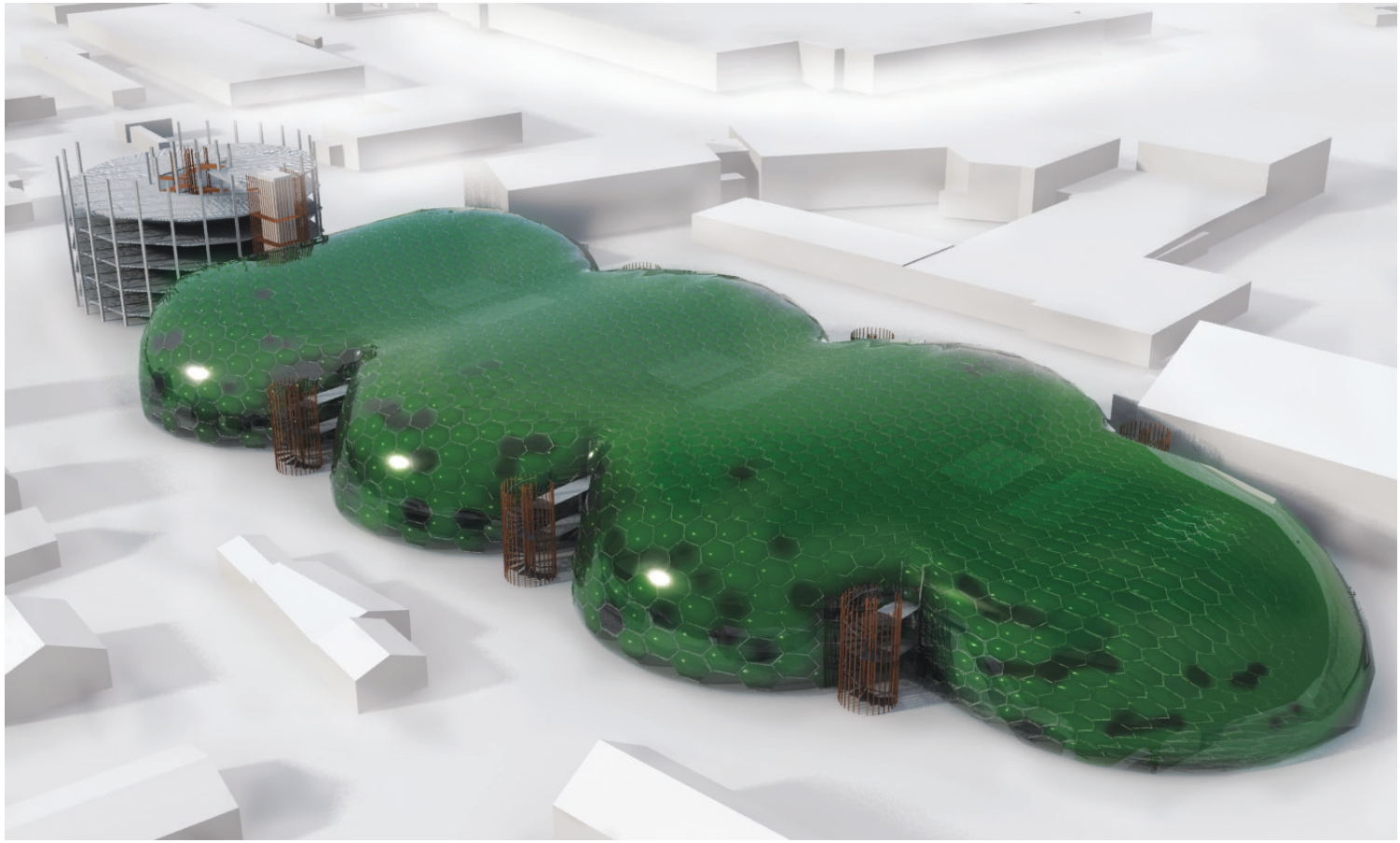
BIOADAPTIVE BYGNING



Jesper Hildebrandt Andersen, ma4-ark19, Januar 2012

Opsummering
Dette projekt er omkring udnyttelsen af reaktionselementer i at skabe et fleksibelt bæredygtigt byggeri. Bygningen er lavet således at den udnytter de biologiske funktioner i alger til dannelsen af en facade der kan ændre sig, så den kan tilpasser sig den givne situation mellem det indre og ydre. Bygningen er også tænkt med en hvis fleksibilitet over tid, da den er bygget udfra fleksible elementer, der enten kan genbruges eller nedbrydes uden store omkostninger.

Projekt beskrivelse
Projektet tager udgangspunkt i et udarbejdet projekt fra Arkitema omhandlende et kontorbyggeri for Lego i Billund. Med udgangspunkt i det udarbejdede projekt, vil jeg forsøge at integrere bioadaptive elementer i en klimaskærm for at give muligheder for et tilpassende indeklima.

Semester
4th, Master thesis, Arkitektur og design
Afdelingen for arkitektur, Aalborg Universitet

Projekt titel
Bioadaptive Bygning

Tema
Biologi, adaptive og bæredygtig

Projekt periode
15. Sep. - 15. Dec.

Hovedvejleder
Professor, Claus Bonderup

Bivejleder
Professor, Poul Henning Kirkegaard

Jesper Hildebrandt Andersen

INDHOLDSFORTEGNELSE

INTRODUKTION 6

METODE OG TEORI 8

KONTEKST 10
Klima 10
Billund 11

DESIGNKRITERIER 12
Projekttegninger 12
Design kriterier 12
Afgrænsning 17

CASESTUDIE 18
Bygningsforståelse 18
Reaktion 20
Cases 21
Mekanik 23
Planter 25
Alger 26

EFTERFORSKNING 28
Inspiration 28
Rum 30
Gulv 31
Reaktion 32
Facade 34
Konstruktion 36

PROJEKT 1.0 38
Kritikpunker 45

PROJEKT 2.0 46

PRÆSENTATION 60
Konklusion 74

BILAG 76

ILLUSTRATIONS LISTE 94

INTRODUKTION

Forord

Læsevejledning

Motivation

Forord

Dette projekt er et 4. semester afgangsprojekt fra Aalborg universitet, Arkitektur og Design. Projektet er udviklet over en 3 måneders periode fra den 15. sep. 2011 til den 15. dec. 2011.

Projektet er her præsenteret i en kronologisk rækkefølge, men hele processen bag tilblivelsen af rapporten er sket igennem flere iterationsprocesser.

Læsevejledning

Referencer i hele rapporten er foretaget i henhold til Harvard metoden for bøger og artikler (Forfatter, år) og til websider (udpeget navn). Med hensyn til illustrationer er de, hvis intet andet er angivet af egen produktion. Ellers er illustrationer nummeret igennem rapporten, og deres reference kan findes i slutningen af rapporten.

Komplet referencer til bøger, artikler og hjemmesider findes også i slutningen af rapporten.

Motivation

"We can't solve problems by using the same kind of thinking we used when we created them." Albert Einstein

Jeg ønskede i dette projekt at efterforske en ny tilgang til byggeriet eller genopfinde brugte traditioner, for at imødekomme det fremtidig problem indenfor ressource og energi mangel.
Jeg har inden projektets start været med til at installere både brændeovn og solfanger i et hus, hvor disse er den eneste varmekilde. Det fik mig til at indse en form for transparenthed, der opstår i samspillet mellem det indre rum og det ydre, når aktive komponenter kommer i funktion. Når man selv bliver en aktiv del af at observere vejret for at se, om man skal tænde op eller om solfangeren har varmet vandet nok op, kommer der hos brugeren en observerende tilgang til det at være inde, på baggrund af det ydre vejr.
På grund af den menneskeskabte drivhuseffekt og klimaændringer, er det nødvendigt at tænke ressource og energiforbrug ind, når vi bygger nyt. Et løsningsforslag har været de såkaldte passiv-huse, med et meget lavt energiforbrug. Ulempen ved passiv-huse er, at de har meget svært ved at tilpasse sig forandringer. Da fremtiden netop byder på et hurtige skiftende marked og mere ekstremt vejr, opstår der her en konflikt.
Derfor finder jeg det relevant at se på metoder indenfor adaptiv byggeri for at se, om der kan laves en løsning, der kan være tilpassende overfor vejret og brugen, men samtidig også være fleksibelt over tid, således at det kan pilles ned og ændres uden det store ressource spild.

"Waste equals food, whether it's food for the earth, or for a closed industrial cycle. We manufacture products that go from cradle to grave. We want to manufacture them from cradle to cradle." William McDonough, cradle to cradle

Ideen fra det Hollandske projekt cradle to cradle, eller på dansk vugge til vugge, er at følge processen fra tilblivelsen af et produkt og til, hvordan det igen kan indgå i en cyklus. Det er spændende at inddrage ideen om flow af energi og ressourcer i et byggeri. Det giver design kriterier indenfor brug af genanvendeligt materiale, fleksible rumfunktioner og en tilpassende klimaskærm. Mennesket og naturen har i mange millioner år eksisteret i et tæt samspil. Efter industrialiseringen er vi mennesker kommet længere og længere væk fra naturen. Jeg vil i denne opgave arbejde med, hvorvidt det er muligt at bringe naturen ind i et moderne byggeri, så samspillet mellem mennesker og natur genoprettes, så bygningen tilpasser sig både efter naturens luner og efter, hvad menneskene i bygningen foretager sig.

"It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent that survives. It is the one that is the most adaptable to change." Charles Darwin

Det er interessant at udforske, hvordan Darwins udviklings teori om vigtigheden af tilpasning kan sættes i forbindelse med bebyggelse. Der kan i et fremtidig scenarie være en kontrast mellem de faste rammer fra det passive byggeri, til de mere frie rammer, som et adaptivt byggeri vil give os. Det er vigtigt, at vi ikke udvikler redskaber til den givne situationer, men udvikler redskaber og viden, til nuet men også med et henblik på en fremtidig situation.

METODE OG TEORI

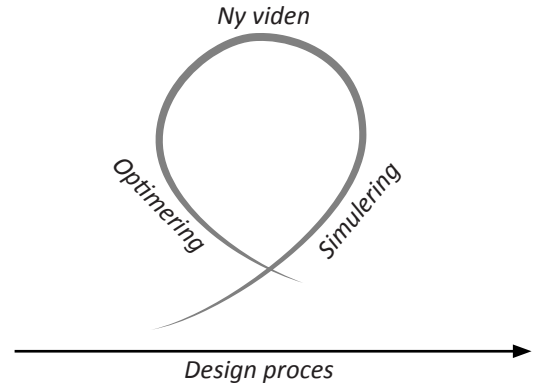
Metoder
- Intregreret design proces
- Simluering

Redskaber
- Parametisk
- Evolutioner
- Emergence

Metode

Projektet tager udgangspunkt i integreret design metoden fra ”Integrated Design Process in Project Based Learning” (Knudstrup, 2004), som bliver benyttet på Aalborg universitet.

Integreret design proces (IDP) er, hvorledes design processen er et konstant loop af iteration. Hvor ideer bliver testet i simuleringer, derefter ændres ideen på baggrund af den nye viden igennem en optimering, hvorefter man laver en ny simulering. Processen fortsætter indtil det resultat, der bliver fundet, lever op til de krav, der er opstillet.

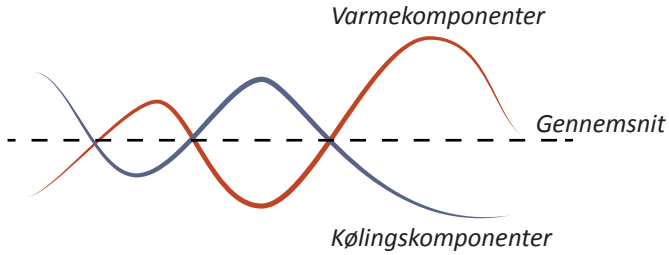


For at kunne simulere på projektets fleksible dele, er der opbygget en metode, der bygger på traditionel simulering. Simuleringerne bygger på 3 substanser, indre belastning, ydre belastning og de aktive komponenter. Disse skal opstilles og simuleres, så de kommer til at være i balance udfra formlen.

$$\Phi_t + \Phi_v + \Phi_{inf} = \Phi_{udstyr} + \Phi_{varme} + \Phi_{sol}$$

Hvor:
Φ_t = Transmissions tab
Φ_v = Ventilations tab
Φ_{inf} = Infiltration tab
Φ_{udstyr} = Menneske og udstyr belastning.
Φ_{varme} = Varmesystemer i bygningen
Φ_{sol} = Passiv sol varme

Her vil Φ_{varme} stå for flere komponenter, som der over en dag er optimeret og integreret i hinanden, således at de vil give et stablit klima over dagen.



Redskaber

Udviklingen indenfor digital software har gjort det muligt at integrere designprocessor i computersimuleringer. Disse kan på nuværende tidspunkt skrives op under 3 overskrifter; den parametiske, den evolutionere og emergence.

Den parametiske opstilling af design parameterne er en lineær proces, hvor den komplette forståelse og priotering hos de indgående designparametre vil diktere den endelige løsning.

Ved den evolutionere metode defineres design kriterierne for den ønskede form, herefter laver man en række simuleringer for at komme så tæt på designkriterierne som muligt. Efter en udvælgelse bliver de bedste løsninger tilbage.

Emergence bygger på en simpel givet regel til den enkelte del i designet basseret på de omkringliggende dele. Dette kan give komplekse former udfra simpel baserede regler.

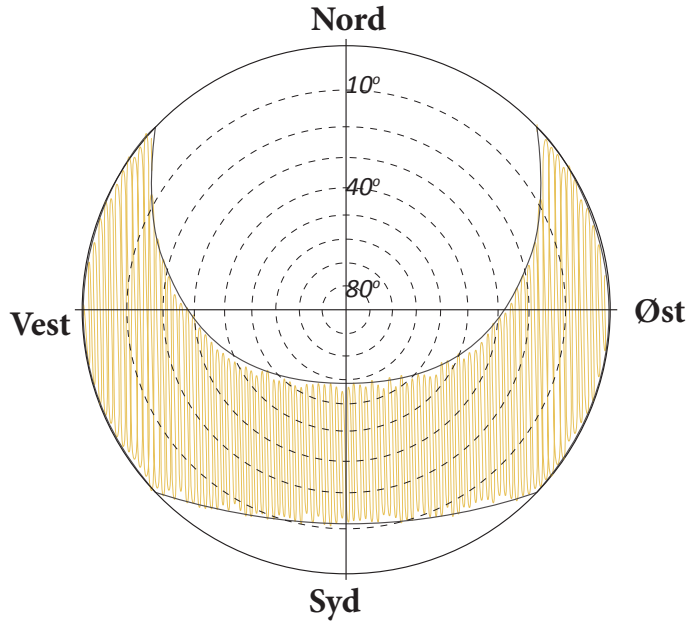
I dette projekt vil den evolutionere og parametiske metode blive benyttet til at finde balancen mellem aktive komponenters form og udførelse overfor den overordnede boligform.

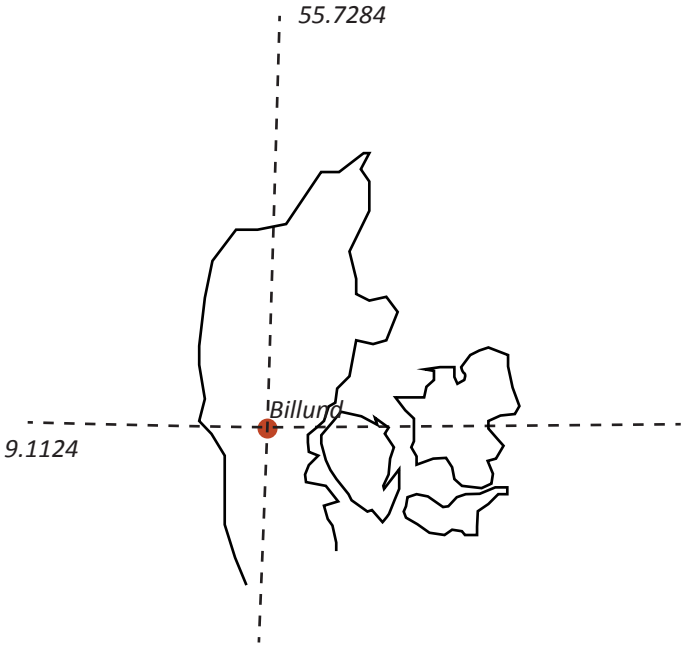
Den tidsmæssige forsinkelse på reaktioner bliver bearbejdet ved at beregne en reaktion udfra flere forskellige mekanismer for at se, hvordan deres balance overfor den givne funktion fungerer.

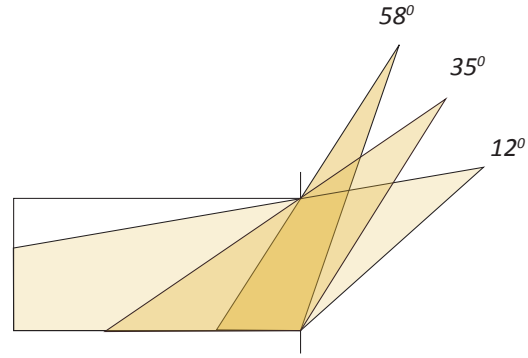
KONTEKST

Klima

Den gennemsnitlige temperatur i Danmark svinger fra -8 grader om vinteren til 26 grader om sommeren.
Det har ikke været muligt at finde nogle specifikke vind og vejr data for projektgrunden.







Solen på sin højeste og laveste position samt gennemsnittet i løbet af året.

Ill. 1

Billund

Er en by i det centrale Jylland, med en stor mængde grønneområder omkring sig eksempelvis Grenesande, Randbøl Hede og Frederikshåb plantage. Byen er udviklet omkring LEGO´s udvikling, hvorfor Billund er en by med meget industri. Udover industrien byder Billund også på meget turisme, dette skyldes lufthavnen, LEGOLAND og Lalandia. Årstiderne har arbejdet med en urban projektplan omkring Billunds centre (ses nedenfor) Projektets ide er at trække det grønne bælte fra kulturparken ind i midten af Billund By.

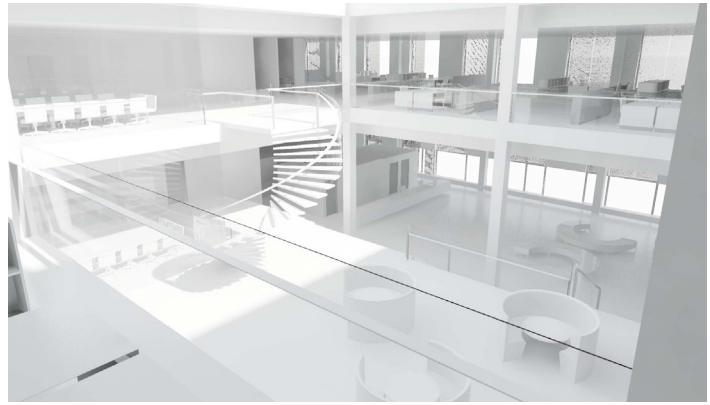
DESIGN KRITERIER

Projekttegninger
- Perspektiv
- Plan
- Snit
- Rumprogram

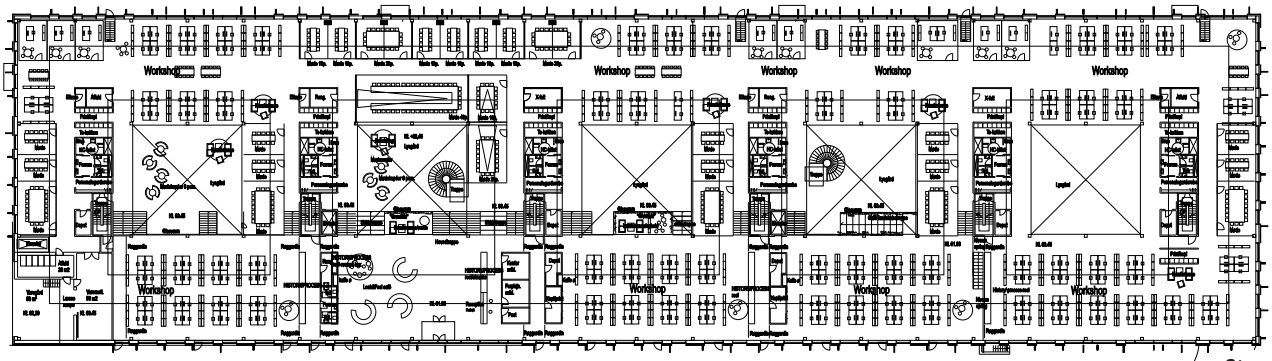
Design kriterier
- Hårde design kriterier
- Bløde design kriterier
- Afgrænsning

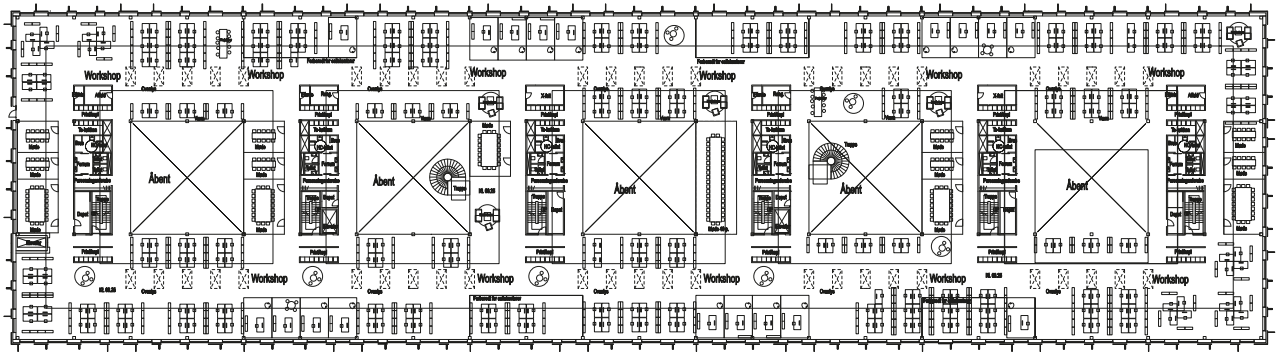
Ill. 2

Her følger en præsentation af Arkitemas projekttegninger til LEGO´s kontor byggeri. Disse vil blive brugt som guidelines i udarbejdelse af designkriterier og rumprogram.



Ill. 3





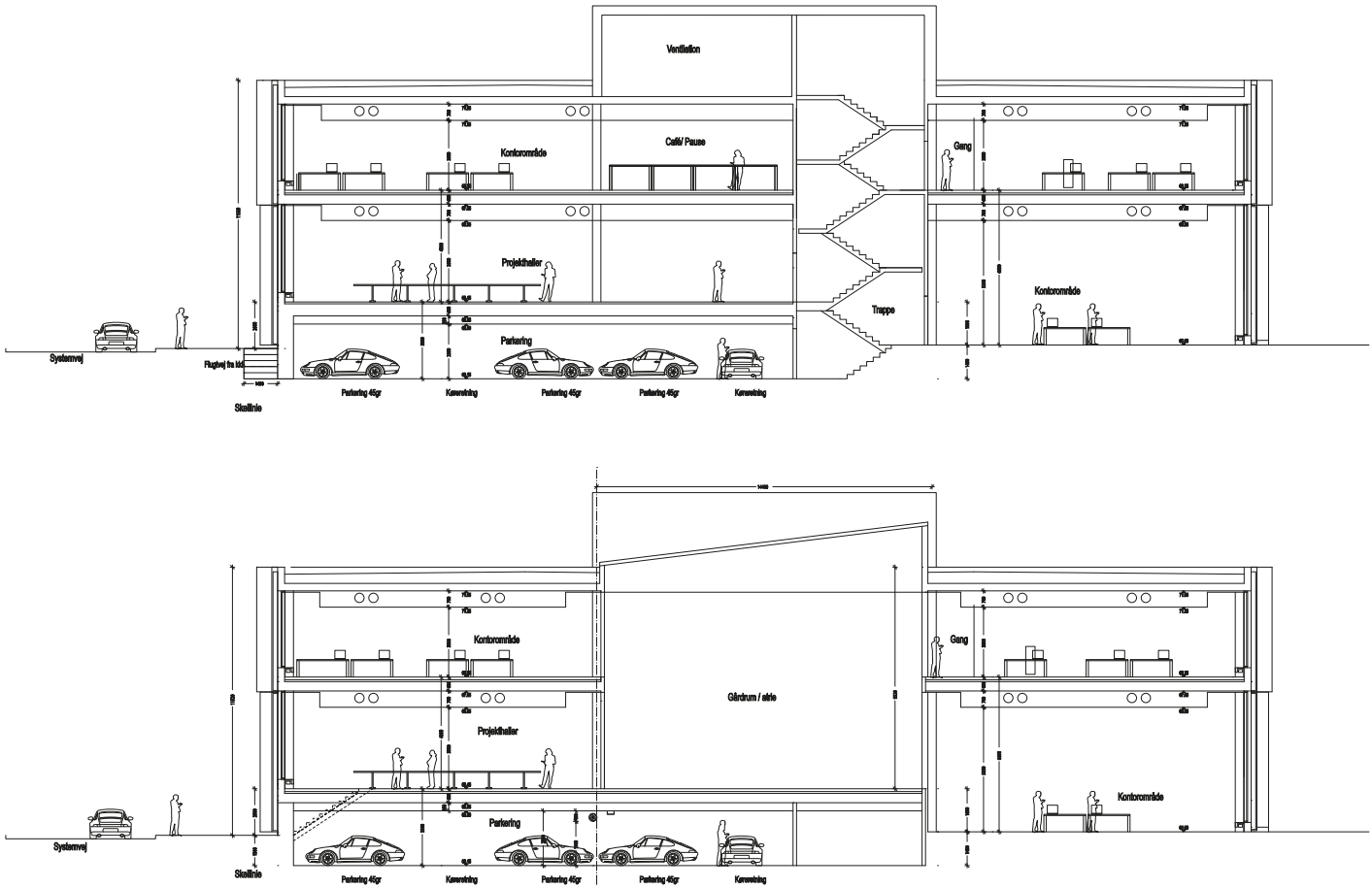
Ill. 4

1:1000

Rumprogram	
Parkeringskælder	5.083 m^2
Stuetage	6.593 m^2
Atrium	58 m^2
1. etage	5674 m^2
Tag	423 m^2
Total	17.831 m^2

Hovedpunkter i byggeprogrammet:

Vinduers U-værdi på 0,6 W/m^2K.
U-værdi af klimaskærm 0,12 W/m^2K.
Ifølge danske 2015 normer.
Uopvarmet Atrium.
Fleksible kontorvægge.
Facaderne styres både manuelt og med sensor.
Solceller på dele af facadebeklædningen og taget.
Facaderne reflekterer sollyset ind i bygningen.


Ventilation
Kontorområde
Café/ Pause
Gang
Projekthaller
Trappe
Kontorområde
Parkering
Systemvej
Skillinie
Parkering 45gr
Kørerebning
Parkering 45gr
Parkering 45gr
Kørerebning
Kontorområde
Gårdrum / atrie
Gang
Projekthaller
Kontorområde
Parkering
Systemvej
Skillinie
Parkering 45gr
Kørerebning
Parkering 45gr
Parkering 45gr
Kørerebning

Ill. 5

1:300

Jeg vil basere mit rumprogram på en fortolkning af Arkitemas forslag.

Arkitemas forslag bygger på 5 selvfungerende enheder, der rummer et atrium samt de nødvendige rum for at fungere som selvstændig blokke. Ideen var, at hvis LEGO havde behov for færre lokaler, kunne nogle af blokkene lejes ud til andre firmaer.

Jeg vil derfor kun arbejde med behovene i en af blokkene, og arbejde med fleksibiliteten i den for at kunne dække behovene i forskellige situationer.

Overordnet er de to etager næsten ens, og kan tilnærmelsesvis beskrives udfra nedestående rumprogram.

Område 41 m dyb × 24 m bred

Depot/printer/rengøring	40 m²
2 Toiletter, 1 handicap og forrum	18 m²
Elevator	6,1 m²
Trappe	17 m²
Køkken	8,2 m²
El tavle	1,4 m²
Garderobe	8,8 m²
Samlet service	100 m²
Effektiv kontorareal	590 m²
Atrium	200 m²
Gulvareal	980 m²
Total areal	1180 m²

For at opnå en indre fleksibilitet består den bærende konstruktion af de gennemgående kerner og facader. Andre vægge laves som midlertidige vægge, således at de kan flyttes eller fjernes for at dække nye behov.

Et problem, der har været ved udviklingen af dette projekt, har været at få nok dagslys ind i lokalerne.
I dette projektforslag er dette løst ved hjælp af et samarbejde mellem 4 forskellige principper.

- Mod øst, hvor kontoret hovedsagligt skal være belyst af diffusbelysning i løbet af eftermiddagen, er kontorhøjden i stueetagen 5,35 m.
- Tagvinduer i de øverste etager medvirker til at lofthøjden kan holdes lav.
- Atriumet i midten i hver enhed, giver belysning ind i byggeriets kerne.
- Facade elementerne er lavet, så de kan åbnes og lukkes og reflektere noget af belysningen ind i byggeriet ved hjælp af indbøjede aluminiumsplader.

	Aktivitet	Personer pr. m^2	Kategori	Sommer temperatur	Vinter temperatur	Ventilations mængde
Enkelte kontorer	1,2	0,1	A	24,5 +/- 1,0	22,0 +/-1,0	1,0 l/s · m^2
Storrums kontorer	1,2	0,07	A	24,5 +/- 1,0	22,0 +/-1,0	0,7 l/s · m^2
Konferencerum	1,2	0,5	A	24,5 +/- 1,0	22,0 +/-1,0	5 l/s · m^2

CR 1752:1998

Hårde design kriterier
Tilpasning af arbejddagslyset i alle rum.
Zonedelt ventilations tilpasning.
Ingen kølingsbehov.

Belysning
Ved belysning ønskes en lysintensitet på min. 200 lux ved alle arbejdstationer. Ligeledes skal alt lys på computerskærme være fra diffus belysning.

Ventilation
Forureningsbelastningen fra bygning er givet ved 0,1 olf/m^2 *(Tabel A.8 DS)* for nye lavt forurenende bygninger svarende til en ekstra ventilationsstrøm af 1 l/s · m^2 for opretholdelse af samme kvalitet. Det totale ventilations behov er fra 1,7 til 6,0 l/s m^2 for at holde luften frisk.

(Tabel A.6 DS)
Kuldioxidudledning pr person er givet ved 19 l/h med en aktivitet på 1,2 met.

Ved en CO_2 grænse på 0,1% svarende til 20% utilfredse (Figur 2.18 Varme og klimateknik) og med en udvendig CO_2 koncentration på 0,0035 kan ventilationsbehovet findes ved: *(Grundleaggende klimateknik og Bygningsfysik, 1.4.2)*

$$0{,}02 / (0{,}001 - 0{,}0035) = 30{,}77\ m^3/h \text{ pr. person}$$

Ved omskrivning til l/s pr m^2 i forhold til den maksimale person tæthed.

$$30{,}77 \text{ l/s pr. person} / 3{,}6 \cdot 0{,}5 \text{ personer}/m^2 = 4{,}27 \text{ l/s } m^2$$

Da dette tal er mindre, regnes der kun med et ventilationsbehov på grund af lugt forurening.

Varmebehov:
Svarende til tabet er lig det optagede indenfor den ovenstående temperaturgrænse.

Bløde design kriterier

Udover de hårde designkriterier skal bygningen også opfylde en række arkitektoniske bløde værdier indenfor form og udtryk.

Det materiale eller de komponenter, der anvendes skal så vidt muligt kunne genbruges eller nedbrydes.

Byggeriet skal være transparent i sin brug af aktive komponenter, og disse skal have en tydelig effekt på, hvorledes byggeriet bliver opfattet.

Aktive komponenter skal fungere så bæredygtigt som muligt, og deres reaktion skal være så naturlig som mulig.

Rummene i byggeriet bliver lavet fleksible, således de kan danne forskellige kontormiljøer og samtidig have en arkitektonisk høj kvalitet.

Afgrænsning

Fokus i dette projekt er den arkitektoniske rumoplevelse, og hvorledes denne kan bibeholdes i et fleksibelt byggeri, hvorfor der er foretaget en afgrænsning overfor de mere tekniske og biologiske detaljer.

Der findes cirka 200.000 forskellige slags alger og en præcis analyse og forståelse af den valgte type alger, bliver ikke beskrevet i dette projekt.

Beplantning bliver også kun tænkt ind i det omfang, hvor det er muligt, men der ønskes at få en fornemmelse af, hvad de vil have af betydning for indeklimaet.

Konstruktionen, bliver på grund af den fleksible del ikke beregnet, da det bliver for kompleks i dette projekt.

For at kunne nytænke byggeriet er det nødvendigt at benytte nye materialer, men disse vil kun blive beskrevet i overordnet forstand.

CASESTUDIE

Bygningsforståelse
- Klimaskærm
- Dynamisk termiskmasse
- Ventilationsgenvinding

Reaktion
- Manual
- Sensor
- Naturlig
- Interval

Mekanik

Planter
- Alger

Bygningsforståelse
For at effektivisere bygningen er forskellige elementer og metoder til at reducere bygningens klimabehov inddraget.

