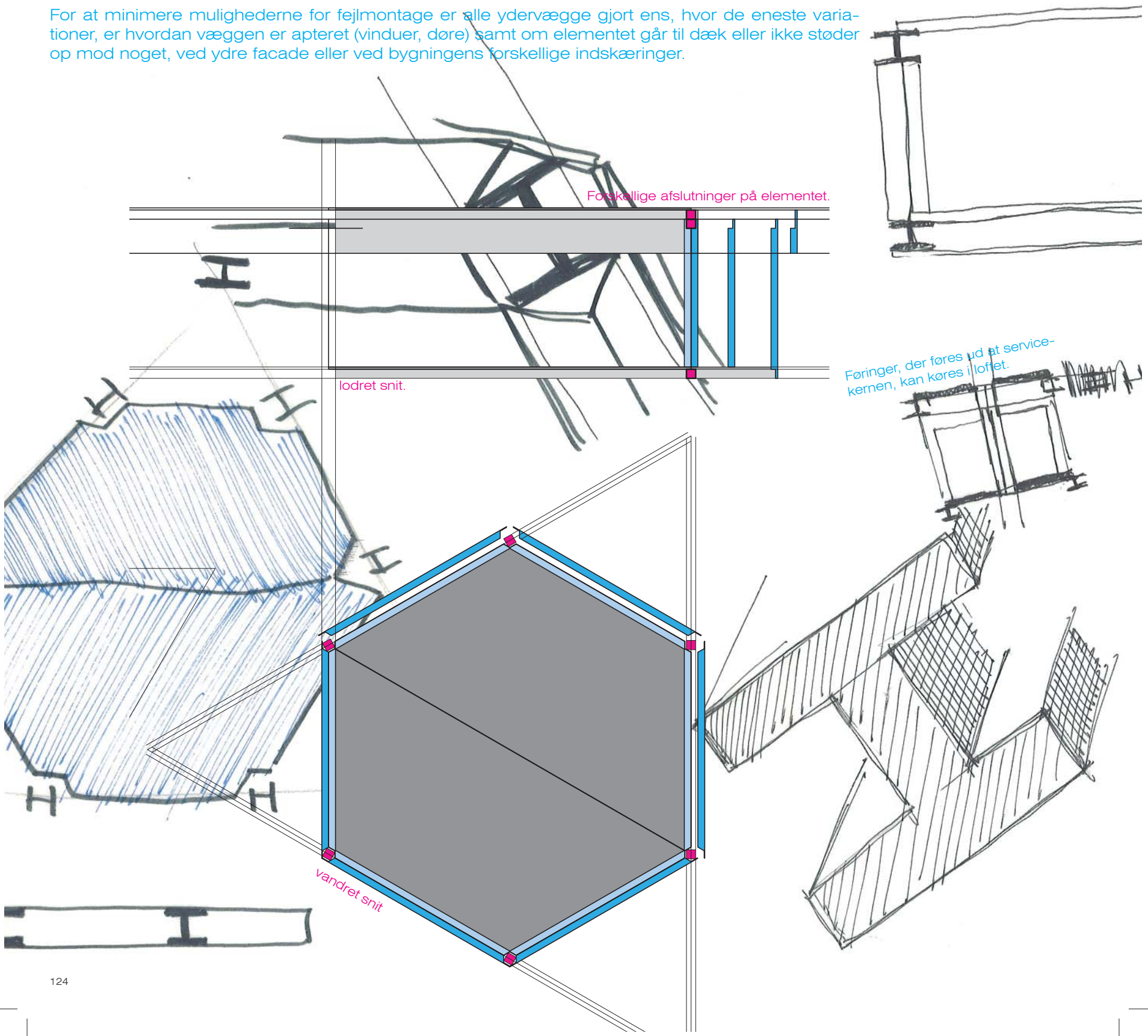


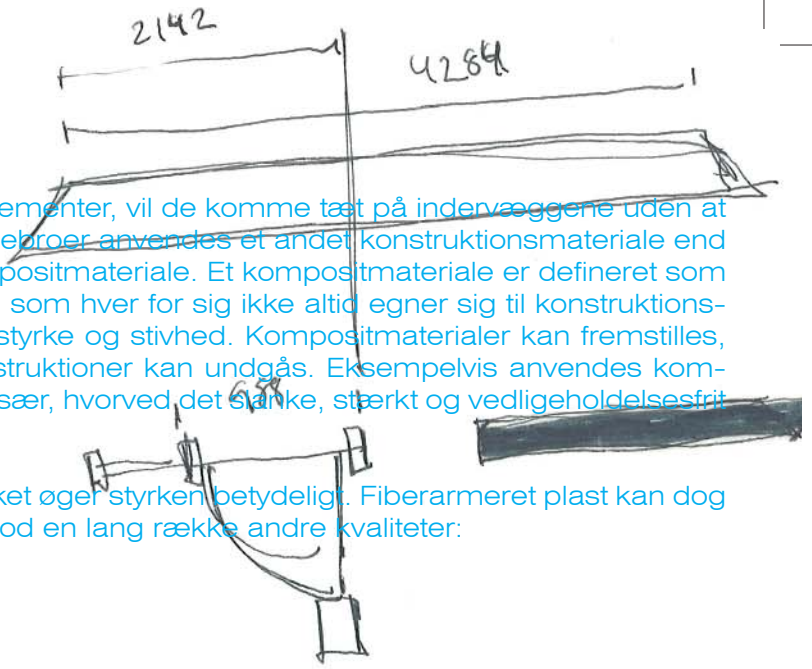




Samling af konstruktion 25/6-08 AL

For at minimere mulighederne for fejlmontage er alle ydervægge gjort ens, hvor de eneste variationer, er hvordan væggen er apteret (vinduer, døre) samt om elementet går til dæk eller ikke støder op mod noget, ved ydre facade eller ved bygningens forskellige indskæringer.

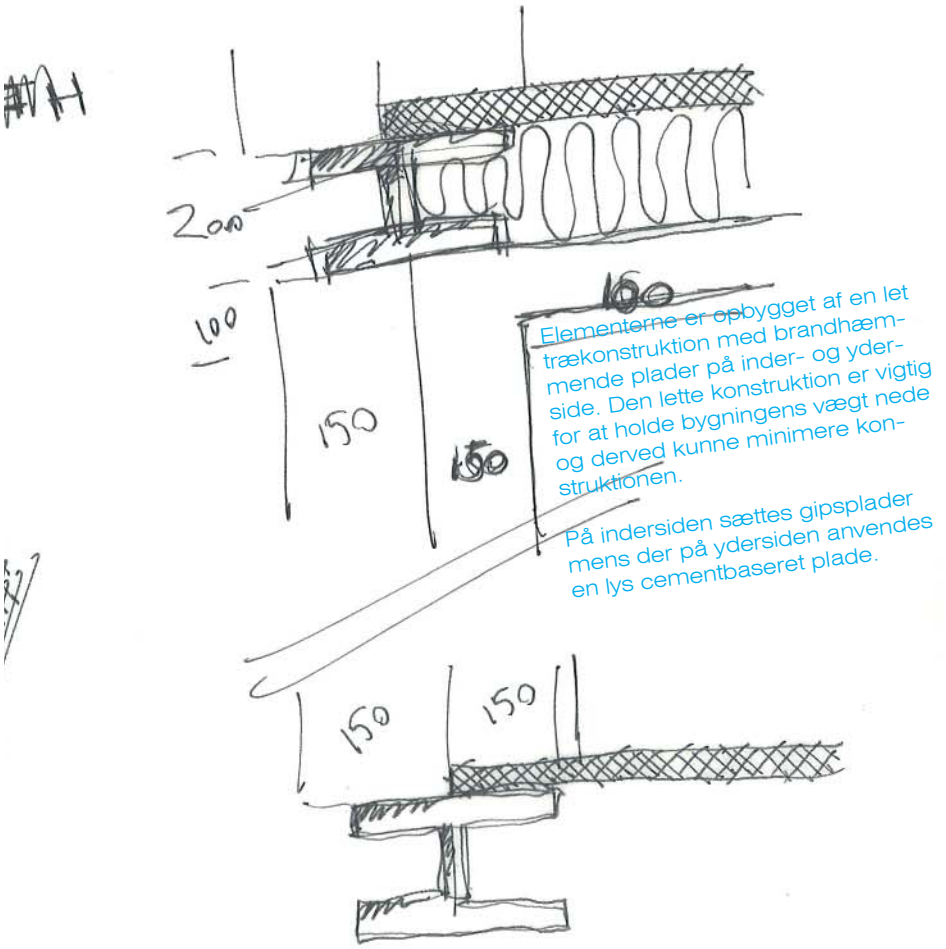




Da konstruktionselementerne føres igennem de præfabrikerede elementer, vil de komme tæt på indervæggene uden at der kan udføres den nødvendige isolering. For at undgå disse kuldebroer anvendes et andet konstruktionsmateriale end det oplagte: stål. I stedet anvendes det industrielt fremstillede kompositmateriale. Et kompositmateriale er defineret som et materiale, der er sammensat af mindst to forskellige materialer, som hver for sig ikke altid egner sig til konstruktionsformål, men som i kombination resulterer i et materiale med høj styrke og stivhed. Kompositmaterialer kan fremstilles, så det har en minimal varmeledeevne, hvorved kuldebroer i konstruktioner kan undgås. Eksempelvis anvendes kompositmaterialer ofte i vinduesrammer, inden for passivhus-vinduer især, hvorved det slanke, stærkt og vedligeholdelsesfrit vindueskarm med lav u-værdi er muligt at fremstille.

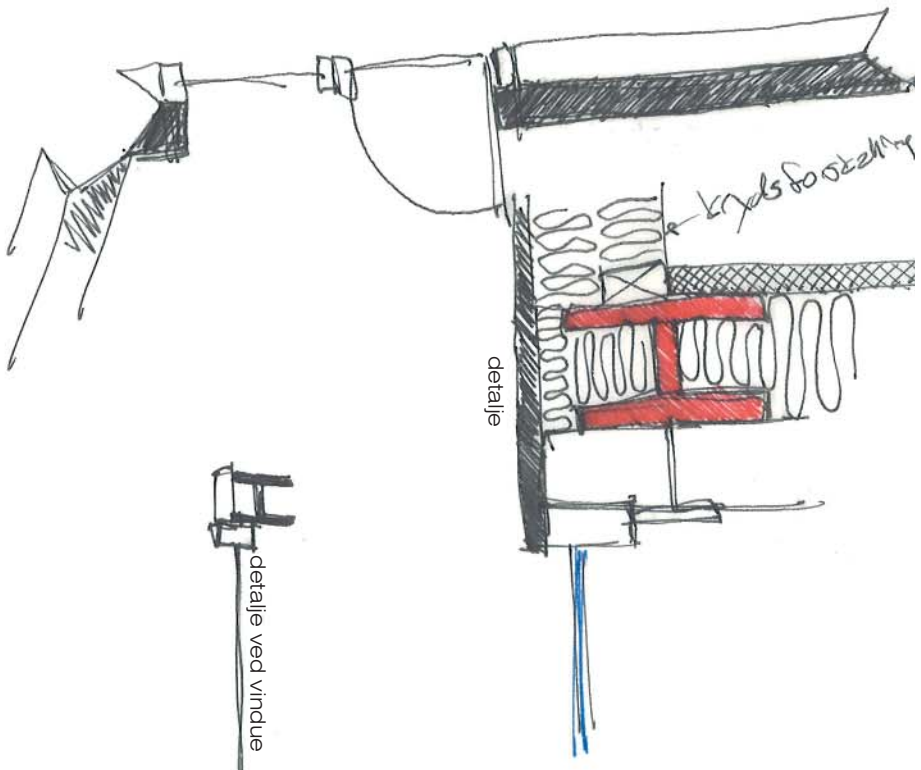
Der anvendes en såkaldt fiberforstærket plast med lange fibre, hvilket øger styrken betydeligt. Fiberarmeret plast kan dog stadig ikke konkurrere med stål hvad angår styrke, men har derimod en lang række andre kvaliteter:

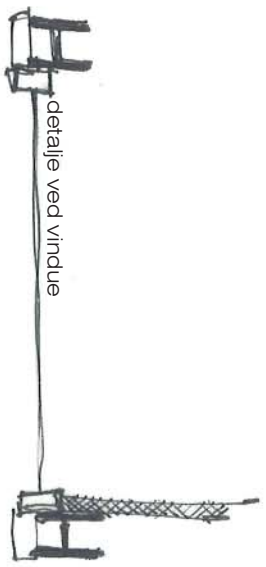
- Lav vægt
- Lave vedligeholdelsesomkostninger
- Ikke energitung at fremstille
- Kan genbruges eller afskaffes uden risiko for miljø



Elementerne er opbygget af en let trækonstruktion med brandhæmmende plader på inder- og yderside. Den lette konstruktion er vigtig for at holde bygningens vægt nede og derved kunne minimere konstruktionen.

På indersiden sættes gipsplader mens der på ydersiden anvendes en lys cementbaseret plade.





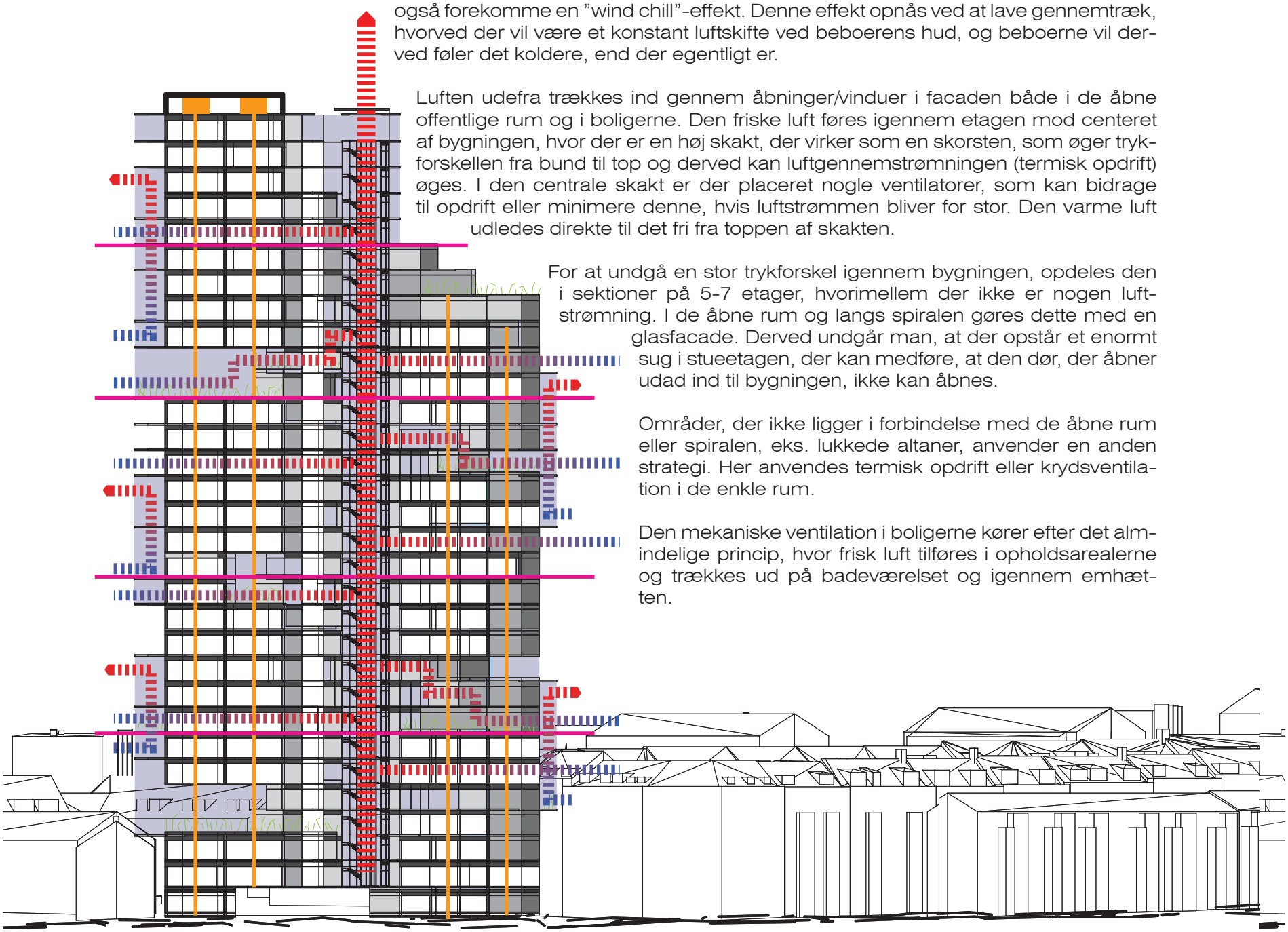
facade elementer
25/6-06
AL

ventilation

Som energiberegningen indikerer, vil der i boligen være stor sandsynlighed for overophedning. Ved at anvende naturlig ventilation vil risikoen minimeres. Desuden vil naturlig ventilation i form af manuelstyrede åbninger i boligen (vinduer) tilføre brugeren en frihed og medbestemmelse over indeklimaet i boligen, i et ellers meget kontrolleret miljø.

sommer

Risiko for overophedning vil forekomme om sommeren. Derfor er ventilationsstrategien i de varme perioder at udskifte den interne luft med luft udefra, der oftest vil være køligere. Ud over den konkrete nedkøling ved koldere luft, så vil der også forekomme en "wind chill"-effekt. Denne effekt opnås ved at lave gennemtræk, hvorved der vil være et konstant luftskifte ved beboerens hud, og beboerne vil derved føler det koldere, end der egentligt er.



