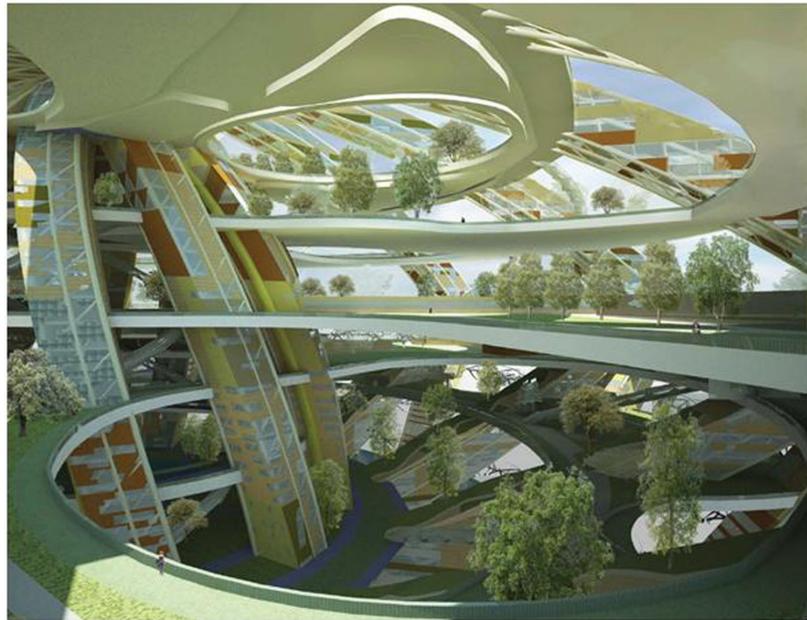




LUND
UNIVERSITY



ARKITEKTUR OCH KONSTRUKTION AV EN VERTIKAL STAD

CHARLOTTE LUNDGREN och ILYAS AWADH

Structural
Mechanics

Master's Dissertation

Department of Construction Sciences
Structural Mechanics

ISRN LUTVDG/TVSM--11/5174--SE (1-86)
ISSN 0281-6679

ARKITEKTUR OCH KONSTRUKTION AV EN VERTIKAL STAD

Master's Dissertation by
CHARLOTTE LUNDGREN och ILYAS AWADH

Supervisors:

Göran Sandberg, Professor,
Div. of Structural Mechanics

Christer Malmström, Professor,
Dept. of Architecture and Built Environment

Examiner:

Kent Persson, PhD,
Div. of Structural Mechanics

Copyright © 2011 by Structural Mechanics, LTH, Sweden.
Printed by Wallin & Dalholm Digital AB, Lund, Sweden, April, 2011 (*PI*).

For information, address:
Division of Structural Mechanics, LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden.
Homepage: <http://www.byggmek.lth.se>

Sammanfattning

En teoretisk vertikal stad konstrueras i ett samarbete mellan en student från Arkitektprogrammet och en student från Väg och vattenprogrammet. Den vertikala stadens vision är att skona naturen från horisontellt växande städer genom att bygga upp i luften och endast ha ett litet fotavtryck på marken som påverkar naturen minimalt. Den vertikala staden vill genom att bygga en kompakt stad där samhällets funktioner ligger nära varandra minska bilens användande och även minska trångboddheten som ökar i världen. Staden är 500 m hög och 500 m bredd och rymmer bostäder och samhällsfunktioner som vanligtvis finns i en ort för 20 000 personer, men tar upp en mycket mindre plats. Den vertikala staden kan klimatskyddas helt eller delvis för att skydda invånarna mot extrema väder och stadens höjd innebär ett skydd mot översvämningar.

Den vertikala staden består av stålpelare som är grupperade i ett antal pelarben. Dessa pelarben går som bågar från grunden, upp genom hela konstruktionen och ner till marken igen. Dessa bågar upprepas runt ett antal gånger i en cirkel. Bågarna möts upp i toppen, men är även fästa i varandra längs med hela konstruktionens längd med hjälp av plattformar och byggnader som går mellan bågarna.

Pelarbågarna är ihålliga och här kommer människor att bo och verksamhet ta plats. Högre upp där mellanrummen mellan pelarbenen är större finns det byggnader och plattformar som hänger i sfären ner ifrån pelarbågarna. Tanken är att staden ska vara flexibel som en vanlig stad, den ska inte vara färdig när den är byggd utan den ska kontinuerligt byggas ut och förändras.

Med hjälp av CALFEM och Mesh i MatLab beräknas stadens hållfasthet för att analysera stadens form, dess fyllighet, antalet pelarben, tjockleken och andelen stål. Dessa resultat tolkas i bilder för att få fram den optimala lösningen.

Den vertikala staden består av sex dubbelbågar med en yttre och en inre båge som är vridna i motsatt riktning till varandra. Den yttre konstruktionen har 17,25 m bredda kvadratiske pelarbågar innehållande 17 % bärande stål och den inre bågen har bredden 14 m och andelen stål 14 %. Arean för bostäder och byggnader är 247 m² respektive 169 m² per våningsplan. De bärande konstruktionsdelarna är inte helt jämt fördelade i pelarbenen utan är anpassade efter var pelaren är dragen och tryckt.

Förord

Jag skulle vilja tacka min handledare Göran Sandberg på Byggnadsmekanik för hans idéer, kunskap och inspirerade vägledning som peppat mig och min medskrivare genom detta examensarbete.

Jag skulle vilja tacka min examinator Kent Persson på Byggnadsmekanik för att hans teknisktkunnande när jag behövt support med MatLab.

Jag skulle vilja tacka min medskrivares examinator Christer Malmström på Arkitektur och byggd miljö för hans kreativa tänkande under starten av projektet.

Men framförallt vill jag tacka min medskrivare Ilyas Awadh från Arkitektprogrammet. Utan honom hade slutprodukten av detta examensarbete inte varit i närheten av vad det blev. Det är vi som under arbetandet av detta projekt tillsammans lärt känna varandra likväl oss själva och det har varit ett lärdomsfullt år.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Objektet	1
1.2	Bakgrund	1
1.3	Frågeställning	2
1.4	Rapportens disposition	2
2	Den vertikala staden	5
2.1	Motiv	5
2.2	Design	8
2.3	Konstruktion	11
2.4	Planläggning	13
3	Beräkningar	17
3.1	Manuella beräkningar	17
3.1.1	Vind	17
3.1.2	Nyttiglast	17
3.1.3	Konstruktionslast	18
3.1.4	Egentyngd	19
3.1.5	Grund	20
3.2	Databeräkningar	21
3.2.1	Formen	21
3.2.2	Antal bågar	27
3.2.3	Tjocklek längst konstruktionen	30
4	Diskussion	31
4.1	Fyllighet	31
4.2	Bågantal	32
4.3	Boarea	33
4.4	Alternativa material	33
5	Slutsats	35
6	Referenslista	39
	Bilaga A – Kod 1	41
	Bilaga B – Kod 2	47
	Bilaga C – Den vertikala stadens anatomi	49

1 Inledning

1.1 Objektet

I ett samarbete mellan en student från Arkitektprogrammet och en student från Väg och vattenprogrammet skall en vertikal stad konstrueras. Denna stad kommer att utvecklas genom att A-studenten gör arkitektens arbete med att formge, planlägga och illustrera, medan V-studenten räknar på hållfasthet och kommer med förslag på ändringar i strukturen. Detta sker i ett nära samarbete från början till slut och de båda kommer att gå in på varandras områden.

I många fall när en byggnad skall uppföras är det arkitektens uppgift att rita byggnaden och när denne är klar med sitt arbete kommer ingenjören in och beräknar på dimensioner så att byggnaden inte rasar, men om man istället låter arkitekten och ingenjören arbeta med byggnaden tillsammans från början så kommer byggnadens struktur och utseende samspela på ett sätt som kan minska materialåtgång och kostnader, men samtidigt öka betraktarens förståelse för byggnadens funktion. Arkitekten kan ge ingenjören nya sätt att tänka på och ingenjören kan lära arkitekten om byggnadsdelars egenskaper så att denne finner nya sätt att uttrycka byggnaden.

1.2 Bakgrund

Den bidragande orsaken till miljökriserna i världen är de växande städerna. Under 1900-talet bodde endast en tiondel av jordens befolkning i städerna, men nu har hälften av jordens innevånare flyttat in i staden och siffran ökar. Om 30 år väntas tre fjärdedelar av jordens befolkning bo i staden. Städerna försvagar den ekologiska balansen på jorden med ökade föroreningar och erosion av natur och miljö. De växande städerna tar över naturen, i Europa är cirka en fjärdedel av marken täckt av stadsbebyggelse. Bilen används mer och bidrar till utsläpp och trafikstockningar. Uppskattningsvis finns det idag 500 miljoner bilar och med det växande välståndet i världen kommer ägandet av egen bil att öka. På samma sätt som hissen möjliggjorde för höghusens ökade höjd har bilen möjliggjort för städernas växande storlek. Bilen ger möjlighet att dagligen ta sig långa sträckor, men förstör även vår miljö med utsläpp och vår stadsbild som domineras av breda vägnät. Desto större städerna växer, desto mindre lönsamt blir det att utöka kollektivtrafiken, vilket i sin tur leder till ett ökat

bilanvändande. Städer idag byggs för att anpassas till bilen trots att bilen idag står för en större mängd luftföroreningar än vad industrin gör. (Rogers, 1998)

Den vertikala staden valdes på grund av dess komplexitet och mångfald. Eftersom byggnaden är enormt stor och endast ytligt behandlas i detta arbete, fanns det möjlighet för de båda studenterna att arbeta på olika delområden vid olika tillfällen och därför inte uppehålla varandras arbete. Detta viktigt då arbetet utförs under begränsad tid.

På detta vis finns det delar som berörs endast av arkitektstudenten och delar som endast berörs av ingenjörstudenten och delar som de båda behandlar.

1.3 Frågeställning

Vilken är den optimala formen för en vertikal stad som ska hushålla 20 000 personer, men med minimal påverkan på marken runt omkring?

Vilket förhållande mellan antalet pelare och tjockleken på dem ger det mest luftiga och tilltalande uttrycket?

Hur stor ska andelen bärande material vara i konstruktionen? Samt hur fördelas den längst en pelare?

Kan en logiskt tänkande ingenjör arbeta sida vid sida med en konstnärligt tänkande arkitekt?

1.4 Rapportens disposition

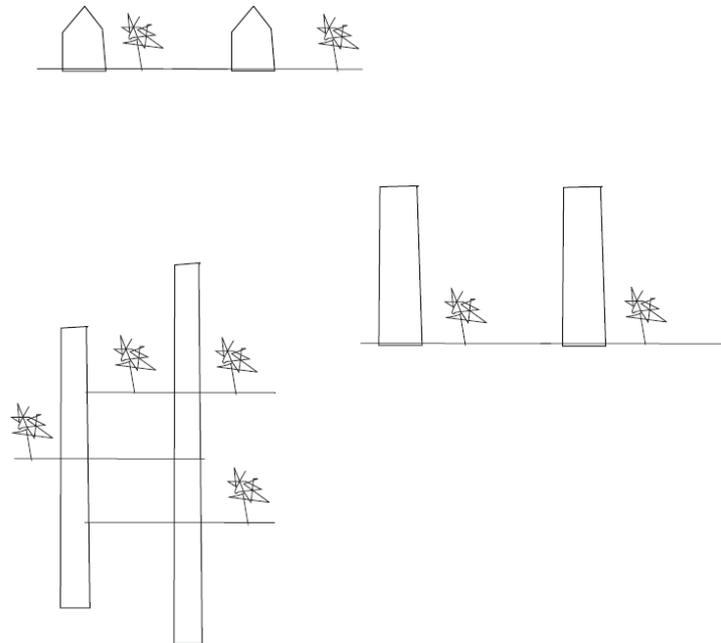
Denna rapport är en del av två som presenterar detta examensarbete. Den andra delen, som arkitektstudenten har huvudansvaret för, har ett upplägg som är mer enligt arkitektutbildningen och kallas Den vertikala stadens anatomi. Den kan läsas som ett komplement till denna rapport och tvärtom.

Denna rapport går igenom resultatet och metoder som används i arbetet i två delar: först vad som är ambitionen med den vertikala staden och sedan resultaten från beräkningarna, diskussionerna och skisserna.

Diskussioner som framkommit mellan arkitekten och ingenjören kan komma att nämnas här nere, för att visa på hur samarbetet och de båda studenternas olika bakgrund har lett fram till resultatet som presenteras.

2 Den vertikala staden

2.1 Motiv



FIGUR 1 BYGGA PÅ HÖJDEN

Jordens befolkning ökar stadigt och trångboddheten är ett växande problem på många ställen runt om i världen. I städer började man bygga bostäder på höjden för över hundra år sedan för att få plats med fler boende per kvadratmeter. Tänk att kunna dra det vertikala byggandet ett steg längre och bygga hela staden på höjden. Att inte bara bostäderna byggs på höjden utan även det som de boende behöver i sin omgivning som affärer, kontor, skolor, teatrar och framförallt växtligheten, det gröna, träden och parkerna. Konceptuell bild i Figur 1 som visar enbostadshus, flerbostadshus och vertikal stad.



FIGUR 2 DÅTID NUTID FRAMTID

Den vertikala stadens vision, Figur 2, är att få tillbaka naturen som en gång var dominerande på jorden. Alla byggnader och städer som ökar i storlek tar över och förstör naturområden. Genom att istället bygga högt upp i luften och endast ha ett litet fotavtryck på marken påverkar man naturen minimalt. Människor som bor i storstäder idag kan ofta ha väldigt långt ut till naturen och kanske aldrig får tid och möjlighet att ta sig ut i det gröna. Men i den konceptuella vertikala staden har man naturen bara en hissfärd iväg.



FIGUR 3 DEN VERTIKALA STADEN I JÄMFÖRELSE MED ÄNGELHOLMN

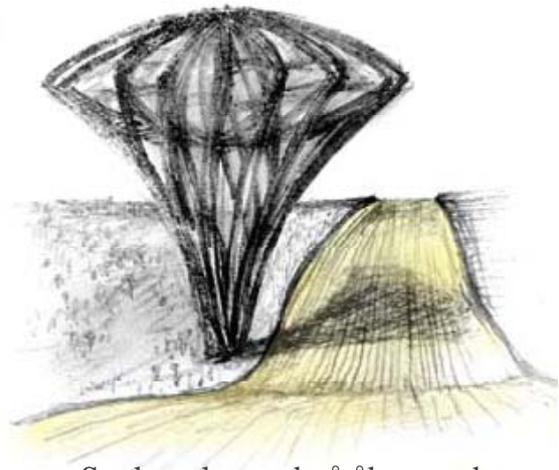
Den vertikala stadskonstruktionen rymmer bostäder och samhällsfunktioner som vanligtvis finns i en ort för 20 000 personer, men tar upp en mycket mindre plats. I Figur 3 är den vertikala staden inlagd som en jämförelse med en vanlig svensk stad med cirka 20 000 innevånare. Även om man räknar med skuggan som bildas av en så

hög konstruktion så tar den vertikala staden mycket mindre mark i anspråk än den vanliga staden. Marken som sparas in kan användas till mycket olika användningsområden och det finns massa placeringsmöjligheter för den vertikala staden, se exempel i Figur 4. Runt staden kan det finnas natur eller odlad mark som försörjer invånarna. Då det kommer bildas ett skuggspel i nära anslutning till konstruktionen är det möjligt att inte alla växter skulle trivas med den något begränsade solen allra närmast foten. Man kan placera industrier och fabriker runt staden. Industrier vill man kanske inte ha så nära centrum att de ligger i den vertikala staden, men ändå i någorlunda anslutning så invånarna som arbetar i fabriken enkelt kan ta sig dit och produkter som produceras i fabriken kan ta sig in till affärerna i staden utan onödigt långa transportssträckor. Det är dessutom inte en nackdel om fabriker ligger i skugga, då det lätt kan bli varmt i fabriker med maskiner i. Om skuggan är ett problem kan den vertikala staden placeras nära ett vattendrag. Då kan skuggan hamna över vattnet. Havet, sjön eller ån hade inte används till bebyggelse i annat fall. På norrjordklotet anses det ofta negativt med skugga, men det finns många delar av världen där det är mycket varmt och människor gärna skulle bygga bostäder i skuggan av konstruktionen och där kan man tänka sig att folk vill bo både i och under den vertikala staden. Flera vertikala städer kan placeras tillsammans för att bygga upp en stad för fler invånare än 20 000 personer. De vertikala städerna kopplas samman med broar och tågförbindelse.

Det finns fler fördelar med att bygga på höjden. Det är inte bara befolkningens mängd och städer som förändras i världen utan även vädret. En vertikal stad kan byggas i områden med mycket översvämningar då det är att föredra att bo högt uppe. Den vertikala staden kan klimatskyddas helt, vilket är att föredra på både varma och kalla platser. Eller så kan delar av den klimatskyddas om vädret inte skulle vara så extremt på platsen att en full klimatskyddning krävs.



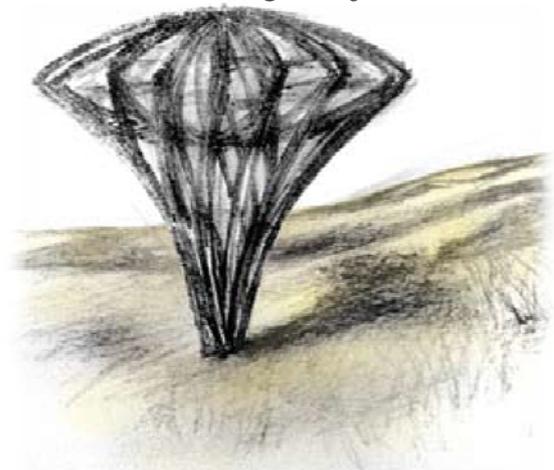
Staden placerad i eller vid vatten så att skuggan faller över vattnet.



Staden placerad på åker med odlingsbarmark, på skuggsidan kan växter odlas som inte kräver en hel dags solljus.



Staden placerad i ett industriområde där det oftast inte är en nackdel att sänka temperaturen i fabrikerna.



Staden placerad i öken där skuggan från staden kan bli en önskvärd sval plats.

FIGUR 4 PLACERING

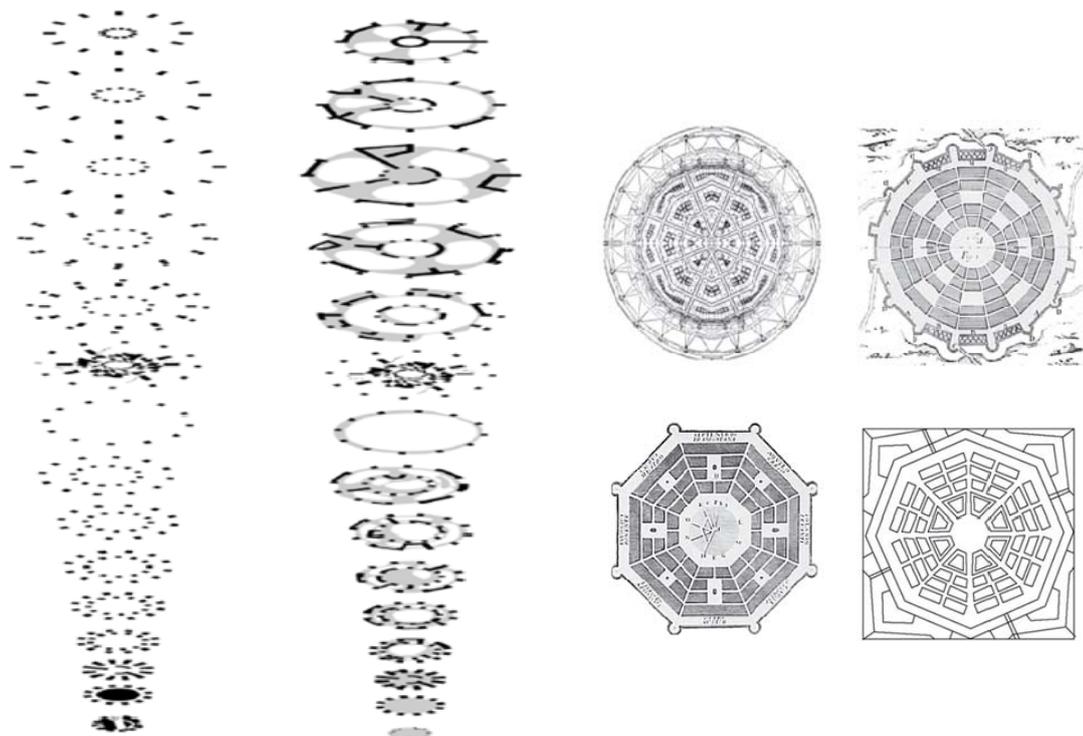
2.2 Design

Inspiration och tanke till den vertikala stadens design har hämtats ifrån växterna: träden och svamparna, som har ett litet fotavtryck på marken, men en stor volym upptill för att kunna tillgodose sig solens strålar. Svamparna står utspridda i naturen,

men har mycelet som kopplar samman dem. På samma vis är den vertikala staden sammankopplad med andra vertikala och horisontella städer med tågförbindelse.

Visionen till den vertikala staden hämtar inspiration från Ebenezer Howards utopi om trädgårdsstaden. En självständig stad som lever av och med naturen. I Howards trädgårdsstad odlar invånarna marken som de alla äger genom kooperativ. Marken är stor nog att försörja de boende och ta hand om stadens avfall. Då allt produceras i nära anslutning till staden kan transporterna minskas och då även transportens negativa effekter på ekonomi och miljö. Då det viktiga med trädgårdsstaden är proportionerna mellan stadsyta och omgivande jordbruksmark växer staden inte horisontellt som traditionella städer, utan när staden har nått en viss storlek anläggs en ny stad enligt samma principer i nära anslutning till den första. Städerna ansluts sedan till varandra med järnväg för snabba transporter och kanaler för tunga transporter. (Rådberg, 1994)

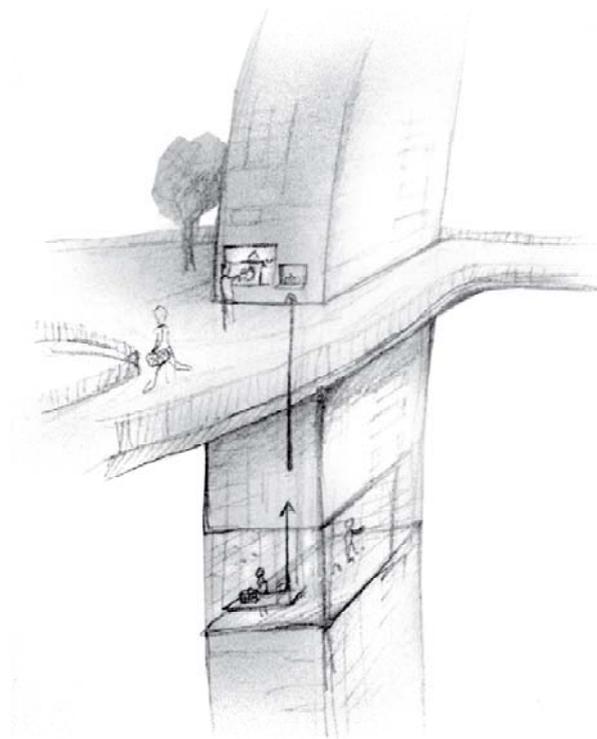
Howards teorier återkommer mycket i den vertikala staden, då staden lämnar mycket skog och odlingsbar mark fri runt staden eftersom stadens volym befinner sig uppe i luften. Denna mark kan odlas för behoven för de boende i staden. Transporterna blir färre då den vertikala staden är kompakt och inga motorfordon behövs för den dagliga förflyttningen. Även Howards idé om stadens begräsning i storlek återfinns i den vertikala staden som också ökar i antal istället för i bredd.