Bygningen tænkes som 3 dele: klimaskærm, dynamisk termiskmasse og ventilationsgenvinding. Disse skal komplimentere hinanden i at holde bygningen tempereret og med frisk luft.

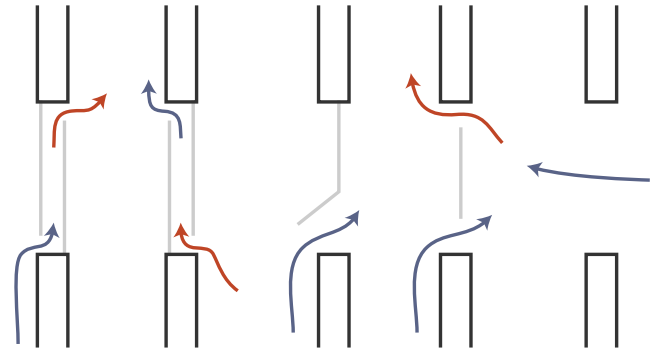
Nedenstående følger eksempler på for hver af de 3 faktorer, hvorledes de kan benyttes i dannelsen af et godt indeklima.

Klimaskærm

Et integreret persiennesystem til facade benyttes i SOMEC´s hovedkvarter i Italien. Det er en dobbelt facade med et integreret forhæng, der kan reflektere sollys. Forhænget styres automatisk op og ned af sensorer, der reagerer på rummets temperatur.
Dobbeltfacaden gør det muligt at forhindre varmetab om vinteren, og om sommeren reflekterer forhænget sollyset tilbage. Da sollyset bliver blokeret fra bygningen, er det en effektiv måde til at forhindre en overophedning af bygningen.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

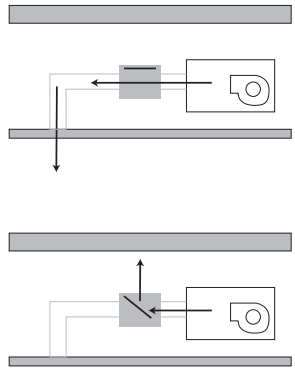
Tekstureret transparente elementer anvendes på en sydvendt facade i ældrecentret Domat EMS bygningen. Facaden er lavet af fire lag glas, denne rene glasfacade gør, at en mængde lys vil trænge igennem. For at undgå overophedning af et de fire lag glas lavet med en struktur, der bloker for det direkte sollys.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

Forskellige typer af vinduesåbninger fungerer ved hjælp af naturlig ventilation til at give frisk luft og køling.



Dynamisk termiskmasse

I et kontorbyggeri i Japan er det på grund af en stor termiskmasse muligt at benytte sig af natkøling. Ved at ændre ventilationsretningen fra om dagen til at køre ned i bygningen til om natten at ventilere op mod betonkernen. Dette gør, at den termiske masse kan holde byggeriet køligt i løbet af dagen.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)



ZUB (Center for bæredygtighed) er et kontor i Kassel, hvor man har indlejret vandrørsystemer i hver etage og i taget. Rørene ligger i en dybde af 150 mm og har en diameter på 20 mm. Rørene medfører en kølingseffekt på bygningen på op til 5-6 grader med en vandstrøm på op til 600 kg/h.
Vand har en meget stor varmekapacitet - højere end stål. Dette gør vand ideel som termisk dynamiskmasse da mængden af energi, som vand rummer er højt.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

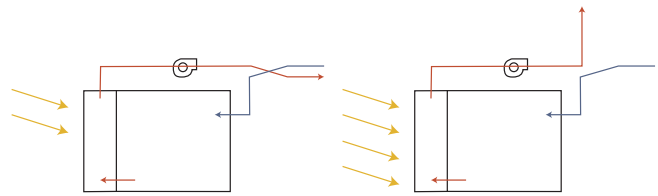
Faseskiftende materialer fungerer ved at et materiale afgiver eller optager mere energi, når det skifter fase eksempelvis fra fast til flydende eller til gas. Et eksempel på dette er et renoveringsprojekt i Tyskland, hvor de implementerede nye isoleringslag i et gammelt hus. Isoleringen indeholdt et faseskiftende materialer (BASF Micronal), som har et smeltepunkt på 24 ^{0}C og en faseskiftende energi på 180 J/kg.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

Ventilationsgenvinding

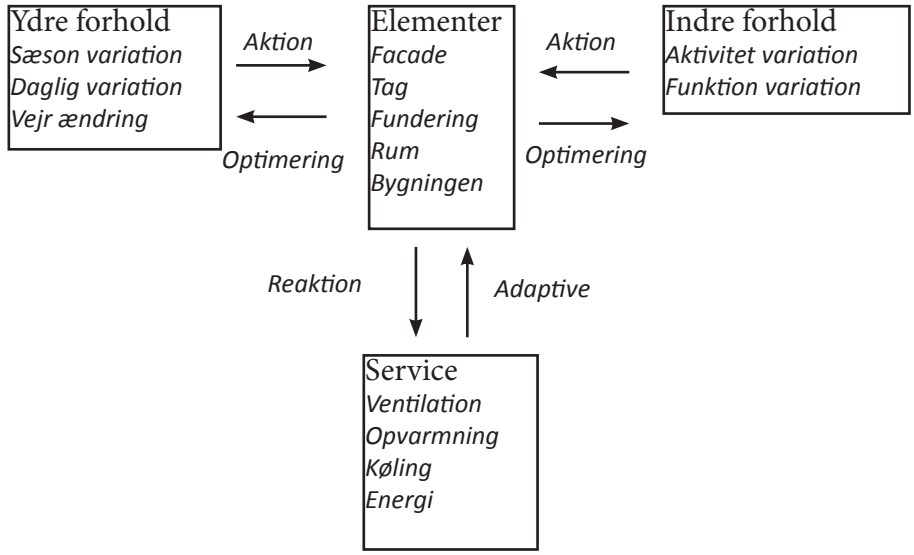
Vægventilation fungerer ved at udeluften bliver suget op og igennem isoleringsmaterialet, dette er med til at udnytte den varme, der ellers ville gå tabt. Luften kan herefter enten køre ind byggeriet eller igennem en varmeveksler.
Vægventilation medfører en ensrettet luftstrøm igennem isoleringen, hvilket vil forøge isoleringsmaterialets virkningsgrad.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

Jordkøling fungerer ved at ventilationsrørene går igennem jorden for at udnytte den stabile temperatur, der er i jorden året rundt. Et eksempel fra Østrig, med rør på 50 m gravet ned i 2 m dyb og med en volumenstrøm på 500 m^3/h, giver en forvarmning i vinterperioden fra -11,5 til 0,2 og en kølende om sommeren fra 29,4 til 19,6 grader.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

Ved facadeventilation udnytter man solens varme i en dobbeltfacade, ved at lade udluftningensluften blive ventileret igennem den i vinterperioden inden den løber ind i varmegenvindingssystemet. I sommerperioden bliver ventilationsstrømmen ventileret direkte ud.
(Http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)



Reaktion



Som en del af det integrerede design ses det som en vigtig del i dette projekt, at form og funktion følges ad, også når det kommer til de adaptive komfort komponenter.
For at få en forståelse af hvordan adaptive elementer reagerer, ses der på figuren fra Annex 44 rapporten Responsive elements *(http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_Vol_1.pdf).*
Her ses, hvorledes bygningselementerne skal være en reaktion mellem en optimering af forholdet mellem klimaet og funktionen. Her vil jeg gerne indføre et udtryk data transparenthed, denne kommer til udtryk i, hvor tydeligt et elementsreaktion sker på baggrund af et indput.

For at få en ide om hvorledes elementer bliver aktiveret, og hvordan de har en arkitektonisk indflydelse på opfattelsen af projektet indenfor forskellige reaktions typologier, er der set på følgende:

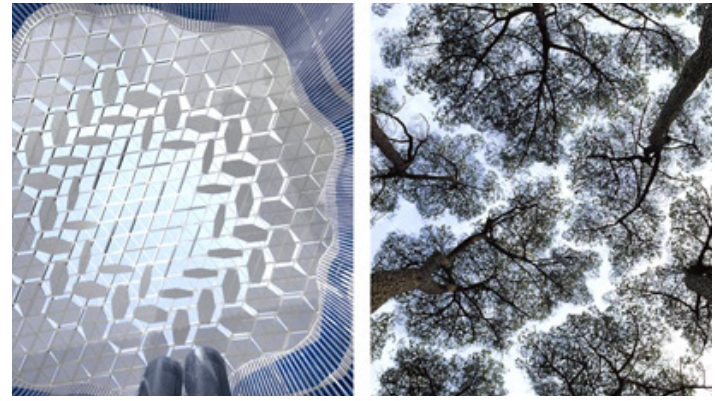
Naturlig reaktion - World Trade Centre, Bahrain.
Manuel reaktion - Sliding house.
Sensor - Solskærme Hoberman
Interval - Milwaukee art museum

Manuel reaktion - Sliding house

Ill. 6

Huset er placeret i et åbent landskab, hvor der til tider kan være en hård vind. Klimaskærmen er lavet således, at den kan køre væk fra bygningen i godt vejr og tilbage, når det er dårligt. Hele bevægelsen bliver trukket af en lille motor, der kører på skinner, og er styret manuelt fra et panel.
Reaktionen sker for at kunne variere den indre rumkomfort, og hele reaktionens effekt er meget klar. Hvorledes klimaskærmen kommer på plads og klarheden i dens funktion er mindre gennemskueligt.
(http://inhabitat.com/residence-sliding-house-drmm/)

Sensor reaktion - Solskærme Hoberman



Ill. 7

I et atrium er intelligente solskærme implementeret, disse er styret af en sensor, der reagerer på lysmængden og varmen i det indre rum. Designet har taget inspiration fra trætoppene, hvorledes sollyset bliver diffuseret ned til bunden af træet og jorden. De enkelte solskærme er styret ved en aktuator, således de kan styres individuelt.
Reaktionen udfra sensor og vejrdata i dette eksempel fungerer hurtigt og har en stor effekt på oplevelsen af rummet samt dets klima. De elektriske aktuatorer i de enkelte solskærme kunne om muligt effektiviseres således, at den overordnede gevinst ville være større.
(http://www.hoberman.com/abi.html)

Naturlig reaktion - World Trade Centre, Bahrain

Ill. 8

Ideen bag projektet i Bahrain er at formen af de 2 tårne, virker som vindtunnel for den indkommende vind, og sammen med højden er dette med til at forøge effektiviteten af vindmøllerne.
I projektet er der en meget klar forståelse for formen af tårnene, samt at vindmøllerne er aktive, når det blæser. Dette giver en meget klar forståelse for et aktivt element, der reagerer på en naturlig reaktion.
Effekten fra vindmøllerne har ikke en direkte indflydelse på oplevelsen af at være i bygningen. Hvis vindmøllerne ikke havde været der, havde el-regningen blot været større.

Interval - Milwaukee Museum art museum

Ill. 9

Projektets aktive del, de elektriske vinger, er styret af et tidsinterval, hvor de åbner eller lukker. Bevægelsen er simpel, men har en meget stor arkitektonisk effekt ved at åbne for en mængde dagslys i rummet. Desuden ændres formen udvendigt og giver et helt andet udtryk fra en lukket simpel geometri til et mere dynamisk bevægende.
Det aktive komponent i dette projekt er computerstyret og reagerer for at give en oplevelse af rummet, så bevægelsen er mere dramatisk end logisk, da det kan ske, når som helst uden nogen større ide. *(http://www.calatrava.com/)*

Mekanik

For at få en given reaktion er det nødvendig med en mekanisk aktiveringsdel. Det er vigtigt at energiforbruget for den mekaniske aktiveringsdel ikke overstiger det positive tilskud af energi, man får fra systemets funktion.

I de foregående 4 projekter er reaktionen i 3 af dem hovedsagligt for at få et byggeri med et lavere energiforbrug eller et bedre indeklima. Her tænkes på Sliding House, World Trade Center, Bahrain og Solskærme. Af de 3 reagerer 2 af dem vedhjælp af en elektrisk motor

Det er vigtigt at få mest muligt ud af den mekaniske effekt, man ligger ind i en reaktion. Derfor er det vigtigt at se på 4 mekaniske muligheder for at skabe en reaktion .

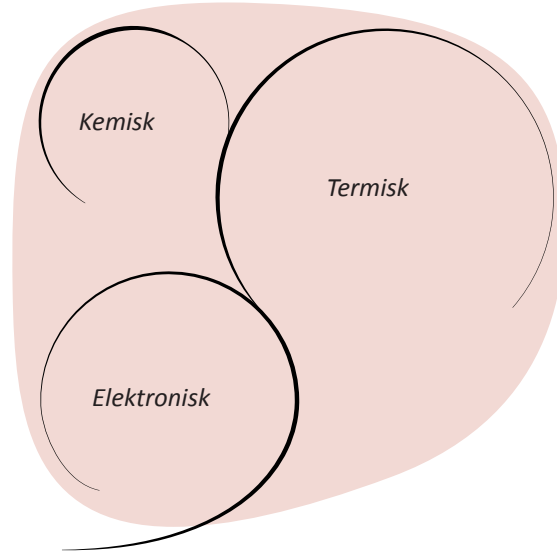
Elektrisk; brugen af el til motor, smartmaterials, pumper og andet.

Naturlig; benyttelse af sol og vind til en reaktion.

Termisk; et stofs stofskifte eller dets temperatur.

Kemisk; energi bundet i kemiske reaktioner eller organisk vækst.

For at få en reaktion der er effektiv nok i forhold til den mekaniske effekt, der er lagt i, kan forskellige mekaniske funktioner blive benyttet for at komplementere hinanden. Et eksempel er brugen af solfanger, hvor solen øger vandets temperatur, hvorefter vandet vil stige op i



En elektronisk mekanisme, starter en termisk og kemisk mekanisme, til sammen har de en større reaktion.

systemet ved en naturlig funktion, en el-pumpe transportere vandet ind i bygningen, hvor vandet vil afgive sin varme ved en termisk reaktion. Hvis der her blot var brugt en el-radiator, ville effekten være mindre end ved brugen af en solfanger.

En effektiv form for mekanisme kan være planters reaktioner. De vil desuden evt. have en positiv indflydelse på bygningen set udfra en arkitektonisk opfattelse og komfortmæssigt set. Dette uddybes i næste afsnit.

Planter

Brugen af planter kan indgå som en naturlig aktiv komponent i at få et godt indeklima. Planterne reagerer på sollys, klima og de tilgængelige næringsstoffer. De kan derfor, hvis de er placeret på den rigtige måde, fungerer som en naturlig aktiv komponent. Planter hjælper på følgende områder

- Eliminerer skadelig stoffer fra luften
- Køler luften ved fordampning
- Fugtiggør luften
- Danner Oxygen
- Skygger
- Lær
- Isolerer

De 2 vigtigste stoffer som planter kan eliminere er formaldehyd og benzen. Formaldehyd kommer hovedsagligt fra trykimprægneret træ, skumisolering, maling og printplader. Benzen kommer bl.a. fra maling, printer og printplader. Det er vigtigt at forstå, hvilke kemiske stoffer, der vil være hovedårsagen til forurening og vælge planter efter dette, da forskellige planter er bedre til at optage nogle stoffer end andre.
Forskningen indenfor dette felt kommer hovedsagligt fra NASA´s rumforskning, hvor de forsøger at lave et miljø i rummet, hvor mennesker vil kunne overleve. Men for at dette kan lykkes, skal alting laves næsten sterilt således at de affaldsstoffer, der kommer fra inventar er kendte og er biologisk nedbrydelige. Et sådan miljø er næsten umuligt at danne i et kontor, da materialer kommer ud og ind. Derfor er det nemmere at arbejde med en fast ventilationsmængde, der erstatter luften. *(Ecudesign)*

Ill 13. Et projekt hvor en urtehave blive placeret i vinduet for at give beboeren mulighed for at dyrke deres egne krydderurter. Planterne bliver vandet af en lille pumpe, der ved hjælp af luftbobler løfter vandet op til planterne. *(http://www.windowfarms.org/)*

Ill. 10. Grønne vægge til indendørs ornamenter. Planterne bliver specielt valgt efter det specifikke indeklima. Der er også et behov for en variation i planter, da de optager forskellige stoffer. Systemet er lavet med et tørt anlæg af muld på 10 cm, et vandsystem koblet til en normal vandhane, og grolamper der sørger for lys og varme.
(www.greenfortune.com)

Ill. 11. Grønne tage kan hjælpe med at absorbere regnvand og medvirker som isolering både overfor varme og kulde. Om sommeren køler det bygningen i den fordampning, der kommer fra jorden og planterne, om vinteren fungerer det som ekstra masse og til at holde vinden væk fra tagfladen. Ud over disse egneskaber, skaber det også et levested for dyr og hjælper med rensning af luften omkring bygningen. Den negative side er, at der er behov for en større støttende struktur.
(http://www.trskablog.com/green-roof/)

Ill. 12. En japansk virksomhed, Kyocera Group, har plantet en grøn bevoksning, som fungerer som dobbeltfacade. Den grønne beklædning fungerer som solafskærmning om sommeren, hvor bevoksningen er stor. Det haft en positiv effekt på indeklimaet på op til 15 grader om sommeren.
(http://tokyogreenspace.com/)

Alger

Alger er den mest effektive metode til at transformere sollys. De konverterer 3-8% af sollyset til energi, mens landplanter kun konverterer 0,5%. Alger producerer omkring 1,87 ltr. olie pr. m^2 overflade, hvor den mest effektive landplante producerer 0,6 ltr. pr. m^2.
(Ole Terney, BioNyt: Alger Energi-and fødekæde)
Algerne har 2 standard reaktioner, enten vokser de eller også formerer de sig. De vil vokse, hvis der er mangel på kvælstof. Planter skaber i fotosyntesen glukose udfra CO_2 vand og lys.

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$
$$\Delta h = 2870 \text{ KJ / mol}$$

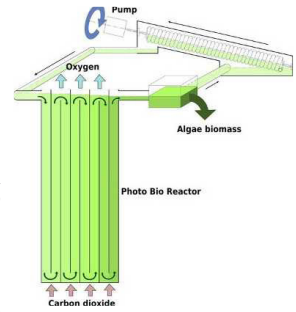
(Http://en.wikipedia.org/wiki/Algae_bioreactor)

I løbet af algevæksten har de også behov for gødning, hvilket kan komme fra erhvervslivet eller mennesker.
Energi fra alger kommer i tre former, brint, olie og biomasse. Brinten kan tages ud under algernes opvækst. Olie er produceret ved en udsultning af algerene ved fjernelse af kvælstof. Til sidst kan algernes biomassen omdannes til bioethanol.
(Http://en.wikipedia.org/wiki/Algaculture)

Alger generelt
- Lys 18 timer i døgnet i det rødlige/blålige spektrum.
- Temperatur mellem 16 til 27 grader afhængig af algearten. Temperatur lavere end 16° vil bremse væksten, og højere end 35° vil være dødelige.
- Konstant opblanding
- Lys 1000 lux, Direkte sollys er ofte for stærk for alger.
- Dybde for optimal grobund 76-100 mm.

(Http://www.growing-algae.com/algae-growing-conditions.html) (Ole Terney, BioNyt: Alger Energi-and fødekæde)
(Http://en.wikipedia.org/wiki/Algaculture)

Ecuduna er et eksempel på en bioreaktor, her bliver rørene konstant drejet for at give en høj effekt i løbet af dagen.
Systemet fungerer i produktionen af rå biomasse, rensning af vand og luftrensning af industriens røg. Ved at have en konstant strøm af alger gennem systemet, er det muligt at få en konstant feedback af biomasse fra alger.
(www.ecoduna.com)



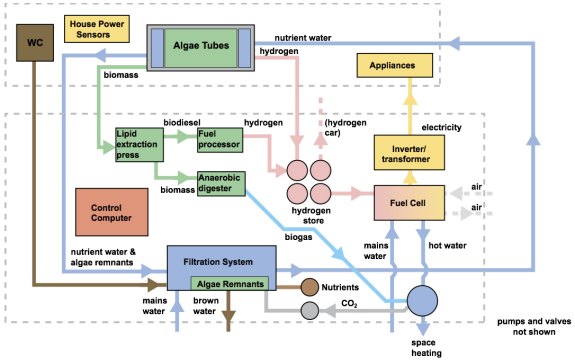
Ill. 14

Indenfor spacetravel har NASA forsket i en algemembran, der kan ligge på havet. Den gør det muligt at producere biomasse på havet. Membranen er fyldt med spildevand og alger. Kun det rene vand samt oxygen kan trænge igennem membranen. Når processen er slut, tømmes poserne for biomasse, der nu kan bruges i fremstilling af brændstof.
(Http://biomassenergyjournal.com/nasas-project-omega/)

Mikroalger er interessante at se på indenfor arkitektur, da de har en hurtig respons, og ved at de er placeret i vand, er det nemt at flytte dem rundt. Algers hovedegenskaber indenfor i bebyggelse, ser jeg i deres diffusering af sollys, oxygen og energidannelse.
Herefter følger et projekt fra Cambridge universitetet, der arbejder med en integreret bioreaktor.

Ill. 15

Projektets arkitektur er lavet således, at det høje sollys om sommeren er blokeret af et udhæng for at forhindre direkte sollys på algerne, der kunne føre til overopvarmning og for stor lysmængde. Et vandbassin er placeret foran algerne, denne reflekterer sollyset op på algerne, men samtidig absorberes noget af varmen og lyset.



Ill. 16

Bioreaktoren er tilsluttet spildevandet fra huset for modtagelse af gødning og CO_2.
Energien fra algerne kommer fra den endelig biomasse og dannelsen af brint under produktionen. Brinten bliver brugt i brændselsceller til at danne strøm og rent vand. Biomassen bliver blandt andet benyttet til opvarmning af huset.

Brugen af alger i facaden, ses som en effektiv måde til at benytte en biologisk reaktion i et byggeri, og hvordan det kan tænkes ind i konstruktionen som en integreret del. Ideen med implementeringen af biovækst i bygningen vil senere blive benyttet i dannelsen af komfortzoner og arkitektonisk udtryk.

EFTERFORSKNING

Inspiration

Rum

Gulv

Reaktion

Facade

Konstruktion

Ill. 17

Som en del af inspirationen til projektet, har jeg set på, hvorledes biologisk vækst kan integreres i byggeriet, men også hvordan naturen kan være inspiration til formgivningen af rum og struktur. I naturen ses nogle grundtektoniske elementer, som ønskes videreført i byggeriet. Hvorledes struktur bliver bygget op, hvordan planter reagerer på vejr og vind og i det hele taget, hvordan frembringer man fornemmelsen af at være i en skov i et byggeri. Formstudiet henter inspiration fra kunstneren Tomás Saraceno og hans arbejde, derefter forsøges forskellige former og strukturer at blive benyttet til henholdsvis fleksible vægge, gulve, facader og bærende konstruktioner.

Ill. 18

Ill. 19

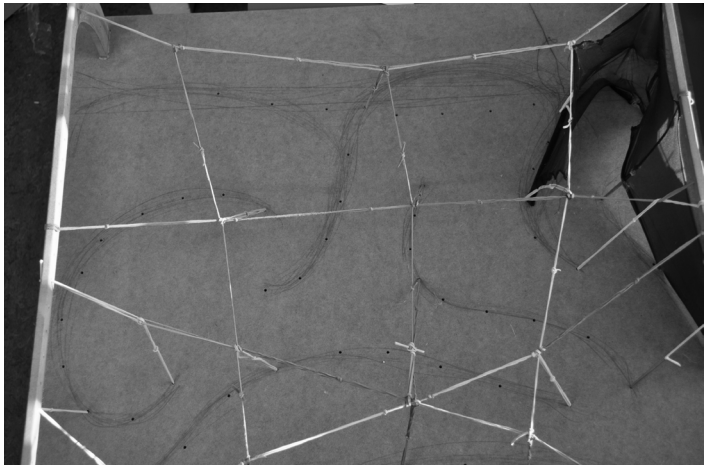
I Tomás Saracenos værk "Lettere end luft" arbejder han med, hvordan man bor sammen, og hvordan vi i vores bolig sameksistere med verdenen i et fremtids scenerie. Hans installationer bygger på lette udspændte transparente eller oppustede strukturer. Hans installationer er forskning både indenfor rum og oplevelse, han ønsker målrettet at arbejde med, hvordan vi skal bo med hinanden både her på jorden, men også i verdensrummet. Han ser den fleksibilitet de flyvende kupler har og hvordan det, at man kan flytte dem rundt i rummet, er med til at lave en mere fleksibel verden, hvor lande og kulturer kan flyttes rundt mellem hinanden.
(http://www.aok.dk/udstilling/portraet-af-tomas-saraceno)

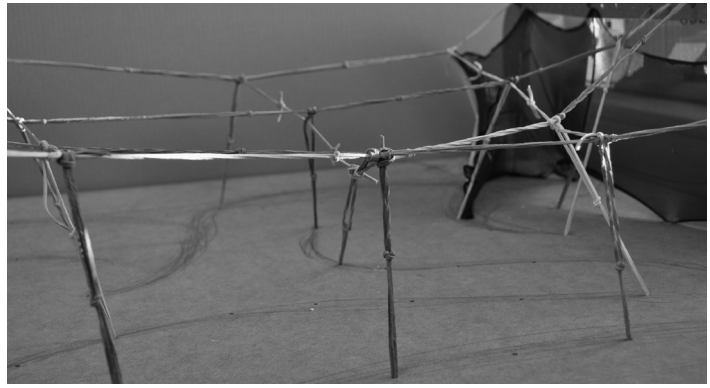
Kuplerne er lavet af wire og luft, det at de er så lette gør, at de konstant vil reagere over for deres lastpåvirkninger og ændre deres form. Det er ideen, at de forskellige kupler indeholder forskellige ting, såsom natur, byer og andet, der så kan kobles rundt mellem hinanden efter behov

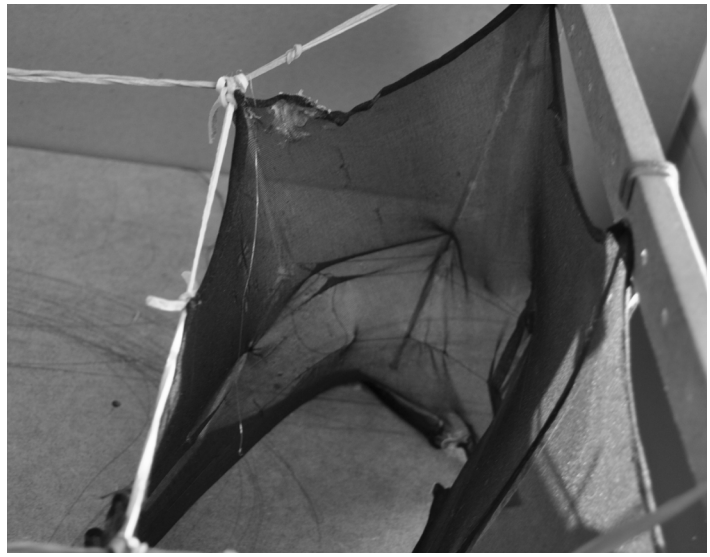
Transparentheden og genkendelse i gentagne kupler giver både en klarhed men også en kompleksitet. At man på engang kan overskue det hele, men at det hele også er synligt, gør det komplekst.

Som arkitektoniske muligheder i et integreret design, er den bevægelige struktur og transparenthed spændende at tænke sammen med den biologisk tilpassende vækst. Det kan give en reaktion frem og tilbage mellem en tilpassende konstruktion og en voksende beplantning.

Med oprettelsen af det indre rum for mit projekt er ideen om en gennemsigtig membran struktur udviklet yderligere.

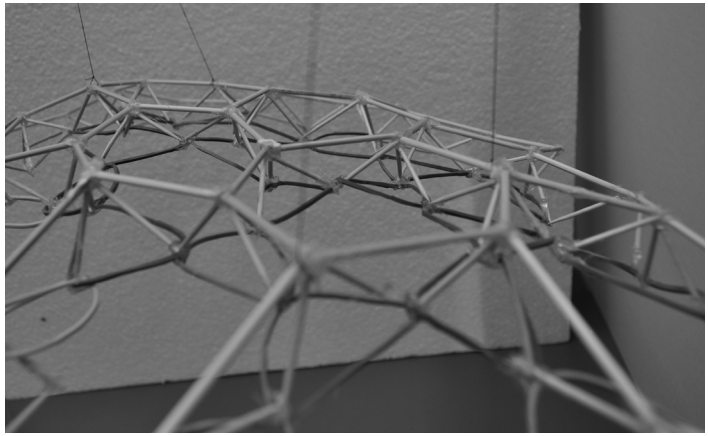


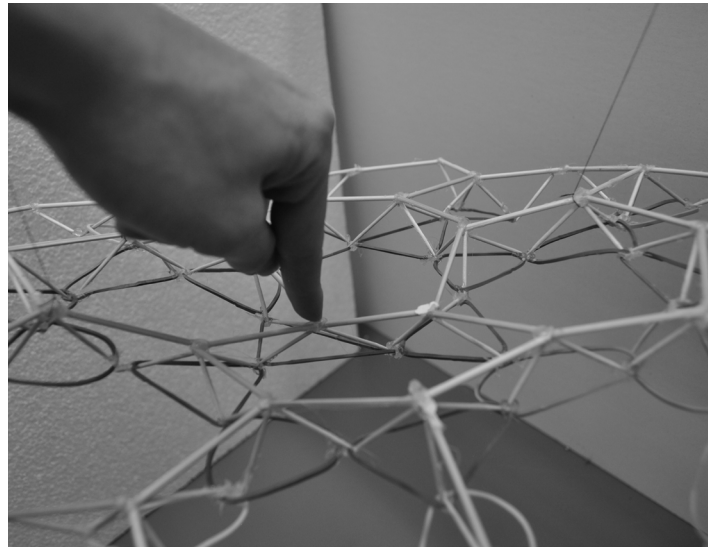




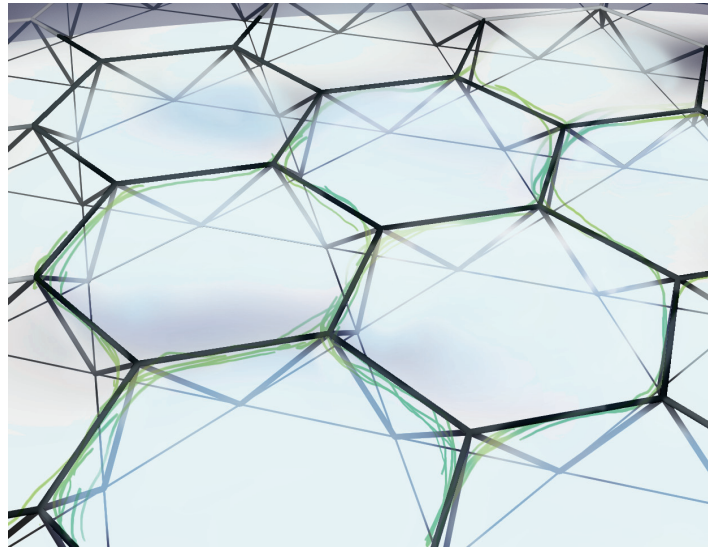
Den første model var et forsøg med en total membran struktur udvidet fra facaden til atriummet og støttet af en indvendig struktur (se øverste billede ovenfor). Den viste model er fremstillet i tape, som giver en fornemmelse af en gennemsigtig struktur, og hvordan det kan skabe forskellige rumoplevelser. Ideen med den samlede membran struktur blev forkastet på grund af sin manglende funktionalitet i forhold til brugbare rum. En lettere model er fremstillet med membraner holdt mellem gulv og loft (se billede ovenfor). Denne udstrakte membran skulle så være i stand til at tage form i henhold til forskellige funktioner, såsom skillevægge og møblering.

Gulv





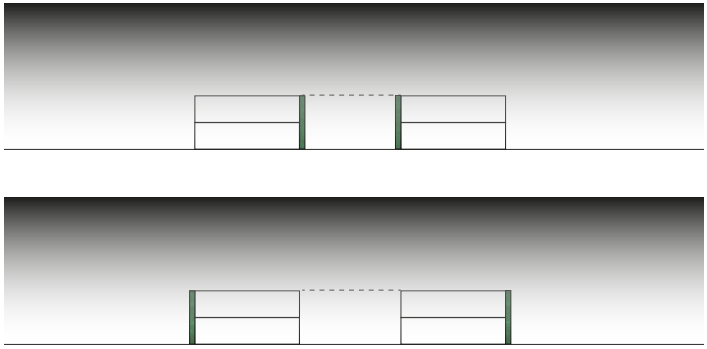
Gulvstrukturen er lavet udfra hexagoner, disse er effektive til at danne en minimal struktur over en overflade, som det foreksempel ses i bikuber. Fra samlingspunkterne mellem hexagonerne er de understøttet af en wirestruktur, som er holdt i en given afstand fra hexagonerne ved en diagonal gående bjælke.
Det er tænkt, at afstanden fra fladen til understøtningen skal følge trykbuen, så jo længere gulvet kommer fra en understøtning, jo større afstand skal der være mellem gulv og understøtningen.
Overfladen på gulvet er lavet i et gennemsigtigt materiale som eksempelvis silikone. Wire af enten stål eller nylon er integreret i fladen, så de kan tage de variable belastninger.
Algevæsken kunne evt. løbe som en del af gulvfladen, igennem et udhullet mønster i silikonen.