Luften udefra trækkes ind gennem åbninger/vinduer i facaden både i de åbne offentlige rum og i boligerne. Den friske luft føres igennem etagen mod centeret af bygningen, hvor der er en høj skakt, der virker som en skorsten, som øger trykforskellen fra bund til top og derved kan luftgennemstrømningen (termisk opdrift) øges. I den centrale skakt er der placeret nogle ventilatorer, som kan bidrage til opdrift eller minimere denne, hvis luftstrømmen bliver for stor. Den varme luft udledes direkte til det fri fra toppen af skakten.

For at undgå en stor trykforskel igennem bygningen, opdeles den i sektioner på 5-7 etager, hvorimellem der ikke er nogen luftstrømning. I de åbne rum og langs spiralen gøres dette med en glasfacade. Derved undgår man, at der opstår et enormt sug i stueetagen, der kan medføre, at den dør, der åbner udad ind til bygningen, ikke kan åbnes.

Områder, der ikke ligger i forbindelse med de åbne rum eller spiralen, eks. lukkede altaner, anvender en anden strategi. Her anvendes termisk opdrift eller krydsventilation i de enkle rum.

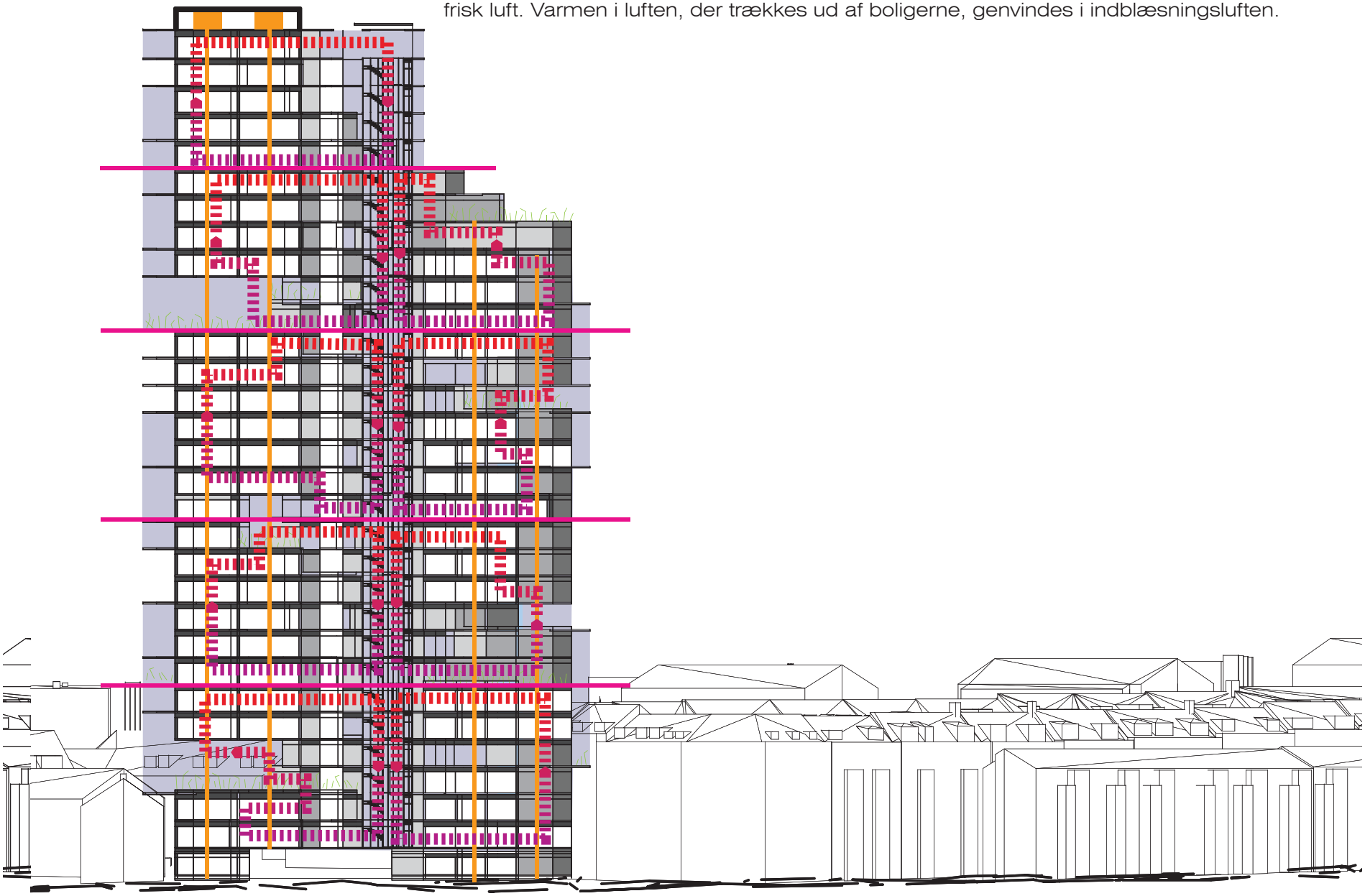
Den mekaniske ventilation i boligerne kører efter det almindelige princip, hvor frisk luft tilføres i opholdsarealerne og trækkes ud på badeværelset og igennem emhætten.

vinter

Om vinteren er problemstillingen anderledes. Her ønskes den varme luft at forblive inde i bygningen, hvilket medfører en anden strategi. Boligerne får tilført varme fra ventilationsanlægget og fra solen, mens åbne rum og spiralen får sin primære varme fra solen og sekundært fra det lille varmeudslip, der er fra cellerne.

Den varme luft i det åbne rum vil lægge sig øverst i de opdelte sektioner, hvorfra de trækkes ind i midterskakten. Her er ventilatorerne sat til at rotere den modsatte vej, hvorved flowet bliver nedadrettet. Derved vil den varme luft blive presset ned igennem bygningen, og den udledes i bunden af sektionerne, hvorfra de igen vil begynde en opdrift. Derved vil den varme luft cirkulere i hele bygningen og opretholde en behagelig opholdstemperatur.

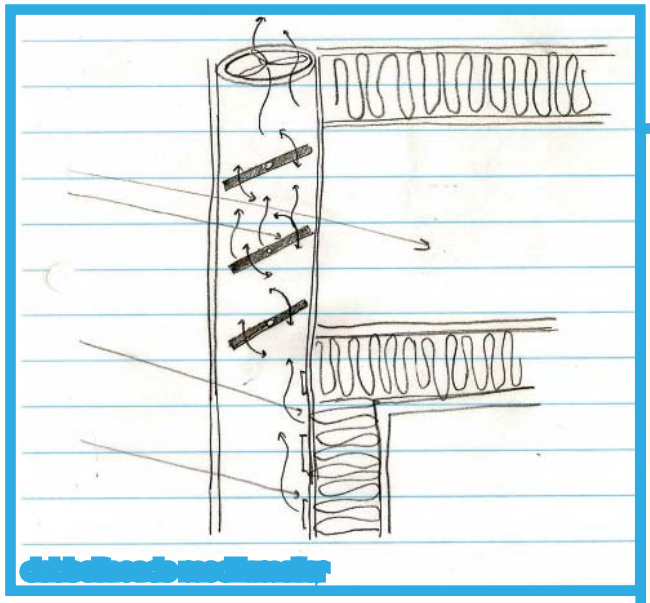
Boligerne kan anvende forvarmet luft fra lukkede altaner til yderligere at få tilført varme og frisk luft. Varmen i luften, der trækkes ud af boligerne, genvindes i indblæsningsluften.

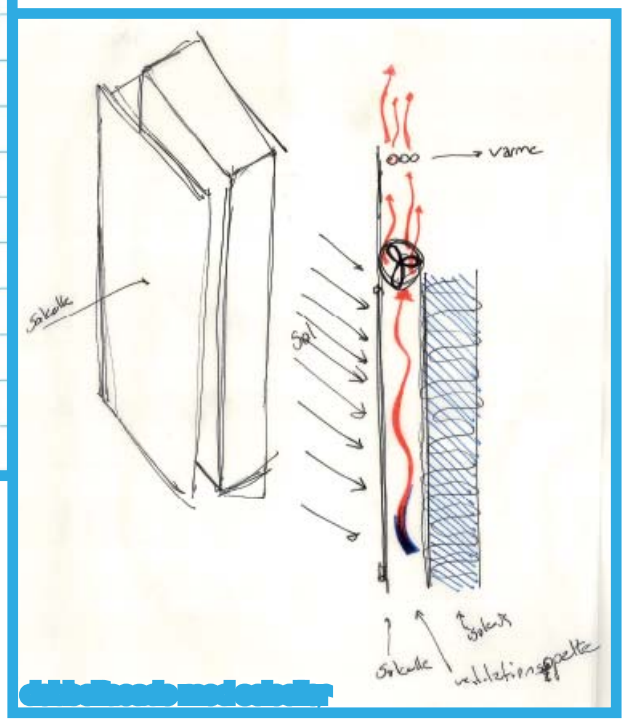


energiproduktion

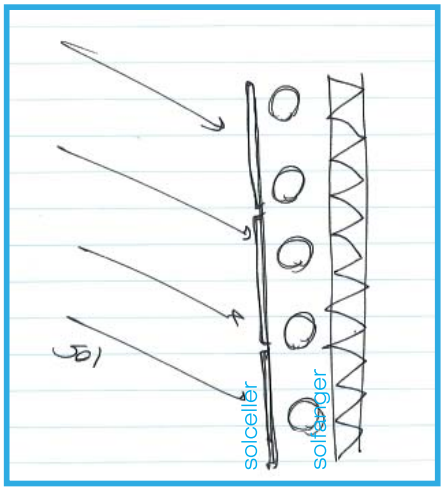
Bygningsfacaden består at to lag. Det inderste lag, hvilket er ydersiden af cellerne og den ydre facade, skallen, som består af glas. Princippet er, at ved at lave en altomsluttende glasfacade, vil man kunne få et højere udbytte af solens energi. Den energi, som rammer lukkede felter, især på sydfacaden, vil via solceller blive omdannet til elektricitet. Mens solens stråler vil fortsætte ind i bygningen, hvor facaden er åben og bidrage til den interne opvarmning.

De førte skitser på facaden omhandler tekniske løsninger af en dobbeltfacade bestående af to lag glas, hvorimellem der ligger lameller med solceller foran huller ind til bygningen. Disse lameller vil afskærme solens stråler og forhindre overophedning samtidig med, at de producerer energi. Hvor der ikke er åbninger bag den dobbelte glasfacade, vil almindelige solceller være placeret uden lamellerne. Den varme luft, der ville blive dannet mellem de to glas, vil stige til vejrs og kan drive små vindmøller.

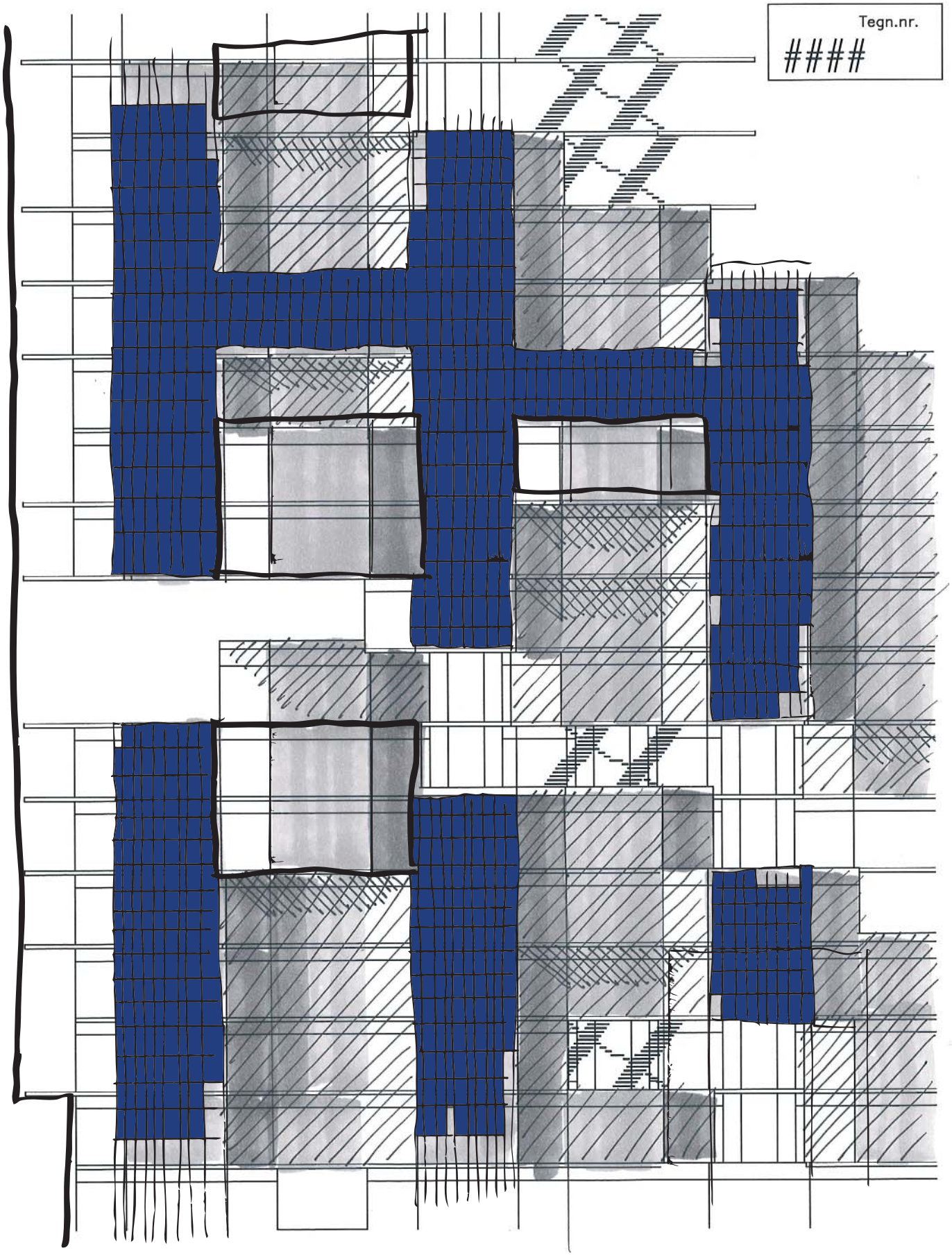




Dette vil dog være forholdsvist dyrt og måske ikke så energieffektivt, da solceller er mest produktive, hvis de er kolde. Så ved at placere dem imellem to glasplader, vil de hurtigt blive overophedet og miste deres effekt. I stedet anvendes et element, som både indeholder solceller og solfanger, dvs. at det både producerer elektricitet og varme, som kan anvende til opvarmning af brugsvand og indblæsningsluft i ventilationsanlægget. Disse elementer placeres på cellernes facade, når de ligger ud til facaden med en attraktiv orientering.



Kombinationen af solfanger og solceller fungerer ved, at cellerne placeres på ydersiden og bliver bestrålet direkte af solen. Ud over at producere elektricitet udvikler cellerne en masse varme, som solfangeren bagved udnytter til opvarmning samtidig med, at den nedkøler solcellerne og derved øger deres effektivitet. På facaden vil de blive placeret som vist på illustrationen på modsatte side.