FIGUR 5 SNITT AV STADEN JÄMTE BILDTOLKNINGAR AV VITRUVIUS IDEAL STAD

Den vertikala stadens stadsnät hämtar inspiration från de visuella tolkningarna av Vitruvius ideal stad. Vitruvius tanke om staden är att den ska vara cirkelformad och skyddad mot yttre hot och då även begränsad i sin storlek. På samma sätt får varje plan med de inre och de yttre pelarbenen i den vertikala staden en form som påminner om illustrationerna av stadsplaner gjorda utifrån Vitruvius texter om den ideala staden. Se Figur 5. Den vertikala staden är även skyddad mot yttre hot då den ligger uppe i luften med ett klimatskydd.

I den vertikala staden kan tankar om den normala staden överges så friheten i designen på byggnaderna kan bli större. Ett hus behöver inte ligga ovanpå marken utan kan hänga under en plattform. På så vis blir plattformens ovansida ledig för ett promenadstråk eller en fotbollsplan. Staden möjliggör att man kan se på staden på ett nytt sätt. En affär behöver inte vara en butik där du går in och plockar dina varor utan en beställning kan läggas via en virtuell skärm eller hemma på nätet och varorna hissas upp från ett varuförråd till en lucka på aktuellt våningsplan, enligt Figur 6.

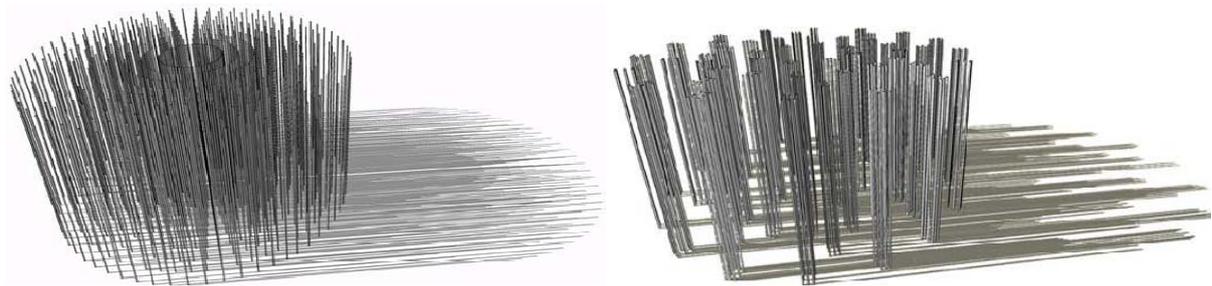


FIGUR 6 NYTOLKNING AV MATAFFÄR

I vanliga horisontella städer separerar man bostäder, arbete och fritid i olika områden så det oftast behövs en bil för att transportera sig stora sträckor varje dag. I den vertikala staden är det inte uppdelad i olika områden utan allt kommer närmare och funktioner blandas genom pelarbenens vridning och byggnadernas variation. Staden är

500 m hög och 500 m bredd och därför har man aldrig mer än en halv kilometer till någon del i staden. Den vertikala staden bidrar till närhet utan att man tar bilen. Då alla stadens funktioner är utspridda i staden bidrar detta till en tryggare stad då det inte finns områden som helt somnar vid vissa tidpunkter. En tryggare stad upplevs också då det är lätt att blicka ut över hela staden.

2.3 Konstruktion



FIGUR 7 PELARGRUPPERING

En vis mängd stålpelare kommer att krävas för att hålla den vertikala staden uppe, dessa kan placeras på olika sätt. Till vänster i Figur 7 har stålpelarna blivit jämt utspridda över den cirkulära arean, medans i den högra har de grupperats ihop för att forma större pelare. Den grupperande varianten ger mer möjligheter till vissa större och friare ytor och några mindre ytor. Genomsebarheten blir även bättre i den högra bilden. Därför består den vertikala staden av stålpelare som är grupperade till ett antal pelarben. Dessa pelarben går som bågar från grunden, upp genom hela konstruktionen och ner till marken igen. Det finns två typer av bågar: en större ytterbåge, här kallad svampen på grund av dess svampliknade form, och en mindre inre båge kallad gurkan. Dessa bågar upprepas runt ett antal gånger i en cirkel. Bågarna möts uppe i toppen, men är även fästa med varandra längst med hela konstruktionens längd med hjälp av plattformar och byggnader som går mellan bågarna. Innerbågarna och ytterbågarna är vridna i varsin riktning runt mittenaxeln enligt inspiration från trädens fiber som vrider sig för ökad stabilitet, se Figur 8. Denna vridning bidrar även till att fler av de boende i de inre pelarbenen får utsikt ut över omgivningen då de inte skymms av ytterpelarna.



FIGUR 8 VRIDNING

En båge är uppbyggd av en viss andel bärande vertikala stålpelare med snedställda pelare och skivor för sidstabilitet. Se exempel i Figur 9. Pelarbågarna är ihålliga och här kommer människor att bo och verksamhet ta plats. Då pelarbågarna går ner till marken är det även här som diverse behövda installationer kommer placeras.



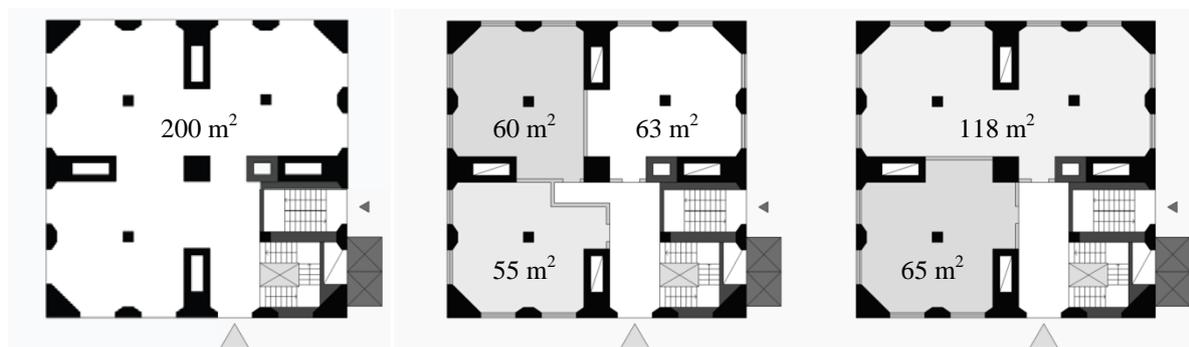
FIGUR 9 BÄRANDE KONSTRUKTION

Det är inte bara i pelarbågarna som verksamhet kommer att äga rum utan vissa byggnader sträcker sig ut ur pelarbågen och in i nästa. Detta bidrar både till konstruktionens stabilitet och till dess livfulla uttryck. Mellan och runt pelarbågarna finns det plattformar som används av de boende för trädgårdar, parker och transportsträcka och de används av konstruktionen för kraftöverföring och sidstabilitet.

Högre upp där mellanrummen mellan pelarbenen är större finns det byggnader och plattformar som hänger i sfären ner ifrån pelarbågarna. För dessa byggnader är friheten i utseende större än vad den är för de byggnader som är i pelarbågarna. Det ända som begränsar utseendet för byggnaderna som hänger i sfären är konstruktionens jämvikt. Om en stor tung byggnad ska hängas någonstans i konstruktionen måste den vägas upp med motsvarande vikt på motsatta sidan av mitten.

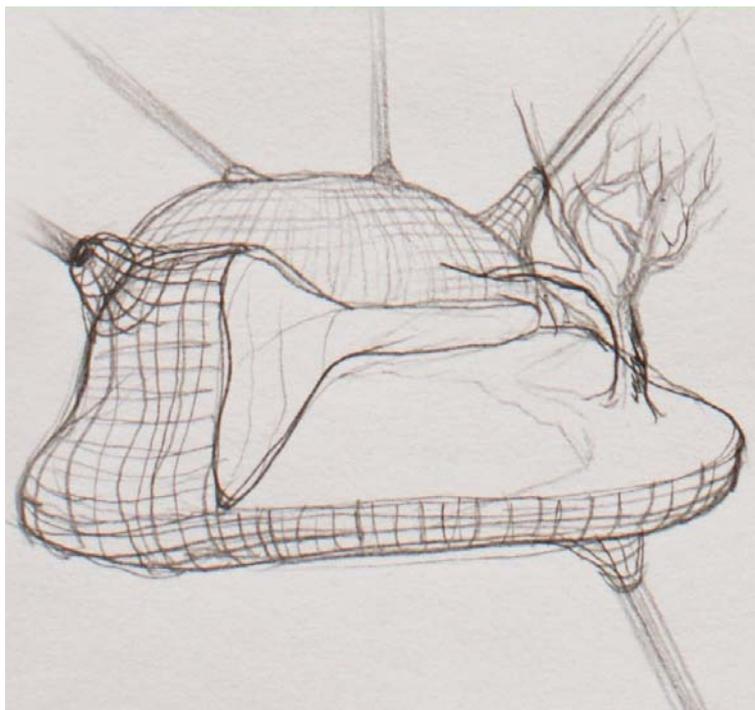
2.4 Planläggning

Den vertikala staden kommer att rymma 20 000 invånare och deras bostäder. Den kommer att hushålla motsvarande verksamheter som vanligtvis brukar finnas i en ort för 20 000 invånare. Det vill säga att de boende kommer att behöva ta sig till en närliggande större stad för att komma i kontakt med ett större sjukhus och ett universitet, men det finns lokala vårdcentraler och grundskoleverksamhet. Det kommer även finnas kontor, affärer och hotell. Funktioner som inte kräver så stor area som kontor, affärer och de flesta bostäderna kommer ligga i pelarbenen. Exempel på planlösning finns i Figur 10 där det illustreras tre exempel på bostäder som ligger i storleksordningen mellan 50 och 200 kvadratmeter. Den högra planlösningen innehåller endast de bärande pelarna och kan komma att användas till affärer och kontorslandskap eller till verksamheter som är förändrbara och där man sätter upp lättare mobila väggar efterhand. Det finns bostäder som har privata trappor upp till en andra våning och kan på så viss bestå av flera våningsplan. På vissa våningsplan saknas hela eller en del av bjälklaget för att skapa högre takhöjd eller loft. Mellan pelarbenen finns det plattformar som kan användas till uteplats eller gångstråk mellan bostäderna, men det kan även vara så att en byggnad sträcker sig ut ur ett pelarben och in i nästa.



FIGUR 10 EXEMPEL PÅ PLANLÖSNING I PELARBEN

Högre upp i sfären hänger det friare former av byggnader och här kan det finnas verksamheter som kräver lite mer. Till exempel mer centrala byggnader som stadshus, teater, museum och biograf. Här finns även några mer exklusiva bostäder. Se exempel på friheten i utformningen i Figur 11. Vissa av dessa byggnader hänger i trådar från de övre pelarbågarna och andra står på de undre och vissa gör både och.



FIGUR 11 EXEMPEL PÅ UTSEENDEFRIHETEN FÖR BYGGNADERNA I SFÄREN

Tanken är att staden ska vara flexibel som en vanlig stad, den ska inte vara färdig när den är byggd utan den ska kontinuerligt byggas ut och förändras. Speciellt i sfären där man ska kunna lägga till och plocka bort plattformar så länge som stadens totala jämvikt är jämn. Bostäderna i pelarbenen är något mer begränsade då de har sina bärande stålpelare och en specifik area. Men även här kan förändringar ske, som byte av fasadbeklädnad, väggar kan rivas, även vissa bjälklag så det blir högre i tak. Även i en vanlig stad finns det begräsningar och direktiv utifrån vad man får och kan göra med byggnader när det gäller tillåtna höjder och färger.

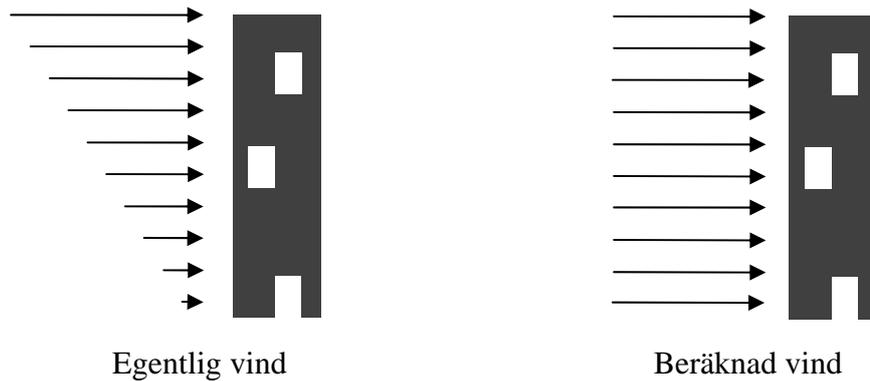
En stor del av transporten i den vertikala staden kommer ske genom hissar. Det kommer finnas stora kollektiva hissar som fungerar ungefär som spårvagnar som avgår vid regelbundna tider och tar en massa passagerare. Fler avgångar vid rusningstrafik då många människor vill ta sig ur staden. Det kommer även finnas mindre mer privata

hissar som bara de boende i en viss del av en pelare åker i. Dessa hissar påminner mer om vanliga hissar. I botten på konstruktionen kommer det finns tågspår som tar invånarna vidare till andra vertikala städer eller till andra vanliga städer. I botten av konstruktionen kommer det även finnas parkeringsgarage för bilar och cyklar, så invånarna kan ta hissen ner till sitt fordon och köra ur staden. Uppe i staden är det trafikfritt med undantag för handikappade, sjukvård, brandkår och flyttransporter. Vid olycksfall kommer det även finnas en helikopterplatta högst uppe på konstruktionen.

3 Beräkningar

3.1 Manuella beräkningar

3.1.1 Vind



FIGUR 12 VINDLAST

Vindstyrkan som påverkar en byggnad ökar med höjden på byggnaden som i Figur 12, men här räknas för enkelhetens skull samma vindlast över hela konstruktionen. Vindlasten på 400 m höjd väljs till hela konstruktionen och beräkningarna kommer vara på den säkra sidan, eftersom vinden egentligen är lägre längre ner på konstruktionen. På 400 m höjd är vindhastigheten 60 m/s.

$$q_{vind} = \frac{v^2 \rho}{2} = \frac{60^2 \cdot 1,3}{2} = 2,34 \text{ kN/m}^2$$

3.1.2 Nyttiglast

Utifrån (Neufert & Neufert, 2008) och (Isaksson & Mårtensson, 2007) räknas den totala nyttiga lasten för hela konstruktionen fram till 10 GN enligt Tabell 1. Behövd area blir $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ och volym $4,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

TABELL 1 NYTTIGLAST

Verksamhet	Antal		Area per antal [m ² /st]	Totalarea [m ²]	Tyngd [kN]	Volym [m ³]
Bostäder	8700	lgh	100	870000	1740000	2610000
Kontor	5000	arbetare	20	100000	250000	300000
Grundskola	3000	barn	4,5	13500	33750	40500
Förskola	1180	barn	3	3540	8850	10620
Parkering	6500	bilar	20	130000	95648	260000
Cykelparkering	3000	cyklar	0,72	2160	0	4320
Teater, bio, konsertsal	500	besökare	0,6	300	750	2100
Bibliotek	1	st	300	300	2250	1200
Restaurant, café, bar	15	st	100	1500	3750	4500
Museum	1	st	200	200	800	600
Mataffär	2	st	700	1400	13734	5600
Affärer, frisörer, bank	200	st	200	40000	160000	120000
Vårdcentral, tandläkare	2	st	100	200	400	600
Gym	5	st	300	1500	6000	4500
Verkstad, enklare fabrik	5	st	100	500	2500	2000
Hotell	1000	gäster	20	20000	40000	60000
Park	1	st uppdelad	300000	300000	7500000	600000
Lekplatser	3000	barn	0,5	1500	3750	3000
Brand- & polisstation	1	st	200	200	500	600
Hisschakt	75	hissar	10	750	0	375000
Summa				1487550	9862682	4405140

Verksamheterna i Tabell 1 är inte fasta och absolut bestämda, för den vertikala staden kommer vara flexibel och levande som andra städer. Det kommer att tillkomma och försvinna verksamheter under åren. Dessa verksamheter är bara ungefärligt fastställda för en överslagsberäkning.

3.1.3 Konstruktionslast

Utöver stålpelarna behövs det konstruktionselementen som bygger upp byggnaderna och plattformarna i den vertikala staden. På grund av klimatskyddet och de bärande funktionerna från stålpelarna kan dessa väggar utföras i lättare material än traditionella byggnader som byggs av betong, sten eller trä. Dessa konstruktionselements uppgift är endast att dölja och till viss del isolera människorna som bor och verkar i byggnaden. För viktberäkningen på byggnadernas lätta material dras paralleller till husvagnar och flygplan. Husvagnar som är fullgoda bostäder, men väger under ett ton, och flygplan

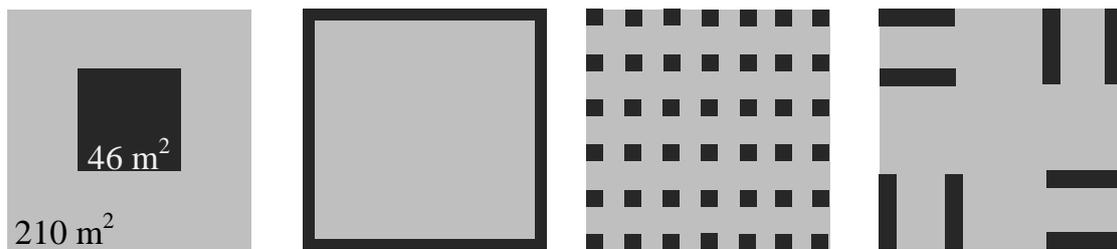
som bär och skyddar människor från väder och lufttryck samtidigt som de är lätta och tunna.

Ett flygplans väger 366 ton, då det har en ungefärlig användbar volym på $50 \cdot 6 \cdot 4,5 \text{ m}^3$ (Qantas). Vilket ger en konstruktionsvikt på $2,71 \text{ kN/m}^3$.

$$q_{konstruktion} = \frac{366 \cdot 10^3 \cdot 10}{50 \cdot 6 \cdot 4,5} = 2,71 \text{ kN/m}^3$$

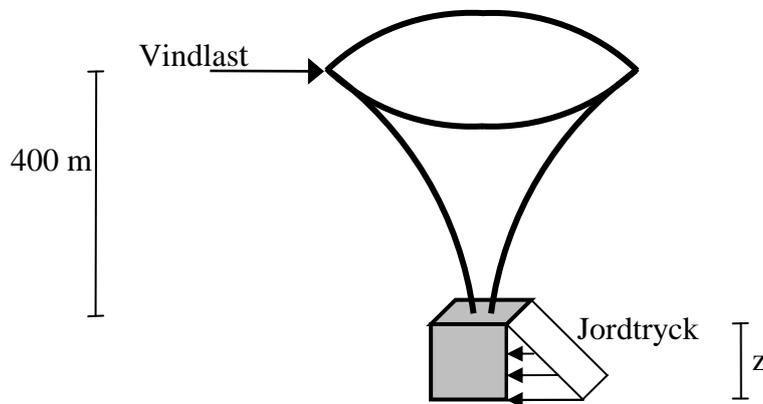
3.1.4 Egentyngd

De bärande konstruktionselementen består av stål. Stål har en elasticitetsmodul på 210 GPa och en tyngd på 78 kN/m^3 (Isaksson & Mårtensson, 2007). Mängden stål beräknas i procentandel från hela pelarbenets area. Detsamma gäller bärligheten, det vill säga elasticitetsmodulen multipliceras också med samma procentandel. Resultatet blir en specifik area stål som kommer krävas i pelarbenet och denna area skall sedan spridas så jämnt som möjligt i pelarbenet så det fortfarande finns möjlighet för boende. I Figur 13 visas några av de oändligt många olika sätt att fördela de bärande elementen, som synes blir effekterna olika trots samma area.



FIGUR 13 EXEMPEL PÅ PELARFÖRDELNING MED 18 % STÅL

3.1.5 Grund

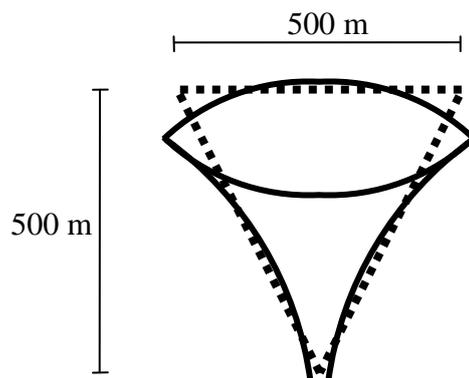


FIGUR 14 GRUND

Vertikaltrycket från en typisk jord är den effektiva jordtungheten 10 kN/m^2 multiplicerat med jorddjupet, z (Axelsson, 2007). Jordtrycket ökar med djupet i marken och illustreras i Figur 14.

$$F_{jord} = \frac{10z}{2} = 5z \text{ kN/m}^2$$

Ett förenklat sätt att beräkna den area som hela konstruktionen har mot vinden i en riktning är att se den som en triangel, Figur 15.