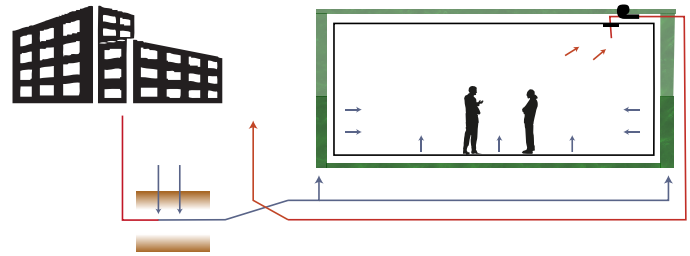
Reaktion

For at få en så effektiv reaktion fra den benyttede mekanisme vælges et system bestående af en mekanisk pumpe, der pumper vand og alger rundt i byggeriet.

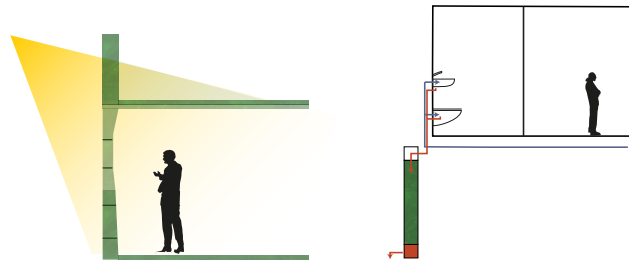
Vand har 2 reaktioner, der benyttes i systemet. Vand har en meget høj varmekapacitet på 4,1820 KJ/kgK, hvilket gør det muligt at lagre meget varme i vandet. Denne effekt ønskes benyttet på 2 måder, hvor den ene er i vinterperioden at gemme vandet centralt i bygningen, så det holder sin varme fra den ene dag til den næste. Den anden er i sommerperioden at have vandet til at ligge i facaden om natten, hvor det vil blive kølet ned, så det kan benyttes til afkøling den næste dag.



En anden måde, hvorpå vand kan have en indvirkning, er ved fordampning, hvor vandet tager energi udfra fladen ved at skifte form fra flydende til gas, denne er dog mere kompleks at kunne vurdere en effekt af.
Den biologiske reaktion fra alger kan alt efter, hvorledes de bliver implementeret forekomme på forskellige måder. Her bliver nogle af dem nævnt, men ikke alle vil blive gennemarbejdet i projektet. Ligeledes vil der heller ikke blive set på den gevinst, der vil være fra bio-

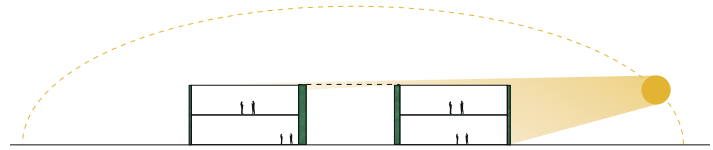


reaktorene i form af brint og biodiesel.
Alger kan vedhjælp af fotosyntese rense luften for CO_2. Hvis man kobler den CO_2 produktion, der er fra en produktionsenhed til, vil man desuden kunne udnytte den varme, der er i røgen til algerne, hvor den vil blive renset. Den friske luft kan så enten filtreres og føres ind i bygningen eller ud.

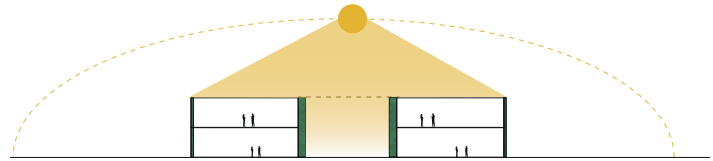


På grund af algernes størrelse er de rigtig gode til at skabe diffus og varieret belysning, da koncentration af algerne kan variere meget, og tætte algekoncentrationer vil kunne blokere alt indfaldende lys.
Alger kan også være med til at rense spildevandet inden, det løber ud i kloakken, og man vil kunne minimere den belastning, der vil være på kloakken, da meget af vandet vil indgå i den biomasse, der vil bliver høstet fra bygningen.

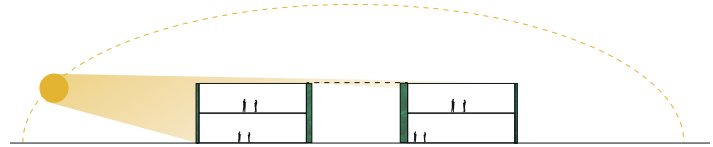
Idet, at alger ikke blot blokerer for det indfaldende sollys, men optager det igennem fotosyntesen, vil det være med til at fjerne lokale varmeudsving. Ligeledes vil det også give en lokal mekanisme, hvor algerne vil vokse hurtigere og blive tættere og derved blokere for mere sollys, dog er dette kun en minimal reaktion.
Da alger er en levende organisme, vil det som alt andet også tilpasse sig over tid. Det vil sige, at de vil begynde at tilpasse sig den rytme, der er i byggeriet, og dermed optage mere og mere sollys i løbet af dagen. Om natten vil den fotosyntetiske mørke starte, hvor algerene vokser, her vil der være en lille afgivelse af kemisk energi i form af varme.
Ved benyttelsen af alger i dette projekt, ses kun på den reaktion man vil få ved, at alger i forskellige koncentrationer kan blokere for sollys.
Der arbejdes med en høj koncentration om vinteren, hvor der skal være nok flow i væsken til, at den ikke bliver for kold, og der skal være en god blokering af den lave vintersol. Om sommeren er koncentrationen lavere for at kunne absorbere mere varme og for at give plads til at algerne kan formere sig mere.
Der er muligt at sulte alger i løbet af natten for kulstof, derved kan man fremprovokere en hurtig reaktion hos dem om dagen, men den biologisk vækst vil dog være for langsom til af fungere som solafskærmning.
Algerne placeres således, at de vil være i en isoleret beholder ved atriummet. I facaden er de placeret således, at de vil have en direkte eksponering til rummet.
Om morgenen bliver algerne flyttet fra den isolerende kerne ud til facaden, hvor de er med til varmebygningen og blokering for morgensolen.



Morgen



Middag

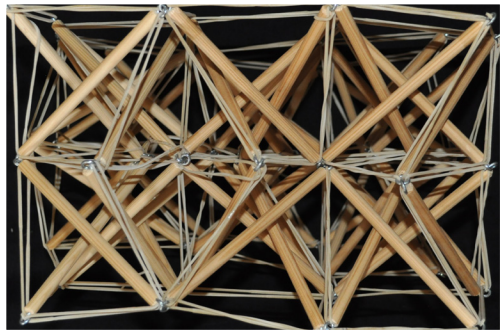


Aften

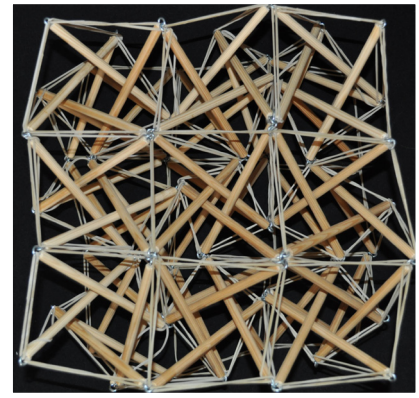
Midt på dagen flyttes algerne tilbage til atriummet for at modtage sollyset herfra, der er fortsat alger rundt i bygningen for opvarmning.

Facade

Til facaden er det på grund af algerne en nødvendighed med en høj lystransmission for at få energi ind til algerne, men samtidig en lav U-værdi så algerne kan holdes tempereret.
Med biologien som inspiration og specielt opbygning af cellestrukturer bliver en form for tensegrity struktur benyttet, idet cellen er stærk som helhed, men hvis en del bliver fjernet kollapser den.
Tensegrity går ud på at opbygge en model, hvor trykstænger kun har forbindelse til træksnore i enderne. På denne måde vil der ikke opstå vrid i materialet.
Tensegrity er blevet undersøgt som byggeteknik i en lang periode, men er endnu ikke blevet benyttet i en rigtig konstruktion. Dette skyldes blandt andet, at tensegrity har svært ved at optage ujævne kræfter, da de momentløse led og elementer ikke støtter hinanden ved en ujævn kræftpåvirkning.
Forsøget med at benytte tensegrity til facaden skyldes to ting, dels at facaden bliver så fleksibel, at der vil være en påvirkning af facaden under vind eller under flytning af alger. Den anden er, at tensegrity´s opbygning med momentløse led gør, at det er muligt at lave en stærk konstruktion uden kuldebroer.



Konceptet der blev lavet til anvendelse i facaden blev baseret på den firebenede tensegrity struktur, da den har en rotation fra bund til top på 45°.
Ved at lave 2 af disse konstruktioner sammen vil man have en hel rotation på 90°, der så vil kunne blive bygget sammen (se modellen).
Materiale som ETFE eller andet vil kunne blive anvendt på facaden, disse er idelle på grund af deres elasticitet og deres høje lystransmission.
For at opnå en lav U-værdi laves facaden som en vakuum facade. Dette lader lys og varmebølger passerer igennem, men blokerer for varmetabet ved varmetransmission. Da tensegrity er en stærk konstruktion, vil den kunne holde facaden adskilt og samtidig ikke have nogen kuldebroer.
Facaden konstrueres enten som et dobbelt lag eller tredobbelt lag. Den ønskede U-værdi skal gerne ligge indenfor 1 W/m²K. En normal facade med ETFE facade vil have en U-værdi på 5.6 w/ m²K. Ved en forøgelse til 3 lag kan man opnå en U-værdi på 1.96 w/m²K.
(http://www.vector-foiltec.com)



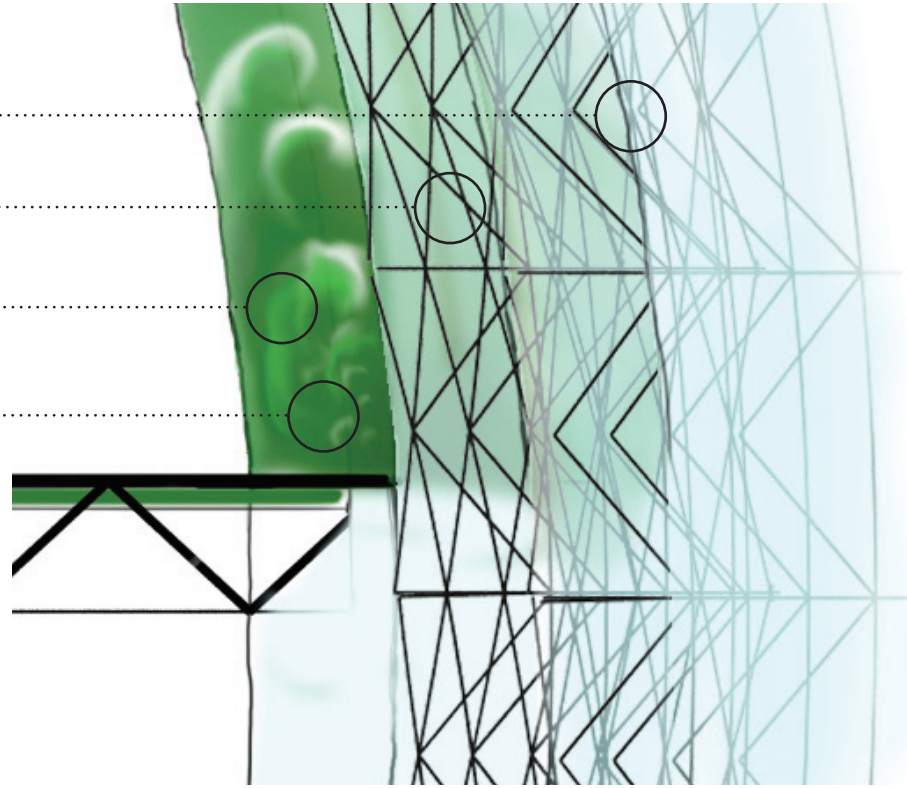
Facade 1:50

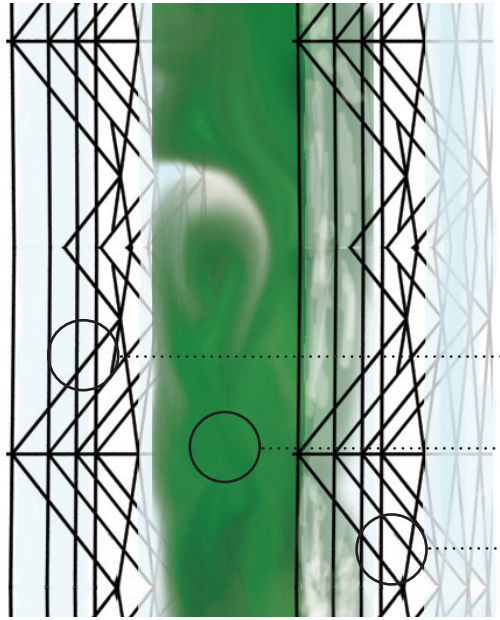
3 lag af udspændt vakuum facade

Tensegrity bærende konstruktion

Algevæske til diffusering af sollys

Luft bobler af CO_2 sørger for opblanding





Væg atrium 1 til 50

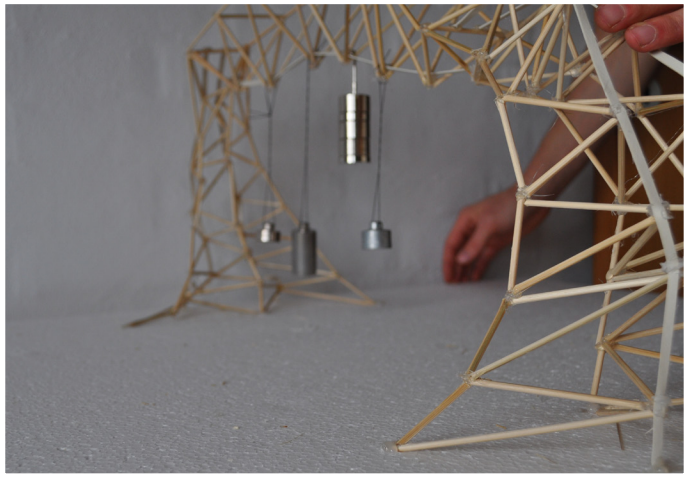
Tensegrity bærende konstruktion

Algevæske til diffusering af sollys

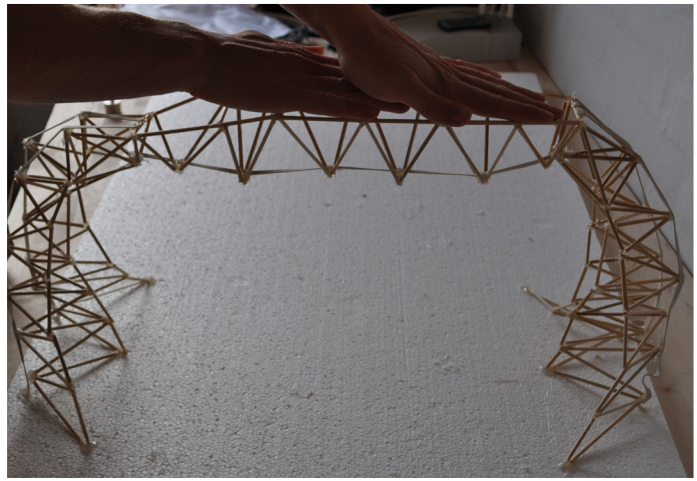
Tensegrity bærende konstruktion

Konstruktion

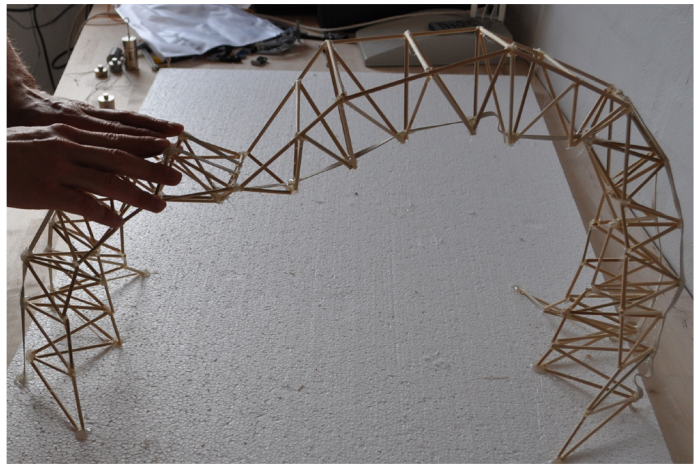
For at holde den termiske masse så lav som overhovedet muligt er konstruktionen forsøgt at være uden for bygningen.



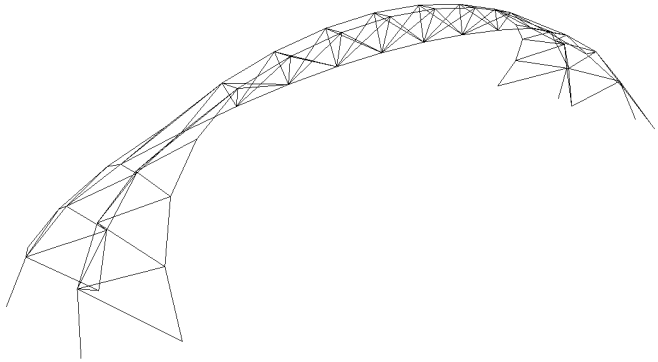
Konstruktionen er tænkt fleksibel, således at den vil være modtagelig overfor indre og ydre påvirkninger til en grad, der stadig er acceptabel for den indre funktion. Konstruktionen er opbygget af wirer og stænger. Stængerne er på indersiden for at tage tryk, der hvor konstruktionen lander og wirer for at tage træk på ydersiden. Mellemdelen er lavet med trykstænger på ydersiden og trækwirer på indersiden. Leddene er lavet momentløse således, der ikke vil opstå rotationer i stængerne. Da komponenterne er fritliggende tænkes der, at de er nemmere at genbruge til en anden konstruktion.
For at reflektere funktionen i huset er det tænkt, at konstruktionen skal have en lille bevægelse fra om dagen til om natten, hvor man vil kunne se, hvorledes algerne bliver pumpet rundt i huset.



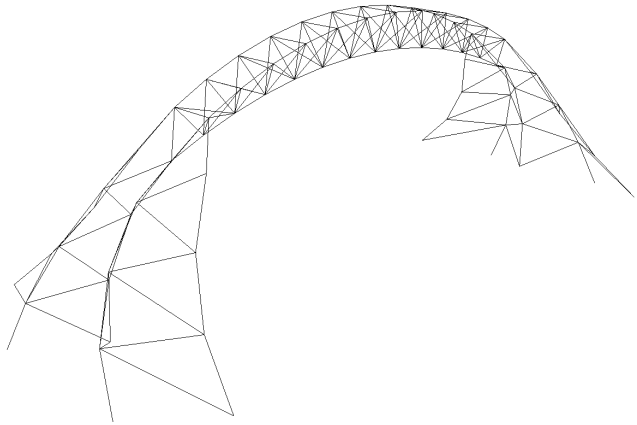
Det kan ses på de to modelbilleder, hvorledes jeg tænker konstruktionen skal reagere overfor horisontale eller vertikale kræfter.

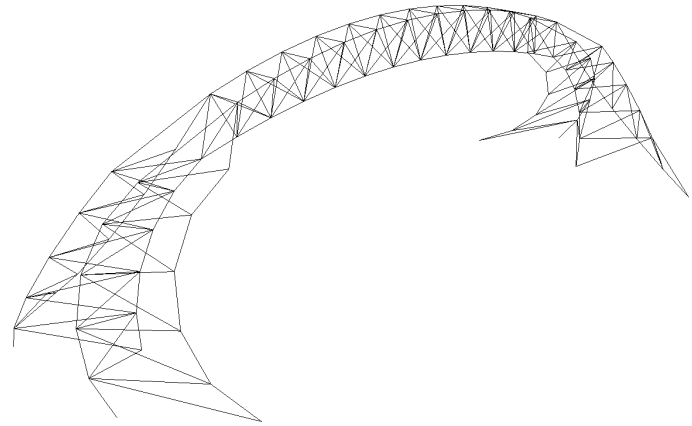


For at komme nærmere en form blev digital software benyttet til testning af forskellige former.



Modellen blev opbygget som en parametrisk model i Grashopper, dette gjorde det muligt at justere på alle komponenterne i formen. Kangaroo, et fysiksimulerings plugin, blev benyttet som analyseringsprogram. Kangaroo fungerer ved at finde de kræfter, der arbejder i endepunkterne hos hvert emne. Beregningerne bygger på enkelte fjeder med en stivhed og en ønsket længde. *(https://docs.google.com/View?id=ddpv99dx_44f88c75fh)*
(Se bilag I, for overblik over Grashopper fil)





Ideen var at fortsætte med at teste og optimere formen for at finde en form, der reagerer på eksterne kræfter, og stadig er i stand til at klare belastningen. Processen er ikke at sammenligne med finiteelementmetoden, hvor elementerne dimensioneres. Dette er blot for at kunne sammenligne udfaldet fra forskellige konstruktioner.
To simuleringer blev foretaget for en vandret og en lodret kraft. Strukturen er opdelt i tre konfigurationer spær, kabler og bjælker, hvor mængden af energi lagret i et element er størst i bjælkerne, mindre i spærrene og mindste i kablerne.
Ovenfor er der vist tre eksempler, den sidste er nogenlunde den endelig form, men det er vigtigt at forstå, at disse blot er nogle få udfra en mængde forsøg.
Det sidste eksempel er valgt på grund af sin afrundede form, hvor strukturen følger en kurve fra jorden og op.

Projekt forslag 1.0

Udenfor

Indenfor

Opstalt

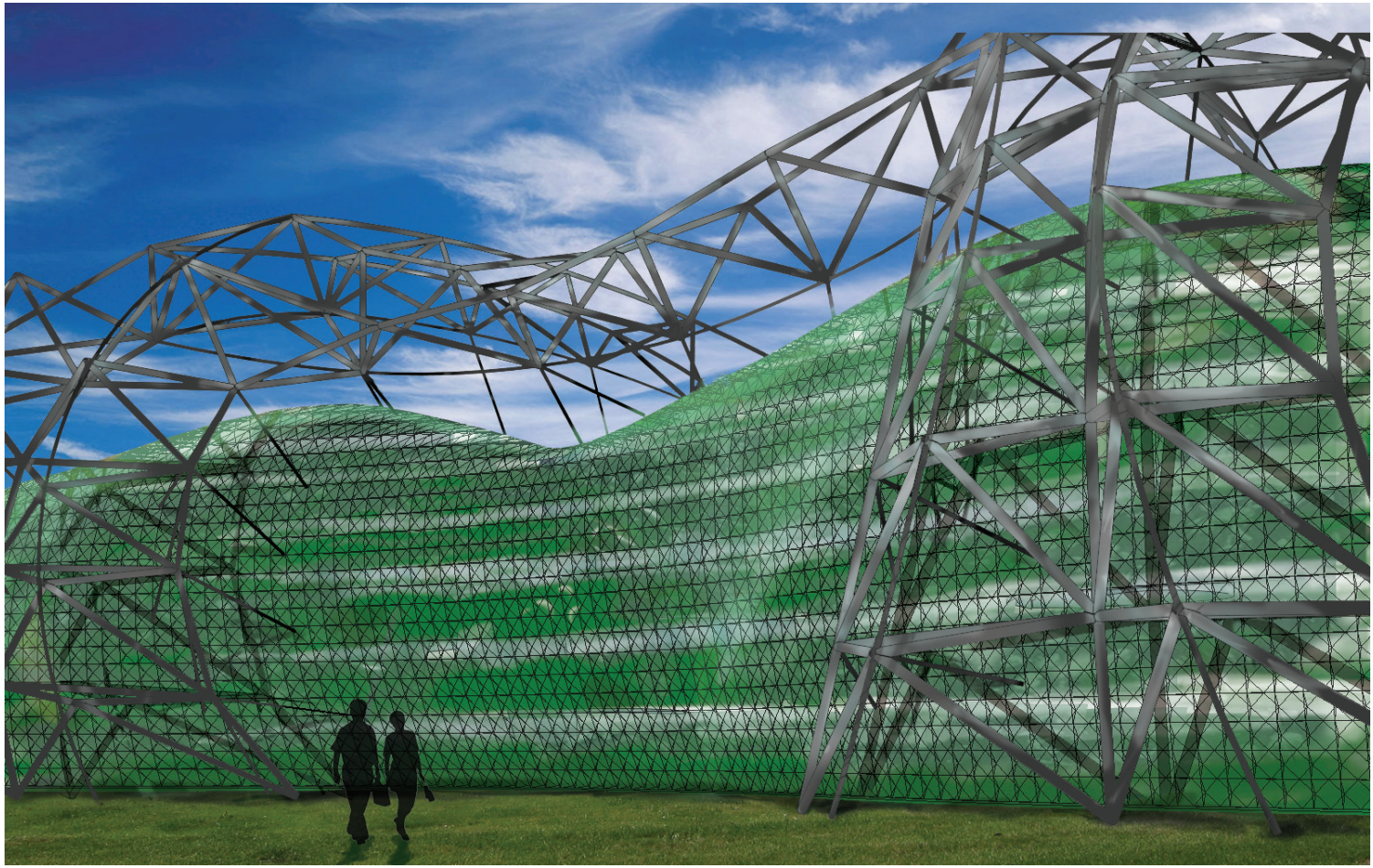
Plan

Model

Alger

Kritikpunker

Udenfor

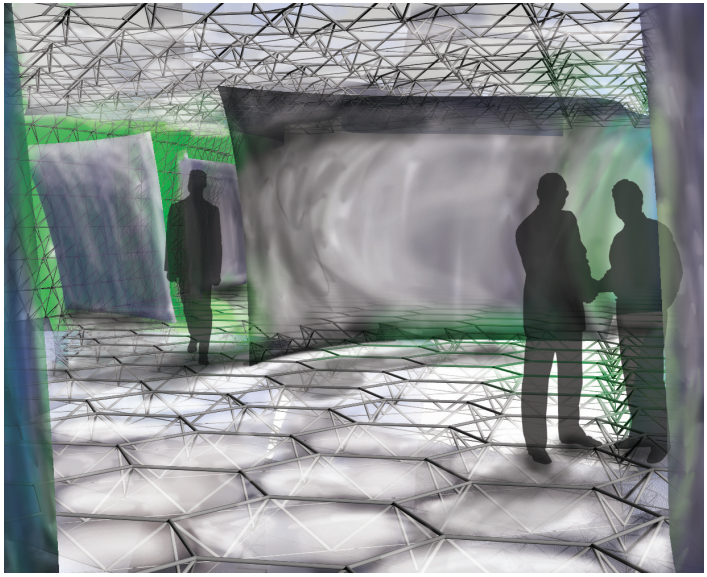


De forskellige formprincipper blev arbejdet sammen i det første projektforslag, som kan ses ovenfor.
Bygningen blev tænkt som en udspændt membran med en ydre bærende konstruktion.

De to elementer skulle sammen gøre, at man ville kunne se en ændring i bygningen alt efter om væsken var pumpet ud i facaden eller om den blev holdt inde i bygningen.

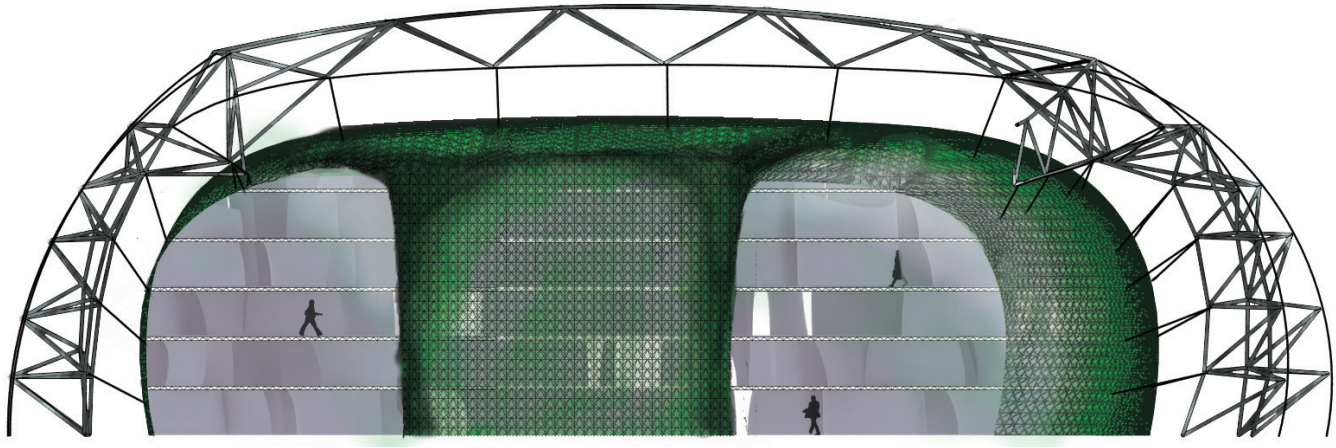
Indenfor

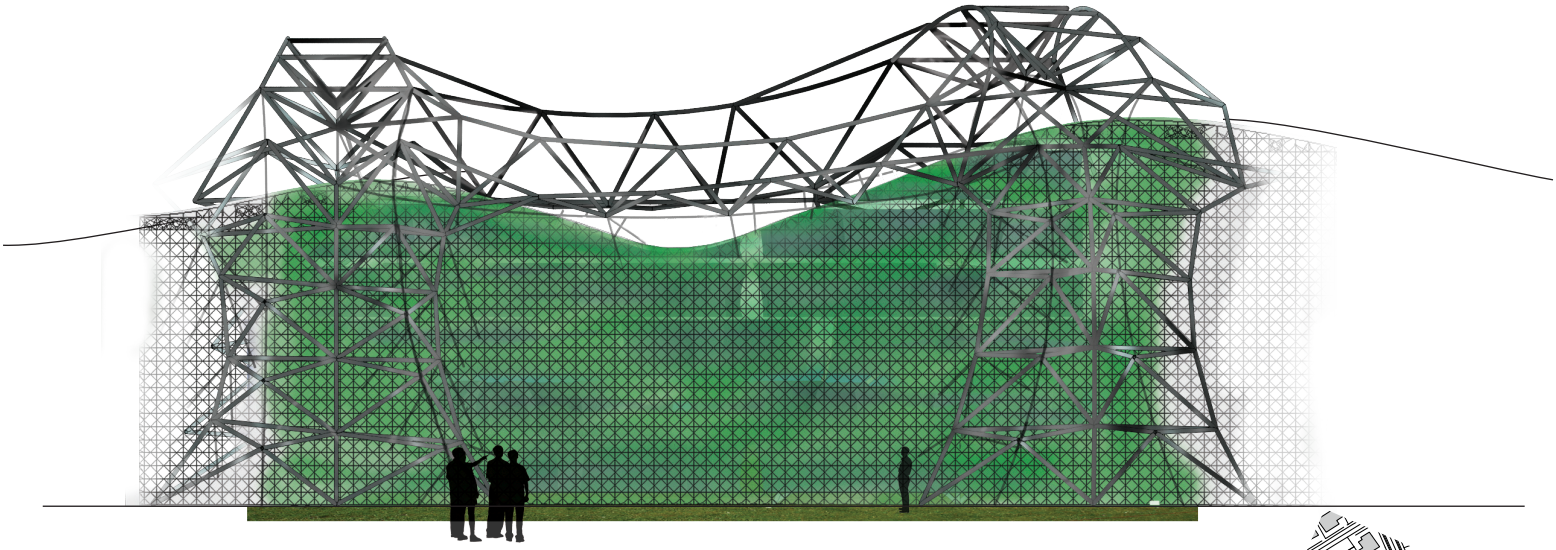
Algefacaden fungerer således, at tykkelsen på algemembranen kan forskydes, dette gør, at man manuelt kan styre den mængde dagslys, man ønsker at få ind i rummet ved at gøre algefacaden tyndere. Dette er med til at danne rum, der både kan være meget oplyste eller mørklagte.
Det transparente gulv medvirket til at lyset nemt kan trænge ned igennem alle etagerne, således at bygningen vil være ordentlig belyst.
Da det er en udvendig bærende konstruktion, er det muligt at have et meget fleksibelt indrerum, hvor membraner fra loftet til gulvet benyttes som rumdeler.