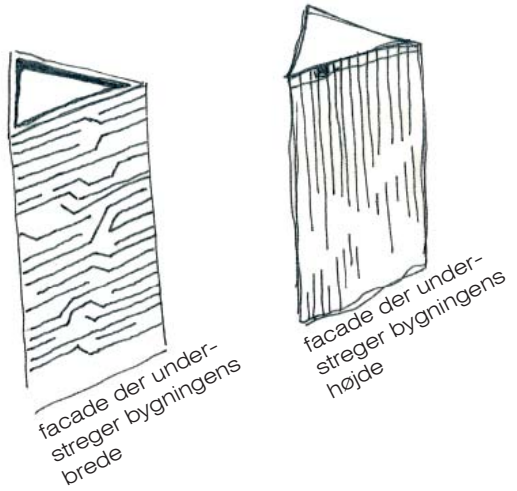
placering af anlæg med solcelle og solfanger på sydvendte facader

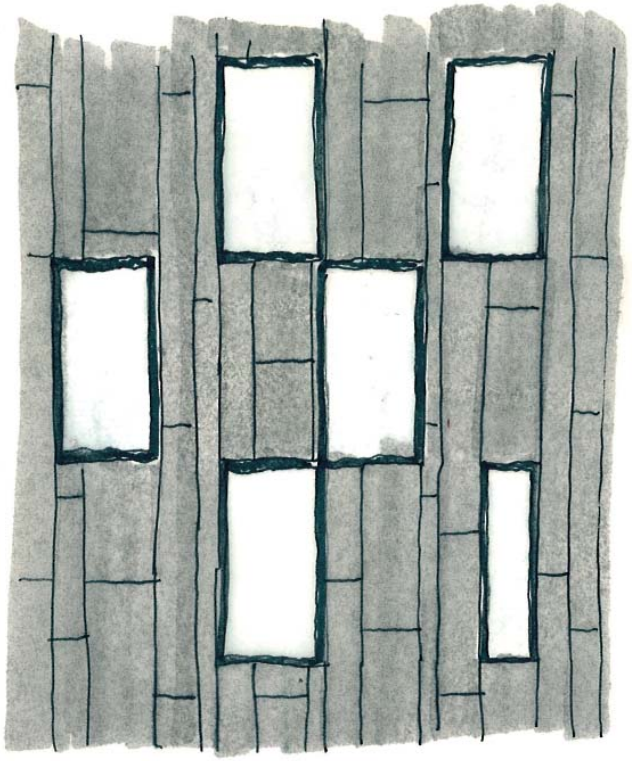
facade

Bygningens facade har flere funktioner, ud over at være den beskyttende skal for bygningens indre elementer, så skal den også kunne anvendes til energiproduktion.

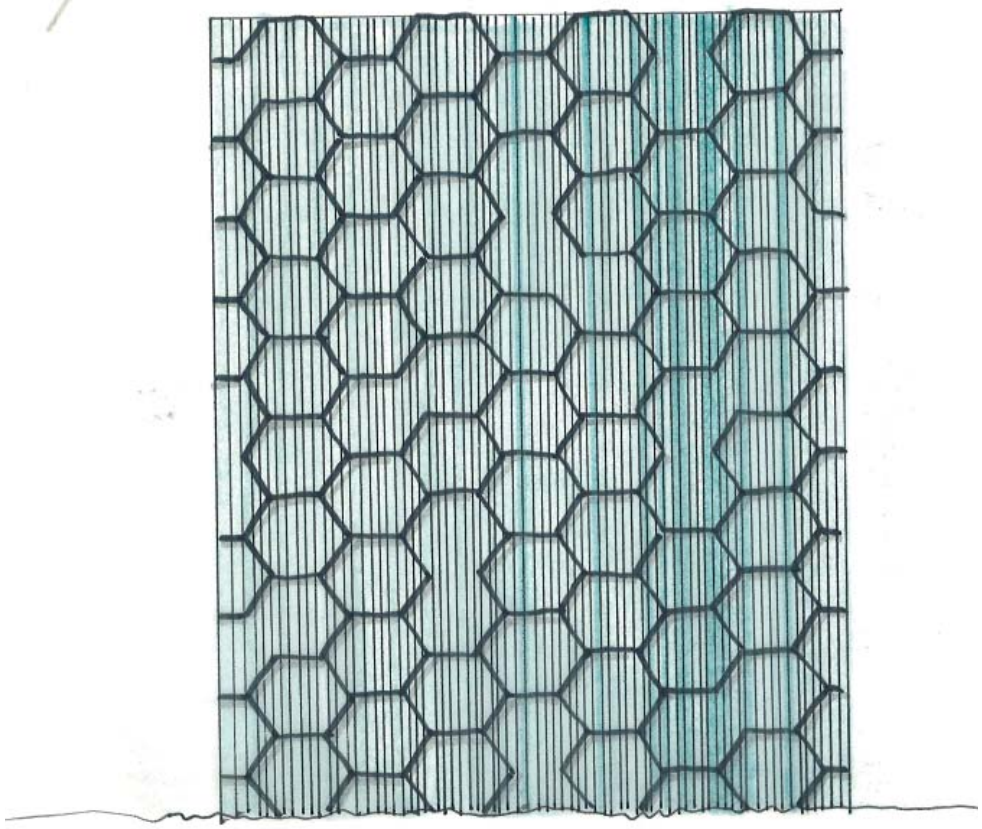
Af hensyn til bygningens karakter og identitet i byen, er facadeudtrykket vigtigt. Bygningen er ret bred i forhold til sin højde, ca. dobbelt så høj som den er bred. Bygningens højde ønskes derfor understreget. Bygningen i sin ro form, har nogle vandrette linier i kraft af sin etageopdeling, men i kraft sin opbygning af sekskanter får den også nogle høje silolignende former på sin ydre facade, kun brudt af de åbne rum.

Da bygningen i høj grad tænkes inde fra og ud, hvor man placere cellerne i forhold til indre rum og deres kvaliteter, skal facaden have en fleksibilitet, då den kan fungere foran mange forskellige rum og formede flader.



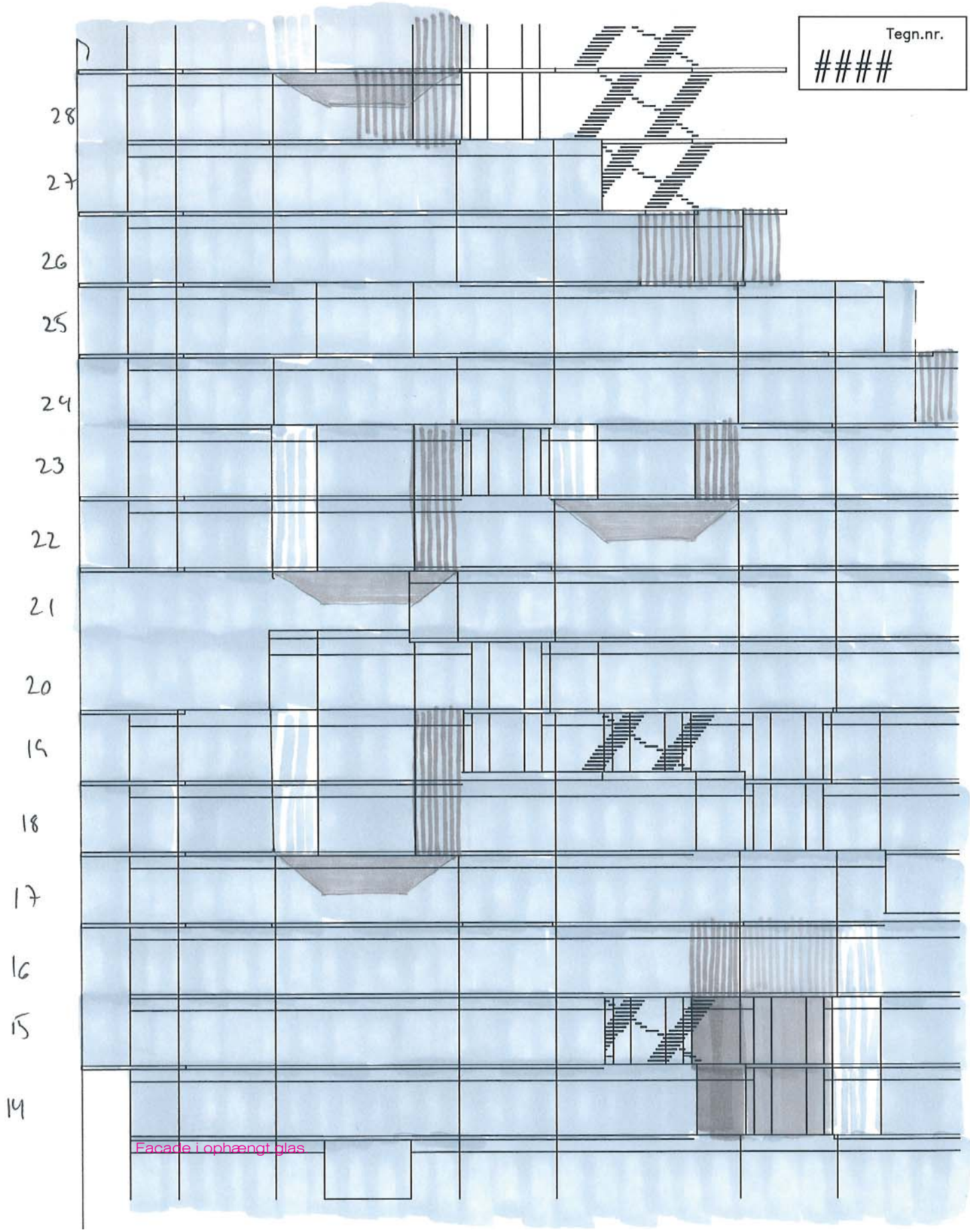


Facadeplader, som sidder med en fast vertikal takt og er skåret horisontalt. Hvert facadeelement af samme type (lukket flade, halv lukket flade halt vindue osv.) har samme mønster. Variationen opstår nor forskellige elementer sættes ovenpå hinanden. Facadeudtrykket bliver derved et resultat af cellernes indretning.



Facadestruktur opbygget bag et bærende gitter inspireret af konstruktionens udformning. En konstruktion bygge op af hexagoner er forholdsvis stærk, men mangler fleksibilitet til at optage forskellige sammensætninger af cellerne.

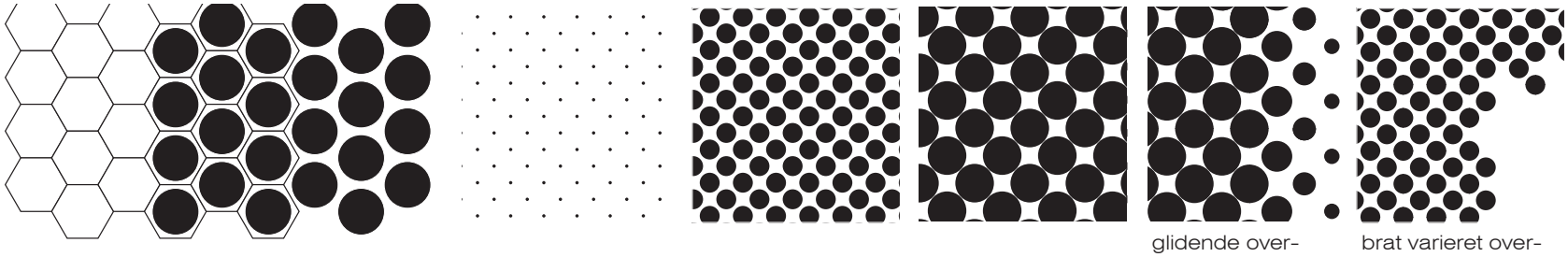
Tegn.nr.
####



skitser af mønstre

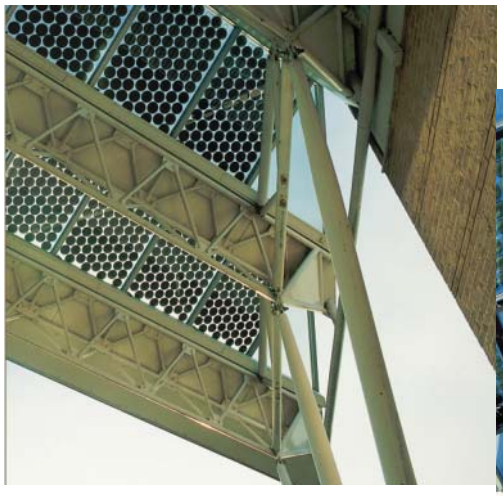
Inspireret af mønsteret sammensatte sekskanter danner og mønsteret på visse solcelle moduler opstod tanken om at belægge næsten hele facaden med mørke runde polykrystallinsk solceller i et optimeret mønster. Det eneste steder der ikke blev belagt var steder med behov for udsyn eller hvor energiproduktionen fra solcellerne ville være for lav eks. nordvendte flader. Dette vil give en spættet facade hvorpå man vil kunne læse bygningen indre funktioner på facaden. Ydermere vil de varmeste facader også være der, hvor der er størst udbytte fra solceller, og hvor man er mindst interesseret i får meget direkte sollys. Her vil solcellerne give en skyggende effekt og mindske risikoen for overophedning. Det skitserede mønster vil dog stadig lade lyd trænge ind i bygningen, lige som det stadigt vil være mulig at orientere sig til en vis grad hvor facaden er helt belagt med solceller.

Da facaden sættes udenpå cellerne behøver deres overflade ikke at opfylde særlige krav overfor vejrpåvirkninger.



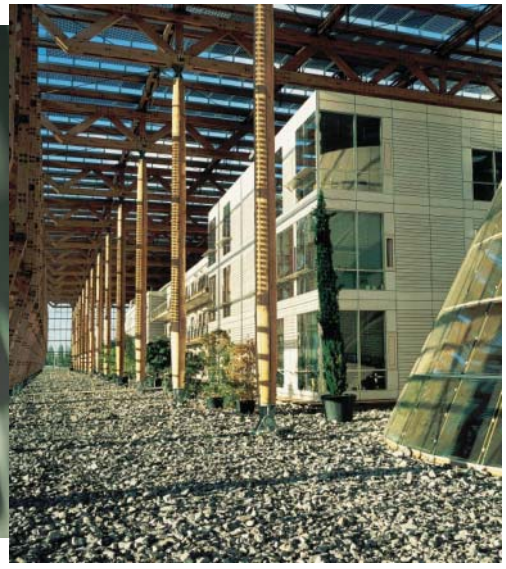
glidende overgang fra solceller til glasåbning