FIGUR 15 FRONTAREA

Momentkraften som beror på vindlasten skall tas ut av kraften från jorden så det råder jämvikt vid marken. Vid 400 m upp på konstruktionen beräknas tyngdpunkten för vindlasten ligga, medans den ligger 2/3 från markytan för jordtrycket.

$$2,34 \cdot 10^3 \cdot \frac{500^2}{2} \cdot 400 = 5 \cdot 10^3 z \cdot z^2 \cdot \frac{2z}{3}$$
$$z = 77 \text{ m}$$

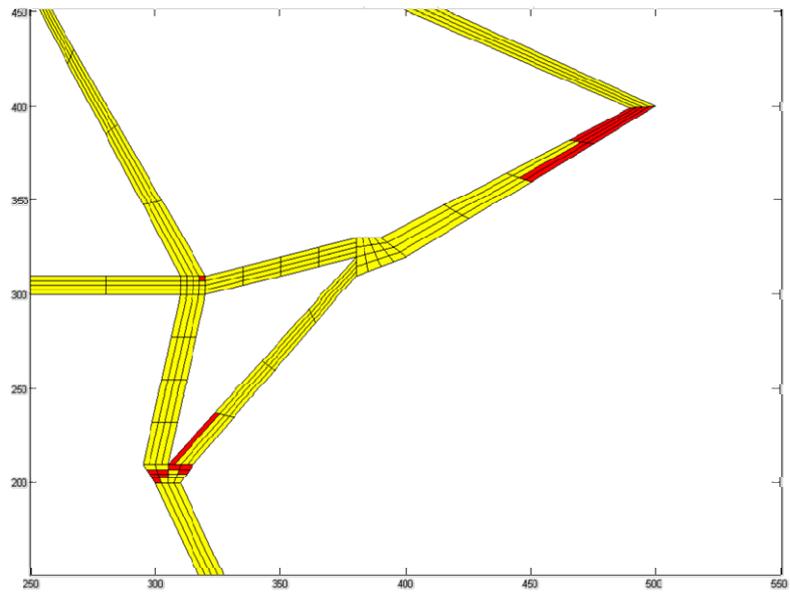
3.2 Databeräkningar

3.2.1 Formen

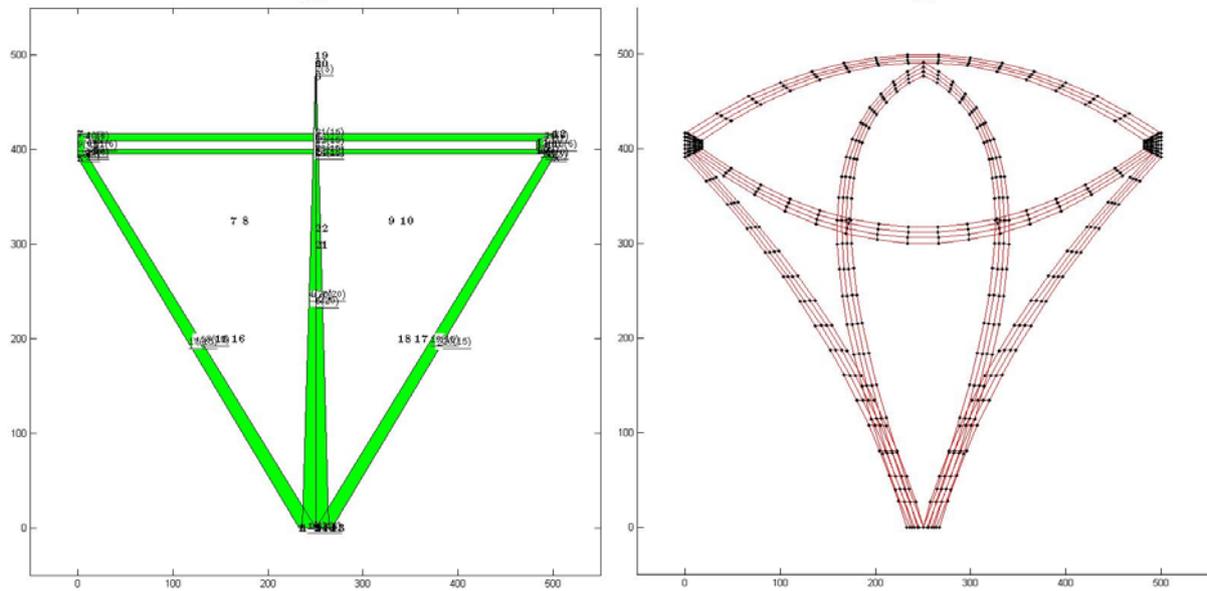
3.2.1.1 *Koden*

En kod, se Bilaga A – Kod 1, skrivs i Mat-Lab, för att beräkna hållfastheten i konstruktionen genom att bestämma maximala totalspänningarna och deformationerna. För beräkningarna används CALFEM, som är ett verktyg för finita elementberäkningar i beräkningsprogrammet MatLab (Austrell, o.a., 2004). Inbyggt i CALFEM finns koder som hjälper användaren att utföra exempelvis hållfasthetsberäkningar. Beräkningarna genomförs på ett smidigt sätt genom att användaren för in parametrar som beskriver laster samt bärlighetsförmåga och resultatet blir bland annat utböjningens storlek samt spänningar i de olika riktningarna. Med hjälp av Mesh som är ett tillägsprogram till CALFEM kan man enkelt få uppritat ett elementnät som skall analyseras och behöver endast föra in koordinater för punkterna i ytan på det tvådimensionella objektet som skall analyseras. Indata till Mesh är punkter, linjer samt ytor och visas till vänster i Figur 17 och det färdiga elementnätet blir enligt figuren till höger. Med Mesh kan konstruktionen lätt förändras och på sådant vis kan olika former, böjningar och tjocklekar provas fram för att hitta en optimal form som samtidigt uppfyller kraven. Till den optimala formen är kraven att nedböjningen blir minimal samtidigt som alla element klarar av spänningen. Om spänningen i något element skulle bli högre än den maximala för materialets hållfasthet blir detta element pedagogiskt färgat rött, se exempel i Figur 16.

Variabel indata	Antal ben	Hur många bågar med svamp + gurka konstruktionen är uppbyggd av.
	Andel stål	Hur stor procentdel av benets tvärsnittsarea som består av stål. Olika värden för svampen och gurkan.
	Tjocklek	Hur många meter tjockt benet i bågen är.
	Punkter	Vilken placering viktiga ytterpunkter i formen har.
Utdata	Spänning	Bild som visar då stålets maximala spänningskapacitet överskrids i något element i konstruktionen.
	Deformation	Hur stor den maximala utböjningen är i x-led samt y-led.
	Bovolym	Hur många kubikmeter som kan nyttjas till verksamhet och installationer efter att stålet borträknats.
	Boarea/vån	Hur många kvadratmeter som kan nyttjas till verksamhet och installationer efter att stålet borträknats per våningsplan.

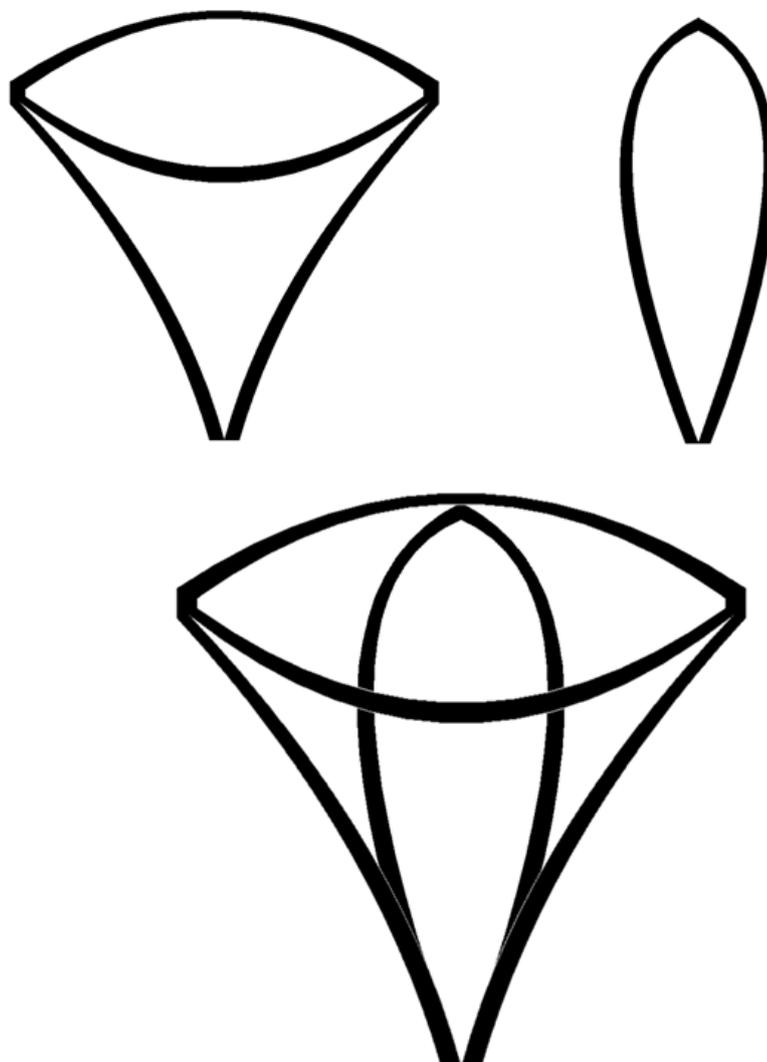


FIGUR 16 SPÄNNINGEN ÖVERSKRIDEN I DE RÖDA ELEMENTEN



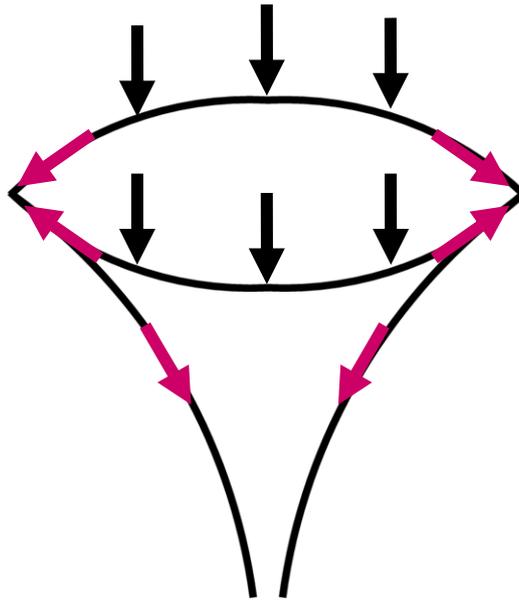
FIGUR 17 INDATA SAMT UTDATA I MESH

3.2.1.2 *Optimala formen*



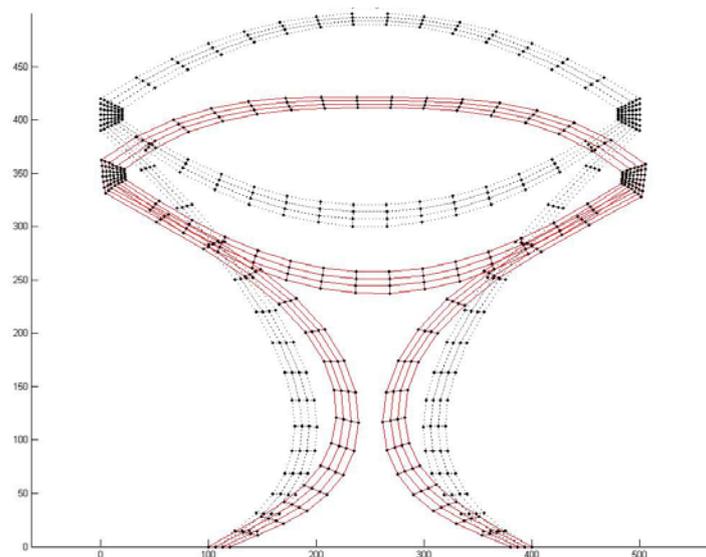
FIGUR 18 FORM

Utifrån kraven på en 500 m hög och 500 m bredd konstruktion och med ett smalt fotfäste är formen enligt Figur 18 den mest optimala. Den övre bågen är böjd för att belastningen på den skall överföras neråt i med mer tryck än drag. Den undre bågens uppgift är att ta dragkrafter i sidled för att hålla ihop konstruktionen så att trycket uppifrån inte ska få konstruktionen att plattas ut. Figur 19 visar hur den yttre belastningen tynger bågarna och hur krafterna förs ner i marken. Den undre bågen ska även ta den vertikala belastningen från egentynghden och den nyttiga lasten och är på grund av den massiva spännvidden böjd. Benen som går ner till marken är något böjda. Hade de varit mer böjda hade de vertikala krafterna uppe ifrån tryckt ihop benen och konstruktionen kollapsat, men hade benen varit helt raka hade de böjt av utåt.



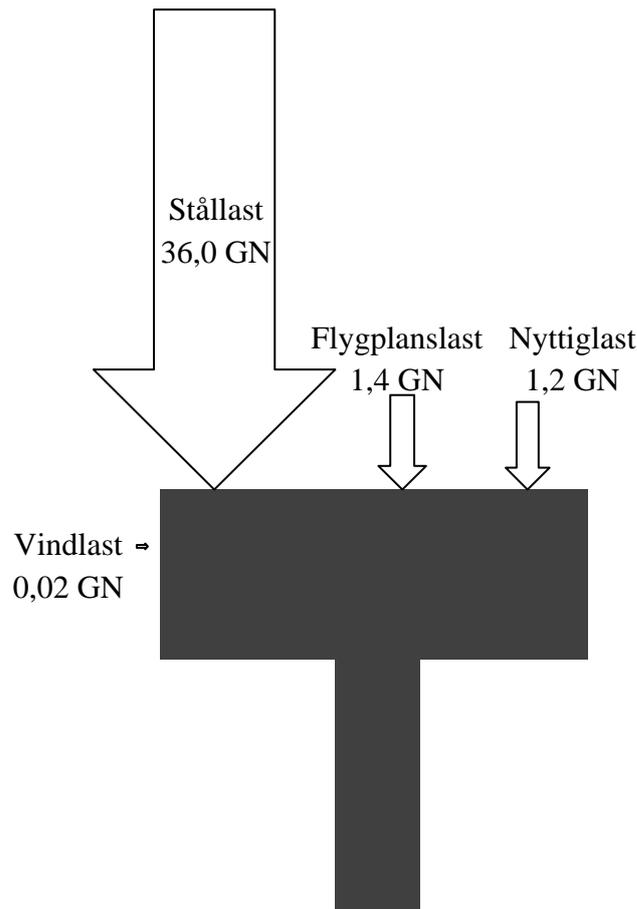
FIGUR 19 KRAFTSPEL I KONSTRUKTIONEN

Både den övre och den undre bågen ändrar tvärsnittsdimension längst bågen. Den övre smalnar av i mitten, där den inte behöver vara lika tjock som närmare upplagen på grund av att spänningarna leds ut till fästena. Den undre bågen däremot är tjockare på mitten, för att den utsätts för drag då den håller ihop konstruktionen. Dessa avsmalningar bidrar även estetiskt till konstruktionens tilltalande utseende och smidighet.



FIGUR 20 DEFORMERAD SVAMPFORM MED BREDARE FOT

Innan optimeringen var formen designad så att pelarna gick utåt igen vid marken. Detta trodde vi skulle vara en bra form då det kan behövas lite stabilitet nertill för att väga upp till den bredda toppen på konstruktionen och även för att motverka vindlaster. Men det visade sig i analyser att konstruktionen viker sig i böjen enligt Figur 20. Dessutom behövs inte det breddare fotfästet på grund av vindlasten då vindlasten blir liten i förhållande till de lodrätta lasterna som påverkar byggnaden, se Figur 21.



FIGUR 21 LASTER SOM PÅVERKAR EN BÅGE I KONSTRUKTIONEN

Kraven för den andra varianten av pelarbåge, kallad gurkan, se Figur 18, ser annorlunda ut än för svampen. Gurkans krav är också att den skall ha ett smalt fotfäste, medan upptill ska den bli breddare för att fylla ut sfären i svampen på ett tilltalande sätt för att göra konstruktionen spännande.

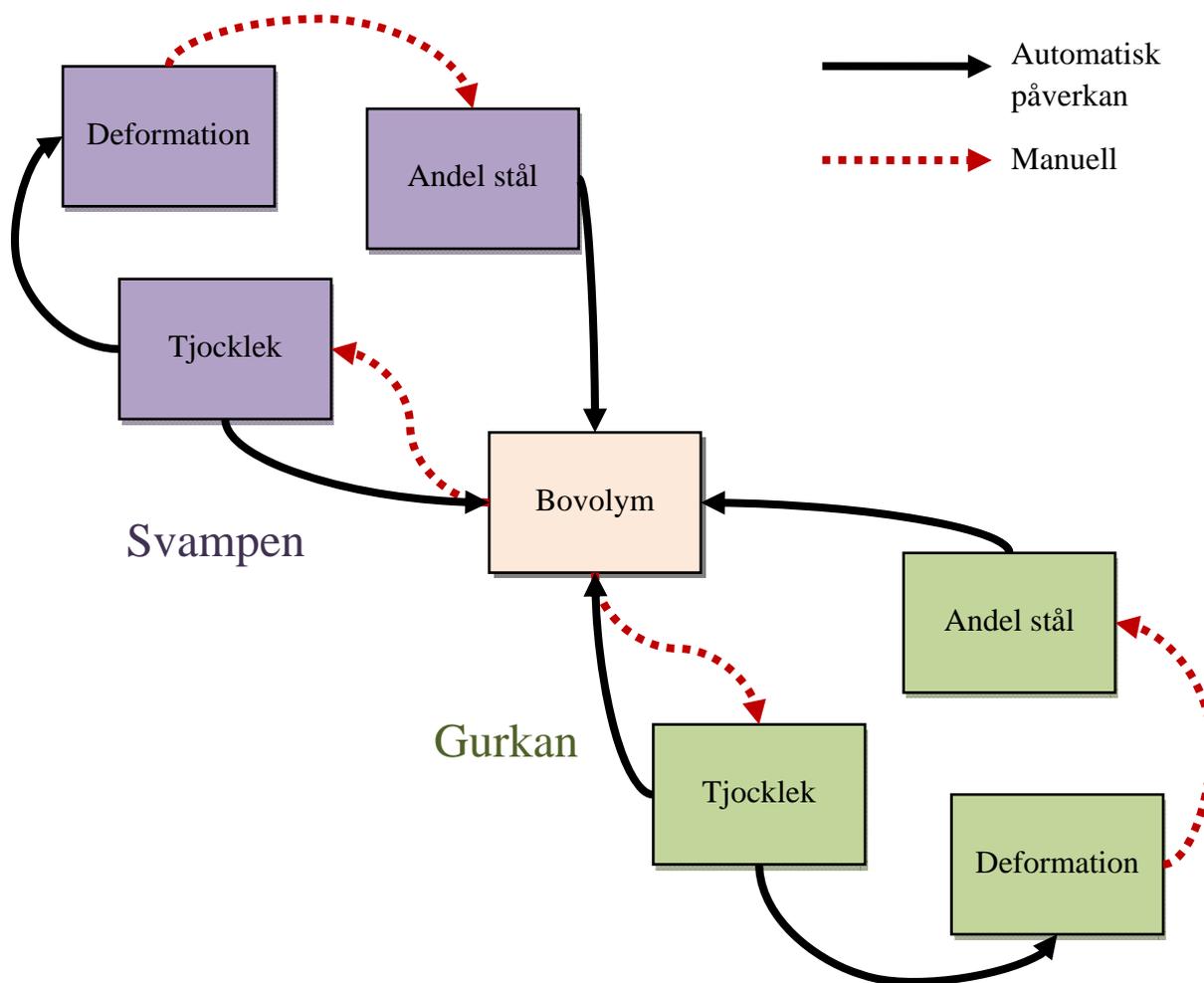
Gurkan har inte analyserats lika mycket i beräkningsprogrammet som svampen. Det mest optimala för gurkan är att vara smalare upptill eller ha benen placerade flera hundra meter längre ifrån varandra. Gurkans form

bestäms mest utifrån att fylla upp svampens tomrum lagom mycket samt att ha ett smalt fotfäste.

Dock har gurkan analyserats utifrån sina krav. Till exempel hade arkitekten som förslag att tjockleken skulle vara smalare upptill än nertill, då den ju tar större laster nertill. Men detta fick strykas efter analysen då konstruktionens utböjande form gör att det blir stora belastningar upptill och konstruktionen håller bättre med en jämntjocklek.

3.2.2 Antal bågar

Antalet bågar i förhållande till dess tjocklek beräknas i samma kod som formen analyserades i. Detta för att koden har antal pelare och tjocklek som indata och samma utdata som är intressant i denna analys. De båda varianterna på pelarbågarna beräknas var för sig och påverkar inte varandra vad det gäller laster. Men de är beräknade i samma program så förändringar som görs i den ena bågen påverkar den andra. Om till exempel den ena bågen blir smalare och får en mindre volym, då kommer den andra bågen att få ta en större belastning från nyttiglast.



FIGUR 22 PÅVERKAN

I Figur 22 visas de variabla parametrarna som är aktuella när det gäller att bestämma antalet pelarbågar samt vilka som påverkar varandra. De mörka pilarna kallade automatisk påverkan är dem som koden beräknar och pilarna kallade manuell inmatning är dem som valts att justera för hand för att köra programmet igen och se om kraven uppfyllts. Kraven är att nedböjningen ligger mellan 0,9-1 m, vilket är 0,2 % av den totala höjden och att stålets spänningsgräns inte skall överskridas. Det finns även krav på att det inte skall vara för lite area kvar att utnyttja till bostäder och annat per våningsplan efter att arean för stålet dragits av från pelarbenets tvärsnittsarea. Då detta är en bedömningsfråga ligger dessa värden i resultattabellen Tabell 2.

En del av stadens bostäder och funktioner kommer ligga i pelarbågarna, medan en del kommer att vara fria i sfären. Totalt är det en volym på $4,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ som ska fördelas mellan pelarben och sfär och tre olika varianter på fördelning testas. Den första varianten är att 25 % av byggnaderna ligger i pelarbågarna och resterande 75 % i sfären, den andra är hälften i bågarna och hälften i sfären och den tredje varianten är

75 % i bågarna och 25 % i sfären. Illustrationer på de tre varianterna finns längre fram under Diskussion i Figur 24.

TABELL 2 DIMENSIONER BEROENDE PÅ ANDEL VOLYM I BENEN

Antal bågar	25 %					50 %					75 %				
	Svamp			Gurka		Svamp			Gurka		Svamp			Gurka	
	Bredd [m]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Bredd [m]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Bredd [m]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]
2	18	40	194	20	259	23	23	407	6	497	27	16	612	3	707
3	15	40	135	30	158	19	24	274	10	325	22	17	402	5	460
4	13	41	100	39	103	16,5	24	207	14	234	19	18	296	7	336
5	12	39	88	39	76	15	24	171	17	187	17	18	237	9	263
6	11,5	36	85	50	66	13,5	25	137	23	140	16	18	210	10	230
7	11	34	80	60	48	13	25	127	24	128	15	17	187	14	194
8	10,5	35	68	70	32	12	25	108	29	102	14	18	161	14	169
9	9,75	34	63	80	19	11,5	24	101	32	90	13	18	139	18	139
10	9,5	33	60	84	14	11	24	92	37	76	12,5	18	128	19	127
11	9,25	31	59	90	9	10,5	24	84	43	63	12	18	118	21	114
12	Stålets brottsgrens överskrids					10,25	23	81	45	58	11,5	18	108	24	101
13						10	23	77	48	52	11,25	18	104	25	95
14						9,75	23	73	52	46	10,75	18	95	30	81
15						9,5	22	70	57	39	10,5	18	90	31	76

För kompatibilitetens skull tilldelas svampen och gurkan samma bredd i Tabell 2, men då en lämplig kombination av fyllighet i sfären, antal bågar och stålmängd har valts, utförs vidare analyser med olika tjocklek för de yttre och de inre bågarna, se Tabell 3.