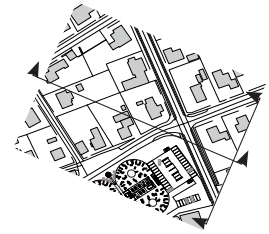
Hele oplevelsen af det indrerum bygger på, hvorledes hele rummet ændres fra time til time eller fra dag til dag. Alger, der ved deres kemiske reaktioner vokser, danner forbindelser, samtidig med at CO_2 bobler kaster dem rundt i et virvar. Ligeledes er det også interaktionen mellem bygningen, menneskene og naturen, der giver en fælles forståelse i forhold til hinanden. Hvordan bygningen giver sig i hårde vindstød, hvordan lyden af regn vil blive forstærket gennem de udspændte ETFE membraner og hvordan brugeren ændre rummet fra dag til dag til nye rumorganiseringer, og hvordan de modulerer facaden ved at manipulere med tykkelsen af facaden.

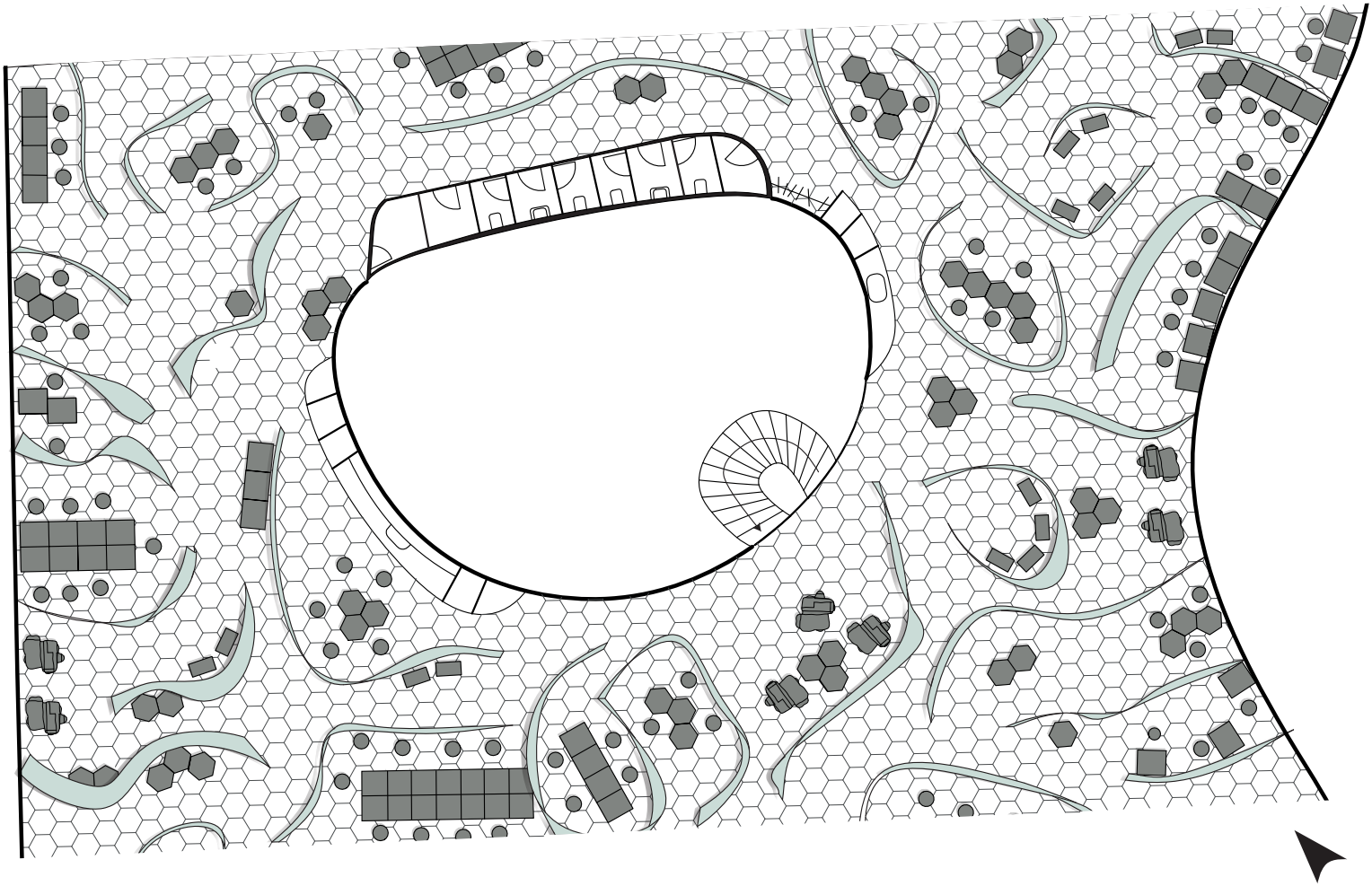
Opstalt





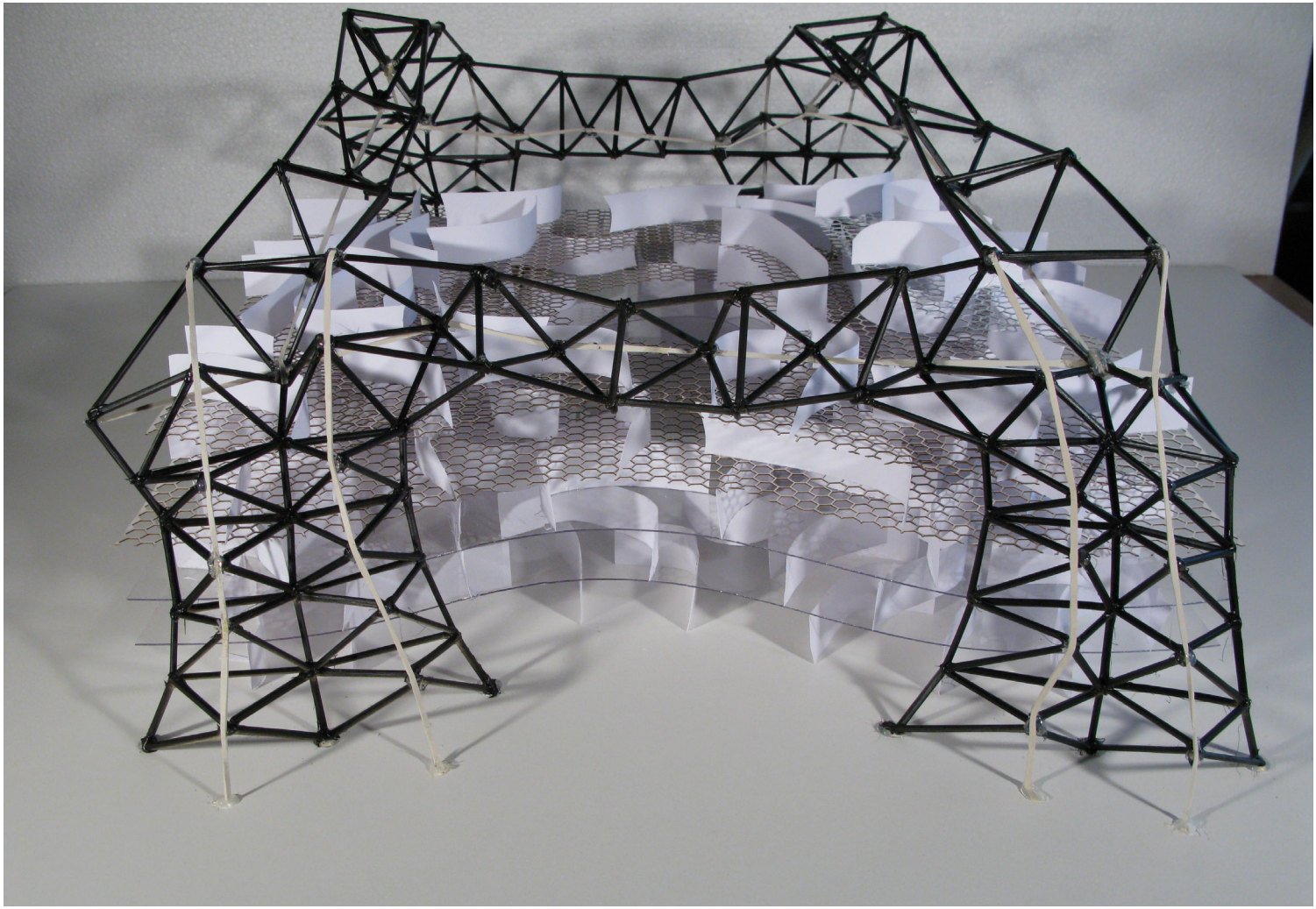
Øverst: billede øst/vest sektion
Nederst: østlige elevation af facaden
Målestok: 1:1500.



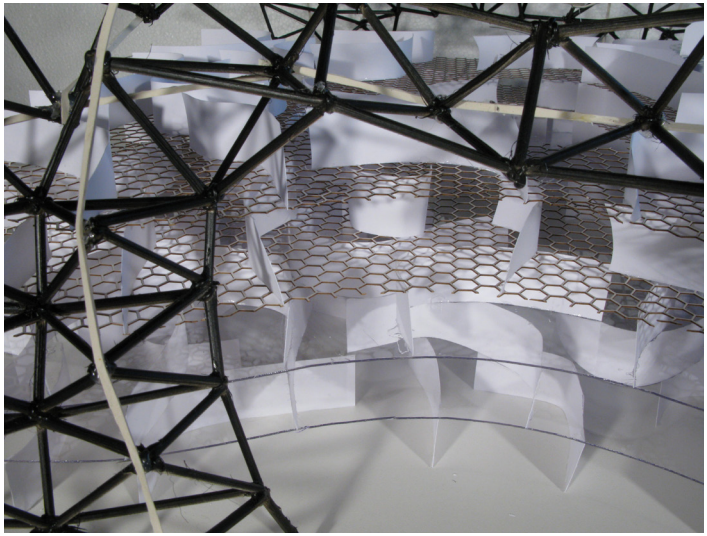


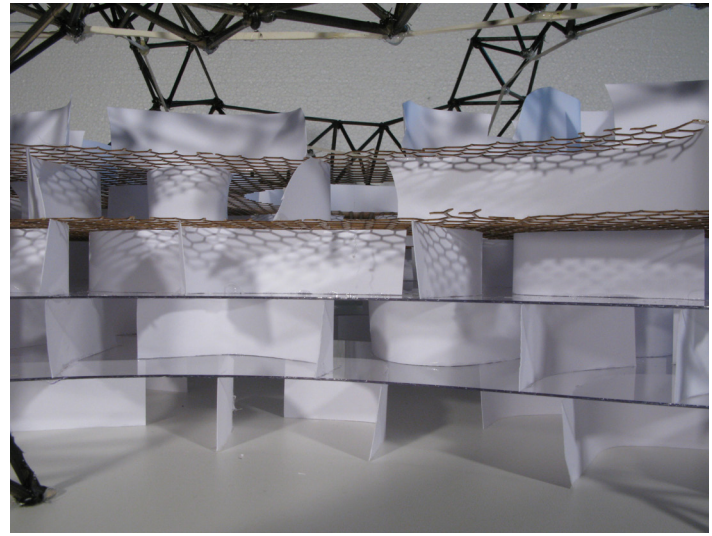
Ovenover ses et eksempel på, hvordan rummene kan tilrettelægges på en af etagerne på kontoret. De store åbne lokaler kan ændres, ved at flytte rundt på de indre membraner. Dette gør at det er nemt at opdele lokalet i fleksible grupperum, individuelle arbejdszoner, komfortzoner og store mødelokaler. Mange af servicefunktionerne er enten integrerede i rummmene eller omkring atriumet, nogle er flyttet ned på 1. etage.
Tegningen er i målestoksforholdet: 1 til 1000

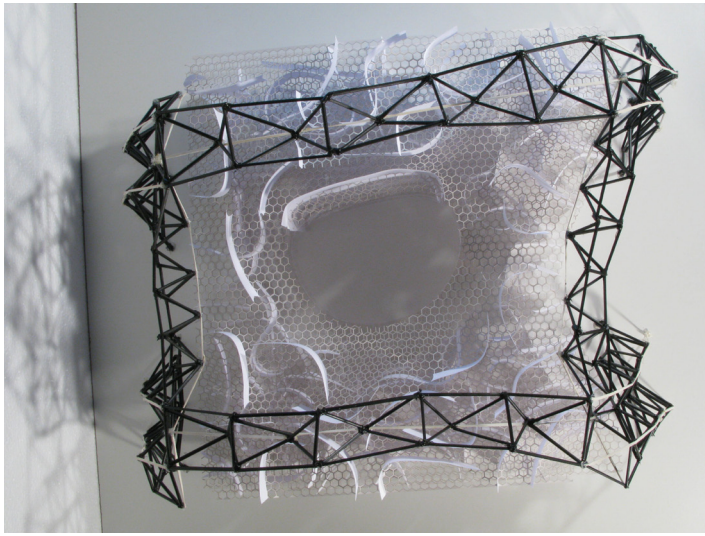
Model

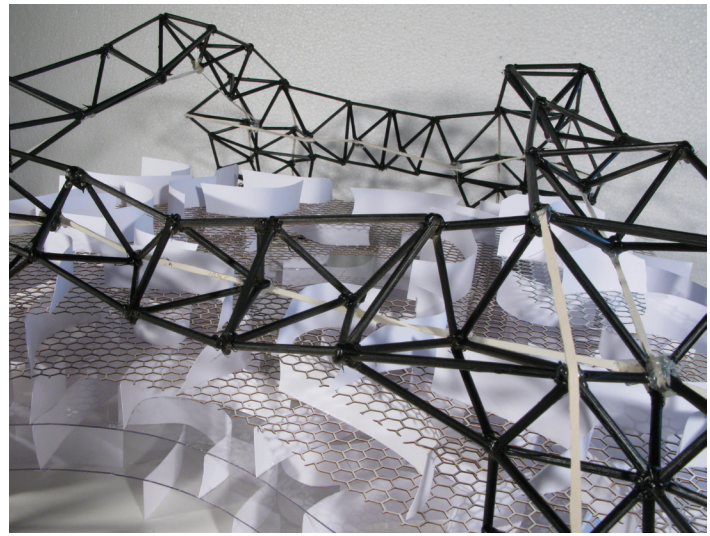


Ovenstående model viser, hvordan den ydre konstruktion fungerer, med de fleksible led og trækkabler, som her er visualiserede med elastikker og lim. Den kompleksitet, der opstår ved den store transparenthed på tværs af etagerne og med gentagne elementer, giver en forståelse for rummet, men samtidig gør det også rummet interessant og komplekst.

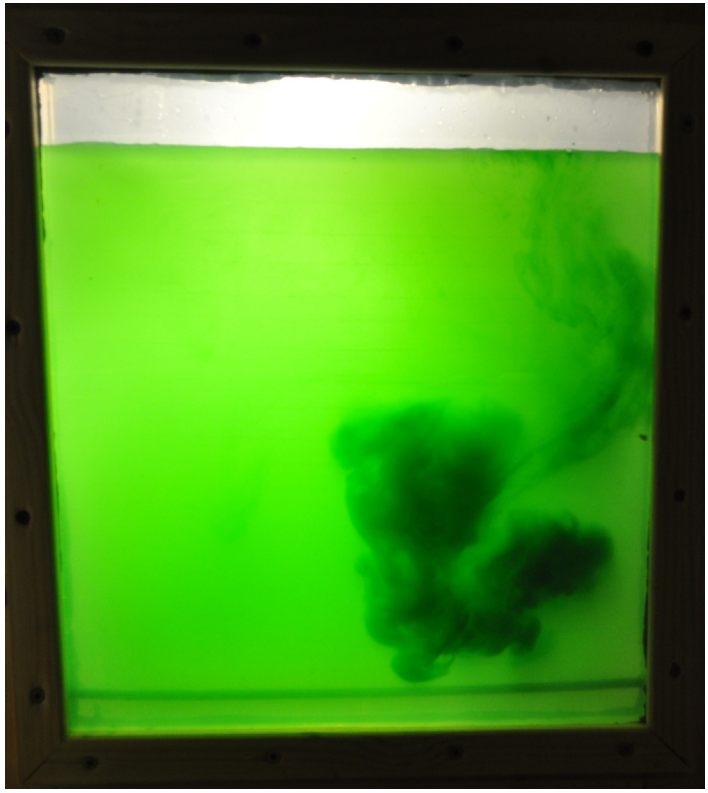








Alger



Billede af algeforsøg. Flere billeder af alger kan ses i bilag II

Kritikpunker

Projektet blev vurderet, og nogle kritikpunker blev fundet.

Den totale fleksibilitet og de variable rum er for ineffektive. Der er derfor behov for en kontrast til det fleksible og bevægelige. Ligeledes vil brugen af mere traditionelle byggemetoder som kontrast give et spil mellem det traditionelle og det nye.

Den ydre konstruktion udgør et problem, da den er for stor i forhold til den bærende effekt. Den er derfor ikke særlig effektiv. Konstruktionen er også udsat for vejr og vind, og dens fleksible elementer vil over tid blive beskadiget. Dette vil gøre genbrugen af materialet svært. Derfor ses det som en nødvendighed at lave den bærende konstruktion indvendig.

Rummene til servicefunktioner som eksempelvis: depot, printer, elevator, toiletter, køkken og andet, er også vigtigt at få placeret i en kerne, der ikke rummer nogen fleksibilitet. Dette skyldes, at disse elementer også skal bruges, når bygningen skifter funktion, derfor er det vigtigt at få dem placeret på en så effektiv måde som muligt.

Projekt 2.0

Organisering

Iteration

Rummet

Lys

Klima

Konstruktion

Med udgangspunkt i det første projektforslag udarbejdes et nyt forslag projekt 2.0, hvor der vil blive taget højde for de tidligere nævnte kritikpunkter. En af hovedopgaverne bliver at få indført nogle mere faste rum, og få skabt nogle rum af større rumlig kvalitet.

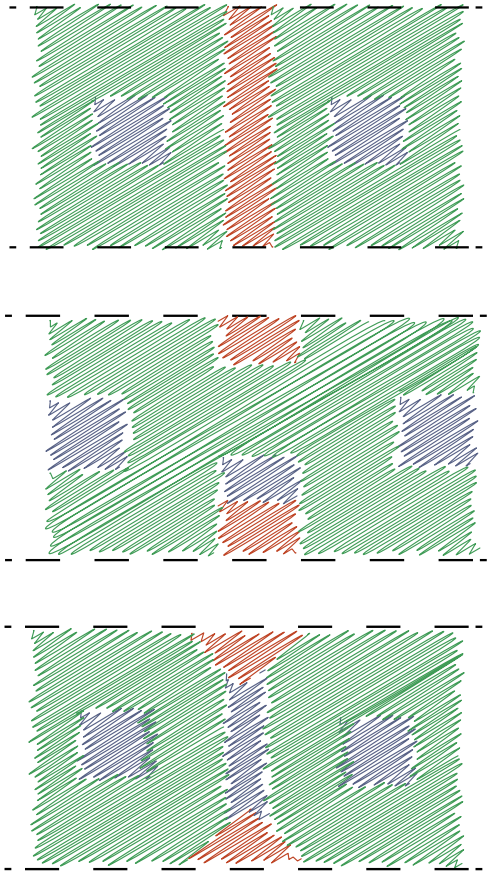
For at få et overblik over rumfunktionene opdeles rumprogrammet i 3 blokke med forskellige arkitektonisk designkriterier se nedenfor.

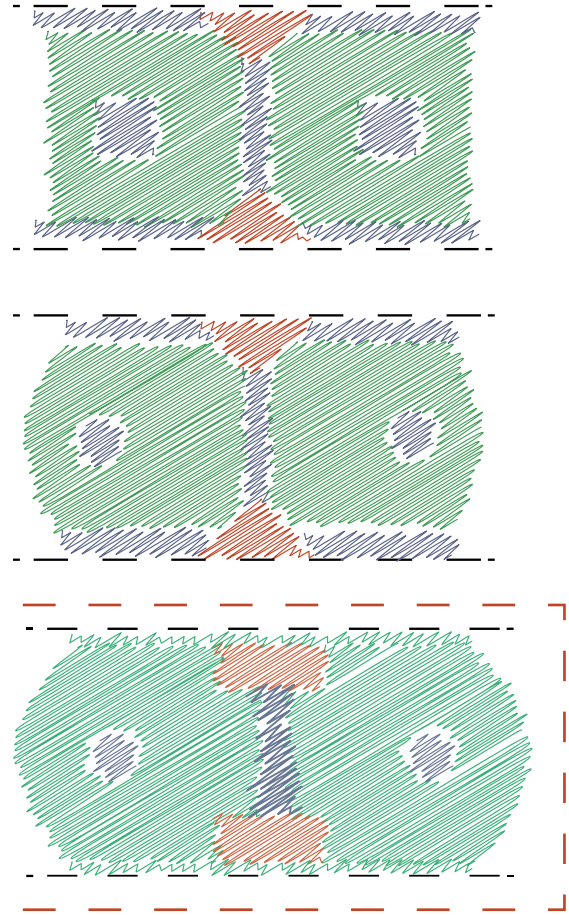
Kernen består af alle de service funktioner, der hører til; toiletter, elevator, printerrum, depot og så videre. Denne kerne laves ufleksibel, men så effektiv som muligt, da kernen stort skal være ens lige meget, hvordan resten af bygningen forandres. Materialer som beton og en mere traditionel byggestil ses som muligheder til byggeriet af kernen.
Kernen er markeret med rødt på diagrammerne, kernen fylder cirka til 100 m^2 pr. etage.

De fleksible rum, såsom kontor og komfortzoner holdes åbent, og med muligheder for flytbare vægge. Konstruktionen tænkes at blive bygge op over en fleksibel komponent konstruktion. Den er markeret med grøn på diagrammerne og består af cirka 590 m^2.

Atriummet som skal tillade dagslys at trænge ind i bygningen på de laveste etager. Dette er markeret med blå på diagrammerne, og størrelsen af den bliver bestemt ud fra, hvornår dagslysfaktoren er høj nok.

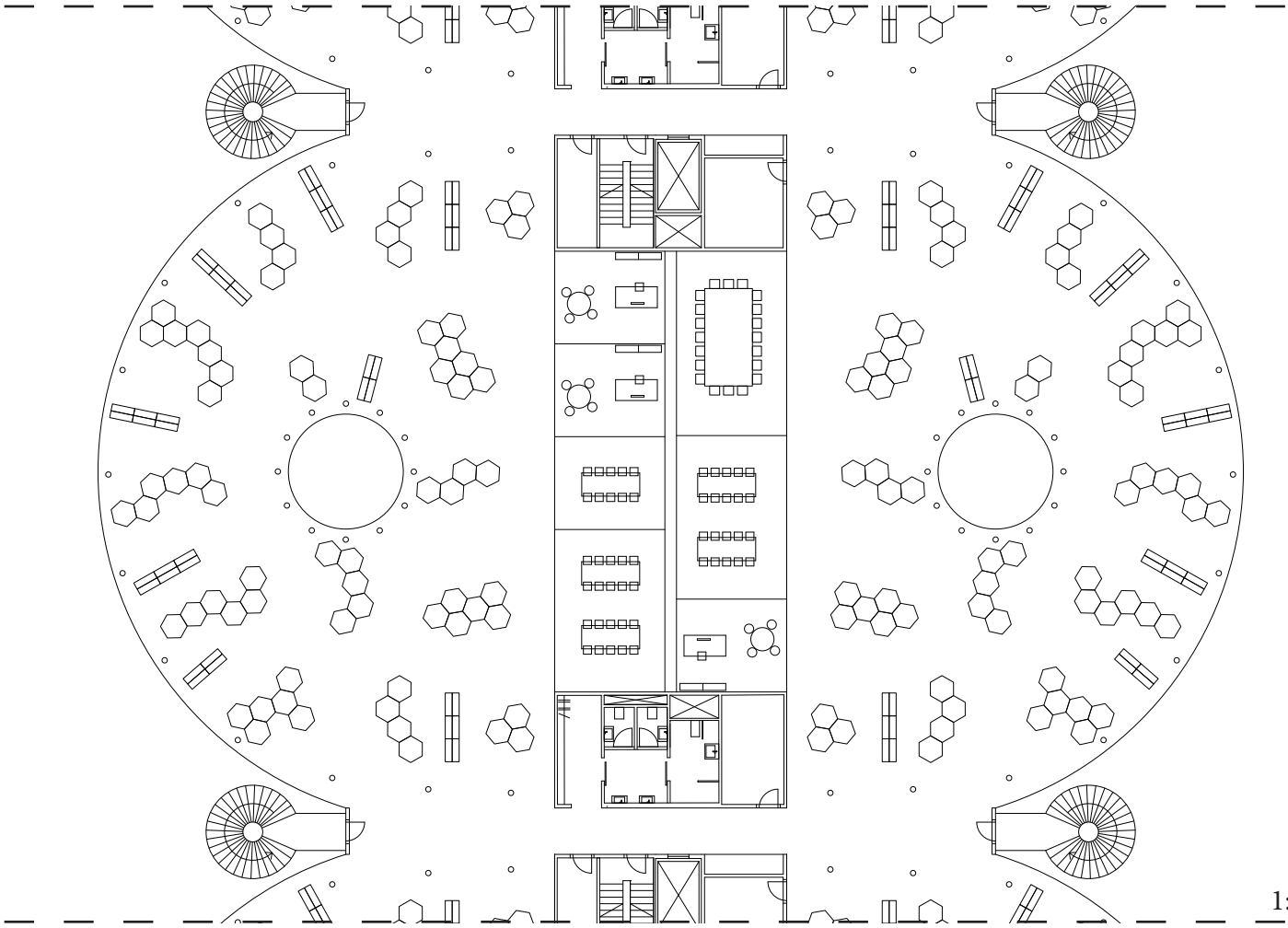
Organisering





Ved denne analoge metode bliver forskellige rumorganisationsforslag afprøvet, indtil en form står frem. Denne vil herefter blive testet og modificeret overfor designkravene.
Ovenfor ses diagrammer, der repræsenterer mulige organiseringsforslag, hvor det røde indikerer den faste betonkerne, det blå lyskanalerne eller atrium og det grønne det fleksible kontor areal.

Der er fokuseret på, hvorledes kontorene kan ligge op af lyskanalerne, og hvordan den faste kerne kan have en effektiv form uden at skygge for meget for det bagvedliggende.
Det endelig forslag nederst til højere skal nu undersøges, om det kan opfylde kravene til rumprogrammet og designkriterierne.



1:300

Ovenfor ses den første plan, hvor rummene fra Architema er implementeret. De faste rum fra Architemas forslag er benyttet til de faste kerner, her ses, hvorledes der kan være plads til de nødvendige ting i de to delte blokke på 5 x 10 meter.
Der bliver benyttet et møbel fra det første projektforslag, hvor der blev arbejdet med sekskantede borde, disse giver mulighed for at fylde hele rummet ud.
Der vil i de næste afsnit være en analyse og optimering af forslaget for at finde frem til et projektforslag, der lever op til de stillede krav.

Iteration

Det fremlagte forslag bliver benyttet i det første iterative loop, hvor der vil blive set på, hvorledes forslaget opfylder kravene til:

Rummet
Er der tilpas arbejdsstationer, og er arbejdsområderne fleksible nok?

Lys
Er der på alle arbejdsstationer og generelt i bygning nok dagslys til at overholde kriteriet på 200 lux ved alle bordflader?

Klima og komfort
Kan bygningen overholde kravene til klima og komfort?

Konstruktion,
Er konstruktionen bærerdygtig nok, samtidig med at den skal være fleksibel?

Med hensyn til lys, klima og konstruktion vil der udover en afprøvning også blive arbejdet med hvert af emnerne i formgivningsprocessen.
Lyset vil blive analyseret i forhold til størrelsen på atriummet og etagehøjden. Der vil blive benyttet CAD metoden også kaldet evulutioner, se metode afsnittet først i rapporten.
Klima vil både blive set på overfor brugerne, men også overfor algerne, således at der er en tilpas balance mellem disse. Dette vil have indflydelse på størrelsen af facade og mængden af alger. Konstruktionen findes ved benyttelse af parametisk simulering.

Rummet

Fra programmet bliver plantegninger analyseret for at få en ide om hvorvidt, der er plads til den samme mængde arbejdsstationer som i oplægget.

Architema´s forslag
- 60 arbejdsstationer
- Et 10 personers mødelokale
- To 20 personers mødelokale
- Et privat kontor

Projektforslag 1
- Varierende fra 52 til 80 arbejdsstationer
- Et privat kontor
- To 10 personers mødelokaler
- Et 20 personers mødelokale
- En komfortzone
- Tre workshop zoner

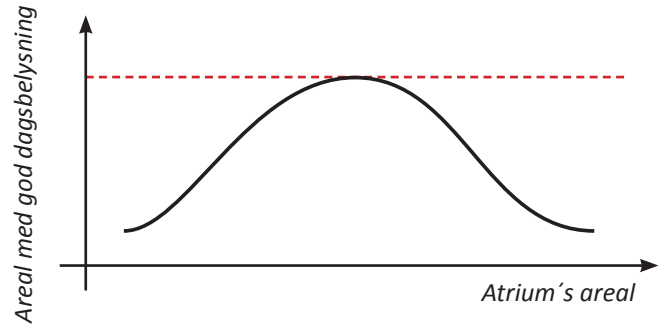
Det ser derfor ud til at der er en rumorganisering, der kan leve op til programmet, dog skal der tages højde for, hvorledes arbejdsstationerne bliver benyttet, og hvorledes der kan komme flere eller en anden type skabe ind, således at der vil være nok opbevaringsplads.

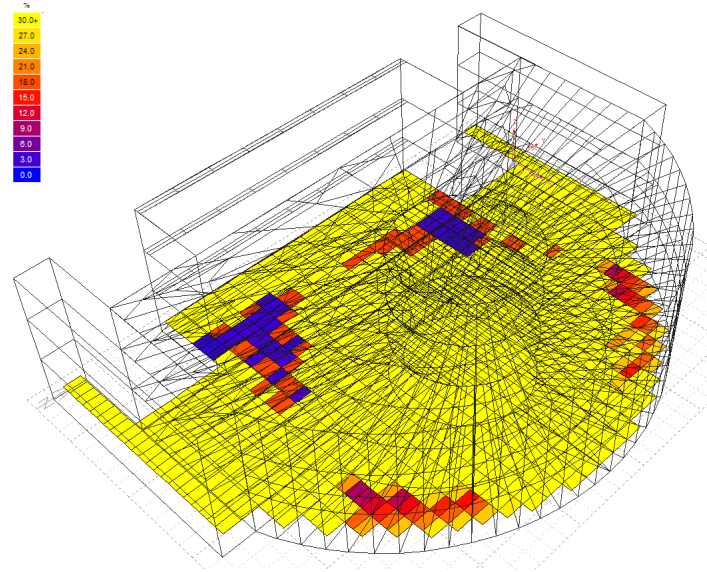
Lysfaktor

Fra designkriteriet i programmet får vi et krav til en dagslys faktor på 2 % i en bordhøjde på 80 cm ved alle arbejdsstationerne.
Projektet bygger på fleksibilitet, og fra metode afsnittet ved vi, at vi skal beregne på de fleksible parametre i yderpunkterne. Da der skal være et fleksibelt rum, ønskes der, at der er en dagslysfaktor stortset alle steder i bygningen undtagen op af væggene i den faste kerne. Facaden er fra før lavet således, at den indeholder en algevæske, der kan blokere for lyset på udvalgte steder. Denne reaktion styres dels manuelt og dels fra en sensor, hvorfor facaden regnes som værende delvis transparent. Dog skal der tages højde for et lysindfald, der vil være chikanerende i nogle positioner, men samtidig være gunstigt i andre.

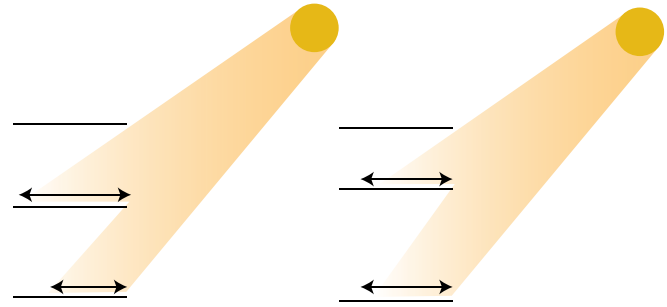
Den evolutionere metode vil blive benyttet udfra parameterne: diameter i komfortzonen, placeringen af denne, bredden af lyskanalerne og højden af hver etage. En grashoppermodel svarende til den ovenstående plan udarbejdes, og plugin softwaret Geco benyttes til at danne linket mellem Grashopper og Ecotect. Dette gør det muligt at sende formen mellem Grashopper og Ecotect, hvor Ecotect benyttes til at beregne lysfaktoren. Grashopper bedømmer lysfaktoren og forsøger med en ny form at komme tæt på det givne mål.