brat varieret overgang fra solceller til glas

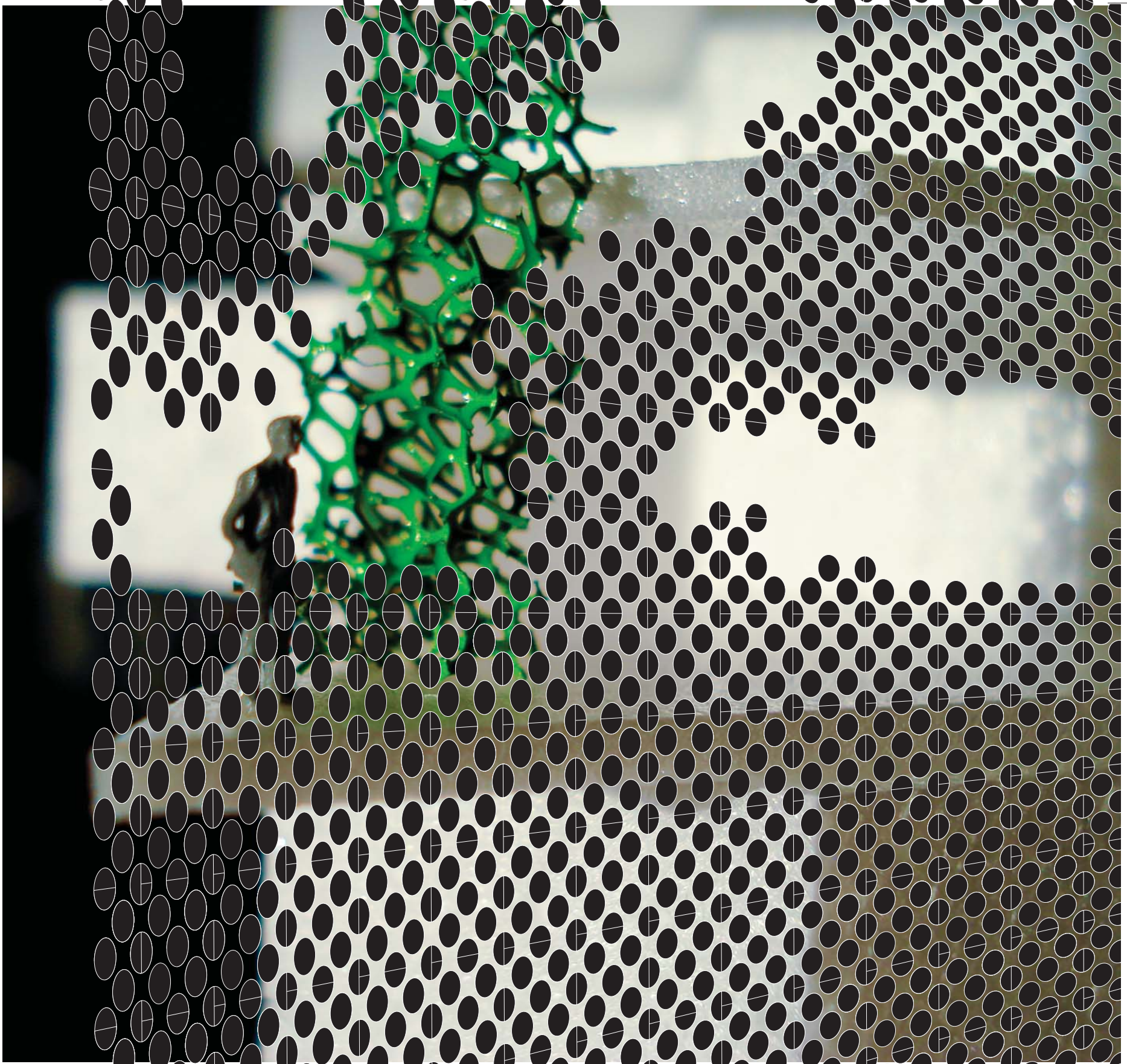


solceller i mønster, Brundtland Centeret, Toftlund, danmark

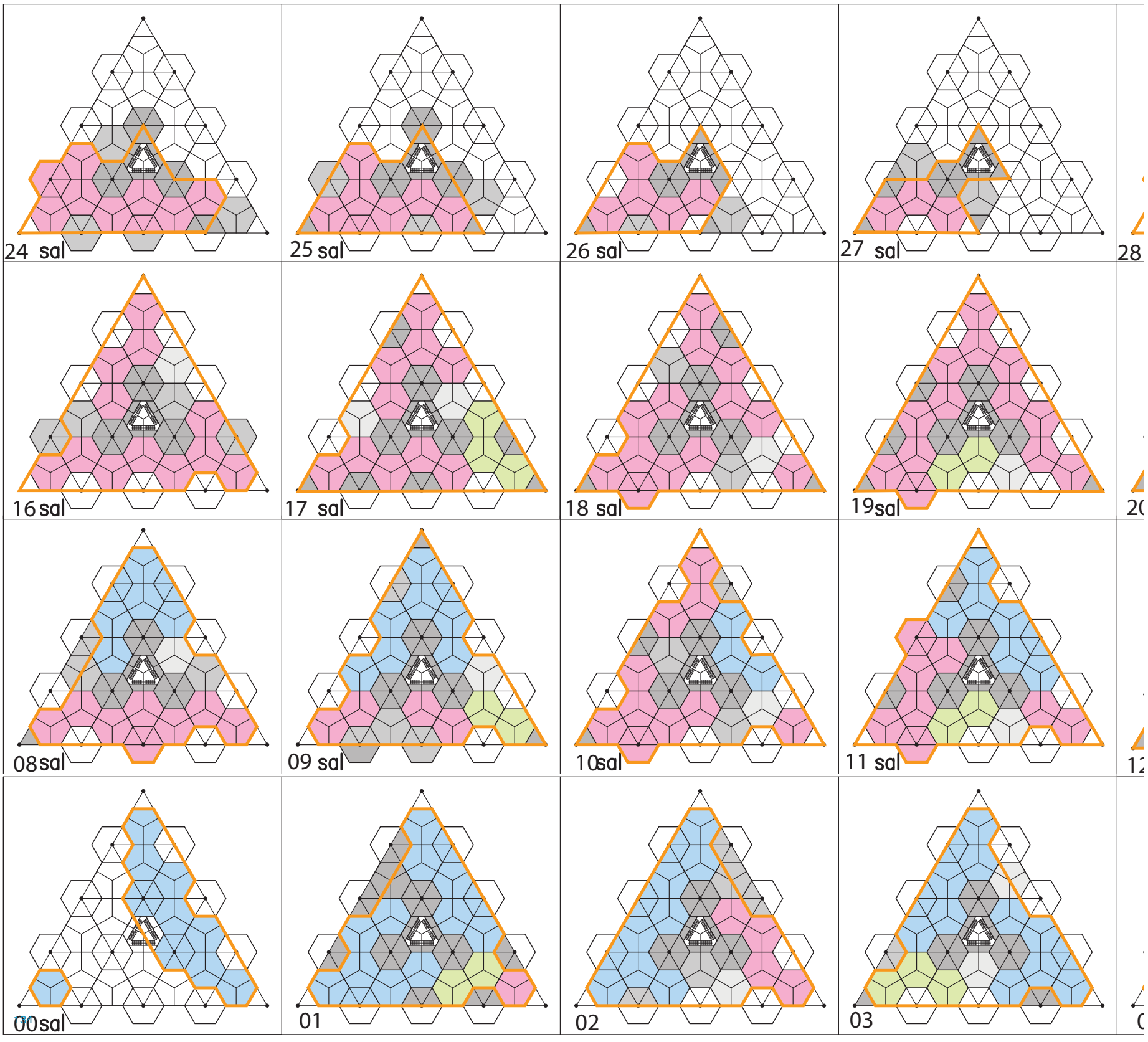
Skygger kastet af solceller i thermoglas, Lærkelængen, Albertslund, Danmark.

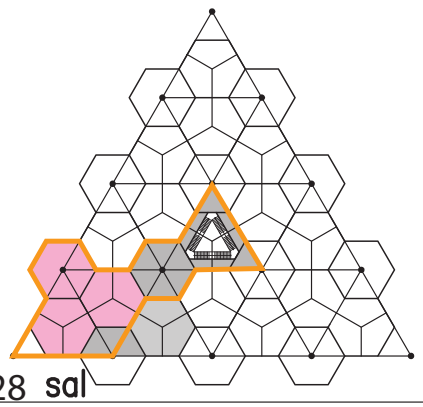


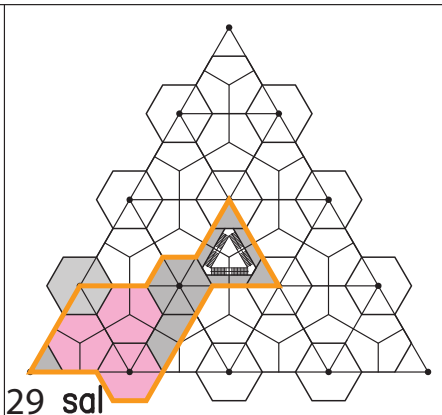
Ydre facade med solceller, Mont-Cenis Centeret, Hern, Tyskland. Centeret består af en række bygninger, som alle ligger inde i en stor bygning af facade. Selv om den ligger langt oppe i Tyskland har de middelhavstemperatur.

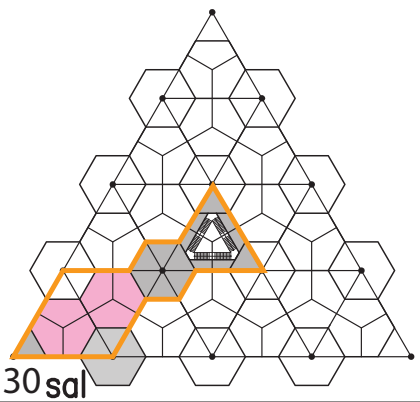


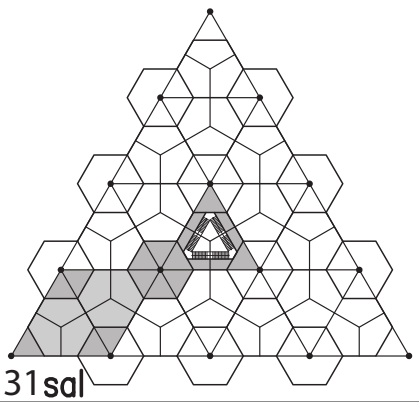
facadens forløb op igennem bygningen

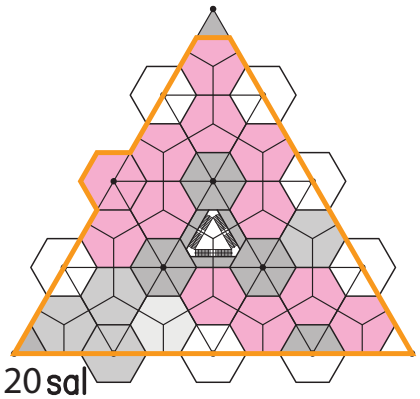


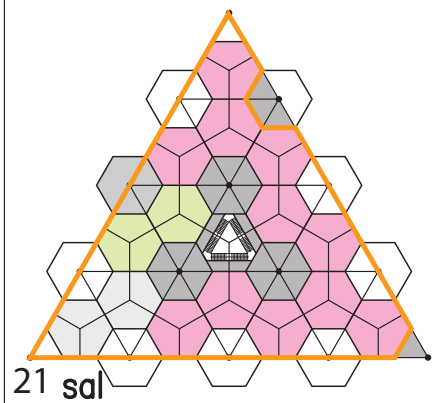

28 sal

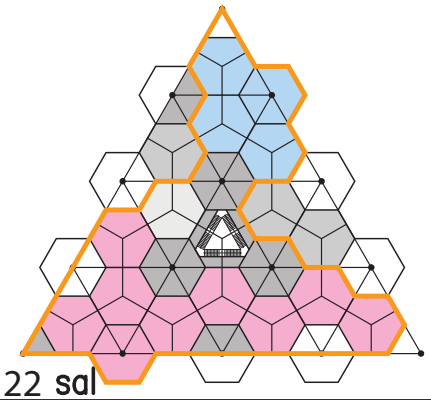

29 sal

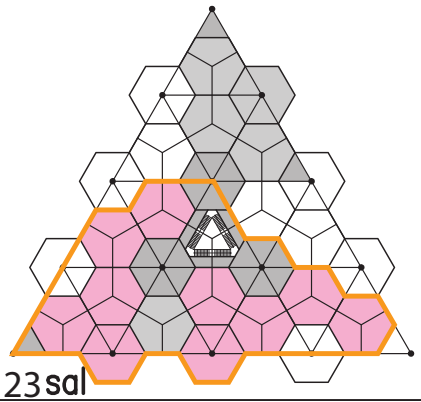

30 sal

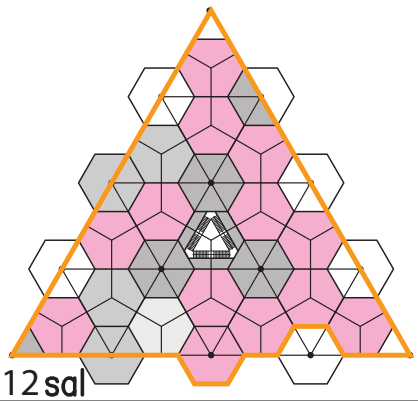

31 sal

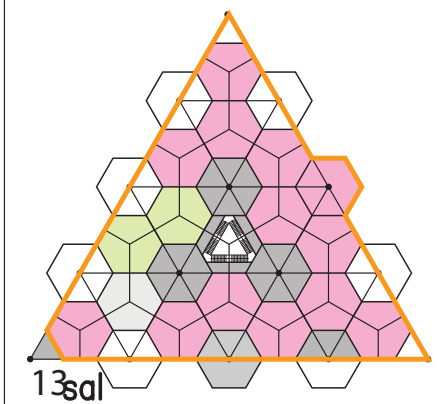

20 sal

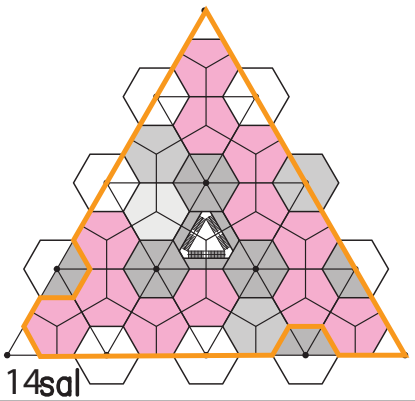

21 sal

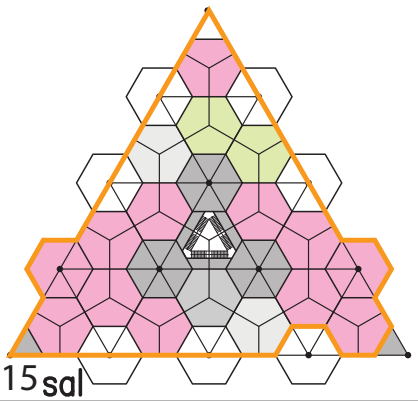

22 sal

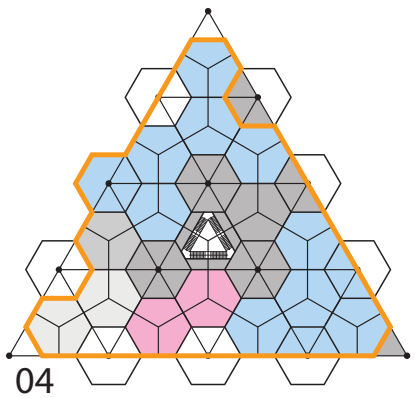

23 sal

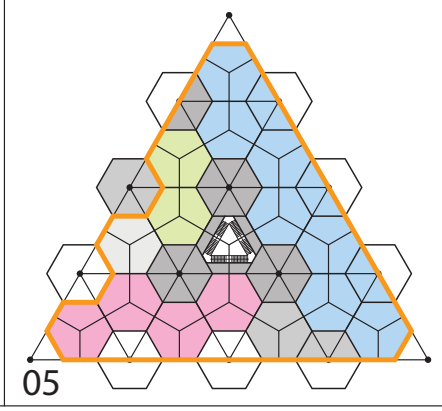

12 sal

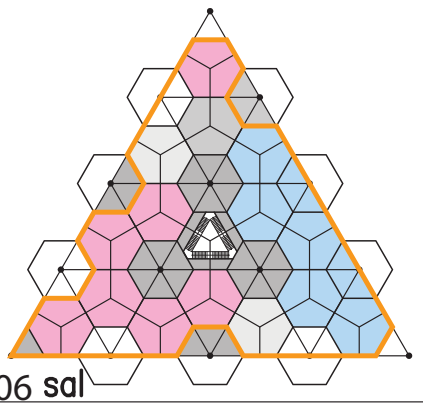

13 sal

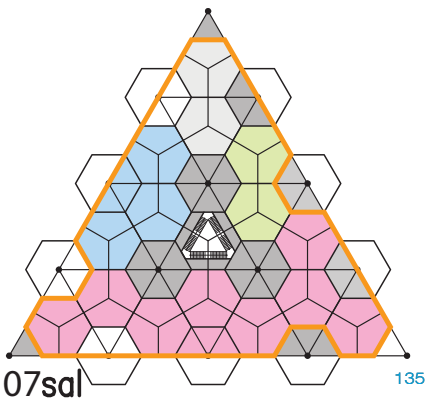

14 sal


15 sal


04


05


06 sal


07 sal

præs

sent

Rapportens præsentationsfase skal ses som en præsentation af konceptet og de muligheder der ligger her samt, hvilke kvalitet konceptet for den skitserede bygning indeholder. Med andre ord kan man sige at afsnittet afspejler konceptets og projektets nuværende stadie.

I de forrige afsnit er bygningen forskellige fokusområder blevet beskrevet mere eller mindre detaljeret. Præsentationen tager udgangspunkt i disse og forsøger at illustrere det i en helhed. Afsnittet viser de illustrative sider af bygningen, mens tegninger i tegningsmappen giver en mere detaljeret indsigt i bygningen. Desuden er bygningen af en sådan størrelse, at detaljeret illustrationer vil blive svært aflæselige i rapportens format, hvorved tegningsmappen ses som et supplement til præsentationsfasen.

I tegningsmappen findes planer, facader og snit

Projektet bygger på nogle teorier og forskellige undersøgelser, hvilket analyseres og udtræk integreres i en løsning. Lige nu er rapportens problemstilling, bæredygtig udvikling, højaktuel. Udviklingen er indenfor mange områder først lige startet, hvoraf denne opgave bygger på nogle af dem. Derfor kan denne opgave betegnes som under stadig udvikling, men præsenter her sit nuværende stadie.