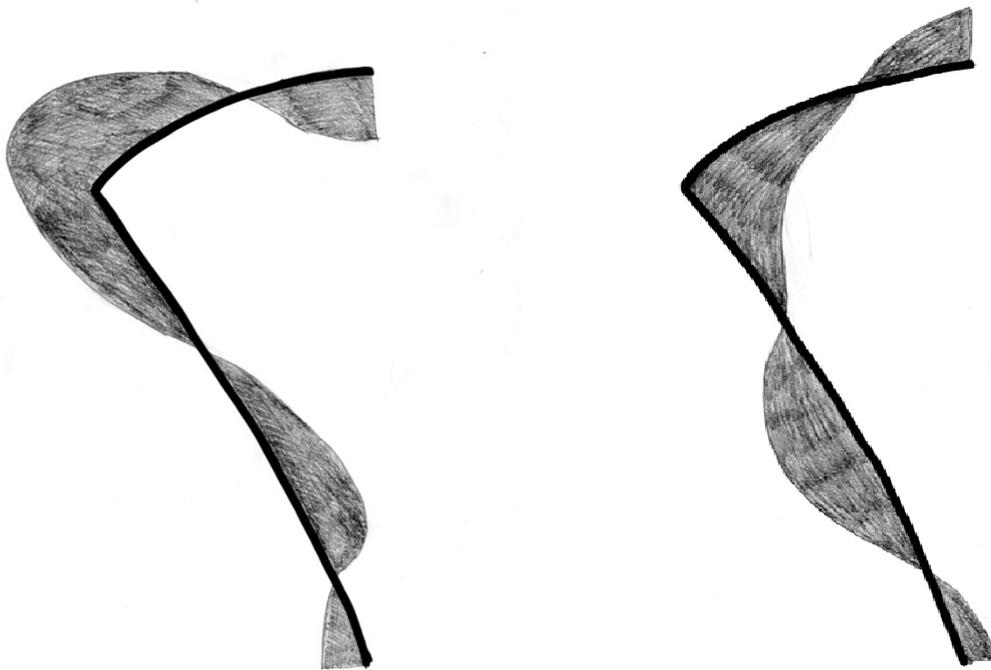
TABELL 3 OLIKA FÖRHÅLLANDEN MELLAN TJOCKLEKEN PÅ SVAMPEN OCH GURKAN

Svamp				Gurka			
Tjocklek	Andel stål	Andel benvolym	Boarea	Tjocklek	Andel stål	Andel benvolym	Boarea
16	18	58	210	16	10	42	230
16,5	18	63	223	15	12	37	198
17,25	17	69	247	14	14	31	169
17,75	17	74	262	13	18	26	139
18,25	17	79	276	12	21	21	114

De inre bågarna ges en smalare tjocklek då det ger ett mindre klumpligt uttryck om de inre pelarbågarna är smalare än de yttre.

3.2.3 Tjocklek längst konstruktionen

Konstruktionen i är inte rak, vilket leder till att det kommer uppstå tryck- och dragspänningar omväxlande på in- och utsidan av pelaren. För att analysera dessa spänningsförändringar skrivs en ny kod, Bilaga B – Kod 2. I denna kod delas svampbågen upp i nio mindre delar som kopplas ihop med varandra och utsätts för samma laster som i föregående programkod. Momentdiagrammet för var en av dess nio element beräknas för att se på vilken sida tryck uppstår. Resultatet illustreras i Figur 23 där den första bilden illustrerar dragspänningarna och i den andra bilden tryckspänningarna.



FIGUR 23 TRYCK OCH DRAG LÄNGST PELARBEN

Stål är ett bra material på att hantera dragkrafter, men på sidorna där det blir stora tryckspänningar kan problem uppstå med lokalbuckling. Lokalbuckling kan motverkas med att de bärande stålpelarna på denna sida har fler flänsar eller att stålet hindras på något annat sätt från att buckla ut. Det kan hindras med att det fylls upp med betong på denna sida eller att mer väggar och andra sidstabiliserande snestag används. I planlösningen finns det möjlighet till att placera hissarna på fyra olika ställen i pelarbenet. Om hissarna placeras på trycksidan så kan stålpelaren stöttas upp mot buckling på ett konstruktionsmässigt sätt.

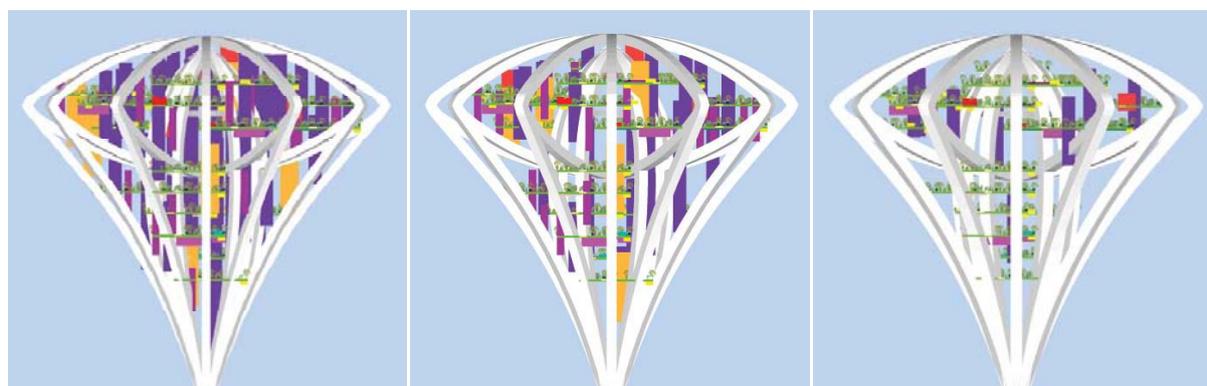
4 Diskussion

4.1 Fyllighet

Byggnaderna i konstruktionen kan fördelas på olika sätt och tre olika varianter har exemplifierats i Figur 24 utifrån samma behövda volym på $4,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. I den vänstra bilden illustreras en vertikal stad med 25 % av byggnaderna i pelarbenen och resten i sfären, i den mittersta hälften i pelarbenen och hälften i sfären och i den högra bilden 75 % i pelarbenen och resterande 25 % i sfären. I denna illustration symboliserar de olika färgerna de olika samhällsfunktionerna. Det syns tydligt att varianten till vänster med 75 % i sfären är överbelamrad och ger ett kompakt intryck, medan den mittersta är något luftigare, men vi anser att det är i den högra varianten som vårt krav på sebarhet genom konstruktionen uppfylls. I denna variant får växtligheten en mer framträdande roll och staden känns grön och fri. Här kommer även solljuset direkt eller indirekt att komma åt alla utrymmen i staden.

Pelarbebens tjocklek beror på fylligheten i staden, vilket även syns i Figur 24. De smalare pelarbenen i bilden till vänster i kombination med den stora volymen med byggnader i sfären ger ett sprött och klen uttryck, medans de två andra varianterna ger ett stabilare uttryck vilket upplevs tryggare.

Ytterligare anledning till att det är bättre med 75 % av byggnaderna i pelarbenen är att stålåtgången blir högre i staden med 25 %. En mindre stålmängd är billigare, miljövänligare, enklare att bygga samt att konstruktion blir lättare. Därför bör en mindre stålmängd eftersträvas.

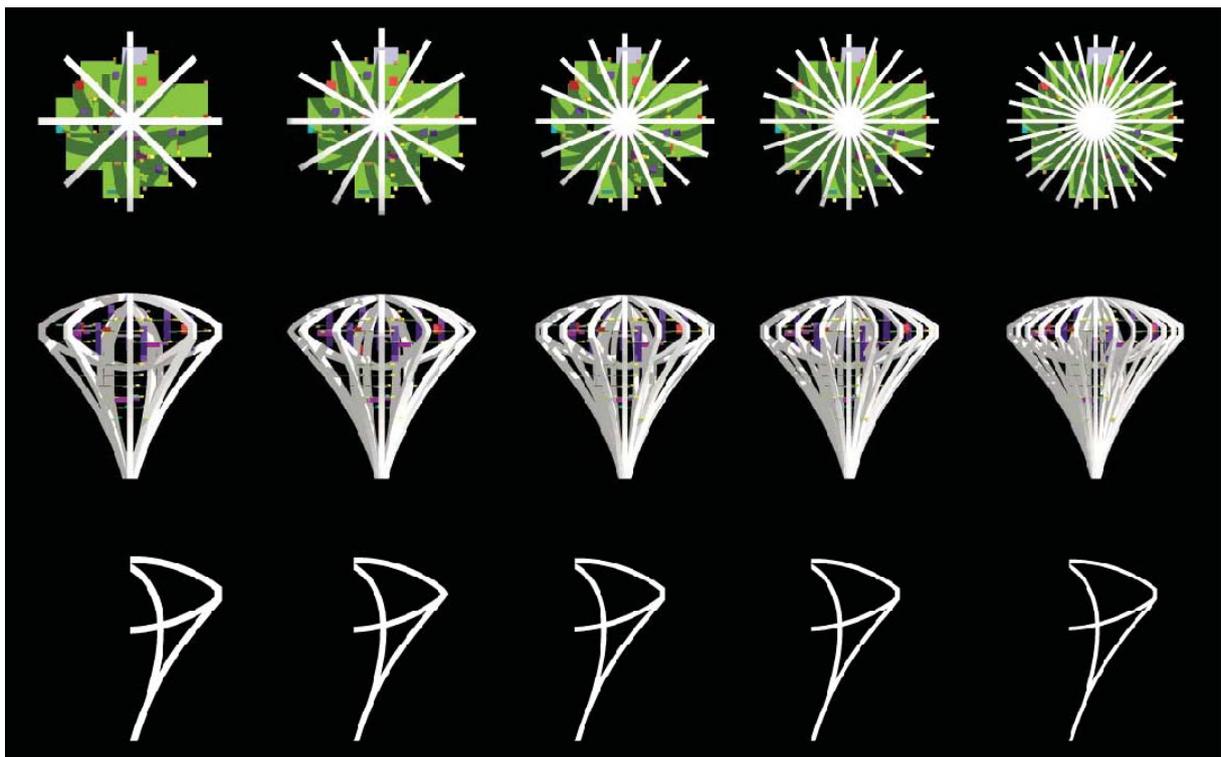


FIGUR 24 FYLLIGHET

4.2 Bågantall

Konstruktionens genomsebarhet påverkas inte endast av fylligheten i sfären utan även antalet pelarbågar som bygger upp staden. I Figur 25 illustreras fem olika varianter där alla har 75 % av byggnadernas volym i pelarbågarna och resterande 25 % i sfären. De fem varianterna har olika antal pelarbågar, från 4 bågar upp till 14 stycken. I figuren ser man att det blir en relativt täckande konstruktion när man kommer upp i antalet ben, vilket gör att stadens känns som att ligga innanför en vägg. Denna vägg kommer hindra stadens inre från ljusinsläpp och utsikt.

Pelarbebens tjocklek beror på antalet bågar och få bågar som i variant 1 ger relativt tjocka pelarben. Tjocka pelarben ser klumpligt ut och dessutom blir planlösningen mindre livfull med färre ben, då avståndet mellan pelarbenen blir långt och förbindelserna mellan dessa då även måste bli långa och närheten försvinner. Utifrån dessa illustrationer väljs variant 2, då denna gav önskad täthet.



FIGUR 25 ANTAL PELARBÅGAR

4.3 Boarea

Det finns flera olika parametrar att kolla på och ta hänsyn till i detta projekt, en del är av mer betydelse än andra. Vissa parametrar är definitiva krav och är lämpliga att ta med i beräkningarna, medan andra parametrar är mindre definitiva. En sådan parameter är boarean per våningsplan. Boarean per våningsplan kan i princip vara hur stor eller liten som helst, men till exempel en boarea på 9 m² som i varianten 25 % i 11 vågar är direkt olämplig att bygga bostäder i. Med tanke på planlösningen inne i pelarebenen är ett spann mellan 200-300 m² lämpligast för den vertikala staden och det togs i hänsyn vid valet av bredd och antal vågar. Boarean per våningsplan är värderad i Tabell 4.

TABELL 4 DIMENSIONER UTFRÅN ANDEL VOLYM I BENEN DÄR LJUSAST FÄRG HAR LÄMPLIGAST BOAREA

Antal vågar	25 %					50 %					75 %				
	Svamp			Gurka		Svamp			Gurka		Svamp			Gurka	
	Bredd [m]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Bredd [m]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Bredd [m]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]	Stål [%]	Boarea /vån [m ²]
2	18	40	194	20	259	23	23	407	6	497	27	16	612	3	707
3	15	40	135	30	158	19	24	274	10	325	22	17	402	5	460
4	13	41	100	39	103	16,5	24	207	14	234	19	18	296	7	336
5	12	39	88	39	76	15	24	171	17	187	17	18	237	9	263
6	11,5	36	85	50	66	13,5	25	137	23	140	16	18	210	10	230
7	11	34	80	60	48	13	25	127	24	128	15	17	187	14	194
8	10,5	35	68	70	32	12	25	108	29	102	14	18	161	14	169
9	9,75	34	63	80	19	11,5	24	101	32	90	13	18	139	18	139
10	9,5	33	60	84	14	11	24	92	37	76	12,5	18	128	19	127
11	9,25	31	59	90	9	10,5	24	84	43	63	12	18	118	21	114
12	Stålets brottsgrens överskrids					10,25	23	81	45	58	11,5	18	108	24	101
13						10	23	77	48	52	11,25	18	104	25	95
14						9,75	23	73	52	46	10,75	18	95	30	81
15						9,5	22	70	57	39	10,5	18	90	31	76

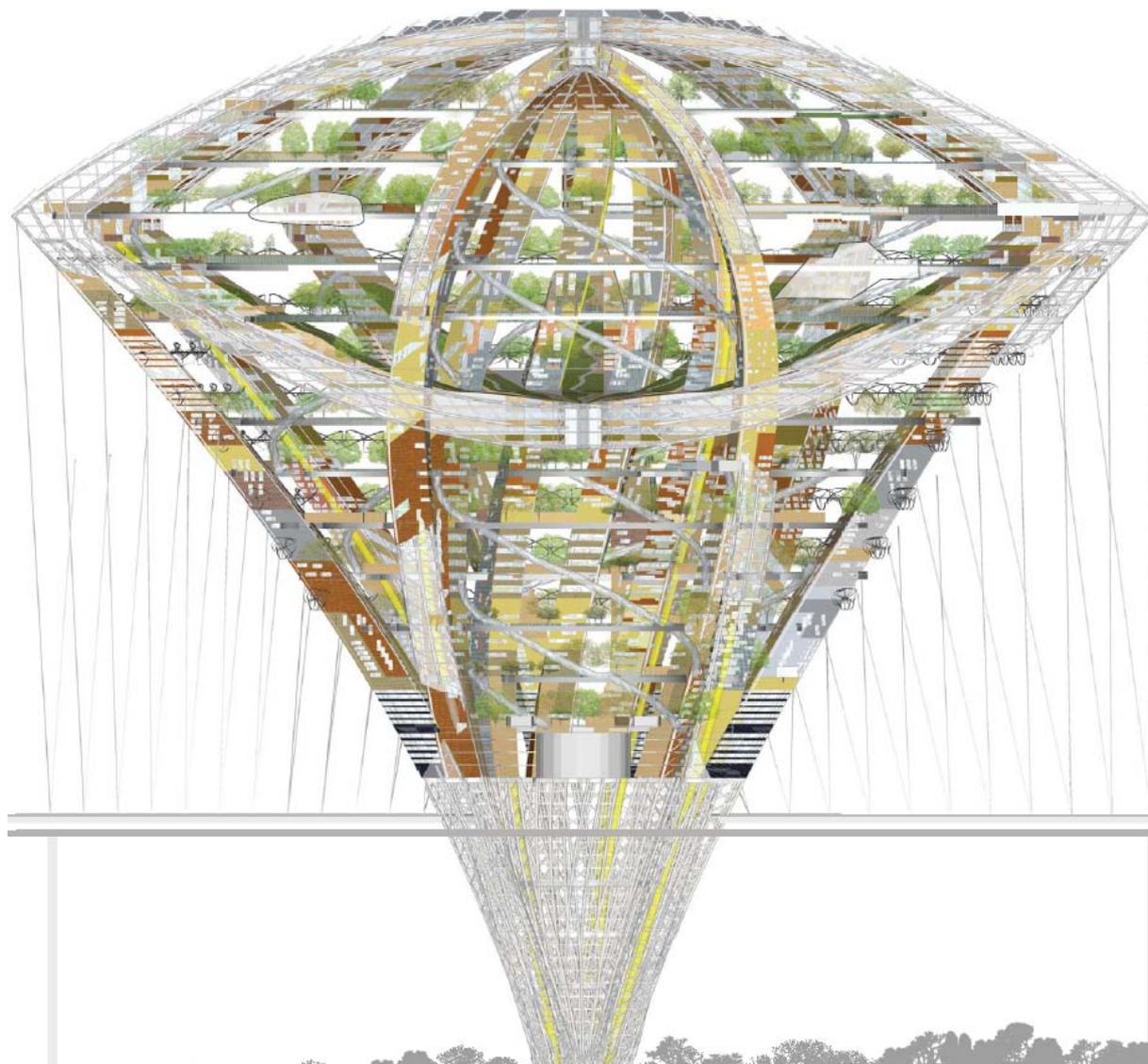
4.4 Alternativa material

Vi har ofta haft uppe diskussioner om olika material, för att konstruktionen ska bli intressantare och möjligen bättre ur resursanvändande. Men de flesta av dessa idéer har fått strykas då de inte fungerat. I alla fall inte lika bra som stålet. Trä har varit ett

förslag som skulle kunna vara ett alternativ till stålet i hela konstruktionen eller bara på de delarna högst uppe då trä har längre egenvikt, $4,2 \text{ kN/m}^2$, än stål som har 78 kN/m^2 (Isaksson & Mårtensson, 2007). Men detta förslag fick släpas då träets styrka ligger på en 20 gånger mindre än stålets, vilket resulterade i att svampens pelarben skulle behöva vara cirka dubbelt så breda som de behöver vara med stålet och då var dessutom nästan hela pelarbenet fyllt med bärande material. Dubbelt så breda pelarben ger inte alls samma smidiga och luftiga konstruktion som vi har eftersträvat och dessutom blir det mindre volym kvar för byggnader i både sfären och pelarbenen.

Ett annat förslag som har kommit upp är att använda betong i botten på konstruktionen då detta är känt som ett tungt och stabilt material som skulle kunna ta de stora krafterna i botten samtidigt som det vilar på marken och grunden då egyptyngden spelar mindre roll. Men detta alternativ har också strukits då betong faktiskt är 10 gånger sämre än stål i tryck och mycket sämre än det i drag.

5 Slutsats



FIGUR 26 DEN VERTIKALA STADEN

Den optimala formen för en vertikal stad med 20 000 innevånare som ska ha ett så litet fotfäste som möjligt är en svampformad konstruktion med en inre smalare konstruktion enligt Figur 26. Den vertikala staden består av sex dubbelbågar med en yttre och en inre båge som är vridna i motsatt riktning till varandra. Den yttre konstruktionen har 17,25 m breda kvadratiska pelarbågar innehållande 17 % bärande stål. I den inre bågen är bredden 14 m och andelen stål 14 %. Det övriga utrymmet i pelarbågarna som inte tas upp av de bärande elementen används till bostäder och andra byggnader och arean är 247 m² respektive 169 m² per våningsplan. De bärande konstruktionsdelarna är inte helt jämt fördelade i pelarbenen utan är anpassade efter

var pelaren är dragen och tryckt enligt Figur 23 i avsnitt Tjocklek längst konstruktionen. Den vertikala stadens grund är 77 m djup och bred.

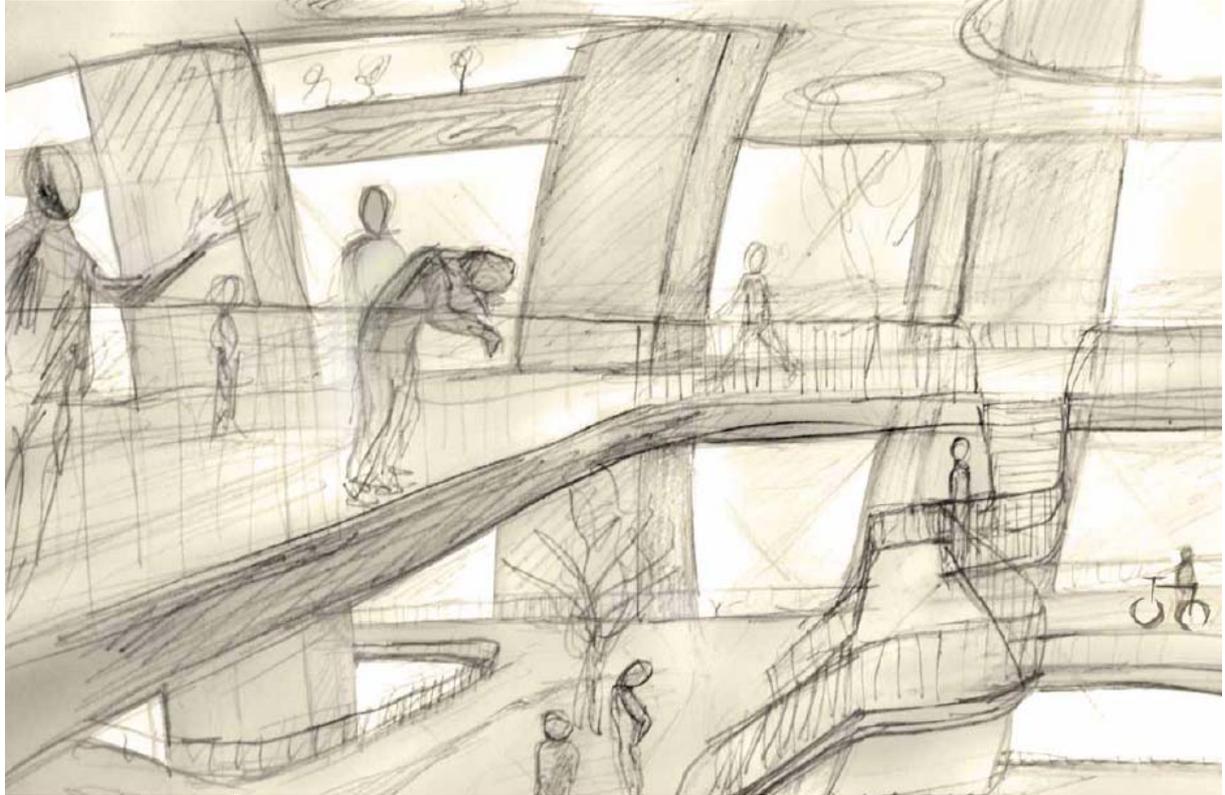
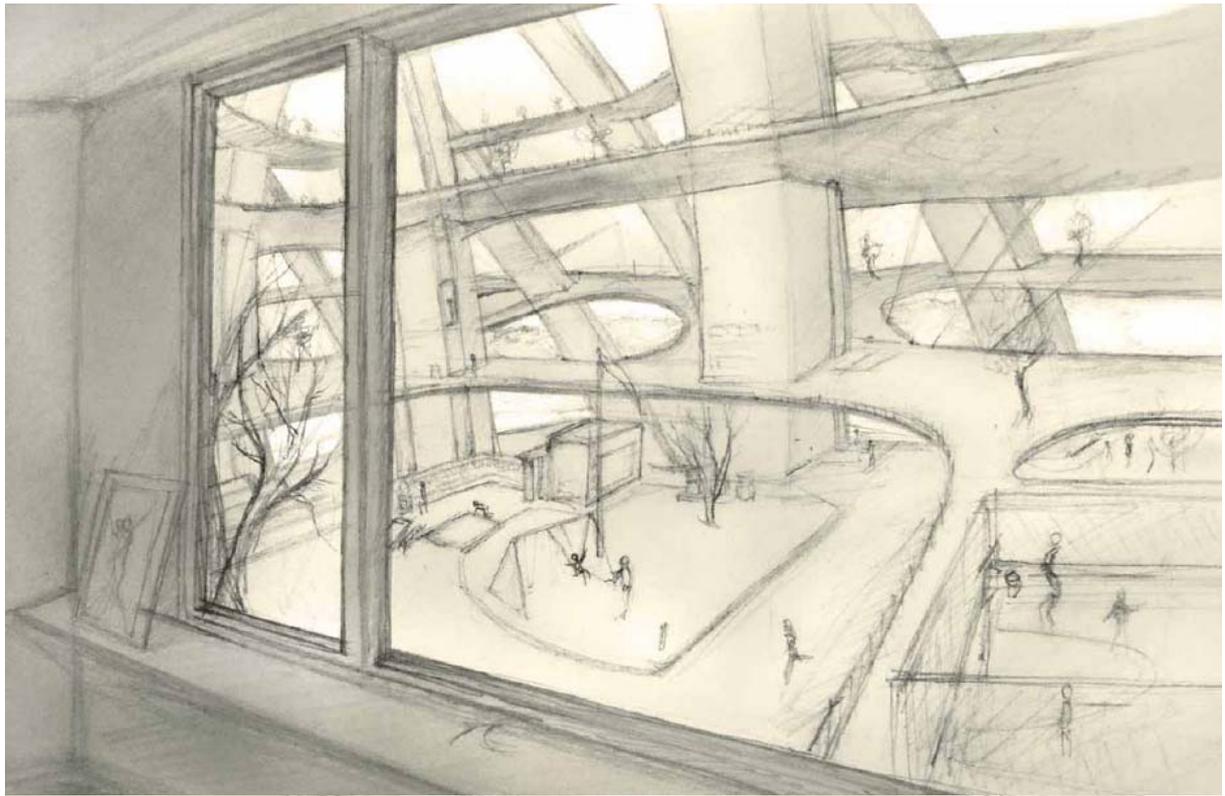


FIGUR 27 UTSIKT I DEN VERTIKALA STADEN

Den vertikala staden är en hög kompakt stad, där invånarna lever tryggt och skyddat mot väder och vind samtidigt som de har närheten till naturen utanför som får växa fritt utan att skövlas ner för stadens tillväxt. Den vertikala staden är inte som ett stängt som ett vanligt höghus utan öppen, ljus och luftig, se Figur 27.