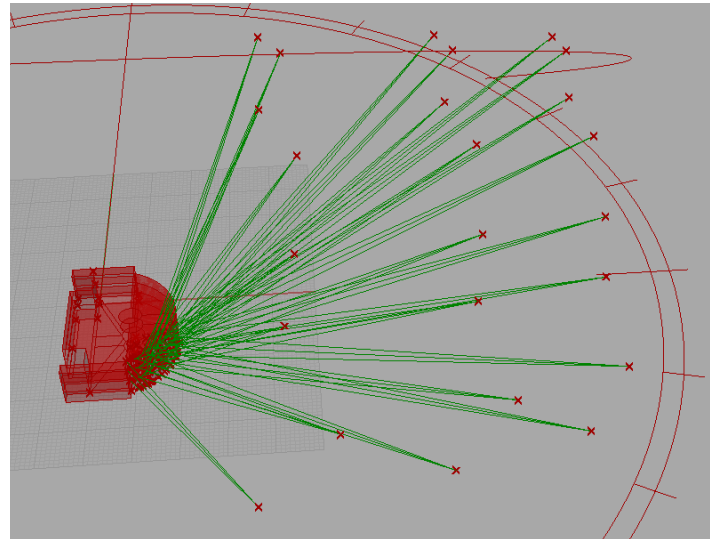
For at kunne arbejde udfra den evolutionere metode er det vigtigt at have en forståelse for de positive og negative ændringer, som de forskellige parametre vil give.
Som før nævnt vil jeg arbejde med en optimering af daglysfaktoren i forhold til rumarealet. Det vil sige, hvor stor atriummet skal være, så der kommer nok lys ind, men stadig sådan, at det ikke tager for meget af gulvarealet. Den grafiske udvikling tænkes som nedenstående model. (Se bilag III) for redegørelserne. Der bliver fundet frem til at den optimale bredde af atriummet på 4 m i diameter, men da værdien på 3 m var tæt på vælges denne værdi i stedet. Dagslysfaktorerne for den endelige model kan ses nederst.

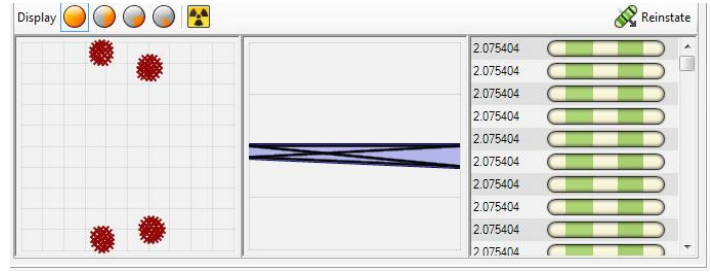




Udover atriummet vil der også blive beregnet på solindfaldet så mængden af gulvoverflade, der bliver ramt af solen på de 2 etager bliver det samme.
Solindfaldet bliver beregnet udfra 3 forskellige tidspunkter indenfor et interval af 3 timer; klokken 9, 10 og 11 og indenfor 8 måneder.
(se mellemste modstående illustration)
Grashoppermodellen bliver sat op, således at den beregner afstanden mellem etagerne, så lysindfaldet bliver ens på alle etager.
(se øverste modstående illustration).
For at få løsningen til at give noget fordelagtig indstilles det laveste loft til en fast værdi på 2,8 m, det skulle ifølge det foregående afsnit give en god dagslysfaktor.
Der bliver kørt en evolutionssimulering i Galapagos, hvor forskellen mellem afstandene i den samlede periode bliver lagt sammen til et tal. Det tal skal være så tæt på 0 som overhovedet muligt for at give det mindste udsving i solindfald på forskellige etager til forskellige tider. Der ses i Galapagos en endelig værdi på omkring 2. Grunden til, at den ikke kan blive nul, er fordi trinene i etage højderne springer med 10 cm per simulering.
(se modstående nederste illustration)
Den fundne løsning giver en etagehøjde i stuen på 3,1 m, 2,9m på første sal, og som fast anlagt højde på 2,8m på øverste etage.







Klima og komfort

Som designparameter er det nødvendigt at få påvist, at algefladen kan overføre nok varme eller kulde ind i bygningen til at opretholde kravene til komfort. Kravene skal også fungere den anden vej, så algevæsken bliver holdt indenfor en temperatur, så de kan overleve og at mængden af alger, der skal bruges og pumpes rundt kan blive bygget ind i bygningens design.
Der tages forbehold for ventilationsprincipper og andre designkriterier, som kan give design ændringer.

Algernes reaktioner er ikke blevet medregnet i komfortstrategien, da de vurderes til at være minimale, dog vil de kunne bidrage ved:

- Optagelse af sollys ved fotosyntesens første face i dagtimerne.
- Afgivelse af energi ved fotosyntesens anden fase i løbet af nattetimerne.
- Algerne kan om muligt optage nogle skadelige stoffer samt CO_2 og på den måde minimere ventilationsbehovet.
- Fabriksrøg kan køre igennem den centrale bioreaktor, hvor varmen vil blive optaget af vandet og CO_2 omdannes til O_2, hvorefter det sendes ind i bygningen igen.
- Dannelse af biomasse og brint vil ske i løbet af dagen og give et kæmpe feedback til byggeriet.
- En varme, som det er muligt at gemme fra den ene dag til den næste i den dynamiske termiske masse.

Der vil blive skitseret et sommerscenarie og et vinterscenarie, der vil også blive set på forskellige indre belastninger for at kunne regne på det værst tænkelige scenarie.

Der bliver regnet med følgende værdier:

- U-værdi i facaden 1 W/Km^2
- Samlet gulvareal 1590 m^2
- Facade areal 280 m^2
- Facade Højde 8,8 m
- Indre belastning fra 0,07 til 0,5 personer pr. m^2

Kriterier fundet fra klima og komfort beregninger, som der skal tages højde for i den videre ud vikling:
(Se bilag IV)

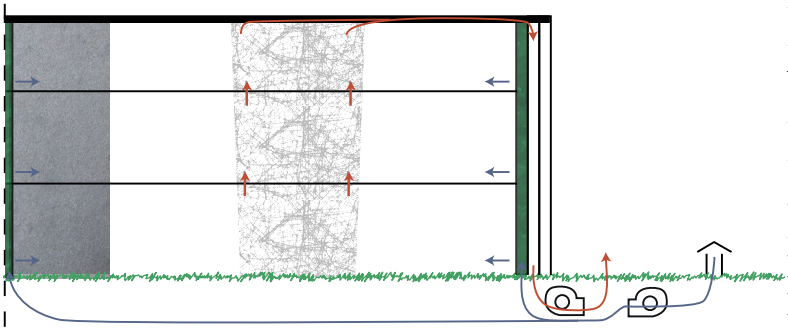
- Bilaget viser at der skal bruges 70 m^3 vand. Dette giver en bredde af vandbeholderen på 0,4 m, der dækker for begge enheder.

- Der skal udarbejdes en strategi for taget, således at der er en lavere U-værdi end i facaden.

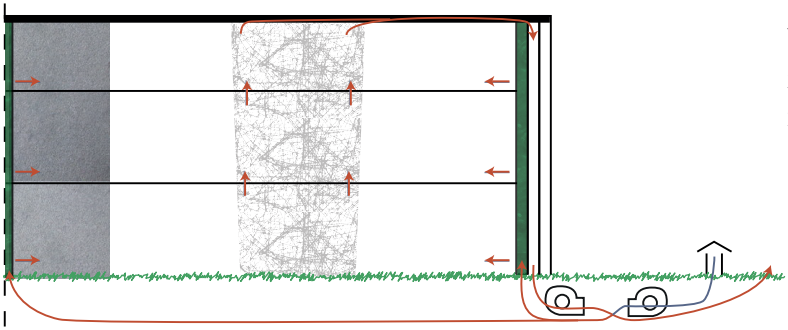
- Der er en maksimum belastning på 40.000 W, svarende til 200 menesker fordelt på de 3 etager af 1500 m^2.

- Der skal indarbejdes en strategi for jordkøling af ventilationsluften.

- Der skal installeres en varmeenhed eller fjernvarme, der kan bidrage med 14 W/m^2 om vinteren.



Øst/vest snit gennem halvdelen af bygningen.
Sommerventilationsstrategi.



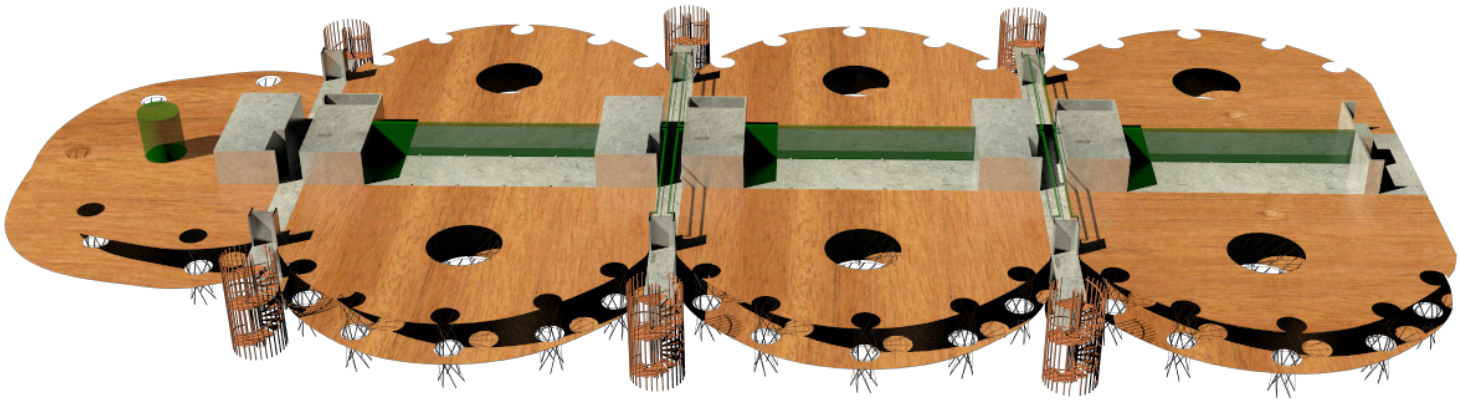
Øst/vest snit gennem halvdelen af bygningen.
Vinterventilationsstrategi.

Ventilationsstrategien bygger på en indsugning igennem jorden for køling. Indsugningen til bygningen benytter sig af vægventilation gennem algemembranen. Dette medfører, at varmetransmissionen igennem dem vil være ensartet indadrettet, se tidligere afsnit om bygningsforståelse.

Den dårlige varme luft vil ved naturlig træk stige op gennem bygningen, igennem små luftåbninger i lyskanalen. Luften passerer en ventil, der gør at mængden af luft, der bliver trukket ind i facaden vil være konstant lav, så der vil blive fastholdt et undertryk i dobbeltfacaden.

Alt efter om luften kan bruges til opvarmning af infiltrationsluften, bliver det enten kørt gennem varmeveksleren eller direkte ud.

Ventilationsstrategien bygger på betingelserne for et membran materiale, der vil kunne lade luft passerer igennem.



Plantegningen fra før bliver tegnet i 3d for at få den rumlig dimension. Den fundne størrelse på atrium og etagehøjde benyttes til tegningen.

Her ses placeringen af algerne i kernen og, hvordan konstruktion går op igennem etagerne, og hvordan udformning af de forskellige dele tager sig ud.

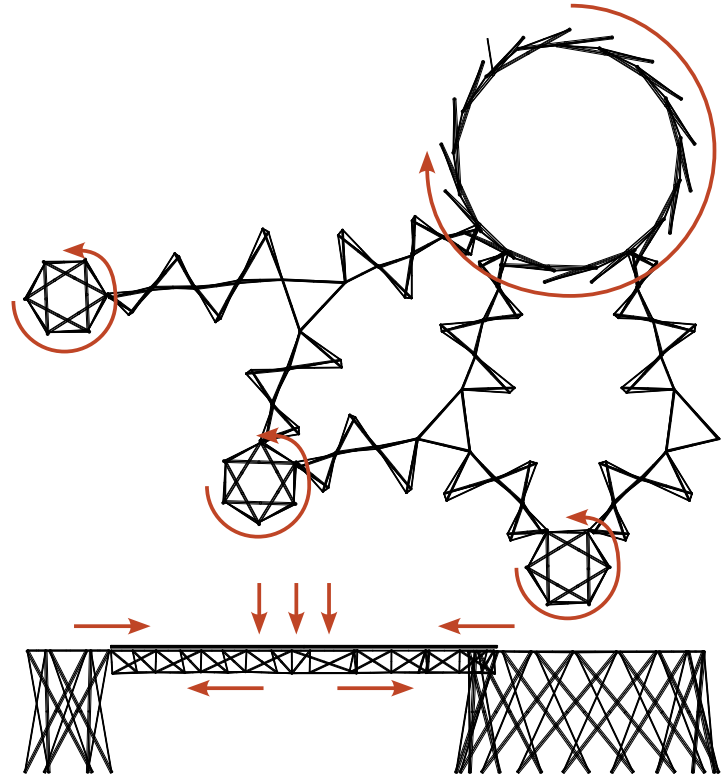
Som før beskrevet, ønskes der at blive arbejdet med opdeling af konstruktionerne i forskellige typologier. Der arbejdes derfor med 3 forskellige typer, den ene som er den helt faste betonkonstruktion, som ses på ovenstående rendering. Denne er placeret som de funktionelle kerner i midten, til indikering af flugtveje og i de faste mødelokaler omkring algerne.

Den mere fleksible del i træ benyttes til de fleksible kontormiljøer, som er hoveddelen i bygningen. Grunden til opbygningen i træ er, at træ er nemmere at ændre, det er miljøvenligt, og det har i forhold til beton en vis elasticitet. Trækonstruktionen skal være af komponenter, der kan skilles fra hinanden til brug i andre projekter. Der forsøges her at blive benyttet tensegrity - se modstående side.

Facademembranen som ikke er medtaget på ovenstående rendering er opbygget i ETFE (en plastmembran) så den kan reagere overfor vejret og give en fornemmelse for/oplevelse af, hvordan vind og vejr er udenfor.

Tensegrity

Som bærende element af den fleksible del, forsøges et tensegrity bærende system anvendt.
Et argument for at vælge et tensegrity system er, at konstruktion kan stå og arbejde, da konstruktionen er simpelt understøttet og ikke en fast indespændt konstruktion som i traditionel byggeri.
Et andet argument er den æstetiske. Brugen af tensegrity elementer giver en hvis dynamik til byggeriet og er med til at bløde rummet op.
Elementerne bliver bygget ind i et hexagon tensegrity system, som ses på ovenstående billede. Når et tensegrity element bliver udsat for en horisontal kræft, sker der en rotation ned igennem elementet samtidigt med, der sker en udvidelse.
Den bevægelse forsøges at blive absorberet ved at modsatrette rotationen i elementerne i facaden med rotationen fra det centrale tensegrity system.



Kræfterne, der kommer vertikalt fra en tensegrity nedbøjning, bliver overført til gulvet, hvor de bliver absorberet ved en udbøjning i gulvet, der så igen bliver holdt på plads af et underliggende tensegrity system.
Tensegrity systemet er blevet undersøgt igennem det før omtalt plugin til Grasshopper, Kangaroo, der kan ses eksempler på dette i bilag V.
Det er klart at tensegrity i forhold til traditionel understøtning ikke er så effektivt, så et tensegrity system benyttes hovedsaglig på grund af æstetiske hensyn.

Optimering

På baggrund af det foregående afsnit bliver en plan for hele byggeriet udfærdiget.

Kontor areal:

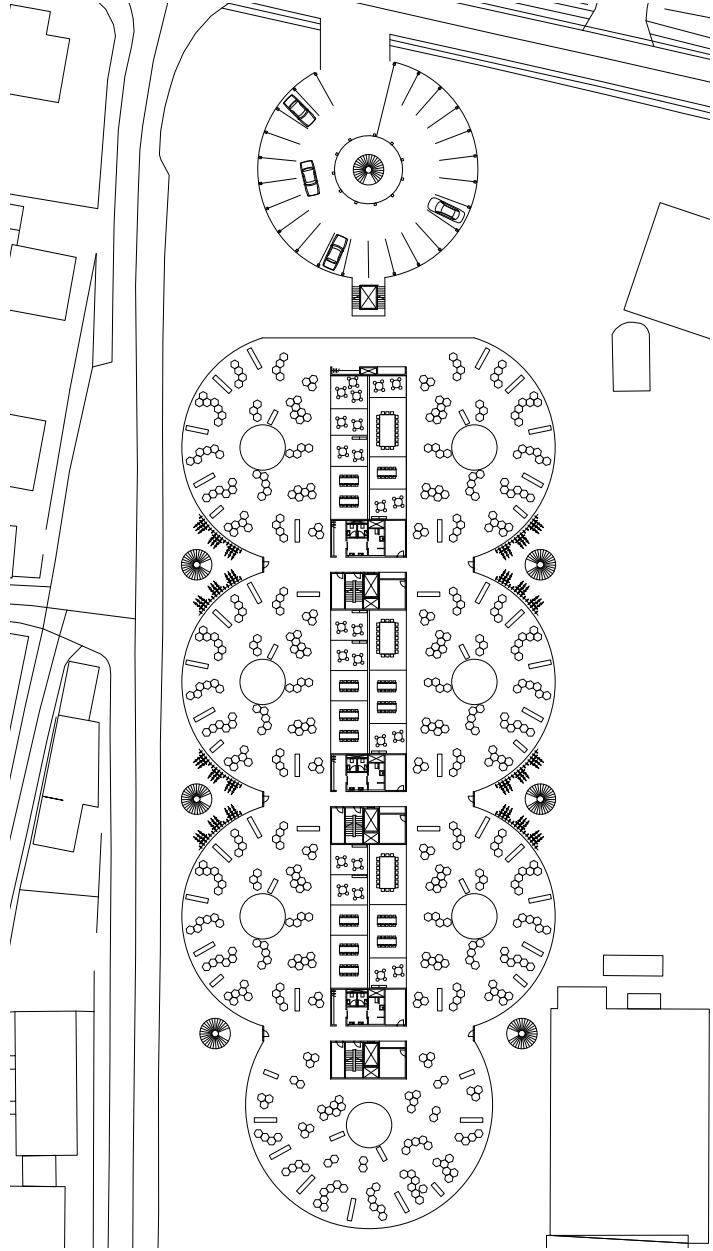
Fleksibelt kontor areal	10.000 m²
Fast kontor areal	2.000 m²
Total	12.000 m²

Dette er tæt på de 12.300 m² givet fra programmet. De ændringer der er blevet taget er: 3 etager i stedet for 2, bredere bygning og mindre atrium.

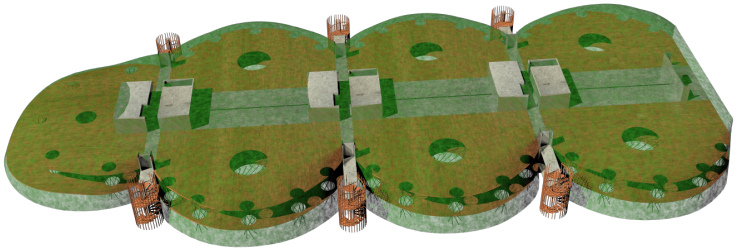
Dette gør det muligt, som det ses på planen at fjerne parkeringskælderen og erstatte den med et parkeringstårn placeret i den nordlige ende med indgang direkte fra hovedvejen. Denne er, som det ses på modstående billede, 6 etager høj og giver 3000 m² parkering eller cirka 130 parkeringspladser, hvilket er det samme som i udgangsprojektet.

Der bliver set nærmere på en optimering indenfor nogle af de førnævnte problematiske områder.

Tag
Facade
Reaktionerssystemet

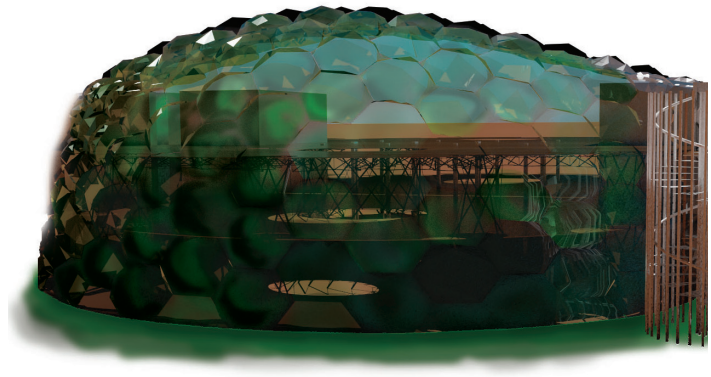


Tag



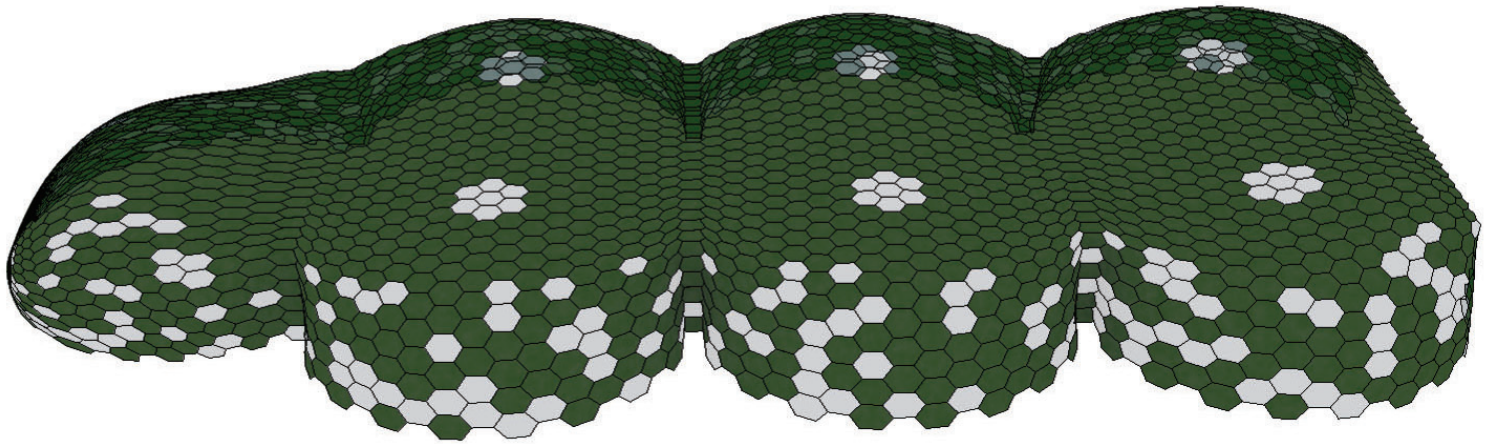
For at optimere byggeriets flade bliver taget fjernet, og der bliver forsøgt med at føre den samme membranstruktur op over taget for at indslutte hele bygningen.
Dette giver både et mere samlet arkitektonisk greb på byggeriet, og samtidig forøges algeproduktion ved at indføre den femte facade. Varmeudvekslingen med de ydre omgivelser stiger dog tilsvarende, men det vil undersøges, om det ikke er muligt at holde den nede ved hjælp af det aktive system. Der er 2 fordele udover den øgede algeproduktion, den ene er sommerkøling ved fordampning af væsken, og den anden er det passive soltilskud om vinteren gennem det klare ekstre areal.

Facade



Et problem med facaden er, at den ikke er fleksible nok i sig selv, den er enten dækket i grønt, eller også er den transparent.
Facaden bliver derfor delt op i hexagons, der kan styres individuelt og indstilles på forskellige måde. Eksempelvis kan det være en der er fuldstændig tæt, så der ikke kommer lys igennem og med et lille flow, en med et større flow og med mindre tæthed og dermed mere lys, og til sidst en, der er helt transparent.
Disse skal så fungere i forhold til funktionen, hvor vandet/væsken flyttes rundt alt efter behov. Hexagonerne med stor koncentration skal følge solen fra morgen til aften, dem med flow skal sikre en tilpas moderat temperatur og de sidste skal fungere som vinduer i facaden.

Reaktionssystemet



Der bliver arbejdet med 2 forskellige systemer til, hvorledes algerene skal dække facaden
De 2 forskellige patteringer er en aktiv og en mere passiv. Den aktive kan ses i appendiks, hvor en variation af 4 forskellige patteringer flyttes aktivt gennem dagen. Den anden er, hvor der fra morgenen er givet et fast mønster på, hvilke der skal være åbne eller lukkede den pågældende dag. Dette skal justeres alt efter, hvilken årstid det er, eller hvilke funktioner der er tænkt i det specifikke sted den dag.
Det pattern skal så følge solens bane, så om sommeren vil der være færrest transparente hexagoner der peger op ad, hvorimod der blandt hexagonerne mod øst, vest og nord vil være flere klare. Om vinteren vil der så være færre klare lavtsiddende i retning af syd, øst og vest. Men flere der er højtsiddende og lader sollyset komme ind. (Se bilag VII og VIII)
Algerne skal være i så høj en koncentration, at der kun vil være et minimal grønt skær i bygningen, og dette vil eventuelt kunne fjernes og reduceres ved hjælp af modlys.
Hvorledes det færdige pattern skal opføre sig, bliver ikke endelig besluttet, da det skal reagere således at alle parametrene bliver taget til vurdering, som dagslys, varmeoverførsel, blokering af sol o.s.v.
På nuværende tidspunkt er de beregninger, der er foretaget tilstrækkelige. Beregningerne ses i bilag IX

Udover at det aktive system skal være effektivt nok til et godt indeklima, er det også nødvendigt at se på, hvorledes funktionere bliver aktiveret, og hvornår de vil opfylde kravene.
Funktionerene deles op i kategorier udfra

Kemiske
- Temperatur
- Koncentration
- Kemiskereaktioner

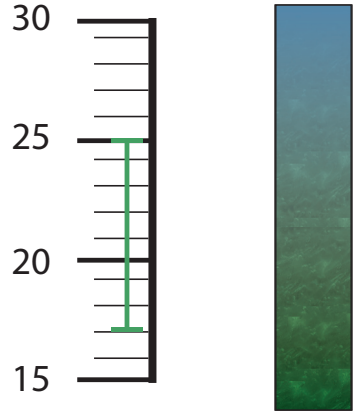
Elektroniske
- Flytning af væske

Manuelle
- Åbning og lukning af facade moduler

Den første reaktion sker om natten, hvor væsken skal ned på en tilpas lav temperatur, der modsvarer temperaturtilvæksten den efterfølgende dag. Her bliver væsken kølet ned ved at opbevare den i facaden og så benytte naturlig ventilation til køling af den.

Om morgenen starter et program, der kender solensbane for dagen, og derfra beregner, hvor der vil være behov for at have væske. Programmet skal så sende et signal ud til porte i de enkelte hexagoner og åbner dem, hvor algen skal ud i.

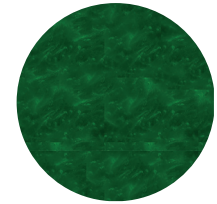
Her er det vigtigt, at de to programmer arbejder sammen, således at temperaturen hos algerne passer med at de kan overføre nok energi til eller fra rummet.



Temperatur i væske fra 17° til 25°

Mængden af alger i væske fra 0 til 100 %

$12H_20 + Lys \rightarrow 6CO_2 + 24H^+$



$6CO_2 + 24H^+ \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O$

Algers fotosyntese, mørke og lys processen.

De passive reaktioner, der sker i løbet af dagen, er algernes vækst, hvor både koncentrationen stiger og algerne binder solenergi i kemiske reaktioner og vokser.
Disse reaktioner er i beregningen af det indre komfort forholdsvis små, den store gevinst ved algerne opnås, når man høster dem og bruger den til forbrænding til produktion af el.

Præsentation

Flow

Situationsplan

Snit

Plan

Eksplosionsdiagram

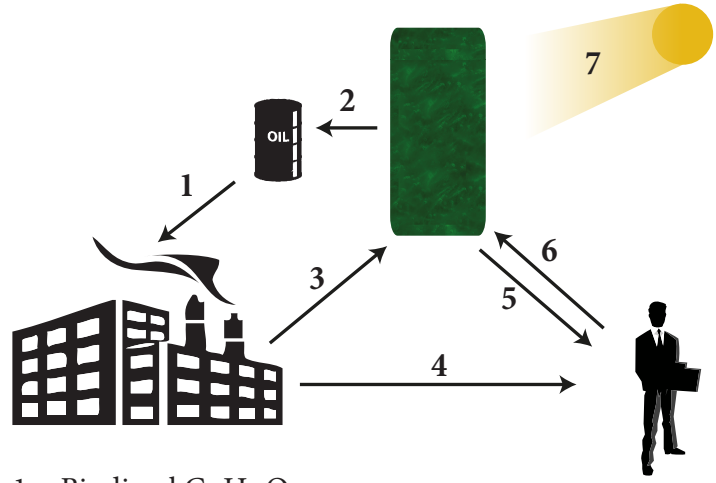
Udefra

Facade

Indenfor

Detalje

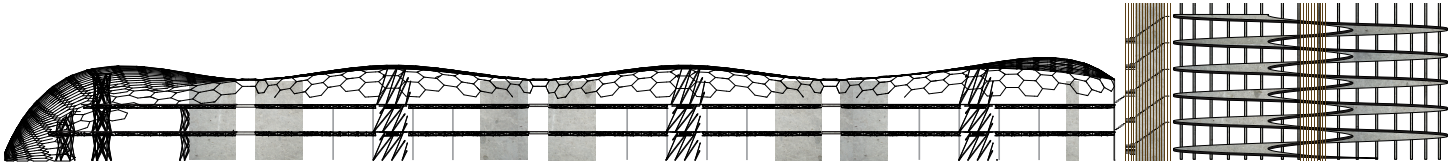
Reaktion



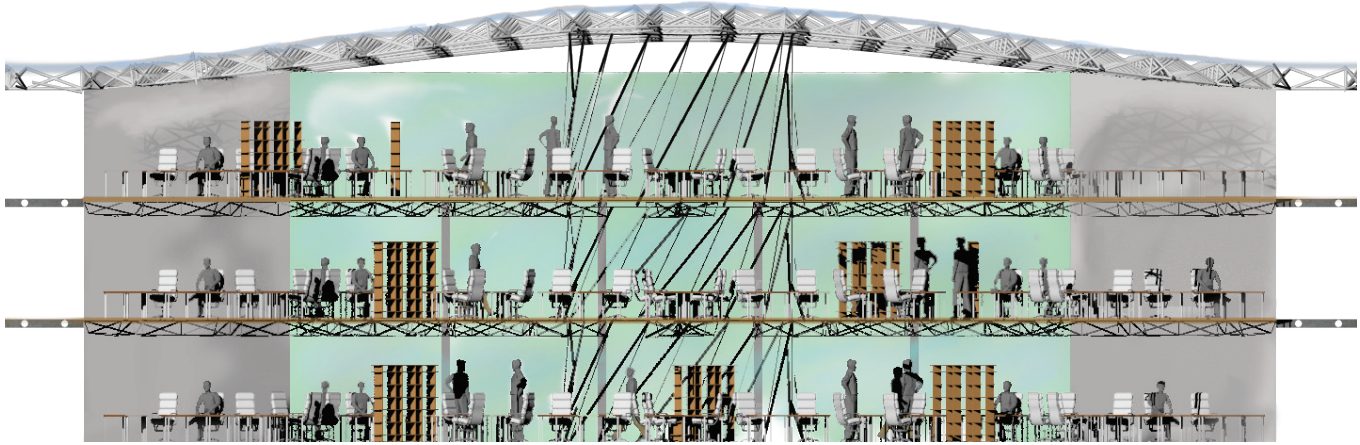
1. Biodiesel $C_{19}H_{34}O$
   (http://wiki.answers.com/Q/ What_is_the_chemical_formula_for_biodiesel)
2. Biomasse fra algerene $C_5H_7O_2N$
   (*http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_chemical_formula_for_biomass=*
3. Forbrænding $C_{19}H_{34}O_2+53O_2$ -> $19CO_2 + 17H_2O$ + energi, CO_2 og varme bliver overført til algerene
   (http://bioenergy.illinois.edu/education /08seminars/080505_hansen.pdf)
4. Produktion af strøm, til bygningen
5. Klima tilpasning, blokering af direkte sollys og ilt produktion.
6. CO_2 og nærringsstoffer.
7. Fotosyntese lys processen $12H_2O$ + light -> $6O_2$ + $24H^+$
   (http://da.wikipedia.org/wiki/ Fotosyntese)