Der er intet endeligt mål for den bæredygtige udvikling.

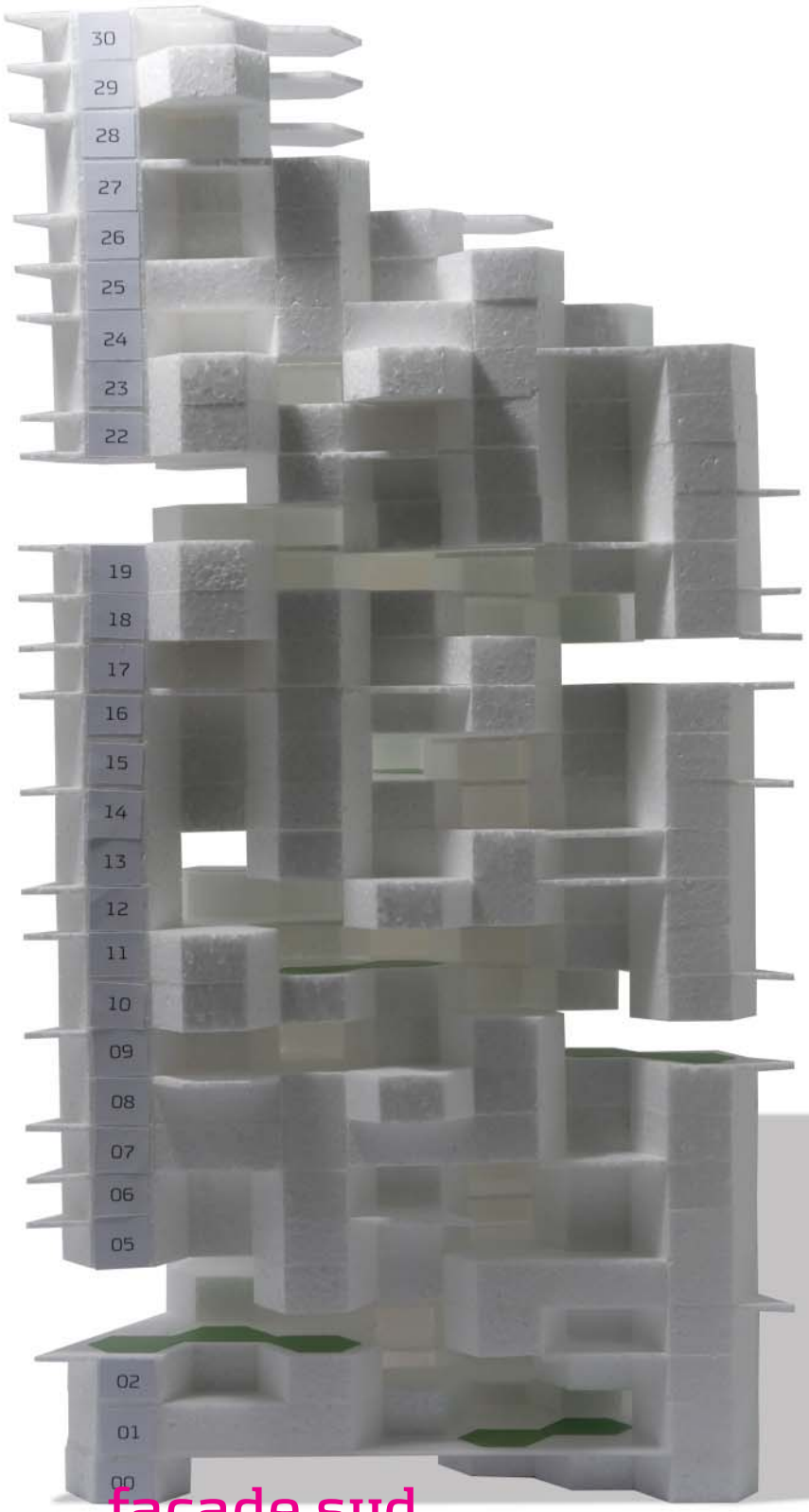
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
09
08
07
06
05
02
01
00

bygningen i byen

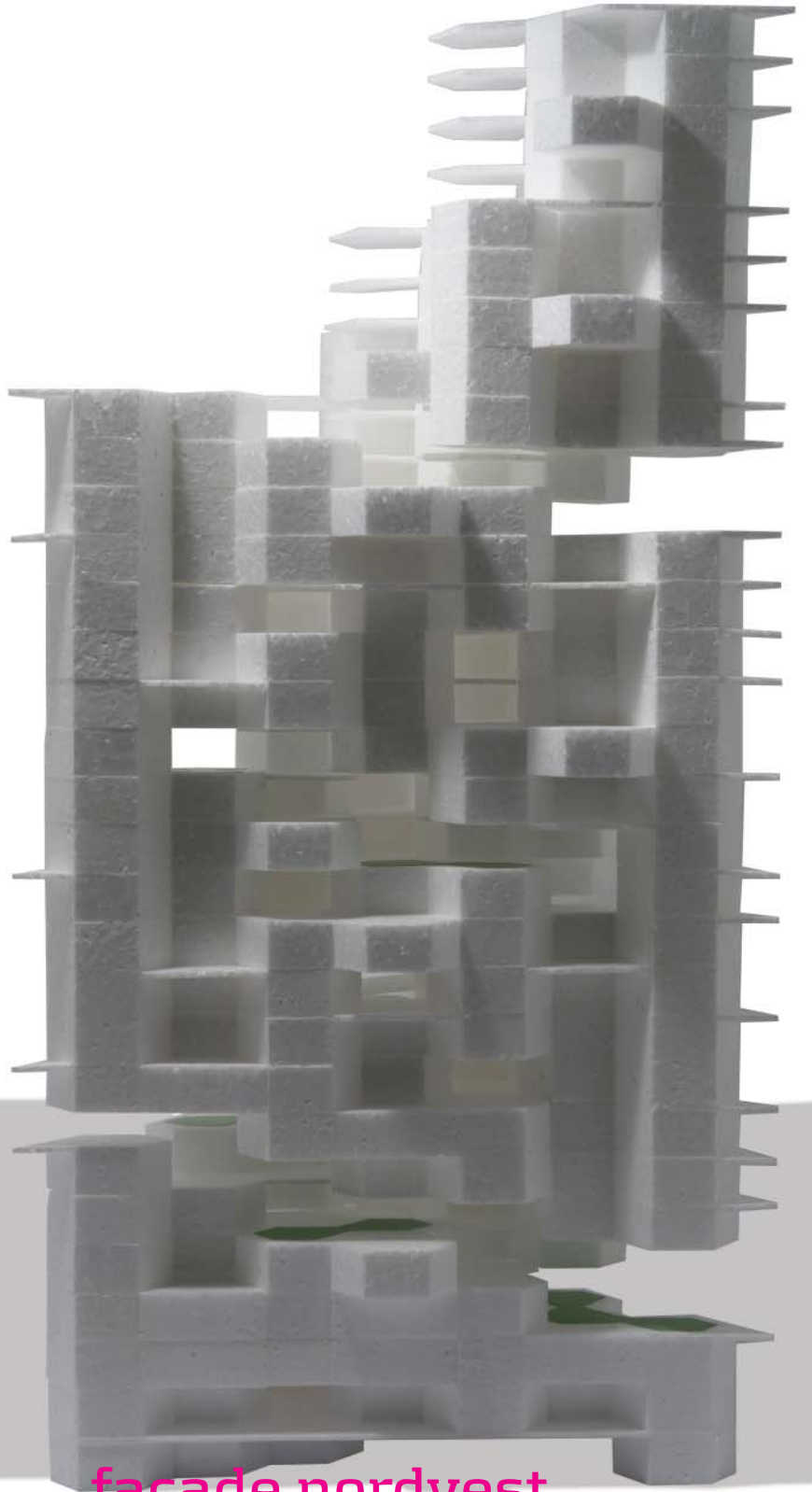
billedet viser ankomsten fra Skanderborgvej