I projektet har det varit en del hoppade fram och tillbaka mellan olika idéer och förslag. Förslag har tagits fram och sedan blivit bortplockade igen. Det är så processer går till, men om man är flera som jobbar med olika metoder kan sådana här ändringar bli mer påtaliga, speciellt om den ena parten stryker ett förslag efter att den andra parten har påbörjat arbetet med den. Det nära samarbetet har bidragit till att ibland ogenomtänkta idéer presenterats, men det är detta nära samarbete som även varit projektets styrka då det lett till många bra utvecklingar under arbetets gång som

möjligen annars inte kommit upp. Det har funnits diskussioner under projektets gång som inte kommit med i slutresultatet, men som har givit värdefull erfarenhet till framtida projekt. Arbetet skulle mycket möjligt gå att effektivisera för att minska tiden, men frågan är då om man hade haft tid att maximera samarbetets fördelar. För framtiden är förhoppningen att detta projekt kan inspirera andra studenter att samarbeta över programmen för lärdom och utveckling både för inblandade personer och byggbranschen som helhet.



FIGUR 28 VYER INIFRÅN DEN VERTIKALA STADEN

6 Referenslista

Austrell, P.-E., Dahlblom, O., Lindemann, J., Olsson, A., Olsson, K.-G., Persson, K., o.a. (2004). *CALFEM A Finite Element Toolbox*. Lund: KFS i Lund AB.

Axelsson, K. (2007). *Geotekniken*. Uppsala: Uppsala Universitet.

Isaksson, T., & Mårtensson, A. (2007). *Byggkonstruktion Tabell- och formelsamling*. Lund: KFS AB.

Neufert, E., & Neufert, P. (2008). *Architects' Data* (Third uppl.). (B. Baiche, & N. Walliman, Red.) Blackwell Science.

Qantas. (u.d.). Hämtat från <http://www.qantas.com.au/travel/airlines/a380/global/en> den 26 November 2010

Rogers, R. (1998). *Cities for a small planet*. Westview Press.

Rådberg, J. (1994). *Den svenska trädgårdsstaden*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.

Bilaga A – Kod 1

```
% Konstruktion Svamp+Gurka.

clc
close all
clear all

%% Förutsättningar
antalben=6; %1 ben=en svamp + en gurka
sandel=0.17;
gandel=0.14;
st=17.25;
gt=14;
sovandel=sandel/10;
a=250; b=105; c=st; d=250; e=200; f=300; g=400; h=500;
A=250; B=gt; C=500-st/2; D=90; E=325;

%% Struktur och nät
svertices=[a-c 0;a-c+st 0;
          a-d g-st/2;a-d+st/2 g-st/4;a-d+st g;
          a-d+st g+st/2;a-d g+st;
          a+d g-st/2;a+d-st/2 g-st/4;a+d-st g;
          a+d-st g+st/2;a+d g+st;
          a+c 0;a+c-st 0;
          a-b e;a-b+st e;
          a+b e;a+b-st e;
          a h;a h-st/2;
          a f;a f+st];
ssegments=[1 2;3 4;4 5;6 7;8 9;9 10;11 12;13 14;3 7;6 7;5 6;3 5;10
11;11 12;
           8 12;8 10;1 3;2 4;9 14;8 13;7 12;6 11;5 10;4 9];
ssurfaces=[1 2 17 18;5 8 19 20;9 10 11 12;13 14 15 16;4 7 21 22;3 6 23
24];

gvertices=[A-B 0;A-B+gt 0;
          A+B-gt 0;A+B 0;
          A C;A C-gt;
          A-D E;A-D+gt E;A+D-gt E;A+D E];
gsegments=[1 2;5 6;3 4;1 5;2 6;3 6;4 5];
gsurfaces=[1 2 4 5;2 3 6 7];

slangseg=[17 18 19 20 21 22 23 24];
skortseg=[1 2 3 4 5 6 7 8];
sanslutseg=[9 10 11 12 13 14 15 16];

glangseg=[4 5 6 7];
gkortseg=[1 2 3];

sseed=ones(1,size(ssegments,1))*6;
ssd=15;
sseed(slangseg)=ssd;
sseed(skortseg)=3;
ssegpr=sseed;
smp=[2 4];
```

```

gseed=ones(1,size(gsegments,1))*6;
gsd=20;
gseed(glangseg)=gsd;
gseed(gkortseg)=3;
gsegpr=gseed;
gmp=[2 4];

figure(1)
[sareak seltot]=geomdraw2(svertices,ssegments,ssurfaces,ssegpr,smp);
[gareak geltot]=geomdraw2(gvertices,gsegments,gsurfaces,gsegpr,gmp);
axis([-50 550 -50 550])
title('Indata')

sbias=zeros(1,size(ssegments,1)); % Förtätning, används ej
siso8=zeros(1,size(ssegments,1));
siso8(17)=15;siso8(18)=16;siso8(19)=18;siso8(20)=17;
siso8(21)=19;siso8(22)=20;siso8(23)=22;siso8(24)=21;
ssegpr=reshape([sseed' siso8' sbias'],'',1,numel(sseed)*3);

gbias=zeros(1,size(gsegments,1)); % Förtätning, används ej
giso8=zeros(1,size(gsegments,1));
giso8(4)=7;giso8(5)=8;giso8(6)=9;giso8(7)=10;
gsegpr=reshape([gseed' giso8' gbias'],'',1,numel(gseed)*3);

sdbb=strMeshgen(svertices,ssegments,ssurfaces,ssegpr,smp);
selv=[extrSurf(1,sdbb)' extrSurf(2,sdbb)' extrSurf(3,sdbb)'
extrSurf(4,sdbb)' extrSurf(6,sdbb)'];
selov=[extrSurf(5,sdbb)'];

sdb=strMeshgen(svertices,ssegments,ssurfaces(1,:),ssegpr,smp);
for i=2:size(ssurfaces)
    sdb2=strMeshgen(svertices,ssegments,ssurfaces(i,:),ssegpr,smp);
    sdb=mergeMesh(sdb,sdb2);
end

gdb=strMeshgen(gvertices,gsegments,gsurfaces(1,:),gsegpr,gmp);
for i=2:size(gsurfaces)
    gdb2=strMeshgen(gvertices,gsegments,gsurfaces(i,:),gsegpr,gmp);
    gdb=mergeMesh(gdb,gdb2);
end

[sqe sqn selarea]=checkMesh(sdb);
[gqe gqn gelarea]=checkMesh(gdb);
sarea=sum(selarea);
garea=sum(gelarea);

[scoord sedof sdofs snen]=DBextract(sdb);
[sex sey]=coordxtr(sedof,scoord,sdofs,snen);
[gcoord gedof gdofs gnen]=DBextract(gdb);
[gex gey]=coordxtr(gedof,gcoord,gdofs,gnen);
figure(2)
eldraw2(sex,sey,[1 4 0]);eldraw2(gex,gey,[1 4 0]);
axis([-50 550 -50 550])
title('Form')

%% Laster och frihetsgrader
smarkdofs=extrSeg([1 8],ssegments,ssegpr,svertices,sdofs,scoord);
sbc(:,1)=smarkdofs;

```

```

sbc(:,2)=zeros(size(smarkdofs),1);
gmarkdofs=extrSeg([1 3],gsegments,gsegpr,gvertices,gdofs,gcoord);
gbc(:,1)=gmarkdofs;
gbc(:,2)=zeros(size(gmarkdofs),1);
svinddofs=extrSeg([9 17],ssegments,ssegpr,svertices,sdofs,scoord);
svindxdoofs=zeros(size(svinddofs)/2,1);
j=0;
for i=1:2:size(svinddofs)
    j=j+1;
    svindxdoofs(j)=svinddofs(i);
end
gvinddofs=extrSeg([4],gsegments,gsegpr,gvertices,gdofs,gcoord);
gvindxdoofs=zeros(size(gvinddofs)/2,1);
j=0;
for i=1:2:size(gvinddofs)
    j=j+1;
    gvindxdoofs(j)=gvinddofs(i);
end
vind400=(60^2*1.3)/2; % enligt q=v^2*ra*0.5 [N/m2]
nyttiglast=10e9/antalben/(sarea*st+garea*gt); % 10GN totalt
stallast=78e3;
flygplanslast=2711*4.4e6/antalben/(sarea*st+garea*gt); %
Viktflyg/flygarea=[N/m3]
seq=zeros(2,seltot);
seq(2,selv)=- (sandel*stallast+nyttiglast+flygplanslast);
seq(2,selov)=- (sovandel*stallast+nyttiglast+flygplanslast);
geq=zeros(2,geltot);
geq(2,:)=-(gandel*stallast+nyttiglast+flygplanslast);

%% Beräkning
sKe=zeros(8);
sfe=zeros(8,1);
sK=zeros(max(max(sedof)));
sf=zeros(max(max(sedof)),1); f(svindxdoofs,1)=vind400*400/(ssd+1)*st;
sEv=sandel*210e9;
sEov=sovandel*210e9;
sDv=hooke(1,sEv,0.3);
sDov=hooke(1,sEov,0.3);
sD=zeros(3,3,seltot);
for i=selv
    sD(:,:,i)=sDv;
end
for i=selov
    sD(:,:,i)=sDov;
end
sep=[1 st 3];
for i=1:seltot
    [sKe,sfe]=plani4e(sex(i,:),sey(i,:),sep,sD(:,:,i),seq(:,i));
    [sK,sf]=assem(sedof(i,:),sK,sKe,sf,sfe);
end
sa=solveq(sK,sf,sbc);
sed=extract(sedof,sa);
ses=zeros(seltot,9,3);
set=zeros(seltot,9,3);
seci=zeros(seltot,9,2);
for i=1:seltot

```

```

[ses(i, :, :), set(i, :, :), seci(i, :, :)] = plani4s(sex(i, :), sey(i, :), sep, sD(:, :), i, sed(i, :));
end

gKe=zeros(8);
gfe=zeros(8,1);
gK=zeros(max(max(gedof)));
gf=zeros(max(max(gedof)),1); f(gvindxdoFs,1)=vind400*400/(gsd+1)*gt;
gE=gandel*210e9;
gD=hooke(1,gE,0.3);
gep=[1 gt 3];
for i=1:geltot
    [gKe,gfe]=plani4e(gex(i,:),gey(i,:),gep,gD,geq(:,i));
    [gK,gf]=assem(gedof(i,:),gK,gKe,gf,gfe);
end
ga=solveq(gK,gf,gb);
ged=extract(gedof,ga);
ges=zeros(geltot,9,3);
get=zeros(geltot,9,3);
geci=zeros(geltot,9,2);
for i=1:geltot

[ges(i, :, :), get(i, :, :), geci(i, :, :)] = plani4s(gex(i, :), geY(i, :), gep, gD, ged(i, :));
end

%% Maximala utböjningen
smaxutbojningx=max(abs(sed(:, [1,3,5,7])))
smaxutbojningy=max(abs(sed(:, [2,4,6,8])))
gmaxutbojningx=max(abs(ged(:, [1,3,5,7])))
gmaxutbojningy=max(abs(ged(:, [2,4,6,8])))
figure(3)
eldraw2(sex,sey,[3 1 0]);eldraw2(gex,gey,[3 1 0]);
sfac=100;
eldisp2(sex,sey,sed,[1 4 0],sfac);eldisp2(gex,gey,ged,[1 4 0],sfac);
title('Förskjutning inte real')
figure(4)
eldraw2(sex,sey,[3 1 0]);eldraw2(gex,gey,[3 1 0]);
sfac=1;
eldisp2(sex,sey,sed,[1 4 0],sfac);eldisp2(gex,gey,ged,[1 4 0],sfac);
title('Förskjutning real')

%% Maximala spänningen
shst=zeros(seltot,1);
shstt=zeros(seltot,1);
stal=355e6/(1.1*1.2);
for i=1:seltot

shs1=(ses(i, :, 1)+ses(i, :, 2))/2+sqrt(((ses(i, :, 1)+ses(i, :, 2))/2).^2+ses(i, :, 3).^2);
shs2=(ses(i, :, 1)+ses(i, :, 2))/2-sqrt(((ses(i, :, 1)-ses(i, :, 2))/2).^2+ses(i, :, 3).^2);
shst(i)=sqrt(max(shs1)^2+min(shs2)^2);
if abs(shst(i)) >= stal
    shstt(i)=0;
else
    shstt(i)=1;
end
end

```

```

end
end

smaxhuvudspanning=max(shst)
sandelokelement=sum(shstt)/seltot

ghst=zeros(geltot,1);
ghstt=zeros(geltot,1);
for i=1:geltot

ghs1=(ges(i,:,1)+ges(i,:,2))/2+sqrt(((ges(i,:,1)+ges(i,:,2))/2).^2+ges(i,:,3).^2);
ghs2=(ges(i,:,1)+ges(i,:,2))/2-sqrt(((ges(i,:,1)-ges(i,:,2))/2).^2+ges(i,:,3).^2);
ghst(i)=sqrt(max(ghs1)^2+min(ghs2)^2);
if abs(ghst(i)) >= stal
ghstt(i)=0;
else
ghstt(i)=1;
end
end

gmaxhuvudspanning=max(ghst)
gandelokelement=sum(ghstt)/geltot

figure(5)
colormap('autumn')
fill(sex',sey',[shstt shstt shstt shstt]')
axis([-50 550 -50 550])
title('Huvudspänning, röda element ej ok')

figure(6)
colormap('autumn')
fill(gex',gey',[ghstt ghstt ghstt ghstt]')
axis([-50 550 -50 550])
title('Huvudspänning, röda element ej ok')

sbovolymiben=sarea*st*antalben*(1-sandel)
sboareavan=st^2*(1-sandel)

gbovolymiben=garea*gt*antalben*(1-gandel)
gboareavan=gt^2*(1-gandel)

bovolym=sbovolymiben+gbovolymiben

antalben
sandel
gandel
st
sandelbenvolym=sbovolymiben/bovolym
gandelbenvolym=gbovolymiben/bovolym

```


Bilaga B – Kod 2

```
% Material och styvhetsfördelning

clc
close all
clear all

%% Variabla förutsättningar
t=ones(1,9)·17.25;
andel=ones(1,9)·0.17;

antalben=6;
volymandel=0.6970/2; % Från SvampF (sarea·st)/(sarea·st+garea·gt) /2
pga halva bågen

%% Givna Förutsättningar
ex=[245 215;215 185;185 150;150 100;100 60;60 20;20 70;70 160;160 250];
ey=[0 80;80 145;145 200;200 280;280 335;335 400;400 450;450 485;485
500];
edof=[1 1 2 3 4 5 6;2 4 5 6 7 8 9;3 7 8 9 10 11 12;4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18;6 16 17 18 19 20 21;7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27;9 25 26 27 28 29 30];
E=210e9;
area=zeros(size(ex,1),1);
e=zeros(size(ex,1),1);
ep=zeros(size(ex,1),3);
le=zeros(size(ex,1),1);
for i=1:size(ex)
    area(i)=pi·t(i)^2/4;
    e(i)=E·andel(i);
    ep(i,:)=[e(i) area(i) pi·t(i)^4/64];
    le(i)=sqrt((ex(i,1)-ex(i,2))^2+(ey(i,1)-ey(i,2))^2);
end

l=sum(le);

figure(1)
eldraw2(ex,ey);
axis([-50 300 -50 550])
title('Form')

bc=[1 0;2 0;3 0;28 0;30 0];

%% Laster
vind100=1.710e3;
vind500=(60^2·1.3)/2; % enligt q=v^2·rå·0.5 [N/m2]
vindInt=(vind500-vind100)/(500-100);

vind=[(vind100-50·vindInt)·t(1);
vind100·t(2);
(vind100+75·vindInt)·t(3);
(vind100+125·vindInt)·t(4);
(vind100+200·vindInt)·t(5);
(vind100+275·vindInt)·t(6);
(vind100+330·vindInt)·t(7);
(vind100+370·vindInt)·t(8);
```

```

vind500*t(9)]; % Vindlast[N/m]

nyttiglast=10e9/antalben*volymandel/l; % Nyttiglast N/m
stallast=78e3;% Egentyngd N/m3
flygplanslast=2711*4e6/antalben*volymandel/l;% Boendematerialstyngd N/m

eq=zeros(size(ex,1),2);
for i=1:size(ex)
    stal=stallast*andel(i)*area(i);
    eq(i,:)=[-(flygplanslast+stal+nyttiglast) vind(i)]; % N/m
end

k=zeros(max(max(edof)));
f=zeros(max(max(edof)),1);

%% Beräkning
for i=1:size(ex)
    [ke,fe]=beam2e(ex(i,:),ey(i,:),ep(i,:),eq(i,:));
    [k,f]=assem(edof(i,:),k,ke,f,fe);
end

[a,r]=solveq(k,f,bc);
ed=extract(edof,a);
es=zeros(size(ex,1),2,3);

for i=1:size(ex)
    es(i,:,:) = beam2s(ex(i,:),ey(i,:),ep(i,:),ed(i,:),eq(i,:));
end

%% Figurer
figure(2)
for i=1:size(ex)
    eldraw2(ex(i,:),ey(i,:),[2 1 0]);
    eldisp2(ex(i,:),ey(i,:),ed(i,:),[1 3 0],1);
end
axis([-50 300 -50 550])
title('Deformation')

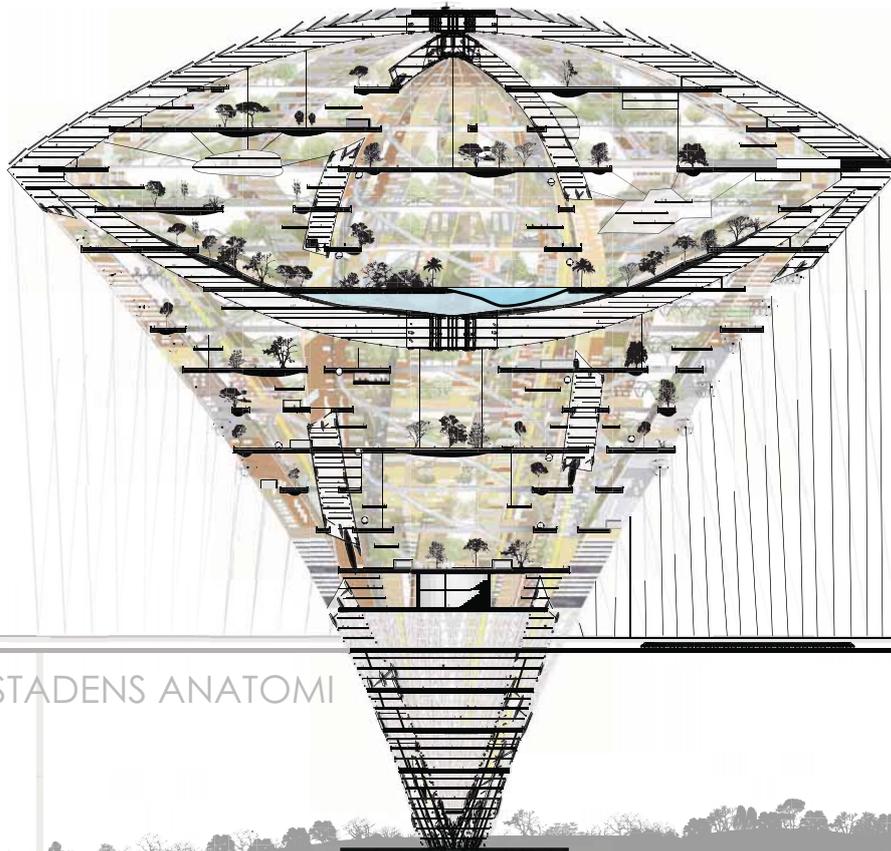
figure(3)
sfac=4e-9;%scalfact2(ex(1,:),ey(1,:),es(1,:,3),0.1);
for i=1:size(ex)
    eldia2(ex(i,:),ey(i,:),es(i,:,3),[4 1],sfac);
end
axis([-100 300 -50 550])
title('Moment')

%% Resultat
maxdeformation=max(abs(a))
maxnormal=max(max(abs(es(:,:,1)))));
maxtvar=max(max(abs(es(:,:,2)))));
maxmoment=max(max(abs(es(:,:,3)))));

```

Bilaga C – Den vertikala stadens anatomi

Här efter följer en kopia av examensarbets andra rapport skriven av arkitektstudenten Ilyas Awadh.



DEN VERTIKALA STADENS ANATOMI

EXAMENSARBETE I ARKITEKTUR av Ilyas Awadh
LTH ARKITEKTUR 2010

Medförfattare: Charlotta Lundgren
Examinator: Christer Malmström
Handledare: Göran Sandberg

SAMMANFATTNING

I början av 1900-talet var världens befolkning 1,2 miljarder. Den minst optimistiska prognosen är att vi kommer nå 12 miljarder år 2050. Under de senaste 100 åren har städerna vuxit horisontellt där stora block av höghus koncentrerats i innerstaden och omgivits av glesa bostadsområden. Stora städer börjar växa ihop och tar i anspråk skog och odlingsbar mark.