Situationsplan

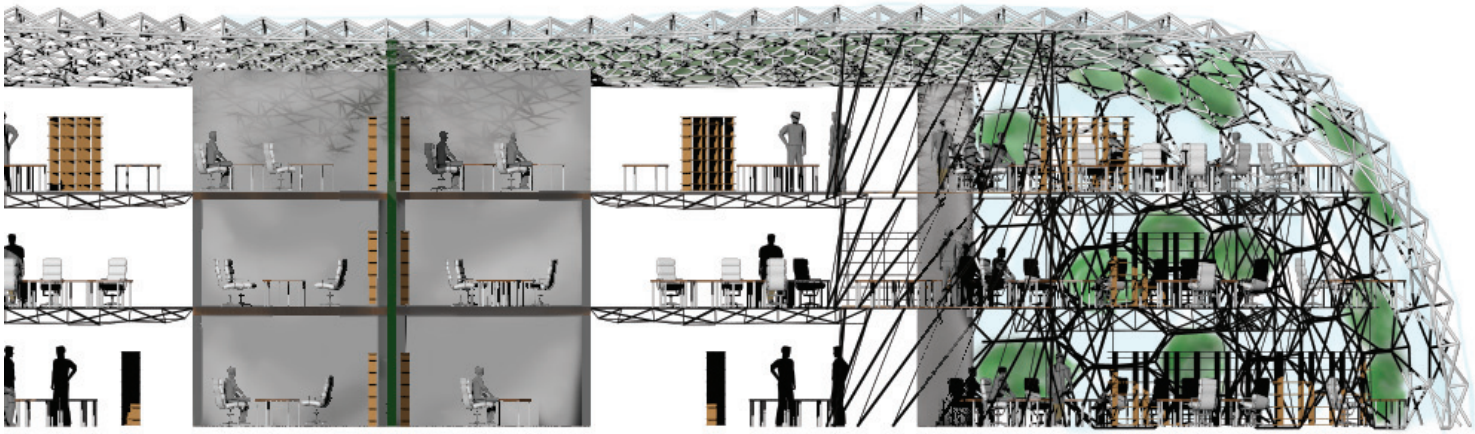
Snit



1 til 1000



1 til 500

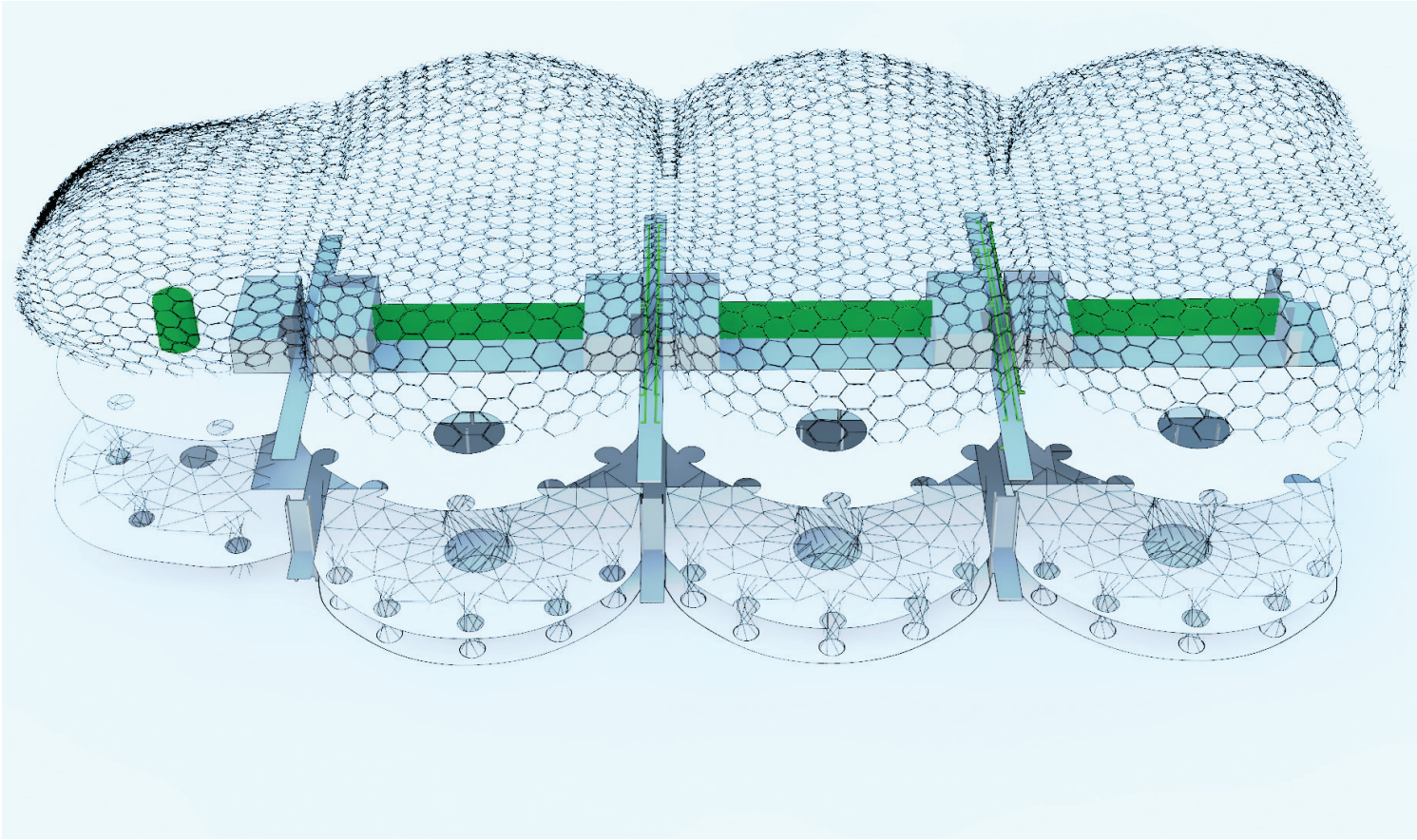


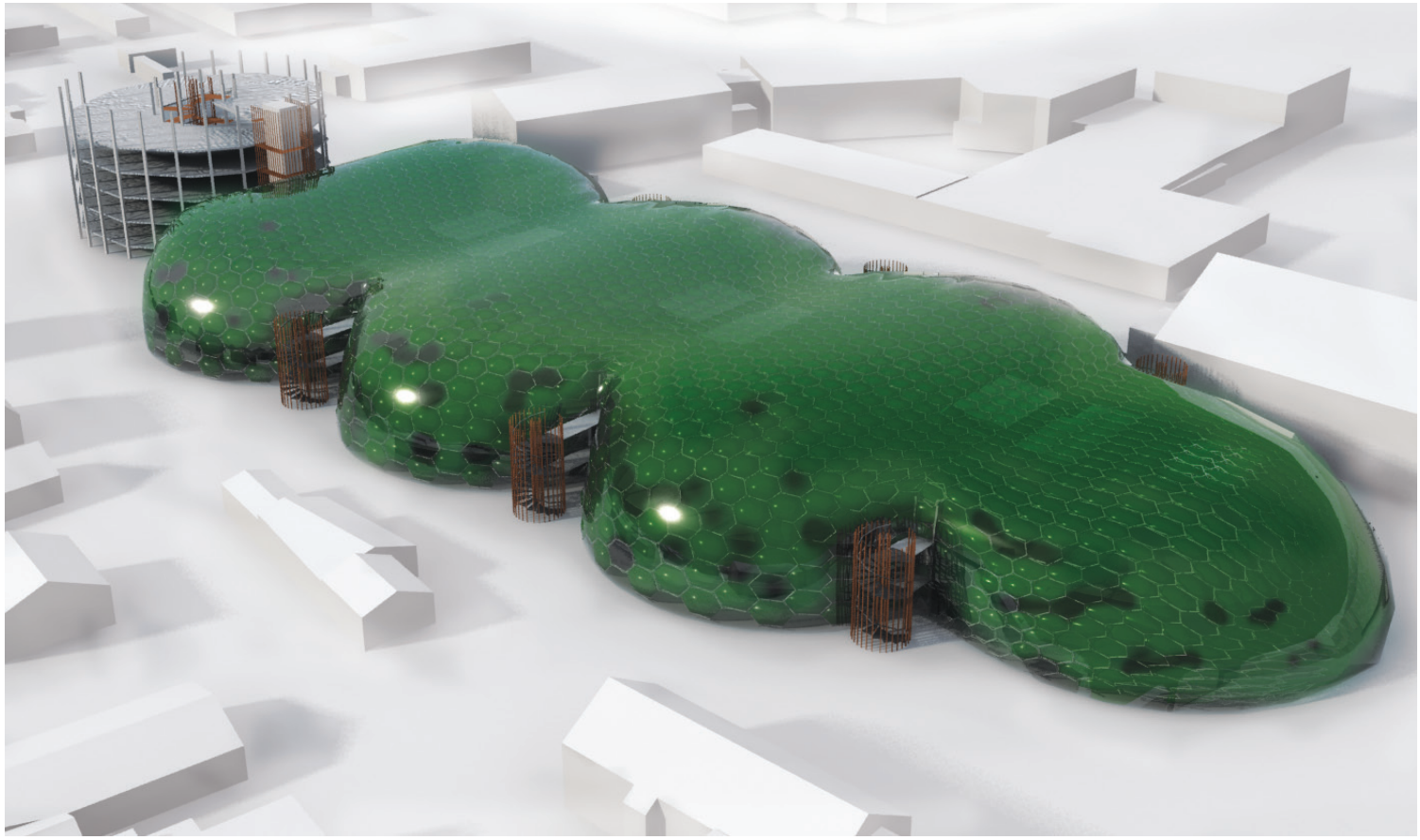
1 til 500

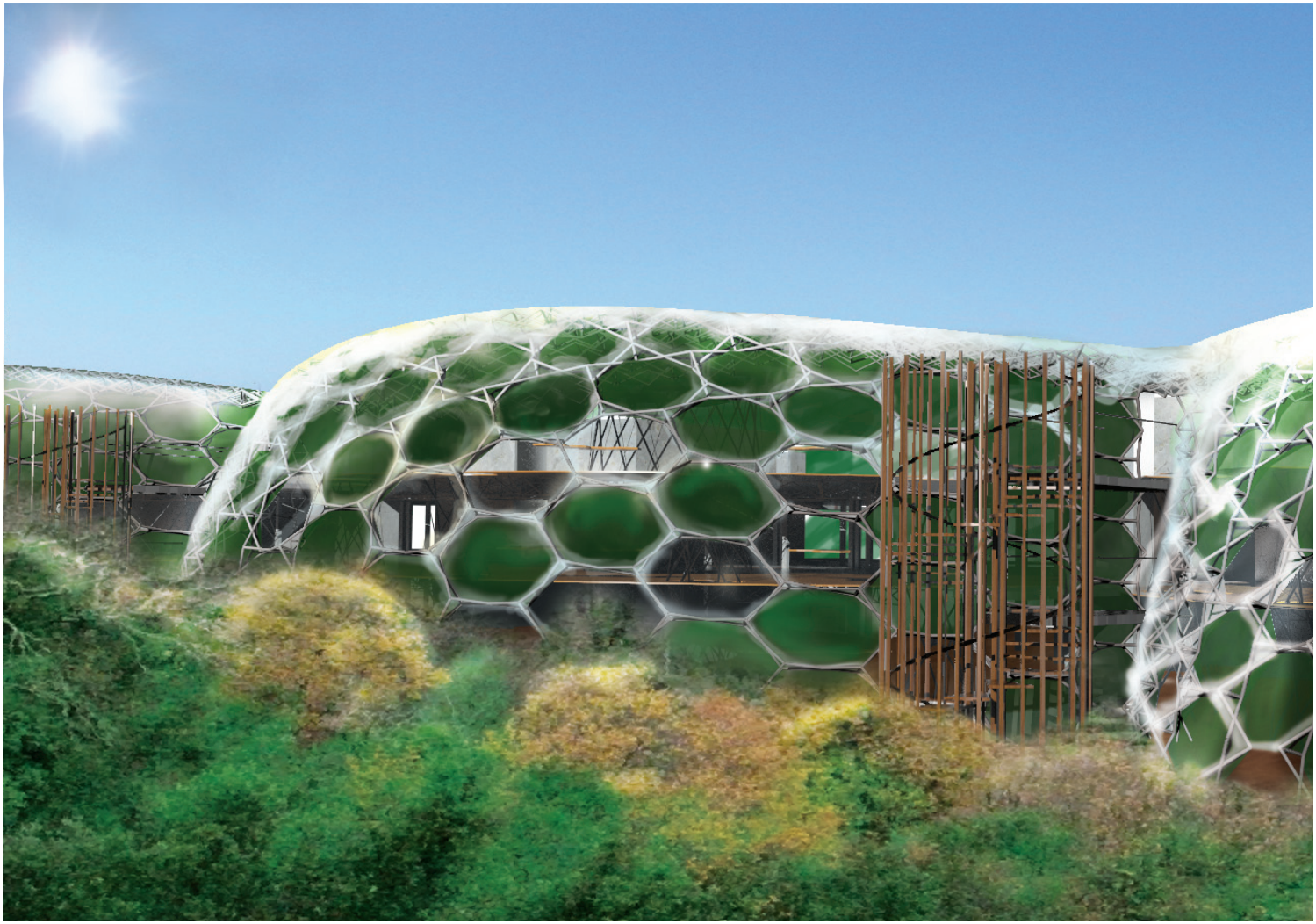
Plan

1 til 1000

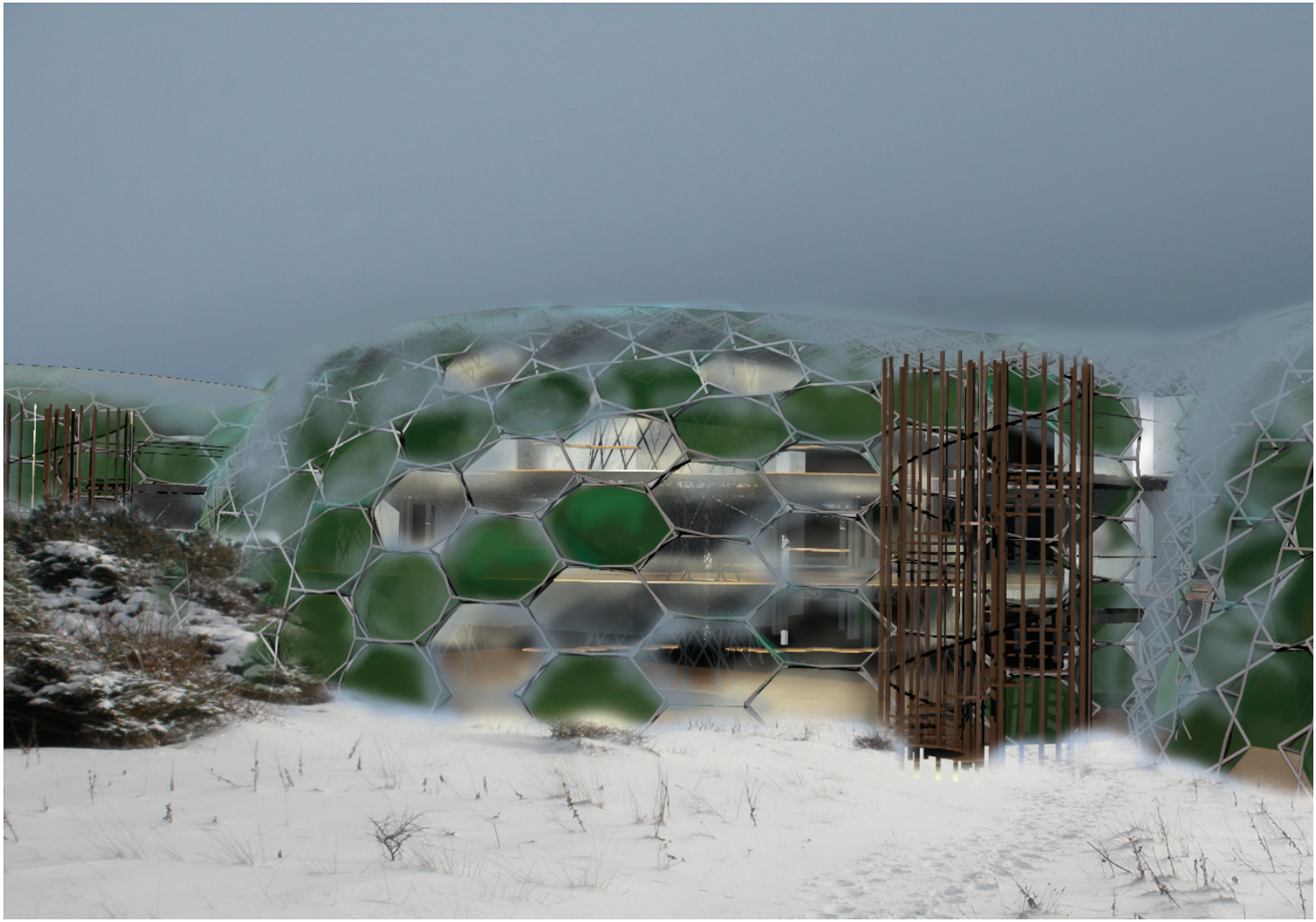
Eksplosionsdiagram







Om sommeren er der et større antal grønne hexagoner end om vinteren. Hexagonerne er styret således, at der er størst densitet øverst på bygning, hvor hexagonerne blokerer for den høje sommer sol. Det er også nødvendigt at have den store flade af væske til henholdsvis at afgive og absorbere varmen i løbet af dagen. Om sommeren, er algekoncentrationen lav i begyndelsen, således at de har plads til at vokse.



Om vinteren er der flere transparente hexagoner end om sommeren for at få det nødvendige dagslys ind i bygningen. Disse er hovedsagligt rettet mod nord eller mod himlen. Algekoncentrationen i vandet er lidt højere om vinteren end om sommeren, da de fra om morgenen skal blokere for den direkte morgensol.

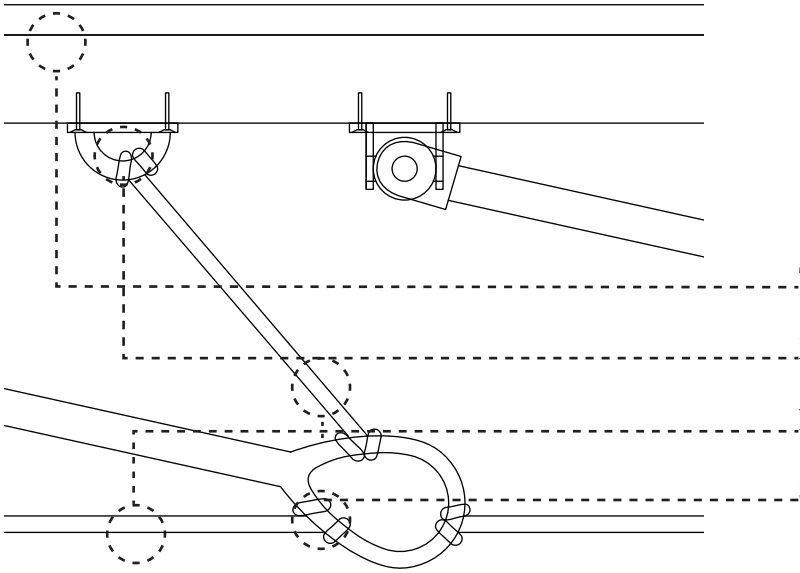
På de enkelte etager kan de forskellige kontormøbler organiseres efter arbejdets behov. Hvilke facade elementer der er med eller uden alger ændres fra dag til dag, således at den indfaldende belysning vil være ideal til den givne arbejdssituation. En tensegrity konstruktion i loftet giver en kompleksitet til rummet, og samtidig en hvis gennemskueligehed i en ensartet opbygning af systemet.

Det øverste indre rum har algermembranerene som loft. Dette vil for det meste være dækket af algevæske for at for hinde overophedning, dog kan nogle af dem være transparente om vinteren, hvis der er for lav belysning. Det gennemgående atrium, giver lys ned til de andre etager i bygningen.

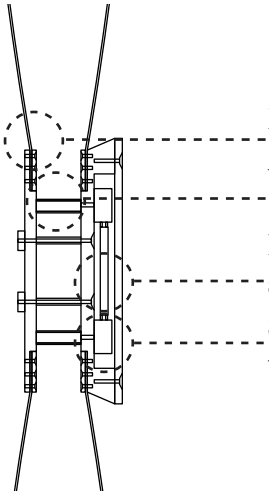
Detalje

Da mange af elementerne er forskudt i forhold til hinanden, er de følgende detaljetegninger forenklet for at gøre dem mere overskuelige.
Der er heller ikke en præcis dimensionering af dem, så størrelser kan ændres inden den færdige produktion.

Trægulv 1:5



Membran 1:5

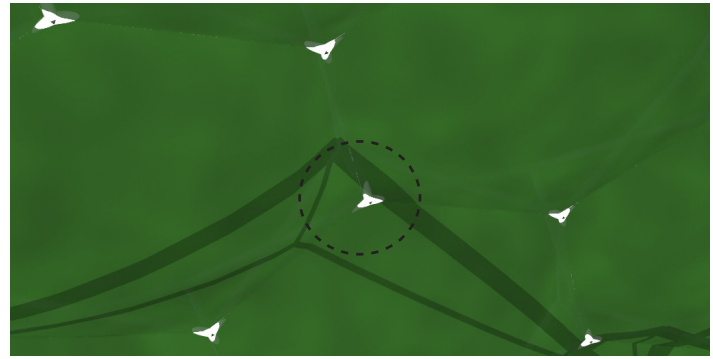


ETFE membran.

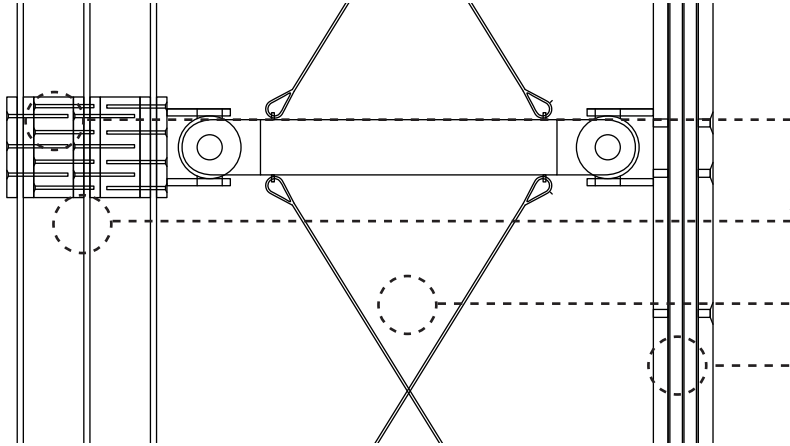
Ventil til fordeling af alger.

Kontrolboard til styring af servomotor.

Servomotor til åbning af ventil.



Facade 1:5



Montering af ydre ETFE, plast benyttes imellem til at forhinde kuldebroer.

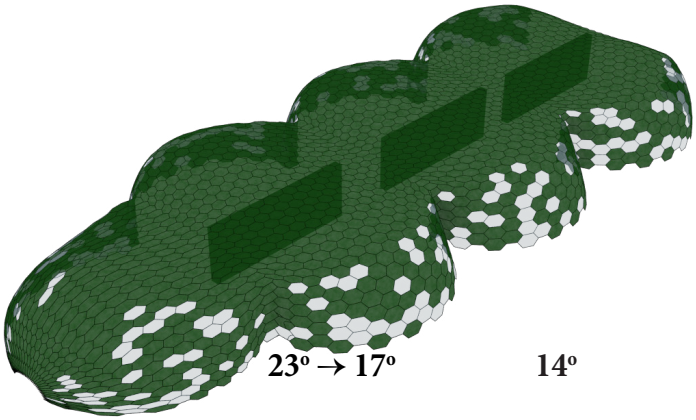
Dobbelt ETFE membran, forbedre facadens u-værdi.

Ventilationsskak til udluftning.

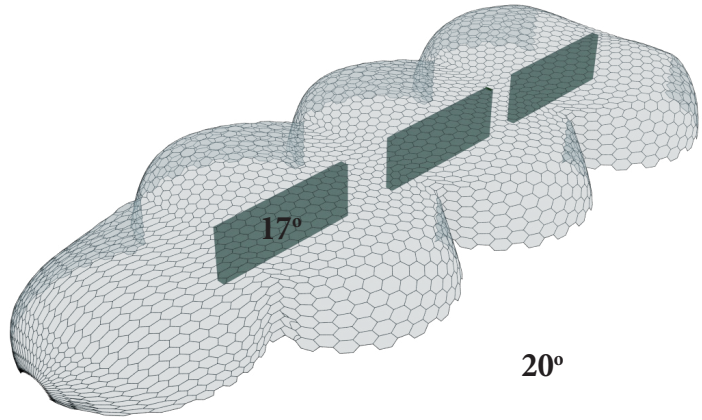
Rør til algevæsken og til montering af den ydre facade.

Reaktion

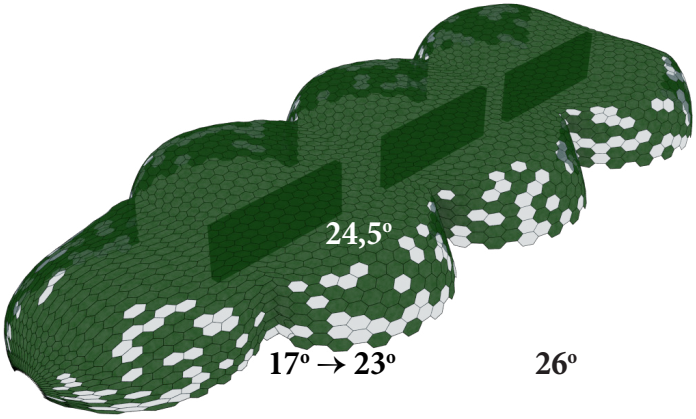
Sommer reaktion



Fra kl. 21.00 til 07.00



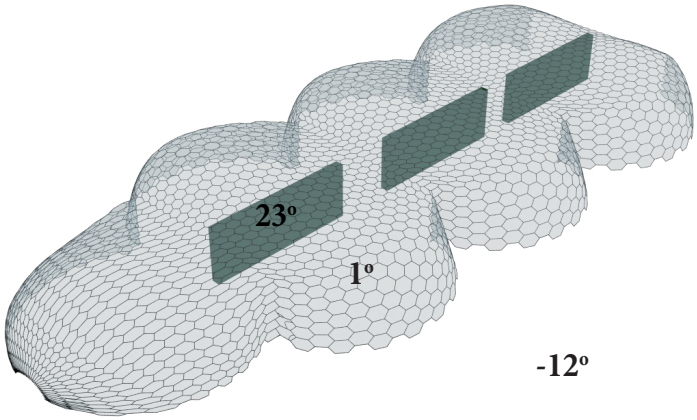
Fra kl. 07.00 til 08.00



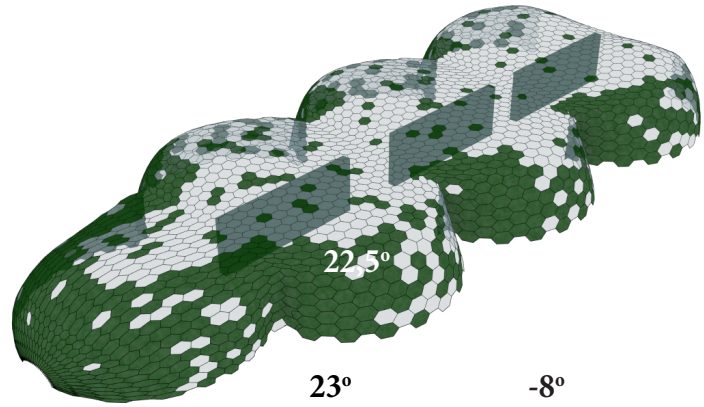
Fra kl. 08.00 til 21.00

Sommerreaktionen køler væsken ned til en tilpas temperatur i løbet af natten, dette sker ved at beholde algerne i facaden og så ventilere koldt luft udefra igennem facaden.
For at kunne kontrollere afkølingsgraden om morgenen, er væsken pumpet tilbage ind i den isolerede kerne, hvor den er forhindret i at afgive køling.
I løbet af dagen, hvor folk møder ind og solen står højt, bliver felterne fyldt op, så algernes samlede overflades opsamling af energi er lig den energi, der kommer ind fra solen og personalet.

Vinter reaktion



Fra kl. 17.00 til 07.00



Fra kl. 07.00 til 17.00

Om vinteren er algerne i løbet af natten holdt inde i kernen, så de gemmer varmen fra den foregående dag. Resten af bygningen bliver holdt opvarmet til 1° så der ikke kommer frost indvendigt.
Inden folk møder ind, bliver algerne flyttet til facaden, så deres masse og temperatur kan opvarme bygningen til de passende 22,5 grader. I forhold til om sommeren er det nødvendigt at få en del diffuse belysning ind i løbet af dagen, så et mindre antal hexagoner på taget og nordfacaden vil være fyldt med alger. (se bilag X)
I løbet af dagen bliver algernes temperatur holdt op, ved at udnytte den varme, der kommer fra røgen, når algerne blivder brændt af til EL produktion.
Om aftenen flyttes algerne tilbage i den isolerede kerne i bygningen, hvor deres varme bliver gemt til næste dag.

KONKLUSION

Projektets formål er at udnytte anvendelsen af aktive komponenter indenfor biologi i skabelsen af et bæredygtigt byggeri.

Projektet er på mange måder meget visionært. Det vil sige, at der blev udviklet nogle nye bygningsmetoder, og at der blev benyttet materialer, der i et nutidigt perspektiv enten stadig er under forsøg eller er uforholdsmæssigt dyre. Projektets formål er at give et nyt perspektiv til, hvorledes vi tænker byggeri, det har derfor været nødvendigt at opstille nogle forudsætninger, da projektet ellers ville være blevet for omfattende.

Udviklingen fra projekt 1.0 til 2.0 førte til at 2.0 blev et noget mere reelt byggeri i forhold til projekt 1.0. I virkeligheden burde det have været omvendt, da jeg ser et bedre fremtidsperspektiv i det totale fleksible byggeri. Formen i et sådan projekt ville let knække over, og blive til et kaotiske projekt/byggeri, der mere er en organisme, der består af celler og organer, som reagerer i et samarbejde med hinanden. Hvorfor den arkitektoniske dannelse af rum fuldstændigt vil forsvinde.

Udnyttelsen af de biologiske/kemiske reaktioner i planter er svær at drage nytte af, da der er en begrænset viden indenfor dette felt. Det er nødvendigt at få en bedre forståelse for, hvilke stoffer der kan bindes i planter og hvilke stoffer, der bliver udledt af os og vores inventar.

I stedet for fordelene ved de biologiske reaktioner, er der lagt vægt på indflydelsen på bygningskomforten fra den store mængde energi, der kan gemmes i vandet. Vandet fungerer ved hjælp af pumper som en slags blod, der kan holde bygningen tempereret.

Det vigtigste element projektet har været at finde en gunstig relation mellem mennesket og biologien i en bygningen. Udnyttelsen af biologi, ser jeg både som en høj æstetisk kvalitet samt funktionel kvalitet Hele ideen med at indbygge en bioreaktor var at binde energi.
En cirka beregning giver:
1 m2 alge flade generere 20 - 30 g alger om dagen og binder cirka 40 - 50 gram CO2.
(Niels T. Eriksen, Associate Professor, Aalborg University, Department of Biotechnology, Chemistry and Environmental Engineering)
Dette vil så cirka give en årlig binding af CO2 på

$$6000\ m2 \cdot 40\ g/m2 \cdot 320\ dage \approx 77\ ton\ CO2$$

Udfra fotosyntese formlen side 26 kan vi opskrive.
Overflade areal krævet pr. fotosyntese reaktion.

$$6\ mol\ CO2 / 40\ g\ CO2 / 44\ g/mol = 6{,}67\ m2$$

Total energi

$$6000\ m2 \cdot 2870\ KJ / 6{,}67\ m2 = 2.581.709\ KJ$$

Effekt

$$2.581.709\ KJ \cdot 320\ dage / 31\ 556\ 926\ s/år = 26.000\ W$$

Opfattelsen af den før omtalte data transparenthed i bygningen blev, i forhold til det i projekt 1.0 skitserede, ændret til at være mindre personlig modificerende til et mere centralt styret system. Dette af praktiske årsager, da det blev en nødvendighed, for at få en intelligent nok reaktion, der kan reagere nutidigt på fremtidige udsving i komforten. Dette medfører, at man kan lave en intelligent bygning, der vil reagere smart og effektivt

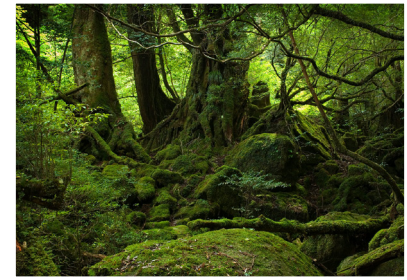
på store udsving i vejret og antal personer i bygninger.
Dynamiske elementer til at give en æstetisk oplevelse er en forholdsvis ny tænkning eller gentænkning indenfor arkitektur. Jeg tror at dynamiske elementer til en vis grad giver en øget bevidsthed om naturen. Dynamik kan komme på flere forskellige niveauer, den simple med regn på ruderne, ild i ildstedet, vind i flaget osv. er en meget direkte dynamik uden mange mellemled. Når det kommer til at holde et moderne hus kørende med varme, vand, luft, el osv. er mange af disse elementer blevet gemt værk af æstetiske eller praktiske grunde. Dette projekt har forsøgt at kæde systemerne sammen således og synliggøre dem som en del af bygningens æstetik.
Der kan være tvivl om, der er for meget dynamik eller om det dynamiske system er for ugennemskueligt. I det stor og hele tror jeg, at dynamiske elementer, skal indtænkes i æstetik på højde og i balance som alt det andet.

Personlige refleksion
Jeg tror at i mange af de diskussioner om, hvorledes den fremtidige bebyggelse skal udvikles, er det relevant at inddrage en overordnet ligning for et energiregnskab.
Det skal forstås på den måde at tilvæksten i jordens energi kommer fra rummet med solen som udgangspunkt. Det vil sige at jo mere energi vi vil binde på jorden, er afhængig af hvorledes det lys der lander på overfladen bliver udnyttet.