billedet viser ankomsten fra Åhavevej

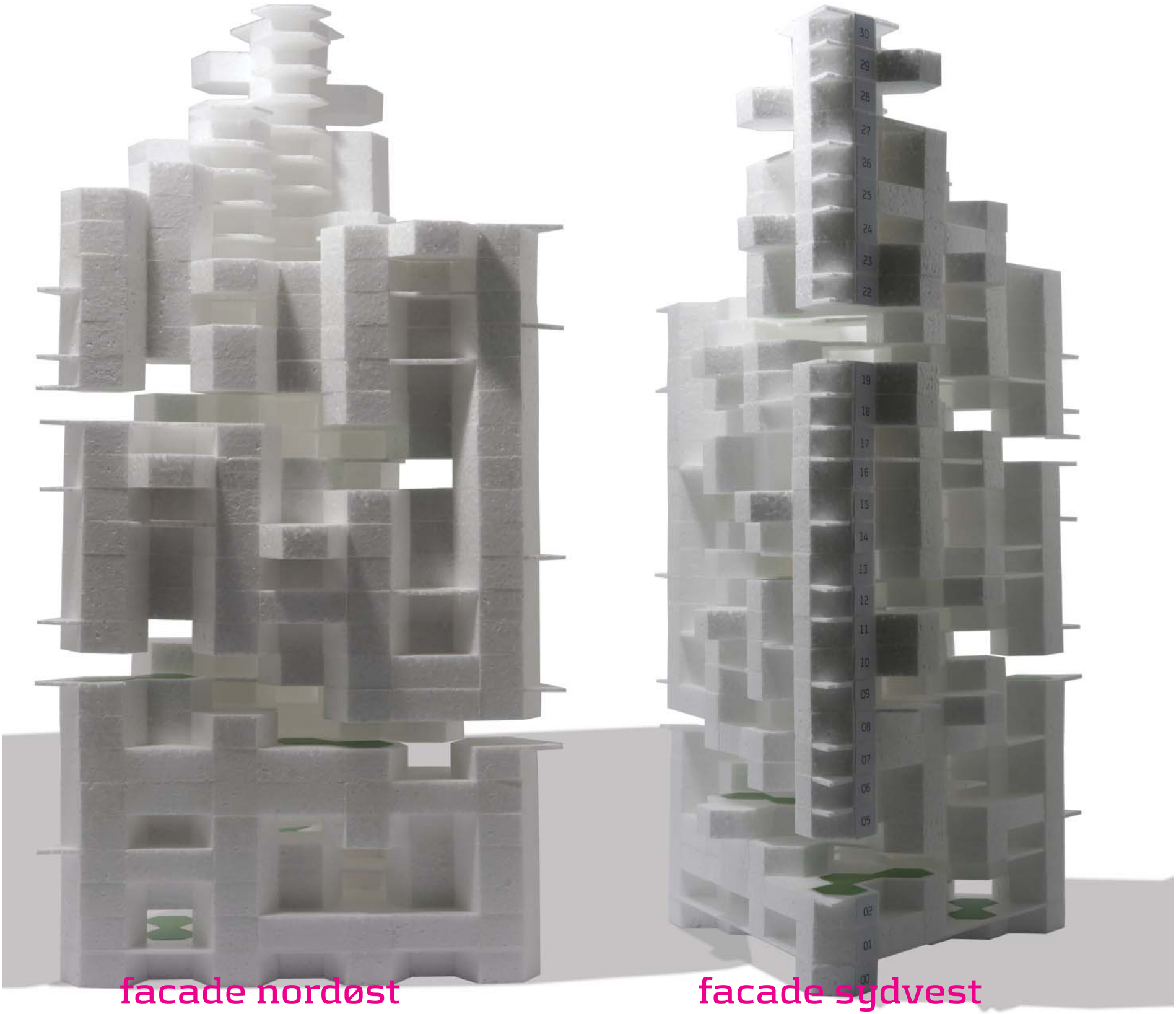
facader



facade syd



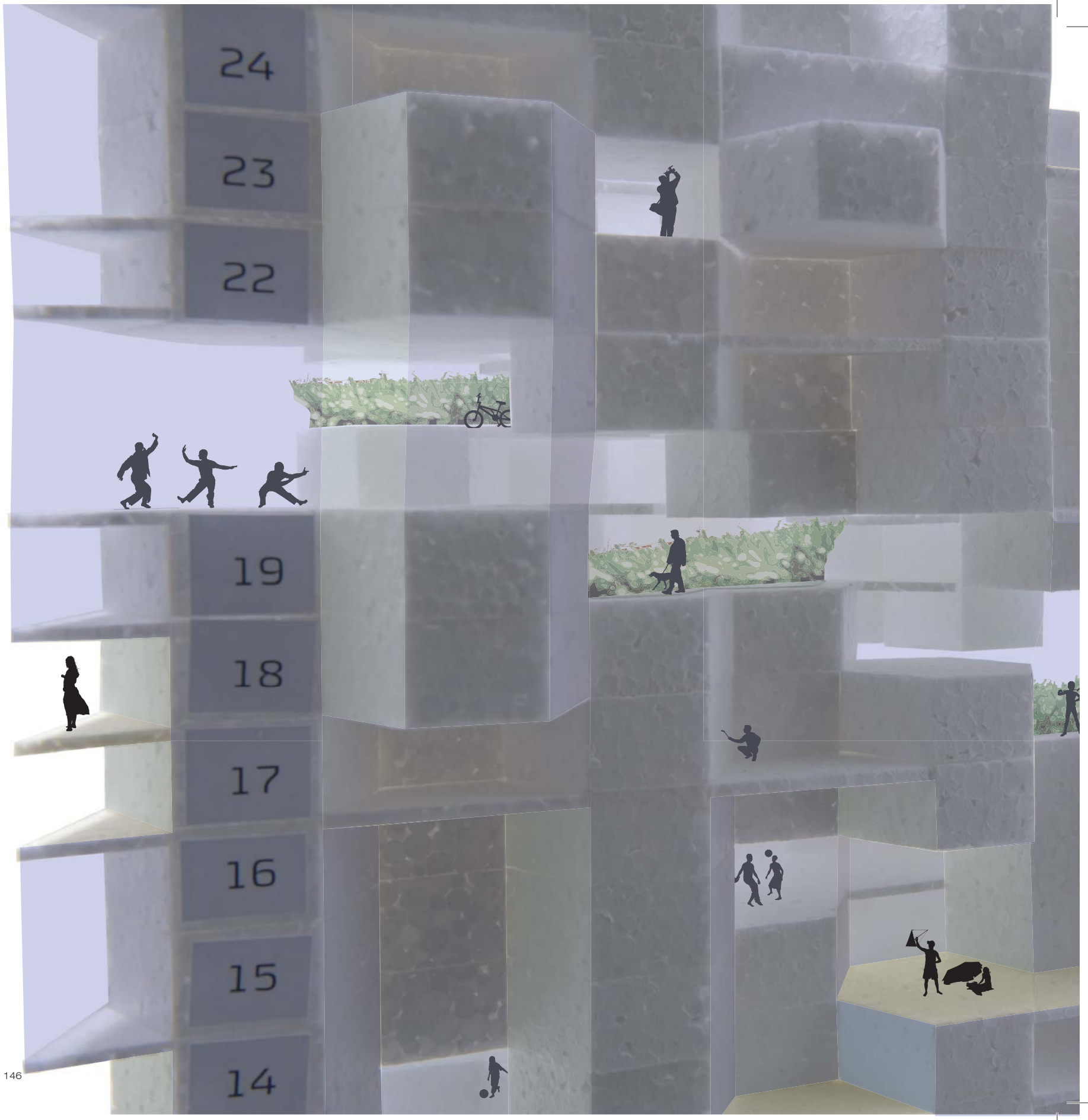
facade nordvest

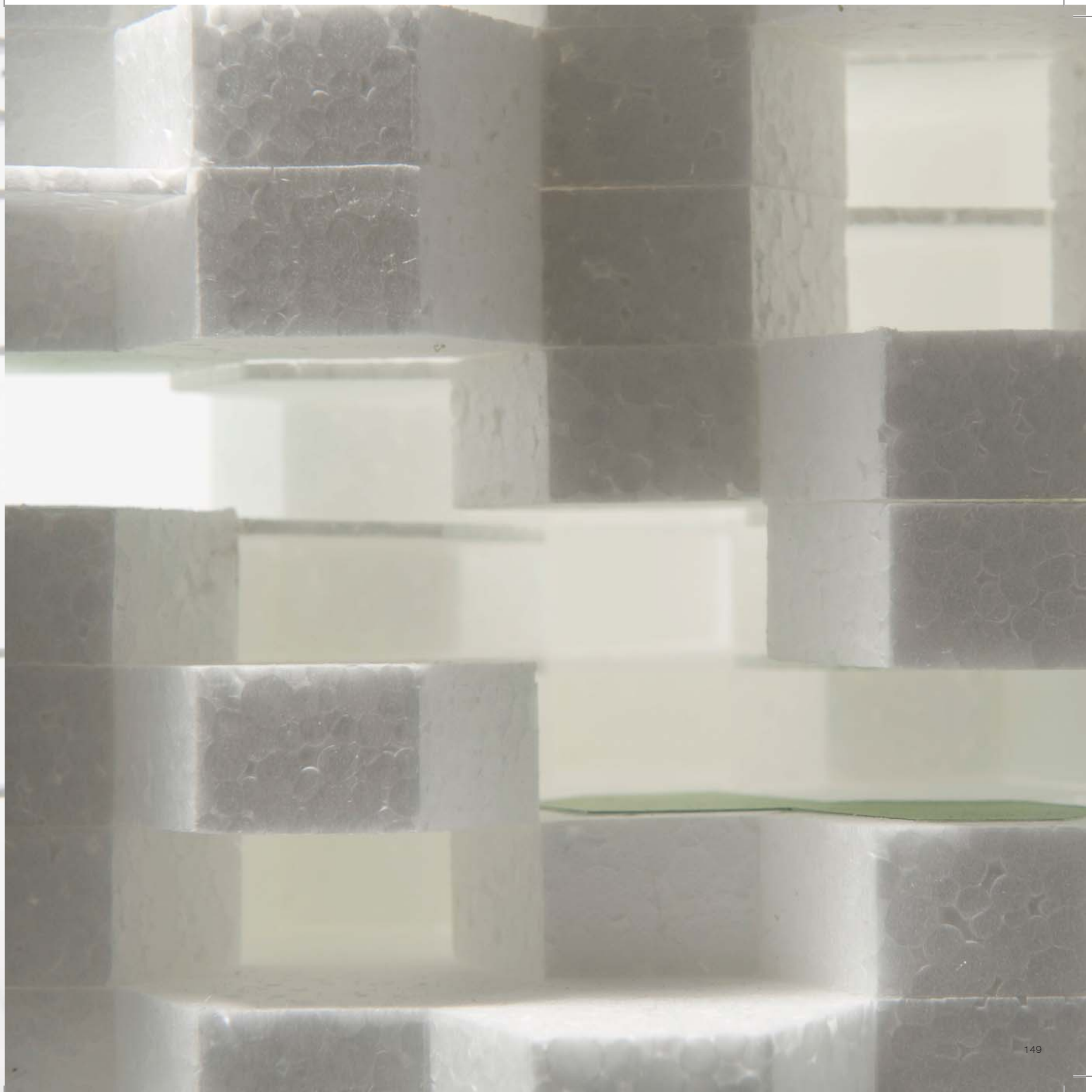


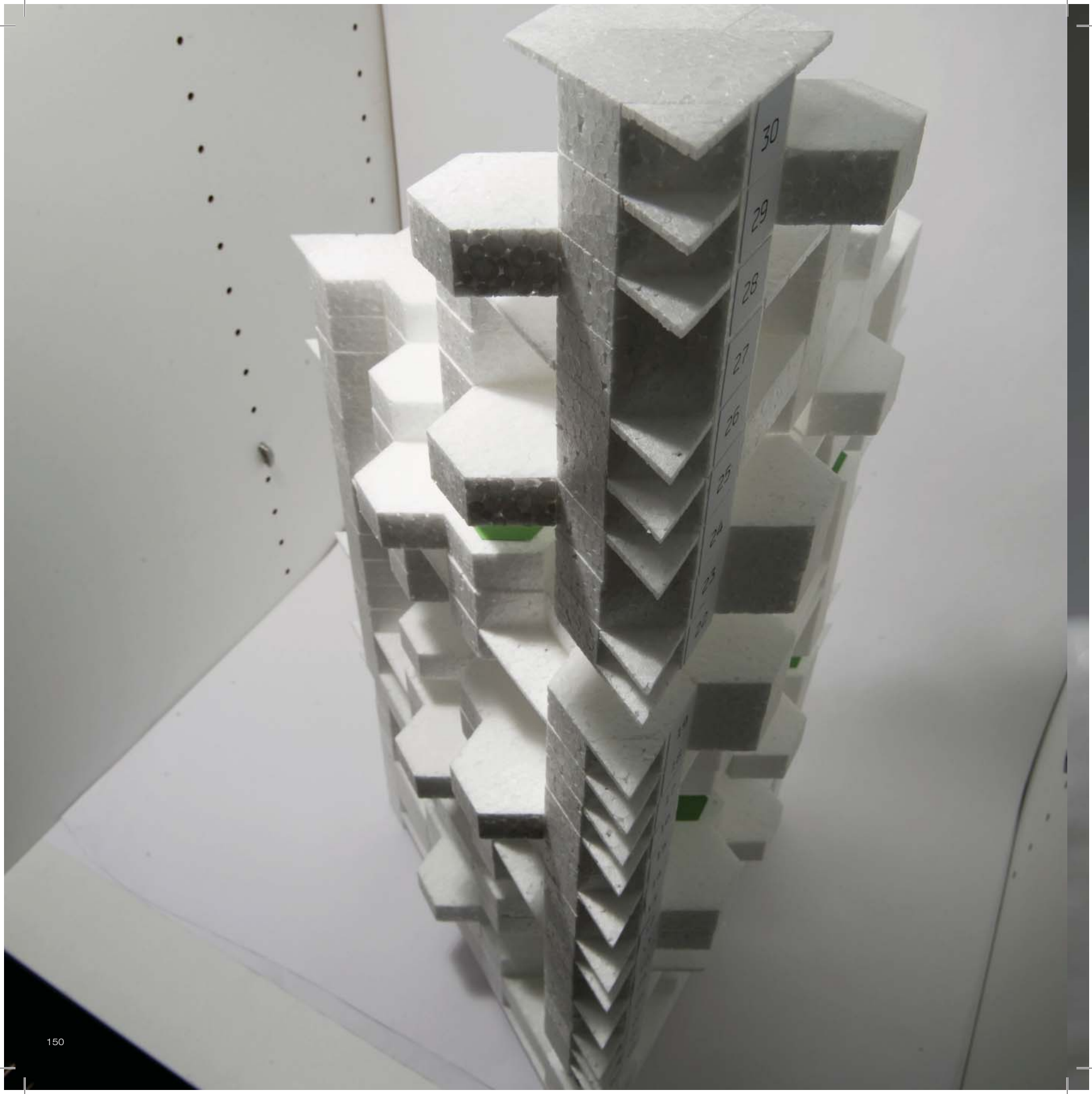
facade nordøst

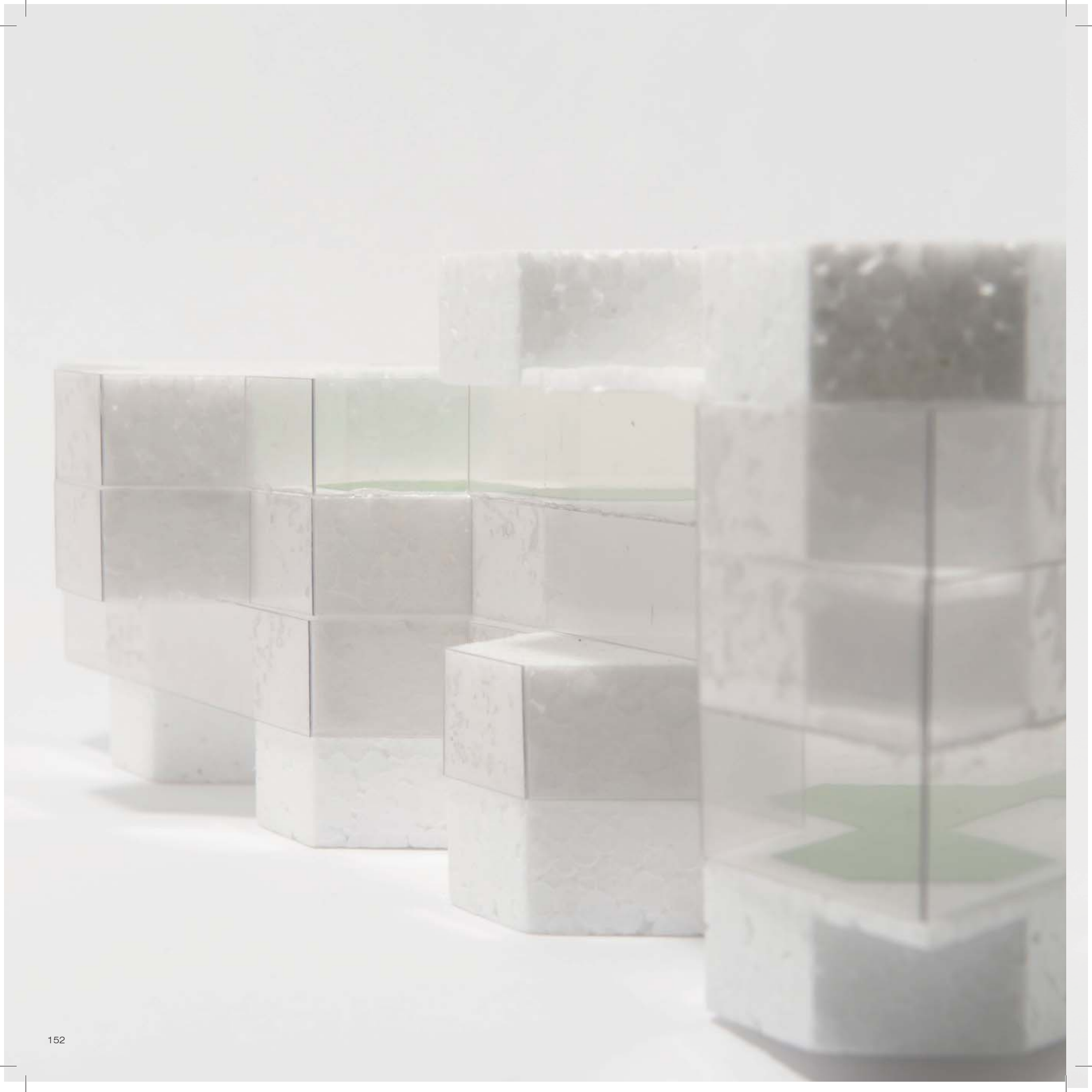
facade sydvest

snit 1:500


24
23
22
19
18
17
16
15
14




30
29
28
27
26
25
24



konklusion

Er det fremtidens bymæssige byggeri?

Måske, måske ikke, men som et koncept viser det en mulig retning, arkitekturen kan bevæge sig imod i det bymæssige rum. En arkitektur, der ud over at opfylde de mest basale krav, som tag over hoved, også bidrager med positive kvaliteter inden for de sociale, bymæssige og bæredygtige aspekter.

Bygningen forsøger at imødegå en af vor tids store udfordringer: ændringerne i det globale klima, der med stor sandsynlighed skyldes menneskets aktiviteter på jorden. Da det er et problem skabt af mennesker, vil mennesket også være i stand til at finde en løsning. Dette omfatter en kombination af flere omdiskuterede indsatsområder. Opgaven bygger på konceptet "high density", hvori en række ressourceoptimerede teknikker og koncepter er integreret. Ud over vigtigheden af bygningens integrerede komponenter, har det været vigtigt at skabe en "anderledes" bygning, forstået på den måde, at den skal kommentere den måde, hvorpå vi lever, bor og omgås hinanden i dag.

bygningen

Bygningen har i sin geometriske opbygning en karakter, der bryder med byens øvrige bebyggelse, og et udtryk der fortæller, at dette er en bygning, som indeholder mere. Bygningen er opbygget af en række sekskantede celler, som rummer boliger og kontorer. Cellerne spændes ud mellem en bærende konstruktion. Konceptet arbejder med en anden måde at programmere bygninger på. Ud over at indeholde det essentielle, en blanding af boliger og kontorer (cellerne), så har bygningen et ekstra lag i form af åbne offentlige rum op igennem bygningen (rummene imellem cellerne) , der danner en spiral med forskellige funktioner og aktiviteter defineret ud fra deres størrelse, orientering og forbindelser. Da alle disse primære og sekundære funktioner befinder sig under samme facade, vil overgangen mellem den private bolig og de offentlige rum ikke virke så markant. I kraft af spiralen programmering og bygningens mange indre grønne områder, kan oplevelsen af at gå ud af sin hoveddør på 15. etage sammenlignes med at gå ud af sin hoveddør i et kvarter med tætlav bebyggelse. Ud fra denne betragtning ses kvaliteterne på 15. etage højt hævet over jorden lige så store, som havde lejligheden befundet sig i stueplan. At befinde sig højt over jorden giver derimod fordelen af stort set ugeneret udsigt, såfremt den primære by bevarer sin nuværende højde, hvorved disse rum kan tilbyde nogle anderledes oplevelser. Bygningens højde og indhold kan sammenlignes med Le Corbusier teorien fra 1922 om den moderne by (Ville Contemporaine), hvor en række skyskrabere husede menneskene, hvilket medførte at fladen blev frilagt til grønne park. Dette projekt bygger -i modsætning til Ville Contemporaine - på den eksisterende bys struktur, og det tager den flade, byen mister, og lægger den ind i bygningen på de forskellige etager. Derved giver den byen mere end dobbelt så meget opholdsareal tilbage.

ressourceoptimering

Konceptet omfatter flere bæredygtige teorier, der i kombination forsøger at nedbringe bygningens ressourceforbrug. Vigtigst er bygningens energiforbrug. Projektet bygger videre på passivhus-konceptet og sammensætter det med nogle flere teknologier for at nedbringe energiforbruget, primært til opvarmning, yderligere. Bevisførelsen for, hvor lavt energiforbruget ligger, er dog vanskelig, da bygningen i sin kompleksitet og med alle de integrerede teknikker bliver vanskelig at beregne på. Men simple beregninger og erfaringer fra andre projekter indikerer, at energiforbruget kan nedbringes. Dog viser beregningerne, at der vil forekomme overophedning i sommerperioden, hvilket er en problemstilling, der skal løses i en dybere bearbejdning af projektet, da køling er tre gange så energitung som opvarmning. Der er dog i opgaven skitseret mulige løsninger på denne problemstilling. Projektet anvender passivhus-konceptet for opbygning og som opvarmningsstrategi for cellerne, mens andre passive strategier anvendes i de åbne rum imellem cellerne.

konsekvensvurdering

En bygning som den skitserede vil med sig størrelse og ikke mindst højde skabe debat i lokalområdet. Som systematisk gennemgang af de punkter, en bygning af denne karakter vil blive stillet overfor, anvendes Århus Kommunes konsekvensvurderings hovedpunkter fra deres højhuspolitik [Højhuspolitik for Århus Kommune 2005].

Om projektet indeholder en anvendelse, der er almen interesse i at manifestere i byen?
Bygningen indeholder en blanding af kontorer (30%) og boliger (70%) samt offentlige rum med forskellige aktiviteter

Om projektet er beliggende et sted, som det er vigtigt at markere, f.eks. som et orienteringspunkt?
Bygningen er placeret på en af de udpegede områder i " Højhuspolitik for Århus Kommune 2005". Den valgte placering kan ses flere steder fra, men er primært orienteret mod syd, hvor den tydeligt fremtræder i byens skyline. Grunden ligger, hvor de to hovedveje Skanderborgvej og Marselis Boulevard krydser, på den nordlige side, hvorfra den tydeligt markerer overgangen fra den lave bebyggelse til byens tættere karréstruktur. Bygningen kan i kraft af sin højde og struktur blive et landmark for dette kryds for trafikanterne fra syd og for trafikanterne fra motorvejen i retning mod Århus centrum.

Hvordan projektet forholder sig til eksisterende orienteringspunkter, om projektet giver udsigt, om det tager udsigt fra andre og om der bliver tale om indkigsgener for andre?
Bygningen griber fat i byens karréstruktur og markerer en klar overgang eller afslutning af den tætte by. I området findes der flere andre højhuse, der i sammenligning er af en mindre skala, og deres karakter i byen vil uundgåeligt mindskes.

Den massive bygning som den skitserede vil tage udsigt fra de omkringliggende bebyggelser. Dette er forsøgt imødegået ved at lave en varieret åben facade, der også indeholder grønne elementer og forskellige aktiviteter, så den ikke fremstår som en lukket privat glasfacade.

Hvordan projektet påvirker bylivet?
Konceptet indeholder en række aktiviteter inde i selve bygningen, der sammen med sammen sætningen af erhverv og en stor variation af lejligheder, vil skabe en mangfoldighed i bygningen og i det lokale miljø.