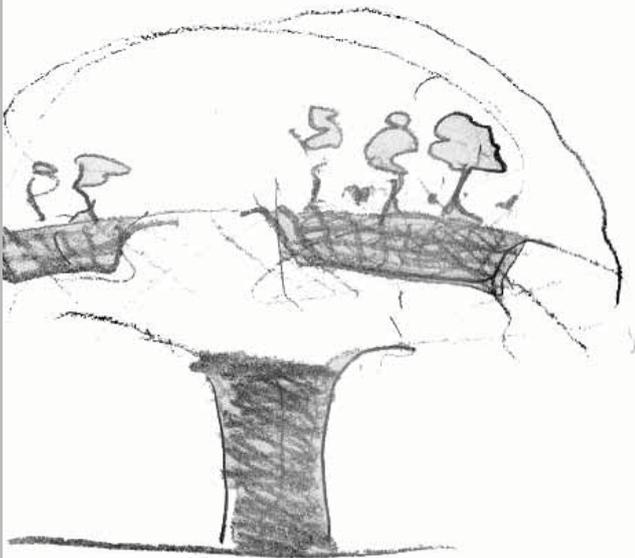
Ekologiskt sett har konsekvenserna av denna utveckling varit en gradvis förstörelse av miljön, vegetationen samt en obalans i ekosystemet. Efterfrågan på mark i och omkring städerna blir akut. Det sker stora förändringar i markanvändning som mer än någonsin omformar landskapen och påverkar miljön i och omkring städerna. Om vi i framtiden vill få plats på vår överbefolkade planet måste vi bygga vertikalt.

Människan behöver inspireras och behöver lära sig hur naturen löser just dessa problem. Växter som behöver ljus växer vertikalt med ett starkt rotsystem under marken, har ett litet fotavtryck samt en stor volym i luften för att fånga upp ljuset.

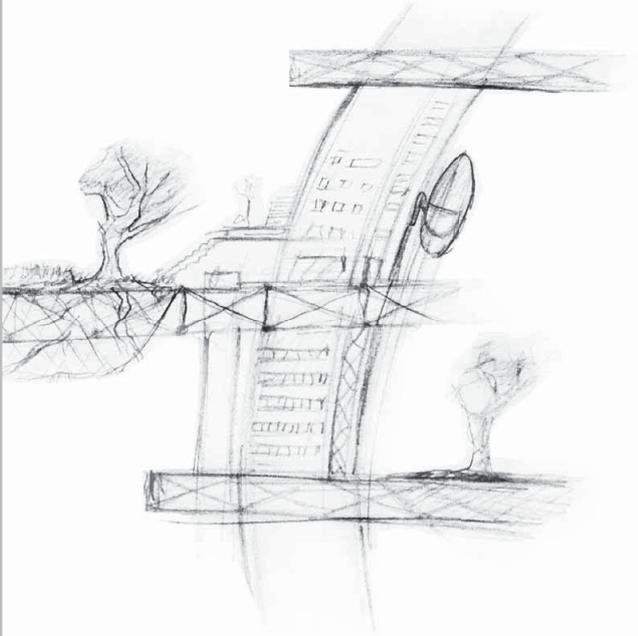
Vad händer om vi bygger städer efter denna vertikala princip? Städer som har ett litet fotavtryck och stor volym i luften. Vilka nya utmaningar kommer vi att utsättas inför? Hur är det att bo i dessa förhållanden? Vilka för- och nackdelar skapar den vertikala staden?

I mitt examensarbete föreslår jag en vertikaltad för 20 000 inv med en stor volym i luften och ett litet fotavtryck på marken. Jag tar upp både boendet och landskapet vertikalt. Stadens funktioner är både i volymen och i konstruktionen.

Ett nära samarbete har bedrivits med en ingenjörstudent för att kunna utveckla den vertikala staden på en optimal nivå där konstruktionen tillsammans med formen har växt ihop till en vertikal stad.



ABSTRACT



In the early 1900s was the world's population of 1.2 billion. The least optimistic forecast is that we will reach 12 billion by 2050. Over the past 100 years the city has grown horizontally with large blocks of apartment buildings concentrated in the inner city and surrounded by sparse residential areas. Large cities begin to grow together and taking of forest and arable land.

Ecologically speaking, the implications of these trends was the gradual destruction of the environment, vegetation, and an imbalance in the ecosystem. Demand for land in and around cities is acute. There are major changes in land use as more than ever, transforming the landscape and affect the environment in and around cities. If in the future we wish to place on our crowded planet, we must build vertically.

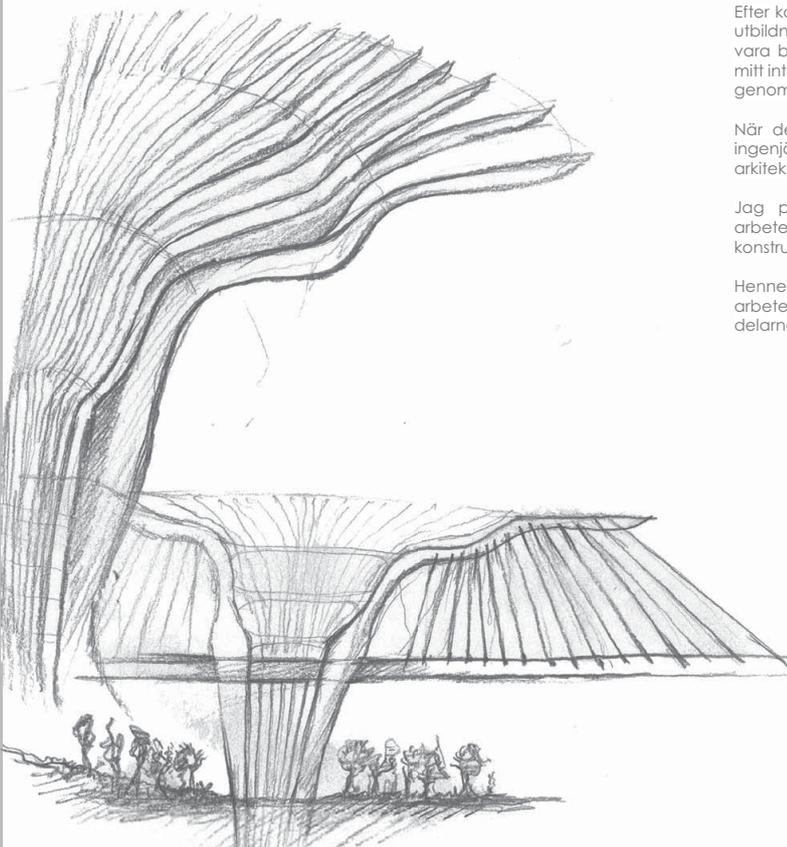
People need inspiration and need to learn how nature solves these problems. Plants need light and grows vertically with a strong root system below ground, has a small footprint and a large volume of air to catch the light.

What happens if we build cities with the vertical principle? Cities that have a small footprint and a large volume of air. What new challenges will we face before? What is it like to live in these conditions? What are the advantages and disadvantages of creating the vertical city?

In my thesis I propose a vertical city for 20 000 inhabitants with a large volume of air and a small footprint on the ground. I refer to both housing and landscape vertically. The city's features are both in volume and in the construction.

Close cooperation has been conducted by an engineering student to develop the vertical city at an optimum level of design with the shape has grown into a vertical city.

PROLOG



Redan under mitt kandidatprojekt på konstfack tänkte jag skapa en vertikal stad där jag skulle jobba med olika skalor, från helhet till detalj. Jag kände mig begränsad på hur jag skulle lösa stadens konstruktion samt att projektet endast skulle resultera i en konceptuell idé. Sålunda blev det aldrig en vertikal stad.

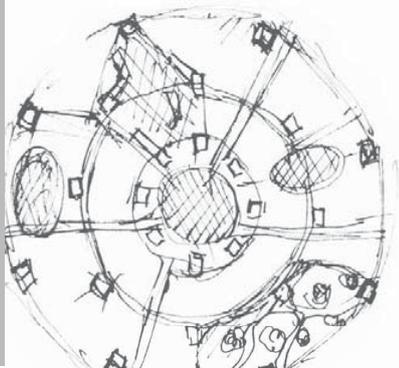
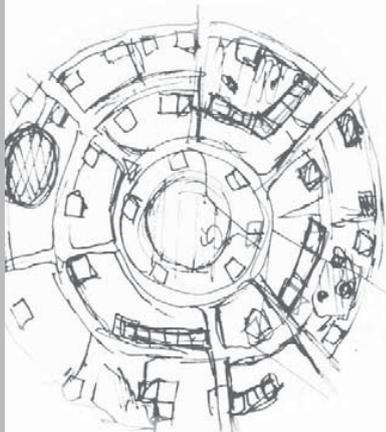
Efter kandidaten fortsatte jag att studera till senare del av arkitekturutbildningen på LTH. Detta för att bredda mina kunskaper och inte vara begränsad i mitt skapande. På arkitekturutbildningen fortsatte mitt intresse för vertikala rum, rörelser och möten att växa och sålunda genomsyrade många av mina projekt.

När det var dags för examensprojektet fick jag reda på att en ingenjörstudent ville göra ett examensarbete i samarbete med en arkitektstudent. Jag antog utmaningen.

Jag presenterade min vision om att skapa en vertikal stad, arbetet skedde i ett nära samarbete och resulterade i att formen och konstruktionen växte ihop till den vertikala staden.

Hennes examensarbete kommer att vara ett komplement till mitt arbete. Under rubriken konstruktion har jag sammanfattat de viktigaste delarna i vårt samarbete.

TACK



Jag vill tacka både min examinator Christer Malmström och handledare Göran Sandberg för att ni eftersökte ett samarbete mellan en ingengörstudent och en arkitekt, att ni inte blev rädda för skalan på projektet samt all inspiration och råd ni gett mig under genomförandet av detta examensarbete.

Ett stort tack till ingengörstudenten Charlotte Lundgren som vågade gå in i ett samarbete för att konstruera den vertikala staden. Vårt samarbete och ditt förlämningsresultat resulterade till att kunna få den vertikala stadens form och konstruktion att växa ihop.

Jag vill varmt tacka min flickvän Selime Osman som har under hela mitt examensarbete stöttat mig och hjälpt mig likvärdig en extern handledare. Tack vare dig fick jag in flera aspekter in i mitt projekt som miljötänkandet och den teoretiska referensramen.

Är väldigt tacksam till arkitektstudenten Christoffer Justusson som följt mitt projekt och inspirerat mig med diskussioner och information för att få mitt projekt att bli ännu skarpare.

Sist men inte minst vill jag tacka min familj och dotter för förlämningsresultatet och stöttningen under examensarbetet då jag har varit mycket frånvarande.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

KAPITEL 1 BAKGRUND	7	KAPITEL 5 UPPLEVELSEN	53
TEORETISK BAKGRUND		ÖPPENHET	
EBENEZER HOWARD		MÄNNISKAN	
LE CORBUSIER		STADEN UTIFRÅN	
KAPITEL 2 DEN VERTIKALA STADEN	13	INIFRÅN PELARBEN UT	
EBENEZER HOWARD, LE CORBUSIER & ILYAS AWADH		MÖTEN	
MÄNNISKAN OCH VÄXTEN		KAPITEL 6 RITNINGAR	59
STADEN SOM EN VÄXT		SNITT - PLANER	
DÅ, NU & FRAMTID		PLANLÖSNING	
VITRUVIUS IDEAL STAD		PLAN 1	
SPAGETTI-MODELLEN		PLAN 2	
NÄRHET		SEKTION 1	
HISSEN I RÖRELSE		SEKTION 2	
STADENS DIAMETER		SEKTION 3	
HÖJD		SEKTION 4	
OFFENTLIGT & PRIVAT		SEKTION 5	
KONTEXT		SEKTION 6	
KLIMATSKAL UTIFRÅN KONTEXT		KAPITEL 7 PROCESS	70
LJUS & SKUGGA		SKISSER 1	
KAPITEL 3 KONSTRUKTION	29	SKISSER 2	
TRANSPARENS		MODELL	
VRIDNING		KAPITEL 8 REFERENSER	74
VOLYMSTUDIE		KÄLLFÖRTECKNING	
ANDEL STÅL			
LASTER			
FUNDAMENT			
TEST			
FORMEN			
KAPITEL 4 ANATOMI	37		
SKELETTET			
MÄRGEN			
HUDEN			
BROSKEN			
SENORNA			
ORGANEN			
MUSKULATUREN			
X-RAY			
BLODOMLOPPET			
AORTAN			
NERVSYSTEMET			
ARTÄRER			
NÄRING			
HUDCELLER			
LUNGOR			
TARMEN			

K1 BAKGRUND

TEORETISK BAKGRUND

8



Det är chockartat, särskilt för en arkitekt, att det är våra städer som är den bidragande orsaken till miljökriserna som råder i världen. Under 1900-talet var det endast en tiondel av världens befolkning som bodde i städerna. Idag, för första gången i historien, får vi kartlagt att hälften av världens befolkning bor i städer. Om trettio år förväntas det att tre fjärdedelar kommer att vara bosatta i städer om utvecklingen fortsätter på samma sätt. Den världsomfattande tillväxten av befolkningen i städerna sker i ett grovt ohållbart mönster och takt vilket även leder till mera föroreningar och erosion av natur och miljö. Om städerna försvagar den ekologiska balansen på vår planet är det människans mönster av sociala och ekonomiska beteenden som är orsaken till dess obalans. Städer ökar i storlek och i en sådan takt att konventionella mönster har lett till att den urbana tillväxten har blivit absolut. I den industrialiserade världen har människan migrerat till stadskärnorna, vilket har lett till massiva föroreningar, olika typer av förortsutvecklingar, utbredning av vägbyggnationer, ökad bilanvändning samt trafikstockningar. Den sociala stabiliteten i städerna är idag katastrofal vilket även driver miljöförstöringen ytterligare. Trots världsomspännande öknningar i välbästand ökar även fattigdom och trångboddhet högt. (Rogers, R. 1998)



Det borde heller inte komma som en överraskning att städerna och samhällen idag saknar grundläggande rättvisa. Detta leder till social utsatthet, vilket i sin tur orsakar större miljöskador. Det som inte bör glömmas är att sociala och miljömässiga frågor är starkt förankrade i varandra.

Dagens städer konsumerar tre fjärdedelar av världens energi och är orsaken till minst tre fjärdedelar av den globala miljöförureningen. Städerna har börjat att bete sig som parasiter på landskapet och tömmer den på både energi och försörjning.

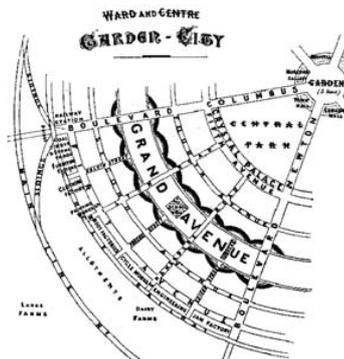
Under de kommande trettio åren förväntas ytterligare två miljarder människor flytta in i utvecklingsländernas städer. Det som vidare är helt orimligt är att av dessa människor kommer minst hälften vara bosatta i kåkstäder utan någon som helst rinnande vatten, ingen elektricitet, ingen renhållning och utan hopp. Våra ständigt ökande städer hotas av förödande utsläpp samt ett globalt samhälle som är indelat där somliga har och andra som inte har något. (Rogers, R. 1998)



Uppskattningsvis finns det idag 500 miljoner bilar runt om i världen. Dessa maskiner har urholkat kvaliteten på de offentliga platserna och har även uppmuntrat till allt fler växande förorter. På samma vis som hissen gjorde skyskrapan möjlig har denna maskin möjliggjort för människan att leva borta från stadens centrum. Bilen har sedermera möjliggjort för människan att dela upp vardagen i olika fack; hem, arbetsplatsen, samt affärer och butiker. Ju större städerna expanderar, desto mer oekonomiskt blir det att utöka det kollektiva transportsystemet. Sedermera leder detta till att städerna med dess invånare blir allt mer bilberoende. Städerna runt om i världen håller på att omvandlas och inte minst utformas för att underlätta för bilen trots att det är idag bilar istället för industrin som genererar den största mängden luftföroreningar. Det är samma föroreningar som förorterens invånare flyr ifrån. Mycket simpel logistik visar hur miljön har skadats genom att bilägandet ökas.

Först började man med vägarna och nu upptas de lokala lekplatserna samt de allmänna mötesplatserna av parkerade bilar. Då bilen integreras med stadsplaneringen kommer gatuhörnen, de offentliga platsernas former och ytor att avgöras till förmån för bilisten.

En av de mest urbaniserade kontinenterna i världen är Europa där omkring 75 procent av befolkningen lever i tätorter. Uppskattningsvis kan nämnas att drygt en fjärdedel av den europeiska landsarealen är nu täckt av stadsbebyggelse. (Rogers, R. 1998)



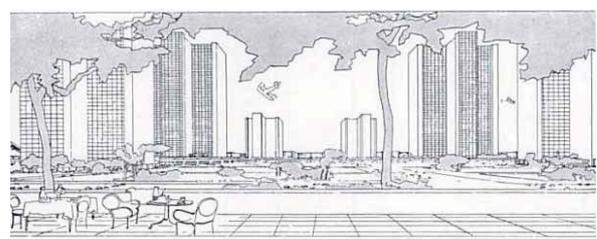
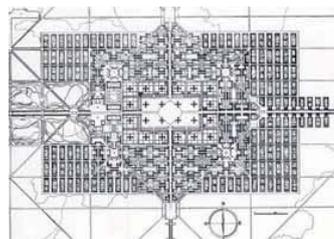
Ebenezer Howards vision var att man skulle på en bred front stimulera en inre migration av befolkningen från de gamla, trångboddade och soffiga städerna, vilka låg på dyrbar privatägd mark till nyanlagda, sunda och praktiska städer. Tanken var att marken i dessa städer skulle ägas av invånarna via kooperativa föreningar och bolag. Dessa nya städer skulle utvecklas till små självägande välfärdssamhällen. Sedermera var Howards vision om trädgårdsstäderna att dessa skulle vara ekonomiskt överlägsna och konkurrera ut de gamla, överbefolkade och ineffektiva städerna.

Howard utgick ifrån att den nya stadstypen skulle omges av ett omland, tillräckligt stort för att försörja staden med livsmedel samt ta hand om dess avfall. Att minimera transporterna samt hålla priserna låga i staden var en kärnfråga för Howard. Han räknade med att man skulle behöva ett markområde om totalt 2400 hektar varav cirka 400 hektar skulle avsättas till själva stadsbebyggelsen. Tanken var att på den resterande marken skulle det växa träd, skogar och ängar. Denna mark skulle också användas till jordbruk. Det skulle ungefär bo 30.000 invånare i själva staden och cirka 2000 personer skulle bo i närområdet.

Trädgårdsstaden skulle fortsätta att växa i enlighet med Howards vision. Dock skulle den inte fortsätta att växa som traditionella städer, genom horisontell utbredning över åkermark utan i hans vision skulle ytterligare en ny stad anläggas i närheten enligt samma principer. Dessa städer skulle förbindas med varandra genom kommunikationsmedel - järnväg för snabba förbindelser samt kanaler för långsamma och tunga transporter. På sikt skulle de nya städerna kunna fortsätta att växa till stora stadskärnor med hundratusentals invånare. Varje stadsenhet skulle behålla proportionerna mellan stadsyta och omgivande jordbruksmark.

När det reflekteras kring trädgårdsstadsstäderna idag världen över kan man med hjälp av teori dra slutsatser om att Howards originalvisioner inte finns någonstans. Detta för att nästan alla har förstått honom fel. Man kan säga att skalet till trädgårdsstaden finns där men saknar den substans som Howards originalvision innehöll. Dagens trädgårdsstads städer baseras inte på självförsörjande välfärdssamhällen. (Byggnadsnämnden, 1994)

CHARLES-EDOUARD JEANNERET "LE CORBUSIER"



"The evil that Le Corbusier did lives after him; the good is perhaps interred with his book, which are seldom read for the simple reason that most are almost unreadable" (Hall, P. 2002, pp. 219)

Le Corbusier uppnådde störst uppmärksamhet när han sade att bostaden i staden som människan skulle bo i kunde liknas vid en maskin. Han menade att arkitekturen skulle totalt vara maskin likt och funktionellt och samtidigt produceras med hjälp av industriellt massproducerande metoder, likt flygplanen och bilen.

Le Corbusier menade att man skulle avlasta städernas centra genom att öka dess densitet. För att kunna göra detta, menade han, behövdes en förbättring av cirkulationen kring staden samt att man behövde öka storleken på de öppna ytorna. Resultatet kunde liknas vid att man byggde högt på en liten markyta. För att kunna bygga detta krävdes att byggnationen skulle ske på en obebyggd och klar mark.

Sedermera kritiserade Le Corbusier stadens tillväxt genom att hävda att staden är döende därför att vi inte bygger mera geometriskt. Transportbehovet var en nödvändighet och krävde därför en total rivning av befintliga byggnader för att kunna tas plats i staden. Vidare hävdar Le Corbusier genom att säga att statistiken visar oss människor att verksamheter bedrivs oftast i städernas centrum.

Det innebär att breda avenyer behövs drivas genom centrum av våra städer. För att varje stad ska kunna räddas, menar Le Corbusier, måste deras centrum byggas om.

Harry A. Anthonys respons till Le Corbusiers maskinliknande stad var:

"There is no recognition anywhere in it of the problem of garaging all these cars, or of the environmental problems that would result from their noise and emissions; they are simply ignored"

Le Corbusier ansåg att bostäderna i städerna skulle massproduceras för att skapa ett "mass-boende". Vidare menade han att det inte fanns tid för en individuell egenhet. Detta tankesätt mynnade vidare ut till att han kallade bostäderna för celler. Dessa celler, menade han, skulle tillfredsställa människans fysiologiska och känslomässiga behov. (Hall, P. 2002)

"We must arrive at the "house-machine", which must be both practical and emotionally satisfying and designed for a succession of tenants. The idea of the "old home" disappearing and with it local architecture, etc., for labour will shift about as needed, and must be ready to move, bag and baggage." (Hall, P. 2002, pp. 224)

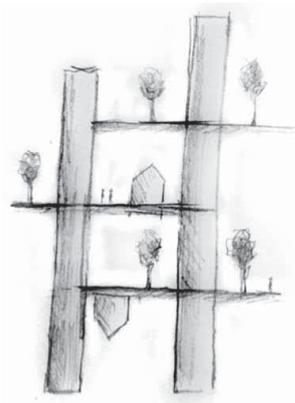
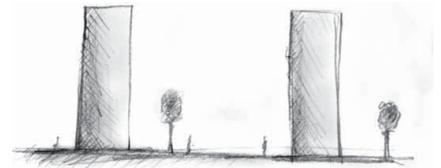
K2 DEN VERTIKALA STADEN

EBENEZER HOWARD LE CORBUSIER ILYAS AWADH

I Ebenezer Howards vision bor människorna i trädgårdsstäder. Dessa trädgårdsstäder är tänkta ska fungera som självförsörjande välfärdssamhällen. Människan kommer nära naturen. Jag anser att Ebenezer Howards vision var genialisk på det sätt som han ville väva in staden och människan med naturen, men har blivit missförstådd. Min största kritik till denna vision, trots många goda kvaliteter, är konsekvensen slutligen att städerna växer horisontellt och tar i anspråk för stor yta av marken. Det som är tänkt ska vara det fria landskapet blir istället bebyggt med vägar och broar som ska fungera som kopplingar mellan dessa trädgårdsstäder.