Her er den mest miljøvenlige og effektive måde skovarealer. Da den igennem årtusinder har tilpasset sig med en mængde forskellige planter, til at udnytte netop

den specifikke placering med den specifikke mængde solindstråling.

Det vil sige at så længe vi fjerner areal, hvor sollys vil kunne blive bundet til jorden, jo mindre energi i form af carbon forbindelser, vil der blive bundet på jorden i planter og træer.



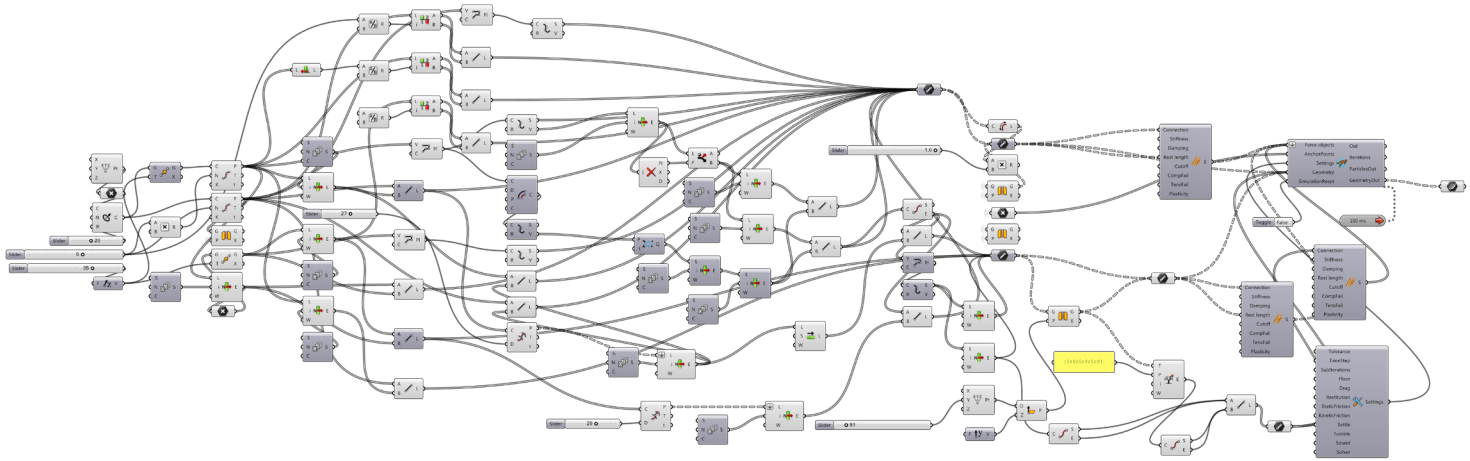
Ill. 21

For at kunne binde carbon på jorden svarende til vores forbrug, er den grundlæggende tilgang til byggeriet, at tænke bygninger så effektive som muligt, med den mindst mulige forringelse af naturen, under, over og omkring bygningen.

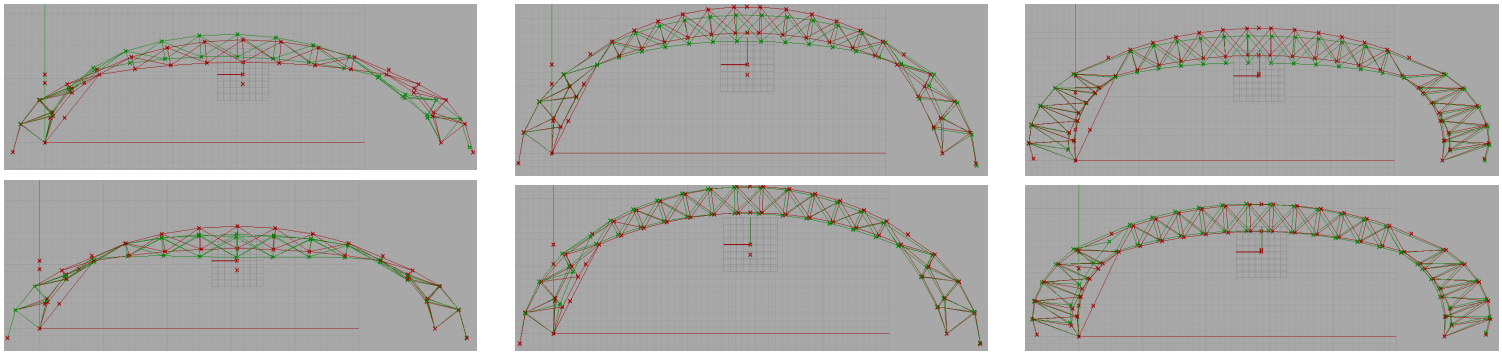
Slut

Bilag

Bilag I

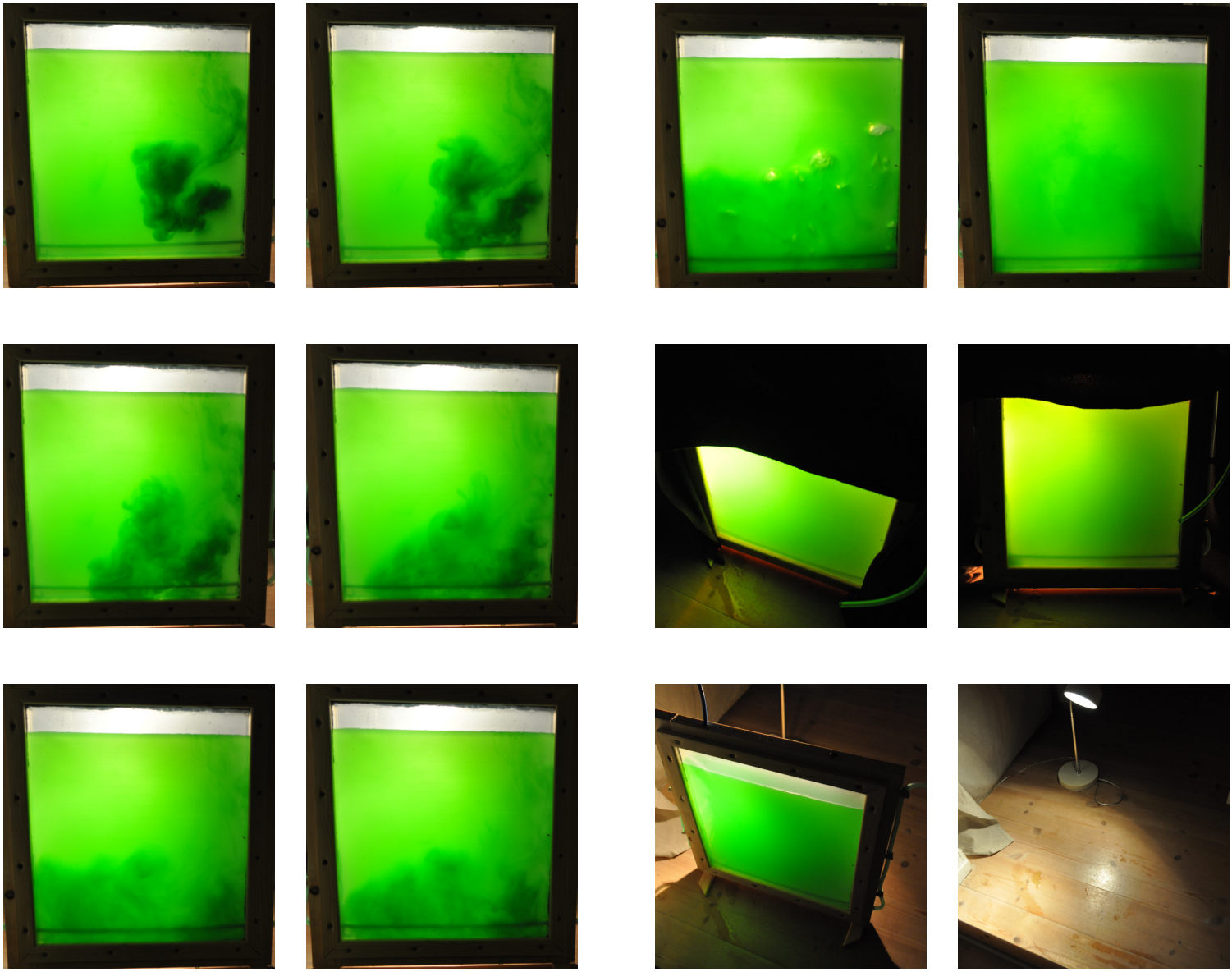


Grashopperfilen for kangaroo

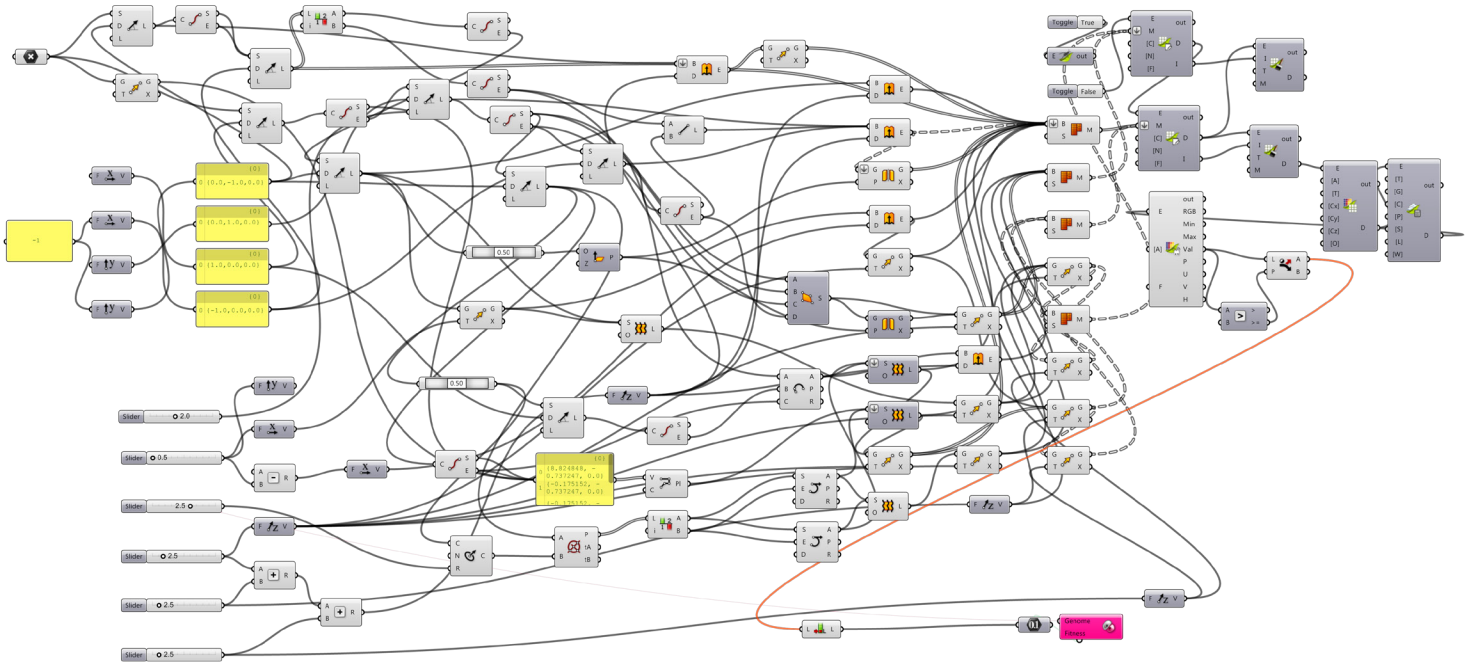


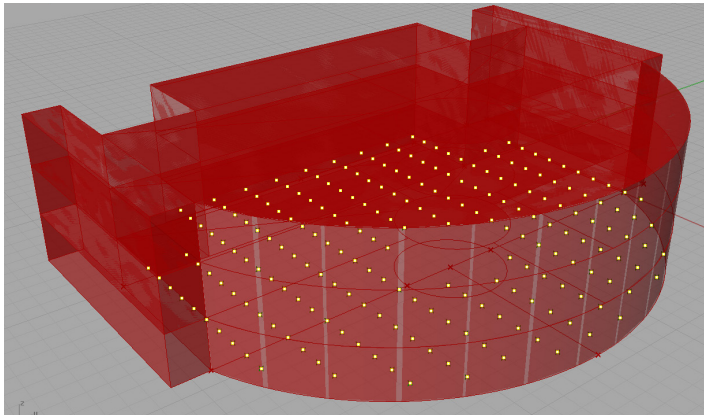
Simuleret modeller

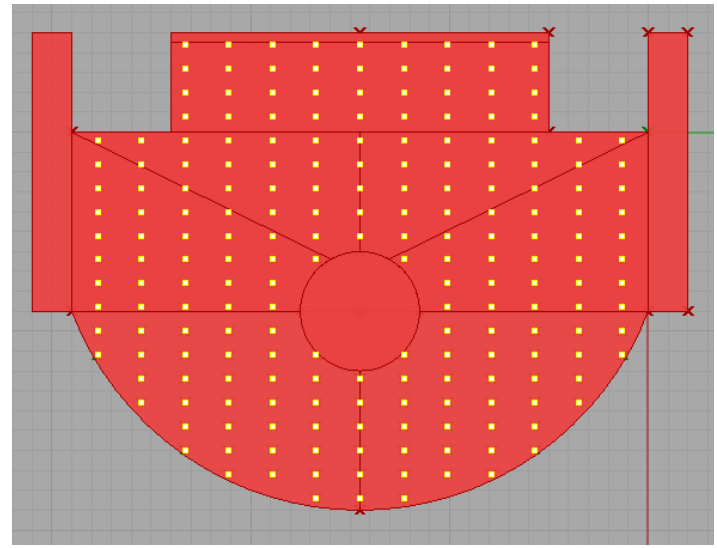
Bilag II



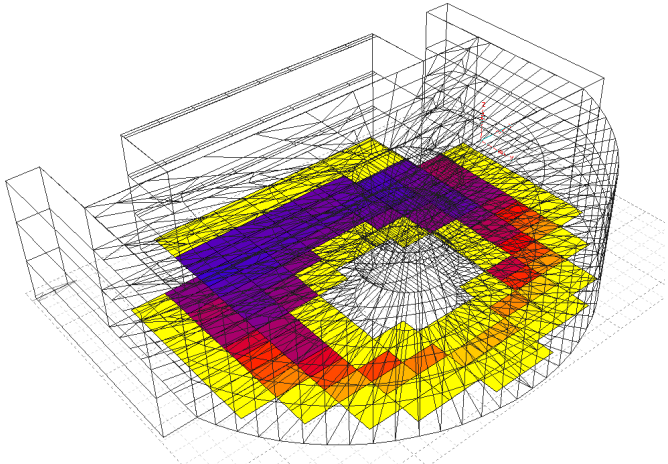
Bilag III



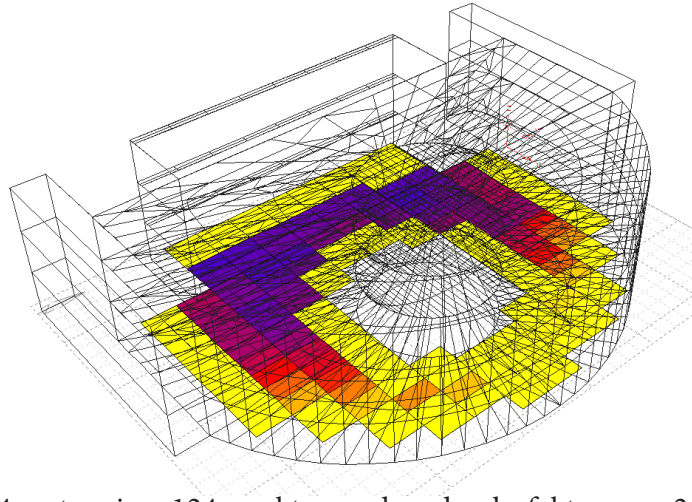




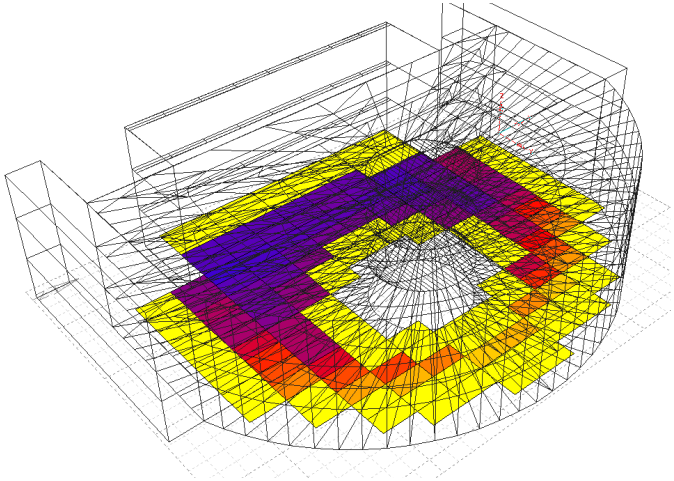
Punkterne der blev målt på og grasshopperfilen dertil.



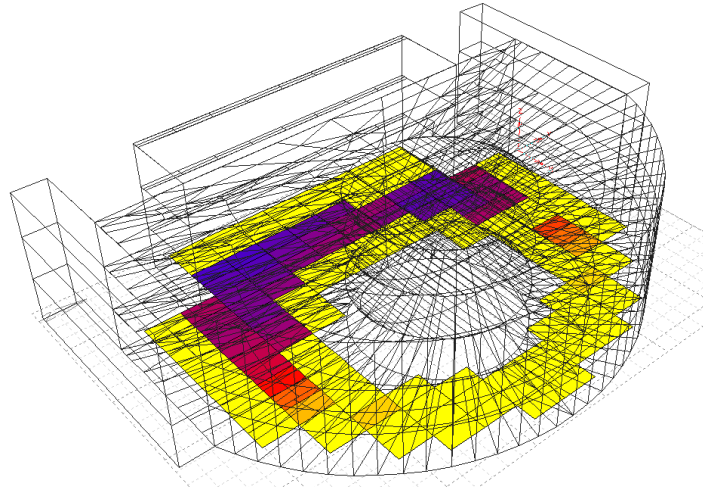
2 meter, giver 112 punkter med en dagslysfaktor over 2.



4 meter giver 124 punkter med en dagslysfaktor over 2.



3 meter giver 119 punkter, med en dagslysfaktor over 2.



5 meter giver 120 punkter med en dagslysfaktor over 2.

Bilag IV

Vinter

Varmebalancen for et givet rum er, at varmen der skal tilføres for at opretholde den indvendige temperatur, er lig den varme, der forlader bygningen.
Der bliver i det opstillede scenerie arbejdet med en udetemperatur på -8 og en U værdi på 1.

$$\Phi t + \Phi v + \Phi inf = \Phi load + \Phi heat + \Phi sun$$

Hvor
Φt = Transmissionstab
Φv = Ventilationstab
Φinf = Infiltration tabe
Φload = Folk og udstyr belastning
Φheat = Varmeanlæg i bygning
Φsun = Sol varmetransmission

Da ventilationsluften går igennem facaden kan infiltration betragtes som:

$$\Phi inf = 0$$

Beregningen udføres i vinterperioden så tilskuddet fra solen kan sættes til 0

$$\Phi sun = 0$$

Det giver følgende.

$$\Phi t + \Phi v = \Phi load + \Phi heat$$

Transmission tabet
(Ventilationsanlæg stabili, 6.3.1)

Facade

$$\Phi t = U \cdot A \cdot (T_I - T_u)$$

Tag

$$\Phi t = 1{,}15 \cdot U \cdot A \cdot (T_I - T_u)$$

Hvor
U er transmission W / $m^2 \cdot K$
A er arealet af overfladen
T er temperaturen inde eller ude

Facade

$$1\ W/Km^2 \cdot 280\ m^2\ (22\ ° - (-8\ °)) = 8400\ W$$

Tag

$$1{,}15 \cdot 1\ W/Km^2 \cdot 530\ m^2\ (22\ ° - (-8\ °)) = 18200\ W$$

Ventilationstab
(Ventilationsanlæg stabili, 6.2.2)

$$\Phi v = \rho \cdot cp \cdot qv \cdot (T_I - T_u)$$

Hvor
ρ = 1.188 kg/m^3
cp = 1,005 kJ/kgK
qv =ventilationsmængde l/s
T_i = 22° om vinteren
T_v er temperaturen ventileret ind.

Temperatur i indblæsningsluft
(Ventilationsanlæg stabi, 16.3)

$$T_i = T_u + \eta(T_v - T_u)$$

Hvor
η er varmegenvinding effekt
T_i er ventilations luften ind.
T_v er temperaturen af ventilationsluften ud.
T_u er udetemperaturen

Temperatur i ventilationsluften ud

Φload og Φt er beregnes indenfor T_v. Der bliver taget udgangspunkt i den mindste og største personbelastning, da det ikke er givet hvilke af disse, der vil give det værste scenerie.
Scenariet for et storrums kontor er givet fra vores designkriterier. 0,07 mennesker pr. m^2 og en ventilations mængde på 1,7 l/s m^2. Den energi der trækkes ud af luften kan defineres som:

$$0{,}0017\ m^3/sm^2 \cdot 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kgK \cdot 1590\ m^2 = 3.227\ J/Ks$$

Den andet scenarie for en konference bliver:

$$0{,}006\ l/sm^2 \cdot 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kg \cdot 1590\ m^2 = 11.390\ J/Ks$$

Det er beregnet med en varmebelastning på 204 W pr person og for det første scenerie en PC på 140 W pr. person. Transmissionstabet bliver også medregnet her.
(Ventilationsanlæg stabi, 7.2) (ventilationsanlæg stabiliseret, 7.8)

$$((204 + 140)\ J/s\ pr.\ person \cdot 0{,}07\ person/m^2 \cdot 1590\ m^2 - (8400 + 18200\ J/s)) / 3.227\ J/Ks = \Delta 3{,}6^o$$

Scenerie 2

$$((204)\ J/s\ pr.\ person \cdot 0{,}5\ person/m^2 \cdot 1590\ m^2 - (8400 + 18200\ J/s)) / 11.390\ J/Ks = \Delta 12^o$$

Indblæsningstemperaturen kan nu beregnes fra den førgående formel, der regnes med en varmegenvindingseffekt på 0,75.

Scenarie 1

$$T_i = -8 + 0{,}75\ (25{,}6 - 8) = 5{,}2^o$$

Scenarie 2

$$T_i = -8 + 0{,}75\ (34 - 8) = 11{,}5^o$$

Varmetabet i løbet af ventilation kan derefter beregnes:

Scenarie 1

$$\Phi v = 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kgK \cdot 0{,}0017\ m^3/s \cdot (22^o - 5{,}2^o) = 14\ W/m^2$$

Scenarie 2

$$\Phi v = 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kgK \cdot 0{,}007\ m^3/s \cdot (22^o - 11{,}5^o) = 13{,}7\ W/m^2$$

Dette behov skal dækkes af algevæsken i facaden, det er derfor nødvendigt at udregne, om den temperatur algerene skal have ikke er for høj for algerene, men stadig høj nok til at varmen vil blive overført.

Algevæsken bliver regnet som vand, og temperatur tabet vil blive holdt nede, ved konstant at have et flow af væske.

Fra vand har vi:
Densitet 998,2 kg/m^3
Varmekapacitet 4,1820 kJ/kgK
Varmekonduktivitet 0,6 W/mK

Der regnes med en fiktiv facadetykkelse på maksimum 5 cm. Vi får så en U-værdi svarende til:

$$1/(0{,}025\ m\ /\ 0{,}6\ W/mK = \ 24\ W/m^2K$$

Fra varmeoverførelses formlen får vi:

$$\Phi t = U \cdot A \cdot (T_I - T_u)$$

Vi ønsker her at bestemme T_i som er algernes temperatur, vi får:

$$T_I = \Phi t/(U \cdot A) + T_u$$
$$T_i = 22.000\ W\ /(24\ W/m^2K \cdot 280\ m^2) + 22^o$$
$$T_i = 25^o$$

Da 25 grader er indenfor algernes levevilkår er det muligt at benytte sig af samme mængde væske til opvarmning som til algerne. Der skal så vurderes, hvorledes luften skal cirkulere i bygningen, så der ikke opstår kuldezoner.

Sommerperioden
For sommerperioden vil der blive testet for overopvarmning, kravene er , at der ikke skal blive tilført energi til køling. Rum temperaturen fra programmet er $24{,}5^0$.
Vi ser på det forgående scenarie 1, hvor hele kontorarealet vil blive tænkt som konferencerum.

Sol
Varmebelastning Φsol findes for vinduerne fra ventilationen ståbi fig 6.8. Til august er der en gennemsnitlig værdi på 350 W/m^2. Der anvendes overhængsfaktor på 0,8, som repræsenterer den bærende struktur, samt lagene af ETFE solen skal passere.

$$350\ W/m^2 \cdot 280\ m^2 \cdot 0{,}8 = 78.400\ W$$

For taget gælder formlen.
(Ventilations ståbi 6.13)

$$\Phi t = U \cdot \Delta t_æ \cdot \ A$$

$\Delta t_æ$ aflæses fra ventilationsståbi 6.14

$$1\ W/m^2K \cdot 20\ K \cdot 530\ m^2 = 10.600\ W$$

Menneskelig belastning
Vi har fra før for scenarie 2.

$$((204\ ) \text{ J/s pr. person} \cdot 0{,}5 \text{ person/m}^2 \cdot\ 1590\ \text{m}^2 = 162.180\ \text{W}$$

Ventilationstab

Varmetab på grund af naturlig ventilation.
(Ventilationsanlæg ståbi, 6,9)

$$\Phi v = 3{,}4 \cdot n \cdot V \cdot (T_i - T_u)$$

Hvor:
n er luftskiften udregnes som
$(0{,}006\ \text{m}^3/\text{s} \cdot 0{,}5 \text{ person/m}^2 \cdot\ 1590\ \text{m}^2 \cdot 3600\ \text{s/h}) / (530\ \text{m}^2 \cdot 8{,}8\ \text{m}) = 4{,}3\ \text{h}^{-1}$
V er volumen
T_i er den ønskede indendørs temperatur.
T_u er udeluften

$$\Phi v = 3{,}4 \cdot 4{,}3\ \text{h}^{-1} \cdot 530\ \text{m}^2 \cdot 8{,}8\ \text{m} \cdot (24{,}5^o - 25^o) = -340\ \text{w}$$

Total varmebalance

$$78.400\ \text{W} + 10.600\ \text{W} + 162.180\ \text{W} - 340\ \text{W} = 250.840\ \text{W}$$

Denne mængde varme skal holdes nede af algernes temperatur.

Vi fra før:

$$T_I = \Phi t/(U \cdot A) - T_u$$

$$T_i = 250.840\ \text{W} /(24\ \text{W/m}^2\text{K} \cdot 280\ \text{m}^2) - 24{,}5^o$$
$$T_i = 12^o$$

Her kan vi allerede se, at vores varmebalance er alt for høj, til at vi kan få nok varmetransmission mellem facade og rum. Men som det ses i den ovenstående beregning, er der mulighed for nogle tiltag. Taget blev beregnet med en U-værdi som facaden, den kan godt laves bedre, ligeledes var der i projektet også tænkt pv-celler på taget, så varmegevinsten fra taget kan nok reduceres til at være nærmere 1000 W med en U værdi på 0,1. For facaden kan princippet fra OL svømme stadion i Bejing benyttes, her blev en tekstur printet på facaden, teksturen reducerede solindfaldet med en overhængsfaktor på 0. Det vil kunne give en reducering ned til 20.000 W. Den menneskelig belastning er her også beskrevet i et ekstrem scenarie, hvor der på de 3 etager vil være omkring 700 mennesker, det vil nok sjældent være tilfældet. Hele kravet bliver nødt til at blive reduceret, da den menneskelige belastning er for stor, hvis vi se på en normal belastning for et stor kontor får vi en belastning på 40.000 W. For at forøge ventilationstabet kunne brugen af jordkøling og mekanisk ventilation blive benyttet i stedet, dette vil give:

Ventilationstab
(Ventilationsanlæg ståbi, 6.2.2)

$$\Phi v = \rho \cdot cp \cdot qv \cdot (T_I - T_u)$$

Hvor
$\rho = 1.188\ \text{kg/m}^3$

cp = 1,005 kJ/kgK
qv = 300 · 0,001 m^3/s
T_i = 24,5° om sommeren
T_v er temperaturen ventileret ind.
Her tages udgangspunkt i et eksempel fra Østrig, hvor et 50 m rør indlejret i jorden giver en reduktion på 10 grader.
(http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

Ventilationenstabet bliver så:

$$0{,}006\ m^3/s \cdot 0{,}5\ person/m^2 \cdot 700\ m^2 \cdot 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kgK \cdot (15^o - 24{,}5^o) = 23.000\ W$$

Dette giver en ny varmebelastning på:

$$1000\ W + 20.000\ W + 40.000\ W - 23.000\ W = 38.000\ W$$

Varmetransmission:

$$T_I = \Phi t/(U \cdot A) - T_u$$
$$T_i = 38.000\ W /(24\ W/m^2K \cdot 280\ m^2) - 24{,}5^o$$
$$T_i = 11{,}4^o$$

Denne er stadig for lavt, i forhold til algernes grænseværdi på 17° . Derfor er det nødvendigt at forøge det areal, hvor algerne kan overføre deres varme. Der inddrages de gangarealer, hvor algerne skal overføres fra atriummet til facaden, disse er hver 9 m · 2 m, og der vil være 4 af disse, som vil have en varmetransmission på begge sidder svarende til et total areal på 570 m^2 · Her går en del af det til konstruktionen, så for en sikkerheds skyld reducerer vi det til 400 m^2. Vi får fra før.

$$T_I = \Phi t/(U \cdot A) - T_u$$
$$T_i = 38.000\ W /(24\ W/m^2K \cdot 680\ m^2) - 24{,}5^o$$
$$T_i = 22{,}2^o$$

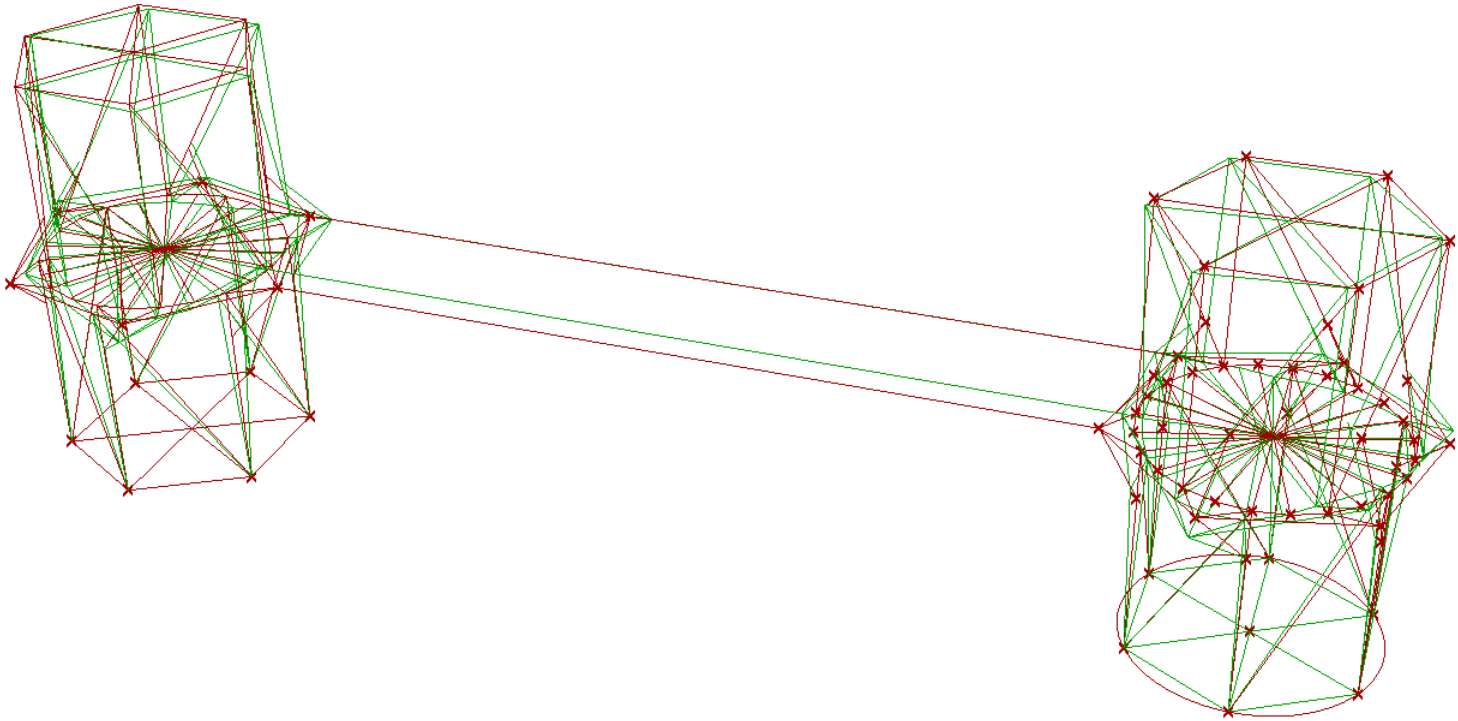
Dette er tilfredsstillende for algerne og bliver benyttet til at udregne mængden af algervæske, som vi har behov for. Vi skal have den største effekt udfra algerne i sommerperioden, og vi benytter derfor de 38.000 W, som skal modsvarer en stigning i vandets temperatur på 4,9°. Hvis vi køler algerne endnu længere ned, kan vi reducere den mængde af væske, vi har behov for.