Langs jorden åbner bygningen sig op og bidrage med rekreative områder for byens borgere.

Hvordan projektet bidrager imagemæssigt til byen eller bydelen på en positiv måde?
Selve konceptets greb har en stærk signalværdi, hvilket også afspejles i bygningens udtryk. En bygning af den størrelse og med de integrerede bæredygtige strategier vil have global interesse og skabe debat.

Om der er funktionelt behov for en stor sammenhængende enhed, herunder om det behøver at være i form af højt byggeri?
For at opnå de størst mulige fordel er det vigtigt, især inden for den bæredygtige tankegang. Selve konceptet og strukturen vurderes at kunne anvendes i mindre etagebyggerier, dog med mindre udbytte på en lang række områder..

Om projektet ud fra en samfundsøkonomisk, sociokulturel eller ressourcemæssig vinkel er en fordel?
Samfundsøkonomisk bidrager bygningen med arbejdspladser og attraktive boliger, der opfylder en lang række krav og ønsker. Konceptet skaber rammerne for en anden måde at omgås hinanden på i et etagebyggeri. Der er op igennem bygningen flere opholdsarealer med forskellige aktiviteter, som opfordrer til et mere socialt liv i bygningen.

Bygningen er ressourcemæssigt optimeret er inden for konceptets fokuspunkter: high density, matriale-, energi- og vandforbrug. Byggeriet forventes at bruge omkring 80% mindre energi til opvarmning sammenlignet med bygninger, der opfylder en mindre stram energiklasse. Derudover vil bygningen minimere sit vandforbrug med 40%.

Hvis der er tale om bolighøjhuse, redegøres endvidere for, hvilke lejlighedstyper projektet indeholder, hvilke beboergrupper der sigtes mod, og om udemiljøet vil være vigtigt for de kommende beboere, f.eks. mht. legepladser?
Bygningens rumprogram er som følger:
Der arbejdes med en fordeling, hvor:
30% udlægges til erhverv svarende til 5250 m2 (6 etager)
70% til beboelse svarende til 12250 m2 (14 etager)
herunder opdeles beboelse i mindre grupper
10% boliger til 5 personer (over 6 værelser) 1225 m2
20% boliger til 4 personer (4-6 værelser) 2450 m2
30% boliger til 3 personer (3-4 værelser) 3675 m2
30% boliger til 2 personer (2-3 værelser) 3675 m2
10% boliger til 1 person (1-2 værelser) 1225 m2
Lejlighederne er møntet på lejere og ejere for at få en variabel beboersammensætning. Hver etage vil minimum have 150 m2 opholdsareal med forskellige aktiviteter, der vil imødekommer mange former for anvendelse.

Hvordan projektet påvirker den overordnede og lokale trafikstruktur?
Bygningen og dens koncept lægger op til øget anvendelse af offentlig transport, hvilket findes i områder. Den biltransport, der dagligt vil foregå, ses ikke som en væsentlig belastning på det omkringliggende vejnet.

diskussion

I forrige projekt arbejdede jeg med at designe et parcelhus efter passivhus-standarden. Her lød indledningen i diskussionen:

”Er passivhuset så svaret?” Svaret: ”Det er et skridt i den rigtige retning.”

I denne opgave har jeg prøvet at tage det næste skridt for at udforske mulighederne i en yderligere energioptimering og ressourcebesparelse.

Opgaven har taget nogle af de mest nødvendige og mest lovende teknologier og teorier og integreret dem i en bygningsmasse med de problemstillinger, til- og fravalg ,det har medført. Og er det så svaret, er det det næste skridt?

Jeg er overbevist om, at vi kan udvikle nogle meget interessante bygninger ved at kombinere forskellige teknologier og teorier i et begrænset omfang. Den i opgaven præsenterede bygning indeholder mange elementer, hvilket gør opgaven kompliceret at detailløse, da løsningen af én lille detalje har indflydelse på en lang række andre detaljer, hvilket i praksis gør sådan en opgave svær at løse. Men så længe det holdes på konceptplan, kan det generere interessante indgangsvinkler og delkoncepter, der kan anvendes i andre sammenhænge.

Et lige så vigtigt parameter er den diskussion, et projekt af denne art kan kaste af sig. Lige fra starten har et vigtigt parameter været at lave et anderledes byggeri, som angriber arkitekturen fra en anden vinkel, hvor den måske mere er drevet af ressourcemæssig optimering frem for opnåelsen af den perfekte detalje, rummelige kvaliteter m.m. Selv om det selvfølgelig har spillet ind og er løst rent konceptuelt, har den mere resultatorienterede tilgang generet en anderledes arkitektur, med en anden brug, indre organisering, rummelige oplevelser m.m., end der fra opgavens indledning var intentionen, men med en positivt sideeffekt.

Projektet tvinger en til at forholde sig til det, og den stillingtagen kan generere en diskussion over emnet bæredygtighed i arkitekturen. Hvordan skal vi i arkitekturen minimere ressourceforbruget og især energiforbruget? Og om denne bygning med dette koncept er vejen frem.

Så er dette projekt svaret: Nej, men det er et skridt på vejen. Den bæredygtige udvikling har intet endegyldigt mål.

illustrationsliste

8 diagram: Danske drivhusgasemissioner i CO2-ækvivalenter for hovedsektorer [egen illustration] kilde:Danmarks Miljøundersøgelser 2007
13 IDP diagram [egen illustration]
17 high density diagram [egen illustration]
18 diagram: ressourceforbrug [egen illustration] kilde: Yeang 2006
19 verdens energiforbrug [www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9023766&contentId=7044197]
20 mængden af vedvarendeenergi [egen illustration] kilde: Massachusetts Institute of Technology
21 vands fordeling på verdensplan [United Nations Environment Programme]
26 høje huse i Århus [egen illustration] kilde: Aarhus.dk, 1
28 byen og landskabet [Højhuspolitik for Århus Kommune 2005]
29 placering af høje bygninger i Århus fra Højhuspolitik [Århus Kommune 2005]
31 Århus by night [eget foto]
33 Højhuspolitik for Århus Kommune 2005
34 billede af ankomst til grunden fra Skanderborgvej [egen illustration]
35 billede af ankomst til grunden fra Åhavevej [egen illustration]
36 skaladiagram [egen illustration] underlæsningskort: gis.aarhus.dk
37 3d-model af Århus [gis.aarhus.dk/vvp/vvp_aarhus.htm]
38 skyggediagram [egen illustration]
42 højhuskonstruktioner [egen illustration] kilde: Yeang 2002
43 højhuse (fordele/ulemper) [egen illustration] kilde: Yeang 2002
44 temperaturdiagram [egne illustrationer] kilde DMI
44 graddagediagram [egne illustrationer] kilde DMI
45 solskinsdiagram [egne illustrationer] kilde DMI
45 nedbørsdiagram [egne illustrationer] kilde DMI
45 vindrose for Tirstrup Lufthavn fra DMI
46 diagram: vandforbrug [egen illustration] kilde: Dong Energy og Seas-Nve
47 diagram: fordeling af elforbruget [egen illustration] kilde seas-nve
48 diagram: vandcyklus med genanvendelse af det grå og sorte vand [egen illustration]
48 diagram: nuværende vandcyklus [egen illustration]
48 diagram: vandcyklus med genanvendelse af det grå vand [egen illustration]
49 Billede rodzoneanlæg ved Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi [www.folkecenter.net/dk/virtueltbesog/spildevandsrensning]
49 rodzoneanlægs opbygning [www.miljøstyrelsen.dk]
51 solar-Fabrik, Freiburg, Tyskland [Wittchen 2002]
52 billede af polykrystallinsk solcelle [egen illustration]
53 graf solcelles effekt i forholdt til orientering og hældning [Wittchen 2002]
53 solcelles effekt i forholdt til skygge [Wittchen 2002]
55 Vertical Farming af Architect Pierre Sartoux fra Atelier SOA 2008 [http://weburbanist.com/2008/03/30/5-urban-design-proposals-for-3d-city-farms-sustainable-ecological-and-agricultural-skyscrapers/]
55 Russia Tower af Foster + Partners 2008 [www.inhabitat.com/2008/02/27/russia-tower-worlds-largest-naturally-ventilated-building/]
55 Residence Antilia af The Perkins + Will 2007 [www.inhabitat.com/2007/10/25/sites-residence-antilia-green-tower-in-mumbai/]
55 Crystal Island af Foster + Partners 2007 [www.inhabitat.com/2007/12/26/tallest-skyscraper-in-the-world-coming-to-moscow/]
55 Retrofitting our Skyscrapers For Food and Power 2008 [www.evolo-arch.com/cskye.html]
55 Escaper af Sohta Mori - Yuichiro Minato 2008 [http://www.evolo-arch.com/cskyg.html]
55 The Deichtor office building af BRT Architekten 2002 [www.designbuild-network.com/projects/Deichtor/Deichtor1.html]
56 Tower of Tomorow [inhabitat.com]
57 diagrammer Tower of Tomorrow [egne illustrationer]
58 HySociaty [Too Perfect: Seven New Denmarks]
59 HySociaty energicyklus [Too Perfect: Seven New Denmarks]
60 Agro-Housing [http://www.inhabitat.com/2008/02/29/award-winning-agro-housing-apartments-for-china/]
61 Agro-House funktionssnit [www.knafoklimor.co.il/living-steel/index.html]
62 mkLotus [www.mkd-arc.com/company/credits/images/18.tif]
63 mkLotus: plan [www.mkd-arc.com/homes/mklotus/]
63 mkLotus: grønt tag [www.mklotus.com]
63 mkLotus: vandbearbejdning [www.mklotus.com]
64 graf over energiforbrug i boliger [egen illustration] kilde: Rockwool 2006
64 graf over energiforbrug og udgifter [egen illustration]
72 diagram hovedide [egen illustration]
73 fordele/ulemper ved høje bygninger [egen illustration] kilde: Yeang 2002
73 diagram hovedide [egen illustration]
76 live search map < http://maps.live.com/>
77 diagram vandflow [egen illustration] kilde Dong Energy og Seas-Nve
78 den energiproducerende facade, kvadrat [egen illustration]
78 den energiproducerende facade, trekant [egen illustration]
88 modelbillede [egen illustration]
88 princip for spiral [egen illustration]
88 principsnit [egen illustration]
88 3d rendering [egen illustration]
90 skitse af princip for vægge- og dækelementer [egen illustration]
90 skitsering på konstruktionens grid [egen illustration]
91 skitsering på konstruktionens grid [egen illustration]
92 skitsering på konstruktionens grid [egen illustration]
92 skitsering af hexagon [egen illustration]

94 planeksempel [egen illustration]
94 planstruktur [egen illustration]
95 skitse af facade [egen illustration]
95 principsnit [egen illustration]
96 model billeder [egne illustrationer]
97 model billeder [egne illustrationer]
100 planstruktur [egen illustration]
100 konstruktionsgitter skitseret [egen illustration]
101 konstruktionsgitter skitseret på model [egen illustration]
102 konstruktionsprincipper [egen illustration]
102 skitse af optimeret konstruktionsprincip [egen illustration]
102 konstruktionsgitter optimeret [egen illustration]
103 konstruktionsgitter optimeret på model [egen illustration]
104 model med udskærninger i dæk [egen illustration]
104 skitse af plan med udskærninger i dæk [egen illustration]
106 skitse af fordeling på planer [egen illustration]
108 spiralens bevægelse i facaden [egen illustration]
109 mulige udformninger på rodzoneanlæg [egen illustration]
110 fordeling på planer [egen illustration]
111 fordeling på planer [egen illustration]
112 principsnit for teknikskakter [egen illustration]
113 sammensætning af celler [egen illustration]
114 skitser af planløsninger [egen illustration]
115 skitser af planløsninger [egen illustration]
115 planløsninger af badeværelse [egen illustration]
116 skitser af planløsninger [egen illustration]
117 skitser af planløsninger [egen illustration]
119 skitser af planløsninger til PHPP-beregning [egen illustration]
120 skitser af præfabrikerede elementer [egen illustration]
121 skitser af præfabrikerede elementer [egen illustration]
122 skitser af præfabrikerede elementer [egen illustration]
123 skitser af præfabrikerede elementer [egen illustration]
124 skitser af præfabrikerede elementer [egen illustration]
124 skitse af præfabrikerede elementer [egen illustration]
125 skitser af præfabrikerede elementer [egen illustration]
126 ventilation sommer [egen illustration]
127 ventilation vinter [egen illustration]
128 skitse af energiproducerende dobbelt facade med solceller op facade [egen illustration]
128 principskitse af kombi anlæg med solceller og solfanger [egen illustration]
128 skitse af energiproducerende dobbelt facade med lameller [egen illustration]
129 facade med kombianlæg [egen illustration]
130 facader med vertikal og horisontalt udtryk[egen illustration]
130 varieret facadeplader [egen illustration]
130 facade med bærende hexagon-struktur [egen illustration]
131 facade med bærende hexagon-struktur [egen illustration]
132 solceller i mønster [Wittchen 2002]
132 skitse af solcelle mønster [egen illustration]
132 solcelle mønster [egen illustration]
132 Ydre facade med solceller [Wittchen 2002]
132 Skygger kastet af solceller i thermoglas [Wittchen 2002]
133 solceller på facade [egen illustration]
134 facadens forløb op igennem planerne [egen illustration]
135 facadens forløb op igennem planerne [egen illustration]
139 billede af model [egen illustration]
140 billede af ankomst til bygningen fra Skanderborgvej [egen illustration]
141 billede af ankomst til bygningen fra Åhavevej [egen illustration]
142 billede af facader [egen illustration]
143 billede af facader [egen illustration]
144 snit [egen illustration]
146 collage [egen illustration]
148 modelbillede [egen illustration]
149 modelbillede [egen illustration]
150 modelbillede [egen illustration]
151 modelbillede [egen illustration]
152 modelbillede [egen illustration]
153 modelbillede [egen illustration]

litteraturliste

24dash [online]; "'Tower of tomorrow' unveiled at World Future Energy Summit" interview med William McDonough; 10. juni 2008; <www.24dash.com/news/Housing/2007-12-21-Tower-of-tomorrow-unveiled-at-World-Future-Energy-Summit>

Altomsolvarme.dk [online]; <www.altomsolvarme.dk>
1. Solvarmekalkulator; 14. maj 2008; <www.altomsolvarme.dk/solvarmecenter/kalkulator-mellem.html>

Altompassivhuse.dk [online]; af Rådgivende ingeniører Klaus Ellehauge og Troels Kilemoes 23. oktober 2007; <www.altompassivhuse.dk]
1. Hvad er et dansk passivhus?; 2006; <www.altompassivhuse.dk/download/passivhusartikel2.pdf>

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva. ISBN 978-92-9169-123-4

BP [online]; www.bp.com
1. olieforbrug; 19. juni 2008; <www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/downloads/pdf/oil_table_of_world_oil_consumption_million_tonnes_2008.pdf>
2. samlede energiforbrug; 19. juni 2008; <www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/downloads/pdf/primary_table_of_primary_energy_consumption_2008.pdf>
3. vedvarende energi; 19. juni 2008; <www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/downloads/pdf/renewables_section_2008.pdf>
4. samlede energiforbrug fordelt på lande; 19. juni 2008; <www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9023766&contentId=7044197>

Bygningsreglemet 2008 [BR08]; findes online på Erhvervs- og Byggestyrelsens hjemmeside: www.ebst.dk

Climate Change 2007; Climate Change 2007: Synthesis Report: Summary for Policymakers (Baseret på IPCC's Fourth Assessment Report (AR4); IPCC; tilgængelig online på: <www.ipcc.ch>

Dac.dk [online]; Dansk Arkitektur Center; 4. marts 2008, <www.dac.dk/visRethinkArtikel.asp?artikelID=1741>

Dansk Solenergi [online], 5. april 2008; <www.dansksolenergi.dk>

Designnotes [online]; 16. juli 2008; < http://designnotes.tumblr.com/>

DMI [online]; Danmarks Metrologisk Institut; <www.dmi.dk>
1. graddage; 3. april 2008; <www.dmi.dk/dmi/graddage_horer_vinteren_til>

Danmarks Miljøundersøgelser 2007; National Inventory Report 2007, undertitel: Emission Inventories - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1990-2005, serietitel: NERI Technical Report No.; Danmarks Miljøundersøgelser; ISBN 978-87-7772-xxx; ISSN (elektronisk) 1600-0048; tilgængelig online: <www.dmu.dk/International/Publications/>