I Le Corbusiers vision bor man i höga hus som ska liknas vid maskiner. Dessa maskiner ska massproduceras för ett mass-boende. Denna typ av stad bidrar till att dess densitet blir högre, men konsekvensen blir att avståndet mellan boendet och naturen ökar. I visionen omringas dessa höghus av landskap, men historien har visat oss att det blir mest asfalterade områden med lite träd här och där. Le Corbusiers sätt att se på staden var inhuman, men av allt att döma så anser jag att visionens få goda tankar varit att öka städernas densitet och utnyttja höjden.

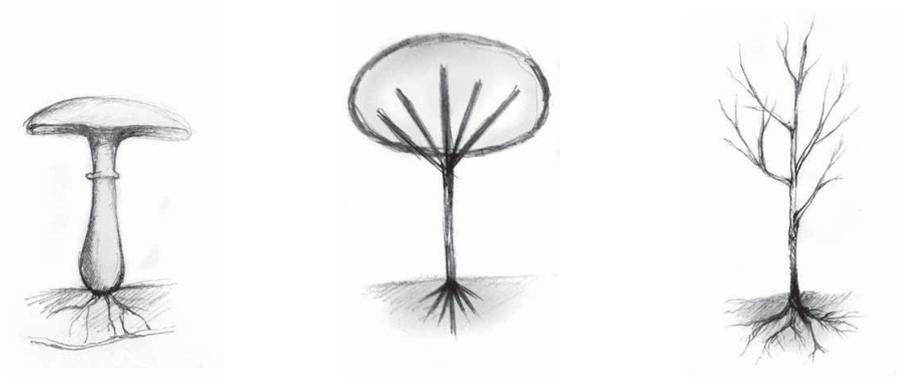


Jag vill ha människan i närhet till naturen samtidigt som jag vill ha hög densitet på staden.

I min vision tar jag upp både landskapet och boendet vertikalt samtidigt som man bor i högt så är man hela tiden nära parker.

Jag tror på variation i staden därför har jag i den vertikala stad olika typer av bostäder och byggnader.

Jag tror att städer bör växa till en viss gräns och när denna gräns ska överskridas bör nya städer växa sig vertikalt och sammankopplas ihop genom transport.



Växter som behöver ljus växer vertikalt med ett starkt rotsystem under marken, har ett litet fotavtryck samt en stor volym i luften för att fånga upp ljuset.

Rent hypotetiskt skulle vi kunna säga att människan kan likna sig med växten. Vi behöver både ljus, plats och är i behov av marken för att kunna leva och få näring.

Vi är båda i behov av ljuset, men gått skilda vägar på hur vi fångar upp ljuset. Växter har rest sig vertikalt med stor volym i luften för att fånga upp ljuset. Människan däremot har brett ut sig horisontellt och byggt lågt för att fånga upp ljuset.

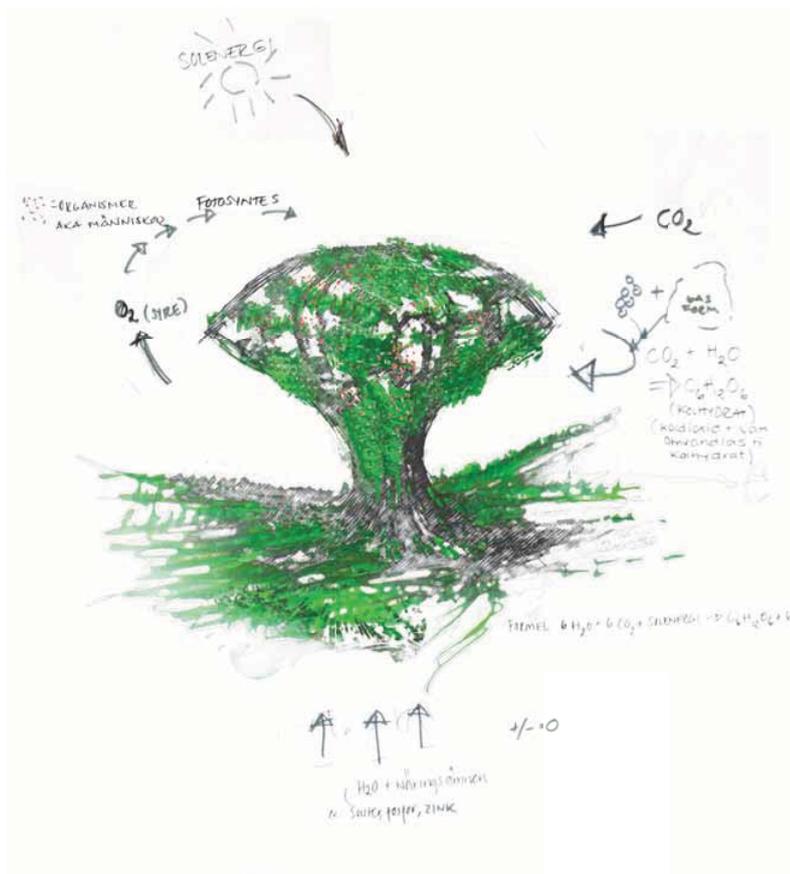
Vi är båda i behov av plats. Växter har genom att växa vertikalt med litet fotavtryck kunnat breda ut sig med så litet påverkan på miljön som möjligt, medan vi människor har växt horisontellt och tagit i anspråk väldigt stora landområden. Vi är båda i behov av vår omgivning och näring.

Växters sätt att växa på bidrar till att de lever i symbios med resten av naturen, genom att den både tar näring och ger näring. Däremot har människans girighet bidragit att vi tar och ger inget tillbaka till naturen. Vår horisontella tillväxt har bidragit till att skog och odlingsmark tagits i anspråk så att i en snar framtid finns ingen plats för odling och skog.

Vad skulle då hända om vi människor började likna oss växterna?

Växten blev utgångspunkten för utformningen av den vertikala staden. Genom den här principen återger jag marken till naturen som en gång blev tagen från människan och gavs aldrig tillbaka. Snarare är det frågan om nyare lösningar för att människan ens överhuvudtaget skall få plats på vår planet och ha kvar naturen och tillgång till odlingsbar mark.

STADEN SOM EN VÄXT



Staden ska samtidigt som den tar från omgivningen ge tillbaka till naturen. Den ska ha sin plats i ekosystemet och tillåta näringskedjan cirkulera naturligt.

Staden kommer att använda sig av omgivningens odlingsmark och för att rörelsen ska hamna i ett kretslopp kommer staden att lämna tillbaka näring till marken genom gödsel.

Växterna och djuren lever i symbios med varandra. Vi människor skulle också ha varit i symbios med naturen då vi ligger högst upp på näringskedjan. Då människan är en girig varelse som har överdrivit sina levnadsvanor under årtal har fallet inte blivit att vi levit i symbios med naturen. Vi har förbrukat resurser och endast tagit från naturen utan att lämna tillbaka något.

Visionen med dessa vertikala städer ska bidra till att ge jorden tillbaka dess landskap, och där nya växter och träd kan åter igen, som en gång i tiden, rengöra luften. Staden kommer att växa till en viss gräns och sedan växer en ny stad i närheten. Dessa vertikala städer kommer att vara sammankopplade tillvarandra med broar.

Den vertikala staden ska ha ett litet fotavtryck på marken och ha den största volymen i luften för att kunna, likt växterna, fånga upp ljuset.

Stadens ben är tänkt ska vara lik växternas stam och där växligheten och träden, vilka är planterade i staden skall agera som blad i staden där dessa renar luften.

Den vertikala staden hämnar naturen och tar till vara på solens ljus och omvandlar den till energi.

Avföring komposteras och används som gödsel för att ge näring till omkringliggande natur.

Desto högre upp i konstruktionen vi kommer, desto mer kondens blir det. Detta utnyttjar staden och använder kondensvattnet till avloppet.

Visionen är att vi människor skall vara stadens organismer som skall bidra till att växten ska kunna leva och samtidigt vara välfungerande. Detta är även ett sätt för människan att känna samhörighet.

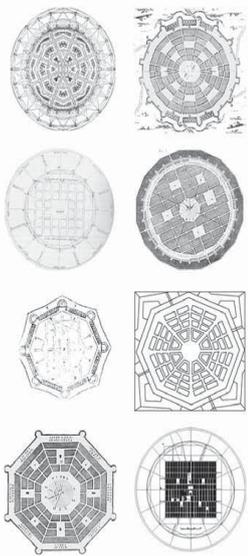


Naturen har från början varit orört och vuxit fram naturligt och organiskt. Människan, djuren och naturen har levt tillsammans i symbios. Ekosystemet hade en god balans och näringskedjan hade sin naturliga gång. Det fanns gott om stora grön- och markområden vilka var orörda fram till cirka 1900-talet.

I samband med att industrialismen började blomstra och bilarna började massproduceras märktes det tydligt att transportbehoven var stora. Människor började flytta in till städerna då det var närmare till arbetet. I samband med att städerna började att växa mer och mer började stadskärnan att hamna allt mer längre bort. Då transporten ökade ledde det till större koldioxid utsläpp och ett sämre ekosystem, men framför allt började man att ta mera mark i anspråk utan att ens reflektera kring naturens välmående. Städerna hade större fotavtryck och inte minst började vissa städer att växa ihop. En obalans började råda.

Framtidens vision är att de vertikala städerna börjar växa. Dessa städer har ett litet fotavtryck och stor volym i luften. Då markförfrågningarna börjat att öka och det snart inte finns kvar mark att bygga på är de vertikala städerna en optimal lösning av problemet. Dessa städer liknas vid växterna och är självförsörjande.

VITRUVIUS IDEAL STAD



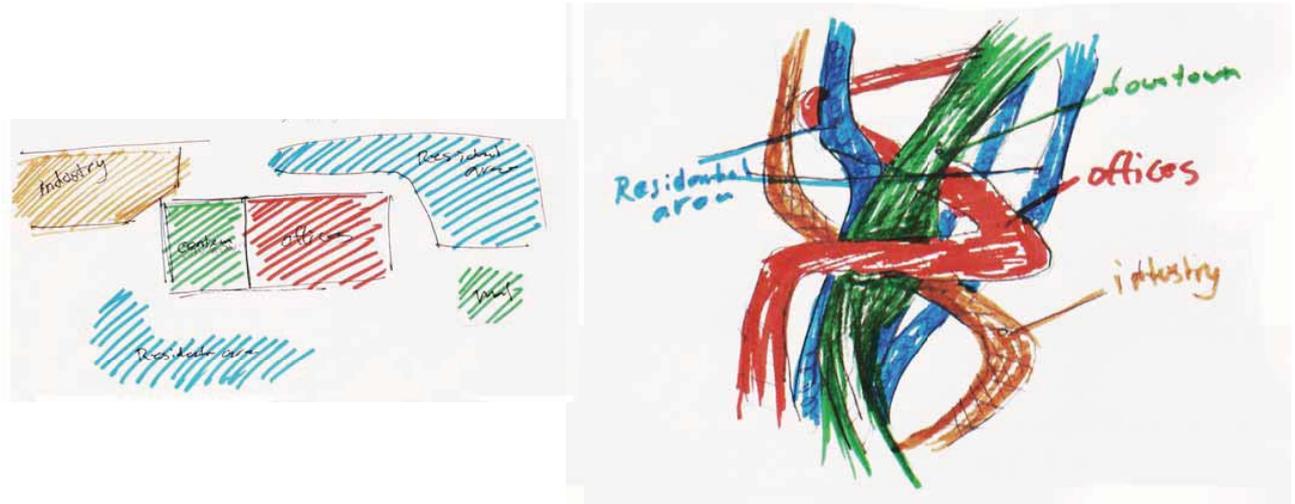
I alla tider har forskare föreslagit bilder av den ideala staden som beskrivs i "De Architectura". Dessa är några av dem.

Jag har utgått från de bildliga tolkningarna av Vitruvius ideal stad och försökt tolka de vertikalt.

Det vi ser som byggd tolkar jag i den vertikala staden som stadens pelarben som reser sig tillsammans med boende och stadsfunktioner. Öppna platser tolkar jag som plattor som reser sig upp i den vertikala i staden och som öppna luftrum för att få öppenhet. Gatorna i de bildliga tolkningarna tolkar jag till broar och kopplingar mellan pelarbenen och plattorna i den vertikala staden. Stadens cirkel form och närheten till centrum utnyttjar jag och roterar pelarna runt mitten.

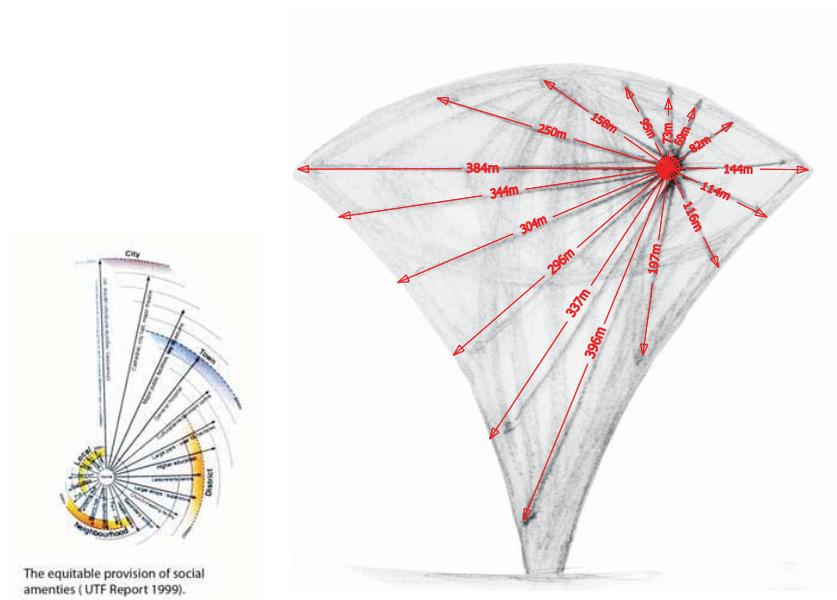
Från tolkningarna ser jag att Vitruvius ideal stad var skyddad mot yttre hot och vinden. Detta tolkar jag som ett klimatskydd. Jag tar upp staden i luften för att skydda den mot naturkatastrofer liksom översvämningar.

Utifrån bilderna ser jag att Vitruvius ideal stad var begränsad i tillväxt av stadens yttre gräns. Därav begränsar jag min stad i tillväxt och om den ska växa bör en ny vertikal stad växa i närheten och de kan kopplas ihop. För att inte endast ha boendet ut i det yttre, lägger jag till en inre rotation av pelare så att i snitt få liknande planer som tolkningarna av Vitruvius ideal stad.



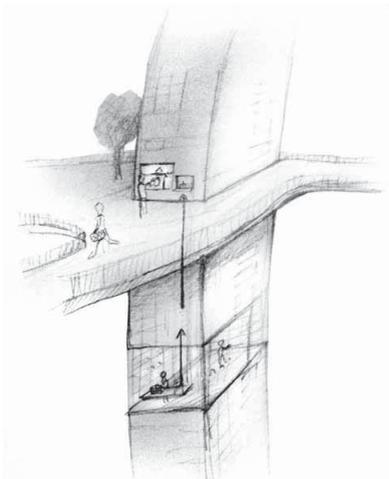
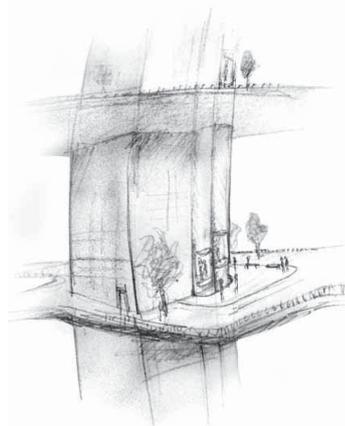
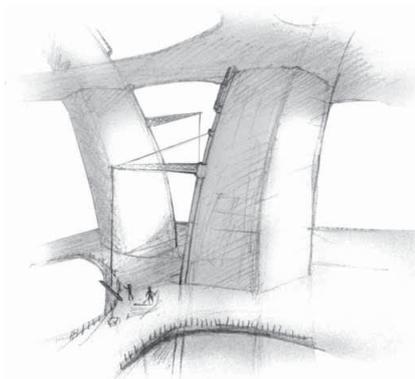
Städer idag är uppdelade för det mesta i zoner. Centrum, industriområde, bostadsområde, arbetsplatser etc. Tack vare bilen har det blivit möjligt att ha större avstånd mellan dessa funktioner. Detta är både ohållbart ur en ekologisk aspekt då vi tar över mark från naturen samt skapas det segregation ur en social aspekt.

I min vision om den vertikala staden ska dessa funktioner överlappa varandra och gå ihop, därför har jag vridit pelare i staden åt olika håll för att få de olika funktionerna att vara nära varandra. Staden ska inte vara indelad i olika zoner som exempelvis arbetet, hemmet och centrum. Dessa nödvändigheter ska vara nära varandra. Detta bidrar till en tryggare stad där inga delar av staden "sovnar". Jag hoppas att blickbarheten och variationen i staden bidrar till en tryggare stad för de boende.



The equitable provision of social amenities (UTF Report 1999).

Den vertikala stadens form bidrar till att hemmet är nära olika funktioner i staden. Fågelavståndet överskrider aldrig 500 meter. Utifrån diagrammet ökar förståelsen vid att människan är i behov av olika typer av funktioner i staden utan att behöva gå längre sträckor. Den vertikala staden bidrar till en närhet utan att ta bilen.



Bilen har möjliggjort den horisontella stadens utbredning. Hissen kommer att möjliggöra den vertikala stadens nivåskillnader.

Den vertikala staden ger oss nya utmaningar och förutsättningar. Hissen blir viktig i staden då den löser och ger oss nya sätt att leva på.

Hissystemet bli stadens lokaltrafik. När många människor rör sig vertikalt krävs det att det finns hisshållplatser. Detta för att rörelserna i staden ska ske smidigt och optimalt.

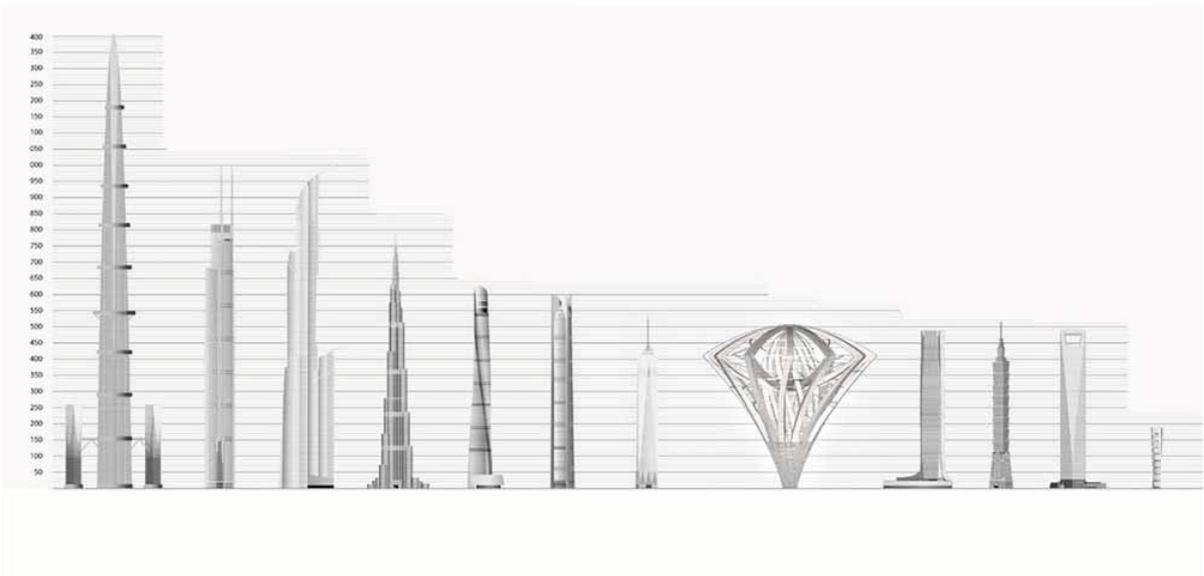
Tanken är att exempelvis mat ska kunna beställas från sin våning genom en virtuell skärm och där leveransen sker via hisssystem upp till vederbörande person som beställt maten.

Lyftkranar kan ha egen hisssystem, där underhåll och transport av varor i staden blir möjlig på de olika nivåerna.



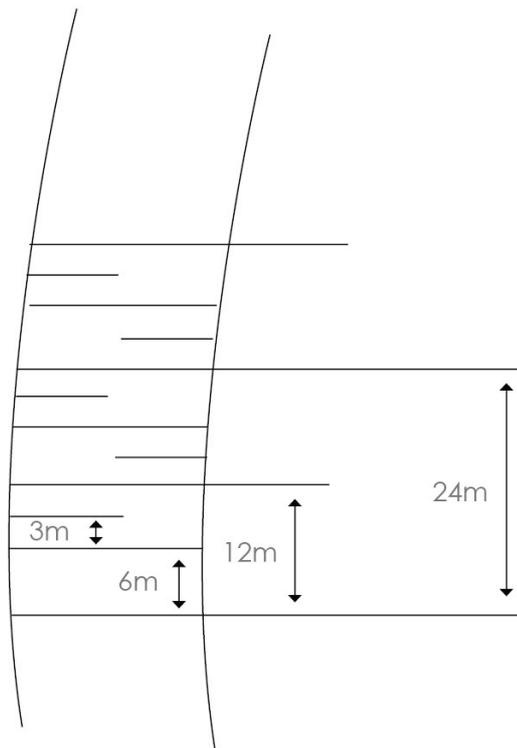
Den vertikala staden innehåller bostäder och samhällsfunktioner som normalt finns i en svensk ort på 20 000 personer, men tar upp en mycket mindre plats, även skuggan som bildas av en så hög konstruktion stör den omgivningen mycket mindre än vad horisontella städer gör.

Bilden visar den vertikala staden med en diameter på 500 meter samt dess skugga i förhållande till en befintlig stad (Ängelholm) med ca 20 000 invånare. En solstudie har utförts från kl 07.00 då solen går upp till 18.00 då solen går ner.



Många skysrapor idag brukar liknas vid vertikala städer. Dock anser jag att de brister i att ta upp landskapet och variationen som krävs i staden. Visionen är inte att göra den högsta byggnaden utan snarare att lyfta upp en stad i luften med stor volym och litet fotavtryck.

ÖFFENTLIGT & PRIVAT



Var 24:e meter kan man dela in för platfor med parker och promenadstråk.

Var 12:e meter kan man ha kopplingar mellan olika plattformar.

Var 6:e meter kan man ha offentliga inre rum så som skolor, arbetsplatser m.m.

Var 3:e meter kan man ha indelningar till privata rum såsom lägenheter.

Staden placerad vid eller i vattnet. I denna kontext kommer skuggan att falla över vattnet.



Staden placerad på åkermark. I denna kontext kommer skuggan att falla över odlingsbar mark. Vissa typer av grönsaker behöver inte så mycket ljus och kan vara på skuggsidan.