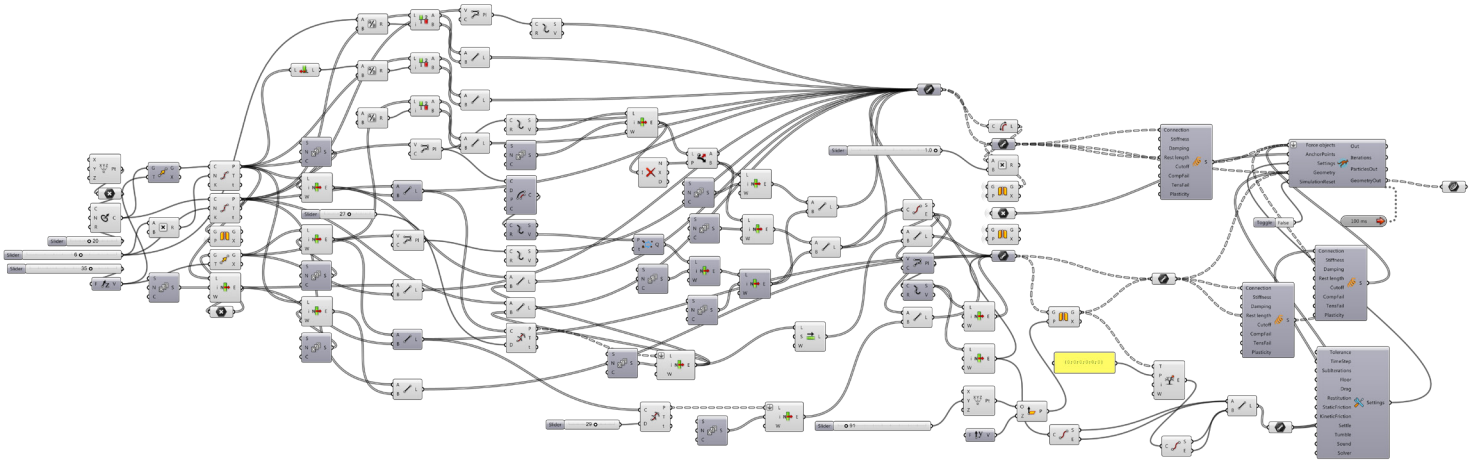
$$V = 38{,}000\ KJ/s /(7{,}5^o \cdot 4{,}1820\ kJ/kgK \cdot 998{,}2\ kg/m^3)$$
$$V = 1{,}2\ l/s$$

For en periode af 8 timer, får vi vandbehovet for en da, til at være 1,2 l/s · 3600 s/h · 8 h = 35 m^3
Da mængden af vand skal dække to enheder, får vi et krav på 70 m^3 dette giver en bredde af væggen på.

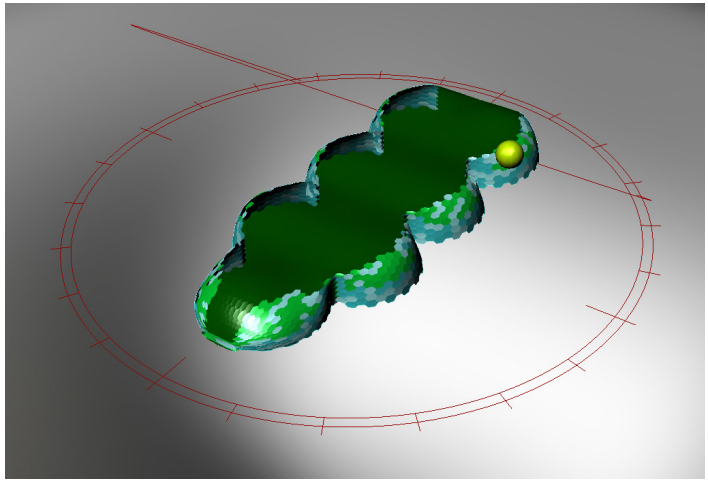
$$70\ m^3 /(8{,}8\ m \cdot 19\ m) = 0{,}4\ m$$

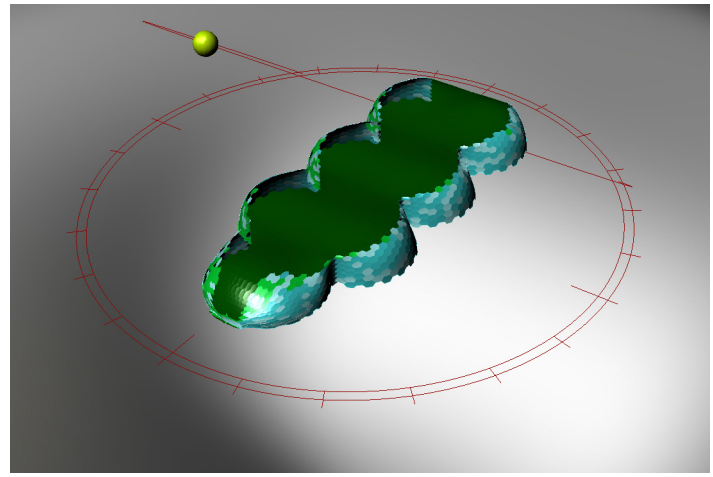
Bilag V

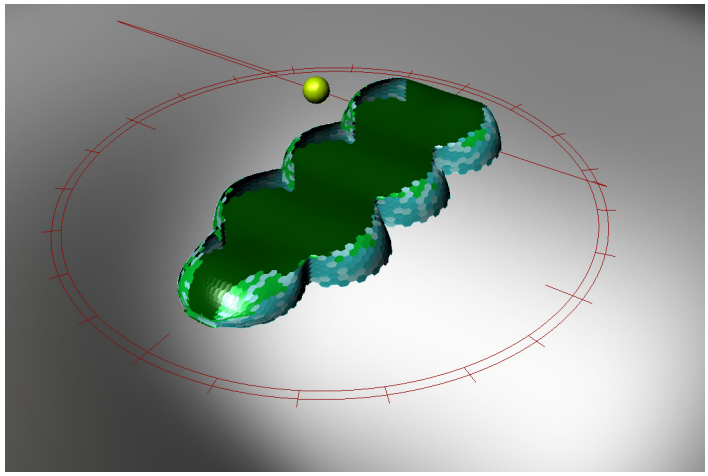


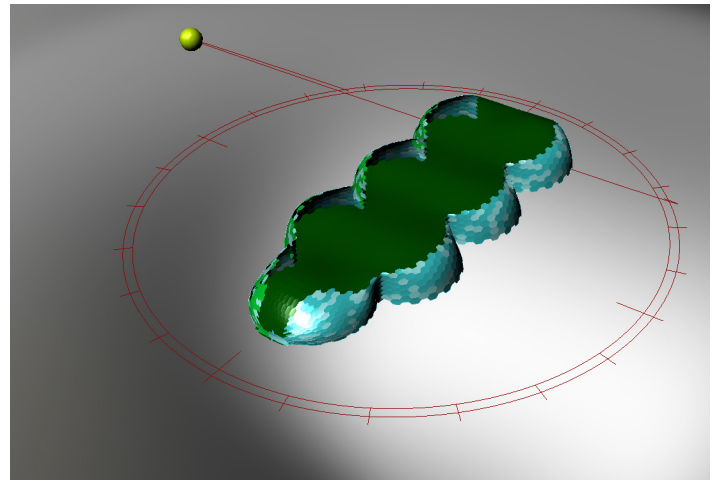


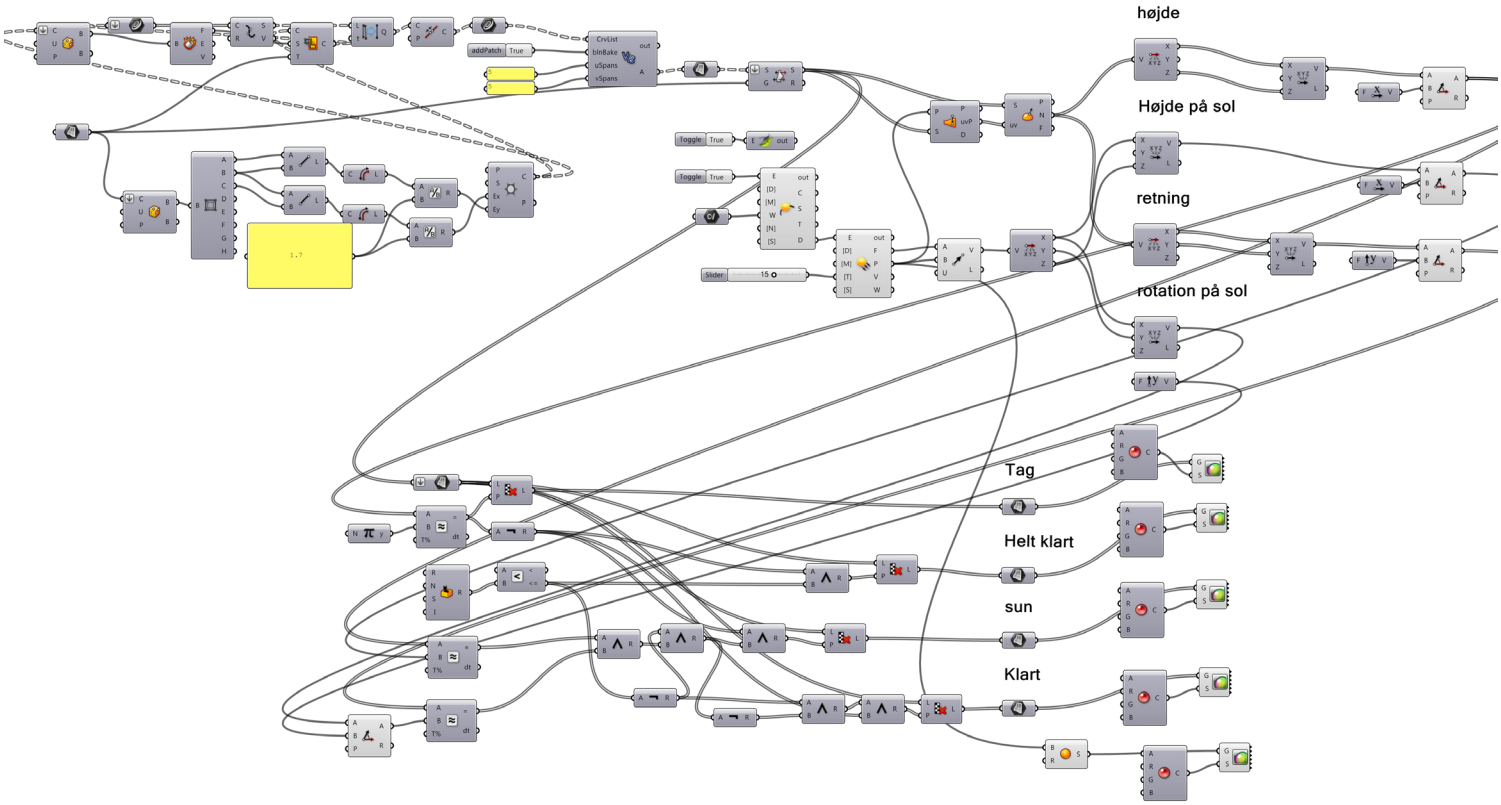
Bilag VI



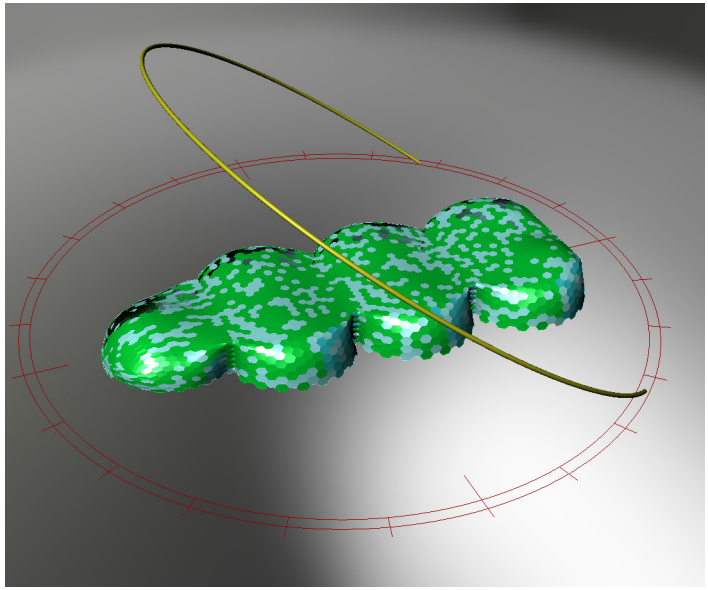


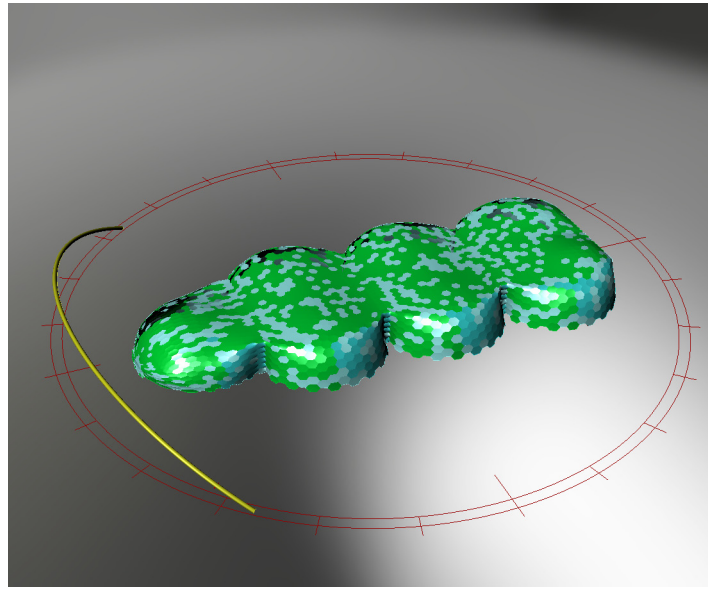


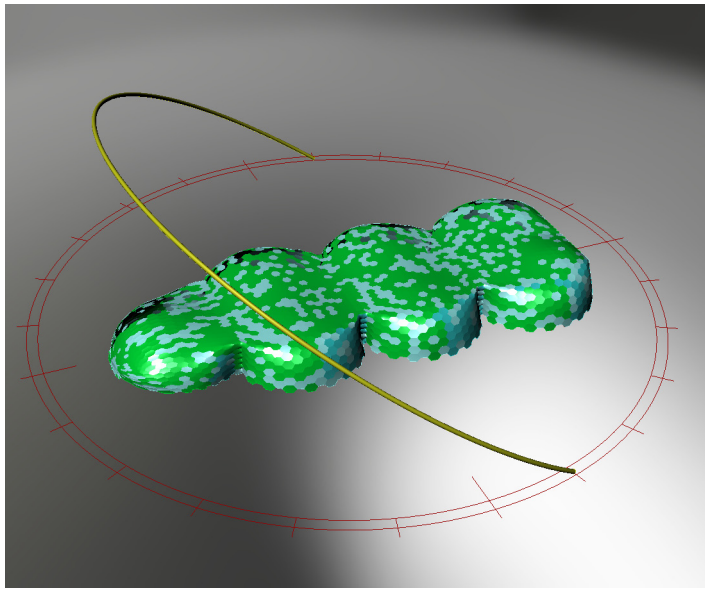



højde
Højde på sol
retning
rotation på sol
Tag
Helt klart
sun
Klart

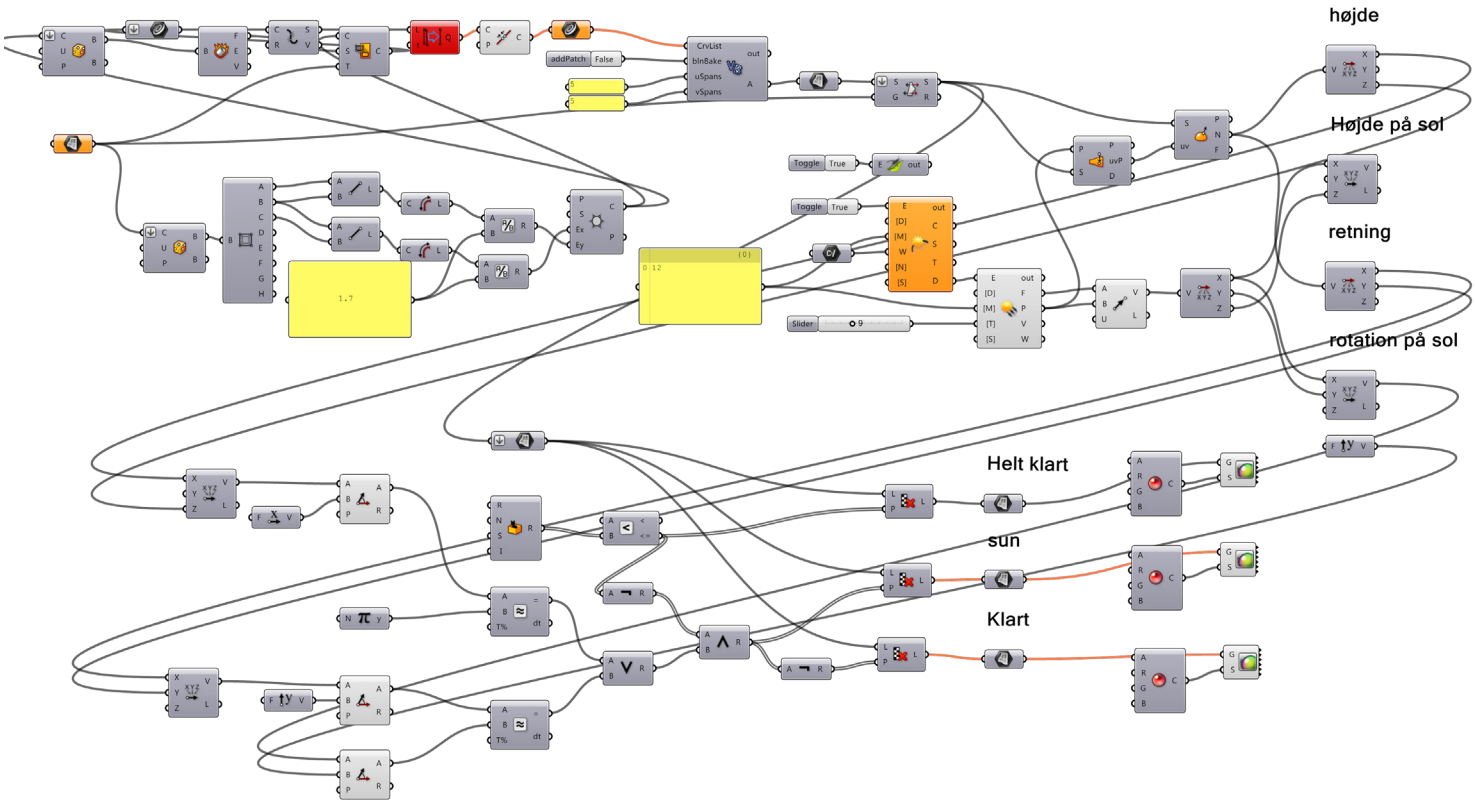
Bilag VIII







Da der blev arbejdet med et system, der skifter fra dag til dag, blev de sidste illustrationer lavet manuelt.
For at få et mønster, der ville passe perfekt, er det nødvendigt at lave et mere detaljeret system, hvor både lys inde i byggeriet og varmeoverførelsen tages med. I beregningerne er hvert system blevet løst for sig, det vil være nødvendigt at beregne dem samlet, for at finde ud af om bygningen vil kunne give et ordentlig indeklima.


højde
Højde på sol
retning
rotation på sol
Helt klart
sun
Klart
CrvList
bInBake
uSpans
vSpans
addPatch
False
Toggle
True
Slider
1.7

Bilag IX

Da nogle af størrelserne i beregningerne ikke er givet, må der tages højde for at nogle af faktorerne er skønnet.

Total bygnings overflade 7000 m^2

Benyttet gulvareal 12.000 m^2

Ventilation

$0{,}0017\ m^3/sm^2 \cdot 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kgK \cdot 12.000\ m^2 = 24.350\ J/Ks$

Varmetab

$0.8\ W/Km^2 \cdot 7000\ m^2\ (22\ ° - (-8\ °)) = 168.000\ W$

Varmegevinst

$300\ J/s\ pr.\ person \cdot 0{,}07\ person/m^2 \cdot 12.000\ m^2 = 252.000\ W$

Temperaturtilvækst

$(252.000\ J/s - 168.000\ J/s) / 24.350\ J/Ks = \Delta 3{,}45^o$

Varmegenvinder og jordvarme

Fra det før omtalte projekt i Østrig ligges en gevinst fra de nedgravede ventilationsrør på 6 grader.

(http://www.ecbcs.org/docs/Annex_44_SotAr_RBE_Vol_2A.pdf)

$T_i = (-8 + 6) + 0{,}75\ (25{,}45 - 8 + 6) = 15{,}6^o$

Varmetab

$\Phi v = 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kgK \cdot 0{,}0017\ m^3/sm^2 \cdot 12.000\ m^2\ (22^o - 15{,}6^o) = 160.000\ W$

Dette giver cirka et varmeforbrug på 13 W/m^2

Varmeoverførelse fra algerne

$$T_i = 160.000\ W\ /(24\ W/m^2K \cdot 7000\ m^2) + 22^o$$
$$T_i = 23^o$$

Da dette er indefor algernes temperatur grænser vil det fungere, med algerne i væsken som varmekilde i løbet af vinteren.

Sommer

Soltilskud

Det normale beregnede varmetilskud fra solen er fra ventilations ståbi 350 w/m^2 for et glasvindue. Da der her er en overflade af vand og alger regnes der med, at en stor del af dette vil blive reflekteret tilbage. Samtidig med vil der i vandoverfladen også ske en fordampning af væsken således, at der bliver fjernet energi fra overfladen. Der bliver derfor regnet med en solvarmetilskuds energi på 100 W/m^2

$$100\ W/m^2 \cdot 7000\ m^2 = 700.000\ W$$

Temperaturtilvækst

$$(252.000\ J/s + 700.000\ J/s) / 24.350\ J/Ks = \Delta 39^o$$

Jordvarme

$$T_i = 25 - 10 = 15^o$$

Varmetab

$$\Phi v = 1{,}188\ kg/m^3 \cdot 1{,}005\ kJ/kgK \cdot 0{,}0017\ m^3/sm^2 \cdot 12.000\ m^2\ (24{,}5^o - 15^o) = 230.000\ W$$

Varmebalance

$$700.000\ W + 252.000\ W - 230.000\ W = 722.000\ W$$

$$T_i = + 24{,}5^o - 722.000\ W\ /(24\ W/m^2K \cdot 7000\ m^2)$$
$$T_i = 20^o$$

Mængden af opvarmet væske fra 17 til 24,5 grader

$$V = 230\ KJ/s\ /(7{,}5^o \cdot 4{,}1820\ kJ/kgK \cdot 998{,}2\ kg/m^3)$$
$$V = 6{,}8\ l/s$$

Total væske behov

$$6{,}8\ l/s \cdot 3600\ s/h \cdot 8\ h = 200\ m^3$$

Dimensionerne fra før har totalt et rumfang på 217 m^3, så der er nok væske i bygningen til at holde bygningen kold om sommeren.

Bilag X

Andre beregninger

Lagring af varme
Som nævnt i et af de tidligere kapitler er ideen at vandet i løbet vinteren bliver gemt inde i byggeriet, således at det holder sin temperatur til næste dag.

Der blev opstillet en simulering af dette i Excel se næste side, det kan ses, at der kun er et temperatur tab på 0,2 grader. Så dette ses som muligt.

Lagring af kemisk energi
Da noget af solenergien bliver benyttet til at danne kemiske reaktioner i algerene, går denne ikke til varme. Det har ikke været muligt at finde en præcis opstilling af denne størrelse. Fra fotosyntesen har vi dog

$12H_2O + 6CO_2 + light \rightarrow 6O_2 + C_6H_{12}O_6$
Energy = 4184 J
(Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology, 3.5)

Water						Air						
Heat akkumilated		templost	temp	tid	energy	Heat akkumilated		templost	temp	tid	energy	Energy w
0	0	22	1	0		74,8	0,014	22	1	748	448,8	10
149,6	0,000	22	2	299,2		74,770	0,032	21,986	2	1495,402	1046,604	20
149,599	0,000	22,000	3	448,798		74,700	0,050	21,955	3	2241,009	1642,617	30
149,598	0,000	22,000	4	598,393		74,591	0,068	21,905	4	2983,632	2235,648	40
149,597	0,000	21,999	5	747,983		74,442	0,086	21,837	5	3722,088	2824,519	50
149,595	0,001	21,999	6	897,569		74,253	0,103	21,752	6	4455,207	3408,059	60
149,593	0,001	21,998	7	1047,149		74,026	0,121	21,648	7	5181,838	3985,117	70
149,590	0,001	21,998	8	1196,721		73,761	0,138	21,528	8	5900,846	4554,562	80
149,587	0,001	21,997	9	1346,284		73,457	0,155	21,390	9	6611,124	5115,286	90
149,584	0,001	21,996	10	1495,839		73,116	0,172	21,235	10	7311,592	5666,210	100
149,580	0,001	21,995	11	1645,382		72,738	0,188	21,063	11	8001,199	6206,285	110
149,576	0,001	21,995	12	1794,914		72,324	0,204	20,875	12	8678,930	6734,498	120
149,572	0,001	21,994	13	1944,433		71,875	0,220	20,671	13	9343,809	7249,871	130
149,567	0,001	21,992	14	2093,938		71,392	0,235	20,451	14	9994,898	7751,470	140
149,562	0,001	21,991	15	2243,428		70,875	0,250	20,216	15	10631,305	8238,403	150
149,556	0,001	21,990	16	2392,901		70,326	0,264	19,966	16	11252,182	8709,824	160
149,550	0,001	21,989	17	2542,358		69,745	0,278	19,702	17	11856,732	9164,936	170
149,544	0,002	21,987	18	2691,796		69,134	0,291	19,425	18	12444,208	9602,992	180
149,538	0,002	21,986	19	2841,215		68,494	0,304	19,134	19	13013,914	10023,301	190
149,531	0,002	21,984	20	2990,613		67,826	0,316	18,830	20	13565,213	10425,223	200
149,523	0,002	21,983	21	3139,990		67,131	0,328	18,514	21	14097,521	10808,177	210
149,516	0,002	21,981	22	3289,344		66,411	0,339	18,187	22	14610,311	11171,637	220
149,056	0,005	21,876	55	8198,106		37,197	0,367	4,908	55	20458,558	12112,522	550
149,036	0,005	21,872	56	8346,036		36,390	0,360	4,541	56	20378,331	11884,425	560
149,016	0,005	21,867	57	8493,906		35,598	0,353	4,181	57	20290,622	11648,908	570
148,995	0,005	21,863	58	8641,713		34,821	0,346	3,828	58	20196,173	11406,715	580
148,974	0,005	21,858	59	8789,458		34,061	0,338	3,482	59	20095,719	11158,580	590
148,952	0,005	21,853	60	8937,138		33,317	0,330	3,144	60	19989,981	10905,227	600
148,930	0,005	21,848	61	9084,754		32,590	0,323	2,813	61	19879,668	10647,365	610
148,908	0,005	21,843	62	9232,303		31,880	0,315	2,491	62	19765,473	10385,689	620
148,885	0,005	21,838	63	9379,784		31,187	0,307	2,176	63	19648,072	10120,875	630
148,862	0,005	21,832	64	9527,197		30,513	0,299	1,869	64	19528,122	9853,581	640
148,839	0,005	21,827	65	9674,541		29,856	0,290	1,571	65	19406,261	9584,447	650
148,815	0,005	21,822	66	9821,814		29,217	0,282	1,280	66	19283,103	9314,088	660
148,791	0,006	21,816	67	9969,015		28,596	0,274	0,998	67	19159,242	9043,098	670
148,767	0,006	21,811	68	10116,144		27,993	0,266	0,724	68	19035,247	8772,048	680
l2												
148,742	0,006	21,805	69	10263,199		27,408	0,258	0,458	69	18911,663	8501,484	690
148,717	0,006	21,799	70	10410,179		26,841	0,249	0,201	70	18789,009	8231,926	700
148,691	0,006	21,793	71	10557,083		26,293	0,241	-0,049	71	18667,779	7963,869	710
148,665	0,006	21,788	72	10703,910		25,762	0	-0,290	72	18548,440	0	720

The excel sheet used for calculating the temperature lose in water, over a winter night.

Illustration list

Ill. 1 Architectural company Aastiderne
Ill. 2-5 Architectural company Architema
Ill. 6 http://inhabitat.com/residence-sliding-house-drmm/
Ill. 7 http://www.hoberman.com/abi.html
Ill. 8 http://www.tenos.co.uk/projects_list.asp?cat=offices
Ill. 9 http://paulparsons.wordpress.com/2008/08/15/the-eight/
Ill. 10 http://www.greenfortune.com/plantwall-dan.php
Ill. 11 http://www.trskablog.com/green-roof/
Ill. 12 http://tokyogreenspace.com/2010/07/24/morning-glory-green-curtain-in-front-of-3331-arts-chiyoda/
Ill. 13 http://permacultureforrenters.com/the-p4r-blog/tuesday-roundup-peeing-in-gallon-jugs-balcony-aquaculture-and-window-farming/
Ill. 14-16 http://www.eng.cam.ac.uk/news/stories/2009/algae_house/SASBE%20poster_submitted_pg1&2.pdf
Ill. 17 http://room42.wikispaces.com/Rainforest+Climate
Ill. 18-19 http://www.tomassaraceno.com/
Ill. 20 http://www.wallpapers-free.org/12/~/Sun_Earth/
Ill. 21 http://jootix.com/view/2158/Yakushima-yakushima-forest-island-1680x1050.html

Kildeliste

Websider

http://www.vector-foiltec.com
http://www.architen.com/technical/articles/etfe-foil-a-guide-to-design
http://www.eng.cam.ac.uk/news/stories/2009/algae_house/SASBE%20poster_submitted_pg1&2.pdf
(http://www.growing-algae.com/algae-growing-conditions.html
(http://en.wikipedia.org/wiki/Algaculture)
http://www.oilgae.com
http://www.nasa.gov/centers/ames/news/features/2009/clean_energy_042209.html
http://www.ecoduna.com/pages/en/mainsite/technology.php
http://www.greenfortune.com/plantwall.php
http://www.zub-kassel.de/files/images/projekte/solaropt/Docs/Veroeffentlichungen/ZUB%20SB02%20Oslo.pdf
http://www.ecbcs.org/docs/Annex_39_Report_Subtask-A.pdf

Bøger or artikler

Laura Barsanti, Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology, 2005
Robert Kronenberg, Flexible, 2007.
Ole Terney, BioNyt: Alger energi- og fødekæde
M. W. Collins, Design and Nature, 2004
Henning Hørup Sørensen, Ventilation ståbi, 2001
Lisa Iwamoto, Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques, 2009
Farshid Moussavi, The Function of Form, 2009
C. A. Brebbia an M. W. Collins, Design and Nature II: Comparing Design in Nature With Science and Engineering, 2004
Peter Forbes, The Gecko's Foot: Bio- Inspiration: Engineering New Materials from Nature, 2006
Carl Erik and E.J. Funch, M. Steen, Grundleaggende klimateknik og Bygningsfysik, 1997
Joel de la Noie, Gilles Lalibert6 & Daniel Proulx, algae and wastewater, 1992
WaDavid C. Sigee, Freshwater Microbiology, 2005
Gabriel Bittion, Wastewater microbiology, 2005
Paul Jespersgaard, Kemi 2, 1990
Dansk Standard 1750, 2001
- (Table C.l -Design criteria for spaces in different types of building)
- (Tabel A.6 -Forureningsbelastning fonJrsaget af personer)

Opsummering
Dette projekt er omkring udnyttelsen af reaktionselementer i at skabe et fleksibelt bæredygtigt byggeri. Bygningen er lavet således at den udnyttes de biologiske funktioner i alger til dannelsen af en facade der kan ændre sig, så den kan tilpasser sig den givne situation mellem det indre og ydre. Bygningen også tænkt med en hvis fleksibilitet over tid, da den er bygget udfra fleksible elementer der enten kan genbruges eller nedbrydes uden den store omkostning.