Danmarks Statistik [online]; Danmarks Statistik; <www.dst.dk>

Danmarks Statistik, Statistikbanken [online]; Danmarks Statistik, Statistikbanken; 8. marts 2008; <www.statistikbanken.dk>

Dong Energy [online]; Dong Energy; <www.dongenergy.dk
1.elforbrug;8.marts2008;<www.dongenergy.dk/privat/stroemninger/saveenergi/Tjek+dit+forbrug/Typisk+elforbrug/Lejlighed.htm>
2. vandforbrug; 8. marts 2008; <www.dongenergy.dk/privat/stroemninger/saveenergi/Tjek+dit+forbrug/Typisk+vandforbrug.htm>

DR [online]; Danmarks Radio; <www.dr.dk>
1; FN klimaændringer; 10. juli 2008; <www.dr.dk/Nyheder/Indland/2007/04/06/101900_1.htm>

Earth Policy Institute [online]; 21. juni 2008; <www.earthpolicy.org>

Energistyrelsen 2007; Basisfremskrivningen til CO2-kvoteallokeringsplanen for 2008-12 og regeringens energistrategi: En visionær dansk energipolitik; tilgængelig online: <www.ens.dk/graphics/ENS_Energipolitik/strategi_visionaer/Basisfremskrivning_Sep06_samlet.pdf>

Feist, Wolfgang 2004; Passive House Planning Package 2004 (manual); Passive House Institute, Darmstadt

Feist, Wolfgang 2007; Certification as "Quality Approved Passive House" Criteria For Residential-Use Passive Houses; Passive House Institute, Darmstadt

Fiberline [online]; 16. juni 2008; <www.fiberline.dk>

Furtune Magazine 2006 [online]; af CNN Money; 4. marts 2008; <money.cnn.com/popups/2006/fortune/future_tower>

UNEP 2007; United Nations Environment Programme: Global Environmental Outlook 4 – Environment for Development; PROGRESS PRESS, Malta; ISBN 978-92-807-2836-1

Hui, Sam C. M. 2002 [online]; The University of Hong Kong; 17. juni 2008; <www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm>

Højhushåndbog 2005; Højhushåndbog – Et grundlag for planlægning, vurdering og 3D-visualisering af høje huse; Århus Kummune, Århus; ISBN: 87-87926-01-6

Højhuspolitik for Århus Kommune 2005; Højhuspolitik for Århus Kommune – Tillæg nr. 84 til Kommuneplan 2001; Århus Kommune Teknik og Miljø

Ing.dk [online]; <www.ing.dk>
1. solenergi; 20. juni 2008; <ing.dk/artikel/87180>

Inhabitat.com [online]; www.inhabitat.com:
1. Tower of Tomorrow; 3. marts 2008; <www.inhabitat.com/2008/01/02/the-building-of-tomorrow-that-works-like-a-tree>
2. Agro-Housing; 5. marts 2008; <www.inhabitat.com/2008/02/29/award-winning-agro-housing-apartments-for-china/>
3. mkLotus; 13. marts 2008; <www.inhabitat.com/2007/10/12/prefab-friday-michelle-kaufmann-mklotus-video/>
3. mkLotus; 13. marts 2008; <www.inhabitat.com/2007/09/21/prefab-friday-green-prefab-mklotus-debuts/>

Isover
1. Fremtidens bygger på: ISOVER Comfort House, Saint-Gobain Isover A/S (ingen yderligere info tilgængelig, kan bestilles på www.isover.dk)

Knafo Klimor [online]; Knafo Klimor Architects; 5. marts 2008; <www.knafoklimor.co.il/living-steel/index.html>

Knudstrup, Mary-Ann 2005; 'Arkitektur som Integreret Design' i Panduras Boks red. Botin, Lars og Pihl, Ole; Aalborg Universitetsforlag, Aalborg; ISBN 87-7307-741-0

Knudstrup, Mary-Ann 2006; Environmentally Design; Barriers and Challenges in the Integrated Design Approach; Serie AD-files nr. 07; Aalborg Universitet, Arkitektur & Design, Aalborg; ISSN 1603-6204 skriftserienr. 7

Marsh, Rob, Larsen, Vibeke Grupe, Lauring, Michael og Christensen, Morten [2006]; Arkitektur og Energi; Statens Byggeforskningsinstitut

Miljøstyrelsen 1999; Miljøstyrelsen: Rodzoneanlæg op til 30 PE, nr. 1, 1999; ISSN 0108-6375; ISBN 87-7909-305-1

Miljøstyrelsen 2003; Miljøstyrelsen: Retningslinier for etablering af pileanlæg med nedsivning op til 30 PE; Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning nr. 26 2003

Noah 2002; Miljøbevægelsen Noah: Indkomst Forbrug og Miljø; 1. oplag, 1. udgave, juli 2002; Miljøbevægelsen NOAH; ISBN 87-87820-97-8; ISBN (WWW) 87-91237-00-9; tilgængelig online <www.noah.dk/forbrug/Infomih%BEfte_print.pdf>

Per, Aurora Fernández og Arpa, Javier 2007; Density Projects; a+t; ISBN 978-84-612-1335-1

Plot [online]; 4. marts 2008; <www.plot.dk>

Ritzau
1. Danskerne bruger vand i varmen; 3. juni 2008.

Rockwool 2006; Den lille lune – for byggefagfolk; Rockwool A/S 16. udgave – marts 2006, Hedehusene

Too Perfect: Seven New Denmarks; Too Perfect: Seven New Denmarks: HySociaty; Dansk Arkitektur Center; tilgængelig online: <www.dac.dk/db/filarkiv/8375/HySociety.pdf>

Treehugger [online]; <www.treehugger.com>
1. Earth Policy Institute; 21. juni 2008; <www.treehugger.com/files/2008/06/countries-aquifers-water-shortage.php>
2. Business Roundtable; 21. juni 2008; <www.treehugger.com/files/2008/03/seeing_change_o.php>

UN-Water 2006; Coping With Water Scarcity; august 2006; (tilgængelig online på www.unwater.org/downloads/waterscarcity.pdf)

vancouver-ecodensity.ca [online]; <www.vancouver-ecodensity.ca>
1. 11. juni 2008; <www.vancouver-ecodensity.ca/content.php?id=39>

Yeang, Ken 2006; Ecodesign – A manual for Ecological Design; Wiley-Academy; ISBN 0-470-85291-7

Yeang, Ken 2002; Reinventing the Skyscaper – A Vertical Theory of Urban Design; Wiley-Academy; ISBN 0-470-84355-1

Seas-nve [online]; SEAS-NVE; <www.seas-nve.dk>
1. fordeling af elforbruget; 8. marts 2008; <www.seas-nve.dk/Privat/Energiraadgivning/EnergiforbrugBoligen/Lejlighed.aspx >
2. vandforbrug; 8. marts 2008; <www.seas-nve.dk/Privat/Energiraadgivning/Vandforbrug.aspx>

VVM-æstetikanalyse 2007; Æstetisk delrapport til rapporten: Forbedret vejforbindelse til Århus Havn ad Marselis Boulevard VVM Redegørelse; Århus Kommune, Teknik og Miljø

Wikipedia 2007 [online];
1. casestudie; 8. oktober 2007; <da.wikipedia.org/wiki/Casestudie>
2. solenergi; 19. juni 2008; <en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy>

Wittchen, Kim B. Ole Svensson 2002; Solceller i arkitekturen; By og Byg; ISBN 87-563-1122-2

World Commission on Environment and Development; Our Common Future, Oxford University Press, New York, 1987

Aarhus.dk [online]; Aarhus.dk; <www.aarhus.dk>
1. Århus skyline; 25. marts 2008; <www.aarhus.dk/aarhus_skyline.asp>

appe

endix

appendix A

PHPP-beregning

nettoareal	100,00	m2
nettovolumen	250,00	m3

konstruktionsopbygning

ydervæg mod facade

materiale	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
gipsplade	0,25	0	0	13	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
vindspærrer	0	0	0	0	mm
betonbaseret plade	0	0	0	0	mm
termoglas	0,769	0	0	40	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
				375	mm

u-værdi 0,134 W/m2K

loft

	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
gipsplade	0,25	0	0	13	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
				335	mm

u-værdi 0,135 W/m2K

gulv

	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
beton	2,1	0	0	100	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
				422	mm

u-værdi 0,133 W/m2K

ydervæg mod indre rum

	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
gipsplade	0,25	0	0	13	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
vindspærrer	0	0	0	0	mm
betonbaseret plade	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
		335	mm		

u-værdi 0,139 W/m2K

linietab			[] [W/mK]		længde [m]	
	imellem ydervæg og tag		-0,061		43,20	
	imellem ydervæg og fundament		-0,039		43,20	
	imellem indervæg og fundament		0,06		11,00	
	imellem indervæg og lag		0,002		11,00	
ventilation						
	luftskifte		169	m3/h	0,68	1/h
	anvendt anlæg	thermos 200 DC - Paul				
	anlæggets genvindingseffekt	90%				
resultater fra Annual Heat Demand						
varmetab via transmission						
	ydervæg	1282	kWh/a			
	tag	1225	kWh/a			
	fundament	789	kWh/a			
	vindue	1858	kWh/a			
	linietab v. vindue	-355	kWh/a			
	linietab v. ydervæg	-79	kWh/a			
	linietab v. fundament	36	kWh/a			
		4756	kWh/a	47,6	kWh/m2a	
varmetab via ventilation						
		755	kWh/a	7,5	kWh/m2a	
	samlet varmetab	5511	kWh/a	55,1	kWh/m2a	
varmetilførsel via solenergi						
	N	125	kWh/a			
	Ø	947	kWh/a			
	S	0	kWh/a			
	V	837	kWh/a			
	horisontalt	0	kWh/a			
		1908	kWh/a	19,1	kWh/m2a	
intern varmetilførsel						
		1031	kWh/a	10,3	kWh/m2a	
årligt varmeforbrug		2632	kWh/a	26,32	kWh/m2a	
resultater						
	årligt varmeforbrug til opvarmning			25,67	kWh/m2a	
	varmeforbrug			16	W/m2	
	overophedning			42	%	
	køling			21	W/m2	

appendix B

PHPP-beregning

nettoareal	100,00	m2
nettovolumen	250,00	m3

konstruktionsopbygning

ydervæg mod facade

materiale	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
gipsplade	0,25	0	0	13	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
vindspærrer	0	0	0	0	mm
betonbaseret plade	0	0	0	0	mm
termoglas	0,769	0	0	40	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
				375	mm

u-værdi 0,134 W/m2K

loft

	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
gipsplade	0,25	0	0	13	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
korrigere	0,00001	0	0	10	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
				345	mm

u-værdi 0,001 W/m2K

gulv

	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
beton	2,1	0	0	100	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
korrigere	0,00001	0	0	10	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
				432	mm

u-værdi 0,001 W/m2K

ydervæg mod indre rum

	λ [W/mK]	tværsnitsmateriale	λ [W/mK]	tykkelse	
gipsplade	0,25	0	0	13	mm
OSB-plade	0,13	0	0	22	mm
mineraluld	0,037	I-profil i træ	0,374	300	mm
vindspærrer	0	0	0	0	mm
betonbaseret plade	0	0	0	0	mm
korrigere	0,0001	0	0	1	mm
0	0	0	0	0	mm
0	0	0	0	0	mm
				336	mm

u-værdi 0,057 W/m2K

linietab		[] [W/mK]	længde [m]
	imellem ydervæg og tag	-0,061	43,20
	imellem ydervæg og fundament	-0,039	43,20
	imellem indervæg og fundament	0,06	11,00
	imellem indervæg og lag	0,002	11,00

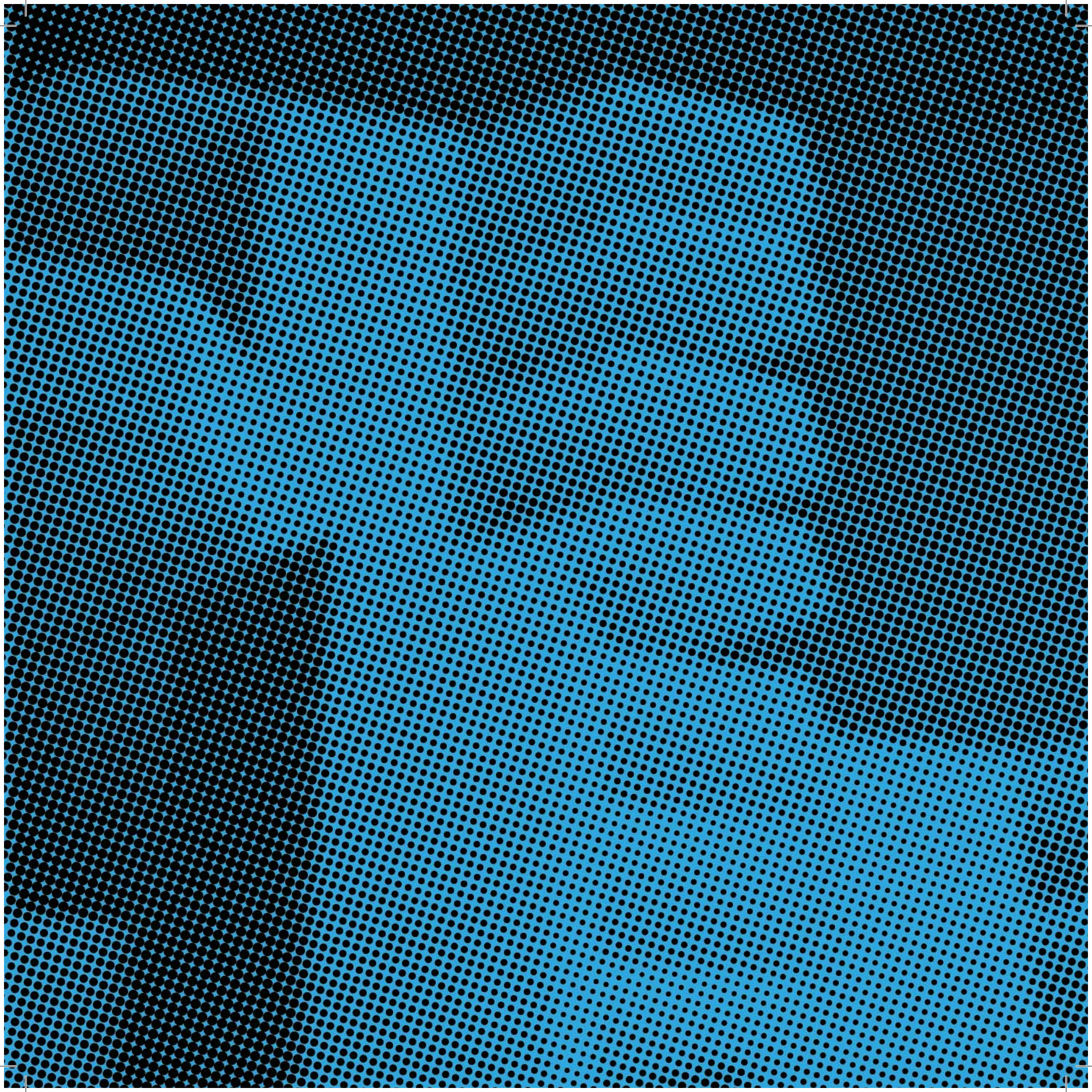
ventilation					
	luftskifte	169	m3/h	0,68	1/h
	anvendt anlæg	thermos 200 DC - Paul			
	anlæggets genvindingseffekt	90%			

resultater fra Annual Heat Demand

varmetab via transmission				
ydervæg	710	kWh/a		
tag	9	kWh/a		
fundament	6	kWh/a		
vindue	1858	kWh/a		
linietab v. vindue	-355	kWh/a		
linietab v. ydervæg	-79	kWh/a		
linietab v. fundament	36	kWh/a		
	2185	kWh/a	21,9	kWh/m2a

varmetab via ventilation				
	755	kWh/a	7,5	kWh/m2a
samlet varmetab	2940	kWh/a	29,4	kWh/m2a

varmetilførsel via solenergi				
N	125	kWh/a		
Ø	947	kWh/a		
S	0	kWh/a		
V	837	kWh/a		
horisontalt	0	kWh/a		
	1908	kWh/a	19,1	kWh/m2a

intern varmetilførsel				
	1031	kWh/a	10,3	kWh/m2a
årligt varmeforbrug	490	kWh/a	4,90	kWh/m2a

resultater		
årligt varmeforbrug til opvarmning	5,69	kWh/m2a
varmeforbrug	8	W/m2
overophedning	72	%
køling	23	W/m2