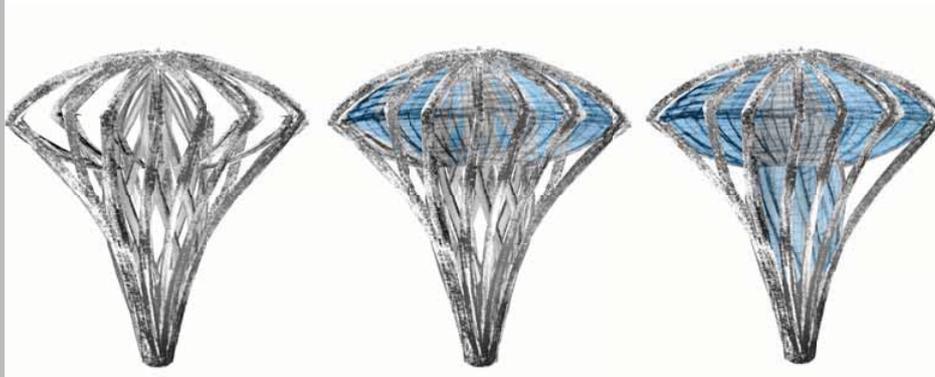


Staden placerad vid ett industriområde. I denna kontext kommer skuggan att falla över industrierna. Det är ingen nackdel om industriområden ligger i skuggan då det lätt kan bli varmt i fabriker och maskiner.



Staden placerad i en öken. I denna kontext kommer skuggan att falla över sanden. Då växlighet och dylikt inte finns spelar det ingen större roll om vart skuggan faller då staden är i luften.

KLIMATSKAL UTIFRÅN KONTEXT



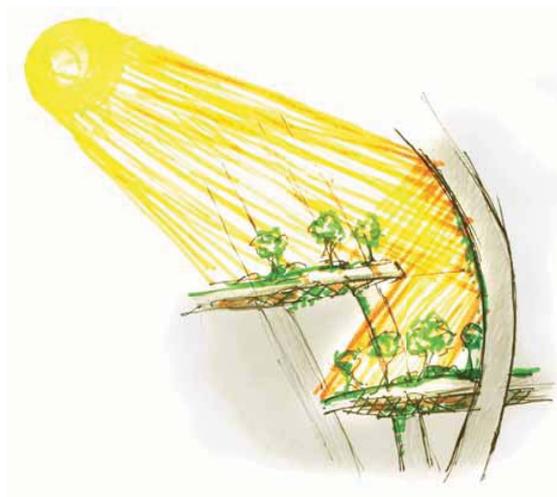
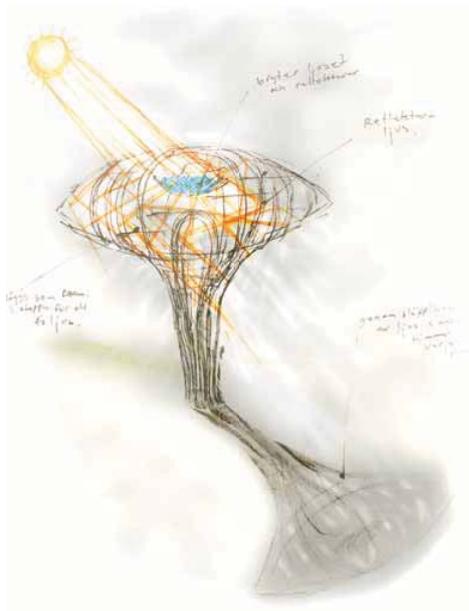
Den vertikala stadens klimatskal kan variera utifrån olika kontext.

De yttre pelarna från grunden tänker jag mig vara öppna alltid, så man kan ha variation på klimatet i staden. De inre benen och övre bågarna kan helt klimatskyddas.

I varma klimat brukar det vara svalare desto högre upp man kommer, och i detta fall behöver man inte klimatskydda staden, däremot kan man placera plattorna så att mer skuggbildning sker.

Är det däremot kallt och blåsigt klimat kan delar eller hela staden vara klimatskyddad.

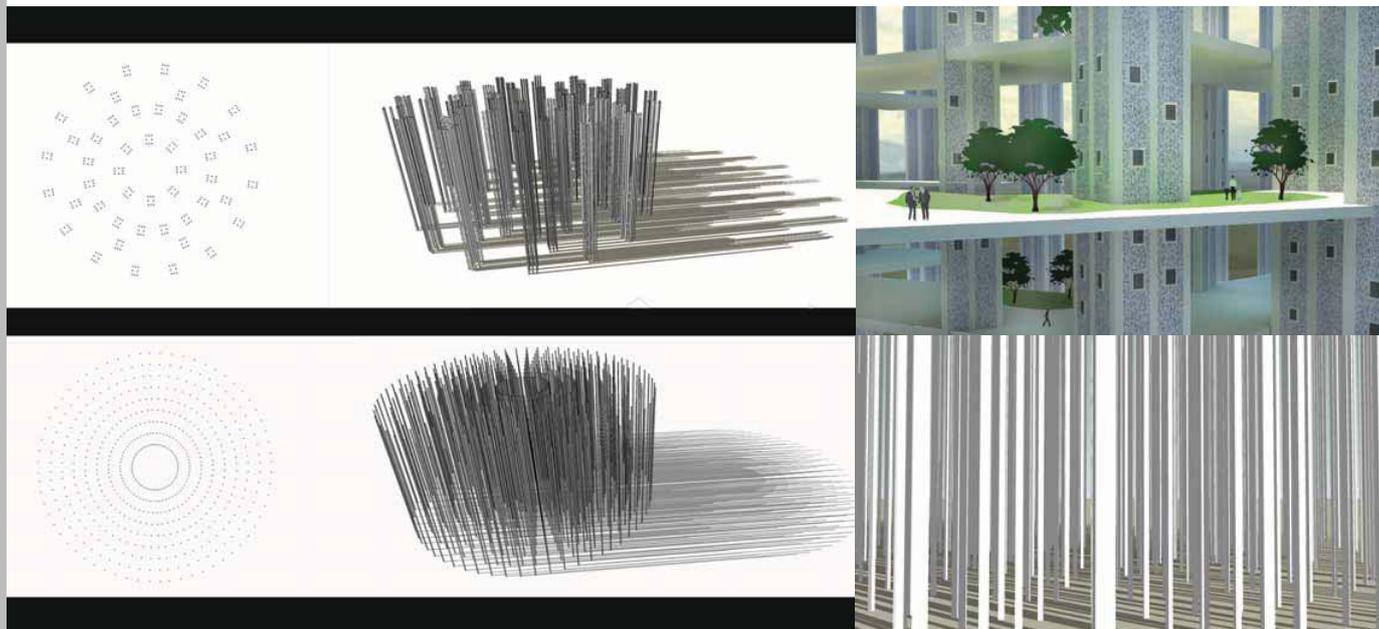
Klimatskyddet består av ETFE-plast och har vikten av mindre än en procent av glas.



En av de svåraste utmaningarna i uppbyggnaden av den vertikala staden är att få in direkt solljus in till staden. Det kan konstateras att det är svårt att få in direkt solljus alltid och överallt, särskilt i en sådan stor stads komplex som denna. Då ställdes frågan: Hur mycket solljus är människan generellt i behov av? Det viktigaste är inte för människan, anser jag, att få direkt solljus utan snarare få glimtar av himlen samt den generella ljusheten som solen skapar. Det viktiga är att få diagonala glimtar ut mot himlen då vi oftast är inomhus när vi arbetar, shoppar, fikar eller är hemma.

Generellt kan sägas att oavsett vart i den vertikala staden människan befinner sig i; caféet, inomhus, utomhus eller i ett varuhus kommer det att finnas glimt av himlen och ljusheten. Det kommer alltid att finnas ett generellt ljus i staden. Öppenheten i konstruktionen, den generella ljusheten, fasader som reflekterar ljus samt pelarnas vridning som tillåter genomsläpplighet av ljus bidrar till en dynamisk stad.

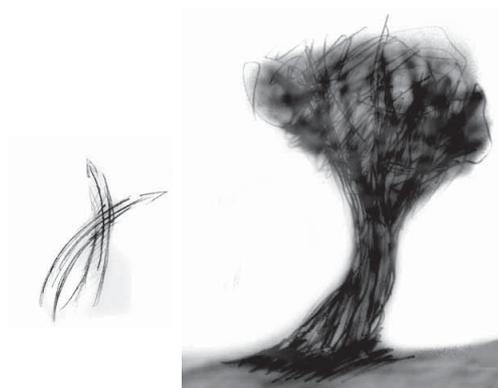
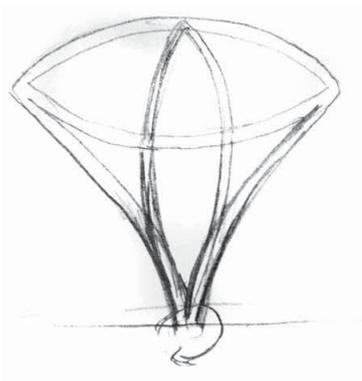
K3 KONSTRUKTION



En vis mängd stälpelare kommer att krävas för att hålla den vertikala staden uppe. Dessa kan placeras på olika sätt. På den nedre bilden har stälpelarna blivit jämt utspridda över den cirkulära arean, medan i den övre bilden har de grupperats ihop för att forma större pelare. Den grupperande varianten ger mer möjligheter till vissa större och friare ytor och några mindre ytor. Transparensen blir även bättre i den övre bilden. Därför består den vertikala staden av stälpelare som är grupperade till ett antal pelarben.

VRIDNING

Pelarbeben går som bågar från grunden, upp genom hela konstruktionen och ner till marken igen. Det finns två typer av bågar: en större yttre båge och en mindre innerbåge. Dessa bågar itererar runt ett antal gånger i en cirkel. Bågarna möts uppe i toppen, men är även fästa med varandra längst med hela konstruktionens längd med hjälp av plattformar, byggnader och diagonala förbindelser som går mellan bågarna.



Innerbågarna och yttrebågarna är vridna i varsin riktning runt mittenaxeln enligt inspiration från trädens fiber som vrider sig för ökad stabilitet. Denna vridning bidrar även till att fler av de boende i de inre pelarbeben får utsikt ut över omgivningen då de inte skymms av de yttre pelarna.

En del av stadens bostäder och funktioner kommer ligga i pelarbågarna, medan en del kommer att vara fria i sfären. Totalt är det en volym på 4,4 miljoner m³ som ska fördelas mellan pelarbenen och sfär och tre olika varianter på fördelning testas. För enkelhetens skull tilldelas de yttre- och inre pelarna samma bredd, för att en lämplig kombination av fyllighet i sfären, antal bågar och stål mängd väjs.

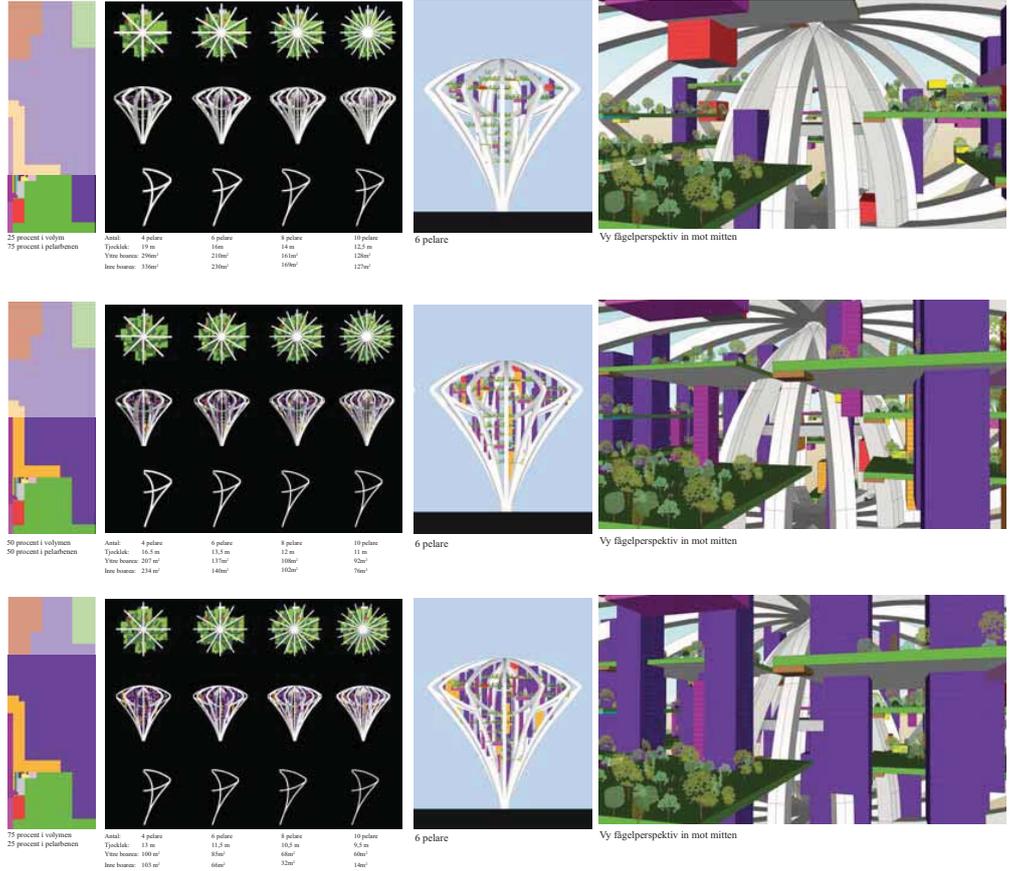
I den övre bilden illustreras en vertikal stad med 75 % byggnader i pelarbenen och resten i sfären, i den mittersta hälften i pelarbenen och hälften i sfären och i den understa bilden 25 % i pelarbenen och resterande 75 % i sfären.

Konstruktionens transparens påverkas inte endast av fylligheten i sfären utan även antalet pelarbågar som bygger upp staden. De fyra varianterna har olika antal pelarbågar, från fyra bågar till tio. Här ser man att det blir en relativt täckande konstruktion när man kommer upp i antalet ben, vilken gör att staden känns som att ligga innanför en vägg.

Boarea per våningsplan kan i princip vara hur stor eller liten som helst, men till exempel en boarea på 14 m² som i varianten 25 % i 10 bågar är direkt olämplig att bygga bostäder i. Med tanke på att det bör finnas flera bostäder per plan i pelarebenen är ett spann mellan 200-300 m² lämpligast för den vertikala staden och det lags i hänsyn vid valet av bredd och antal bågar. Ett annat krav är att nedböjningen ligger mellan 0,9-1 m, vilket är 0,2 % av den totala höjden och att stålets spänning gräns inte skall överskridas.

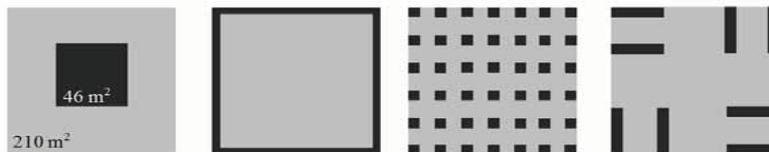
Det syns tydligt att varianten ner till med 75 % i sfären är överbelamrad och ger ett kompakt intryck, medan den mittersta är något luftigare, men vi anser att det är i den övre varianten som vårt krav på sebarhet genom konstruktionen uppfylls. Här i denna variant får växligheten en mer framträdande roll och känns väldigt öppen och luftig.

Utifrån dessa illustrationer valdes variant 25 % i volym och 75 % i pelare med 6 pelarben. Då denna gav den öppenhet som önskades och samtidigt gav en bra boarea i pelarbenen. När detta är valt utförs vidare analyser med olika fjocklek för de yttre och de inre bågar för att göra stadens inre ännu luftigare och öppnare.

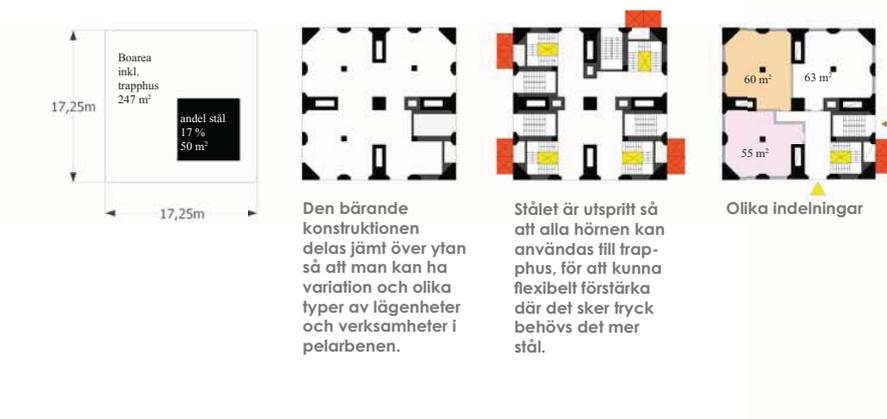


ANDEL STÅL

De bärande konstruktionselementen består av stål. Mängden stål beräknas i procentandel från hela pelarbenets area. Detsamma gäller bärigheten, det vill säga elasticitetsmodulen multipliceras också med samma procentandel. Resultatet blir en specifik area stål som kommer krävas i pelarbenet och denna area skall sedan spridas så jämnt som möjligt i pelarbenet så det fortfarande finns möjlighet till planlösning för boendet. I bilden nedan visas olika sätt att fördela de bärande elementen, som synes blir effekterna olika trots samma area.



I bilden visas ett exempel på pelarfördelningen med 18 % stål, genom att fördela de bärande elementen på olika sätt blir effekterna olika trots samma area.



Konstruktionslast

Utöver stålpelarna behövs det konstruktionselementen som bygger upp byggnaderna och plattformarna i den vertikala staden. På grund av klimatskyddet och de bärande funktionerna från stålpelarna kan dessa väggar utföras i lättare material än traditionella byggnader som byggs av betong, sten eller trä. Dessa konstruktionselementens uppgift är att dölja och till viss del isolera människorna som bor och verkar i byggnaden. För viktberäkningen på byggnadernas lätta material dras paralleller till husvagnar och flygplan. Husvagnar som är fullgoda bostäder, men väger under ett ton, och flygplan som bär och skyddar människor från väder och lufttryck samtidigt som de är lätta och tunna.

Ett flygplans väger 276 ton, då det har en ungefärlig användbar volym på $7*72*2 \text{ m}^3$.

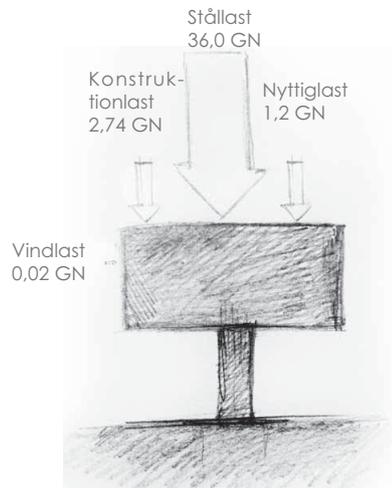
Vilket ger en konstruktionsvikt på $2,74 \text{ kN/m}^3$.

Nyttiglast

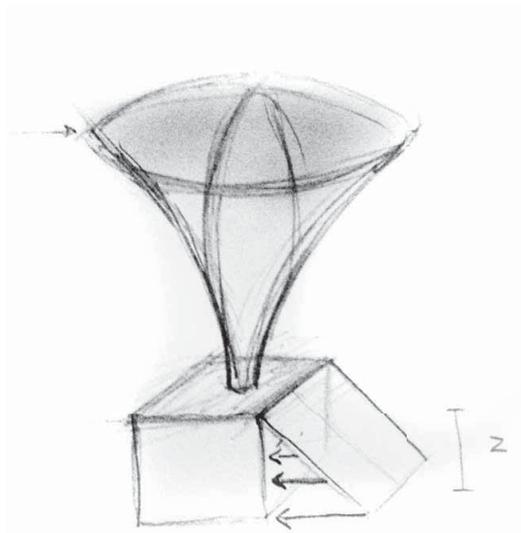
För att vi skulle kunna ha en vikt på staden så antog vi vilka funktioner den skulle innehålla genom att kolla på andra städer med 20 000 inv. Datan vi får fram beräknar vi ut lasten utifrån (Neufert & Neufert, 2008). Den totala nyttig lasten beräknas fram till $1,2 \text{ GN}$.

Egentyngd

De bärande konstruktionselementen består av stål. Stål har en elasticitetsmodul på 210 GPa och en tyngd på 78 kN/m^3 . Mängden stål beräknas i procentandel från hela pelarbetets area. Detsamma gäller bärligheten, det vill säga elasticitetsmodulen multipliceras också med samma procentandel. Resultatet blir en specifik area stål som kommer krävas i pelarbetet och denna area skall sedan spridas så jämnt som möjligt i pelarbetet så det fortfarande finns möjlighet till planlösning för boendet.



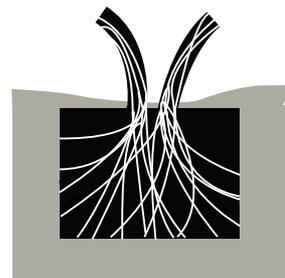
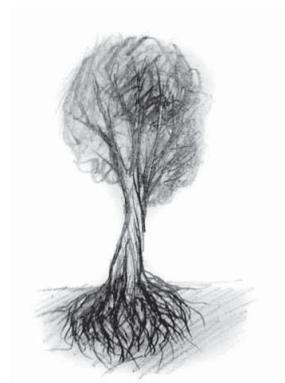
FUNDAMENT

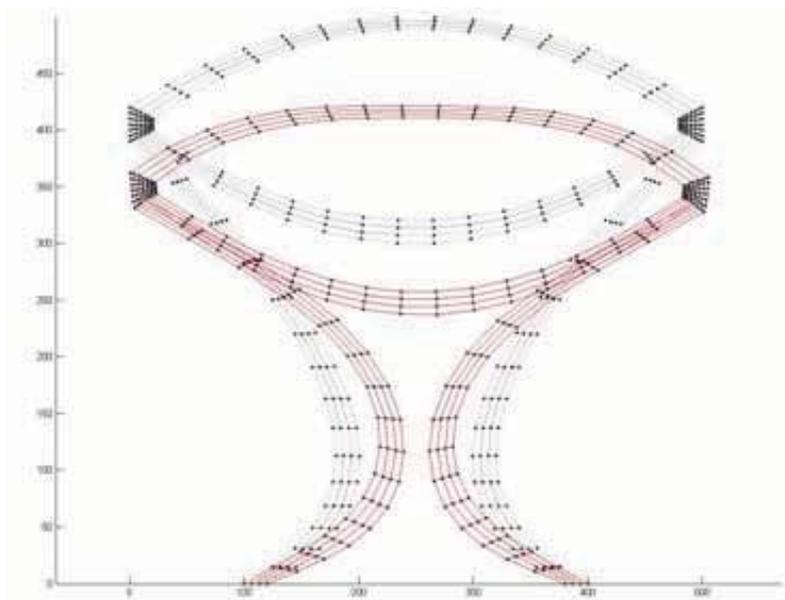


Momentkraften som beror på vindlasten skall tas ut av kraften från jorden så det råder jämvikt vid marken. Vid 400 meter upp på konstruktionen beräknas tyngdpunkten för vindlasten ligga, medan den ligger $2/3$ från markytan för jordtrycket.

Om vi tittar närmare på en träs rotsystem finner vi att dess rotsystem fungerar på samma sätt som dagens armeringsjärn fungerar i ett hus.

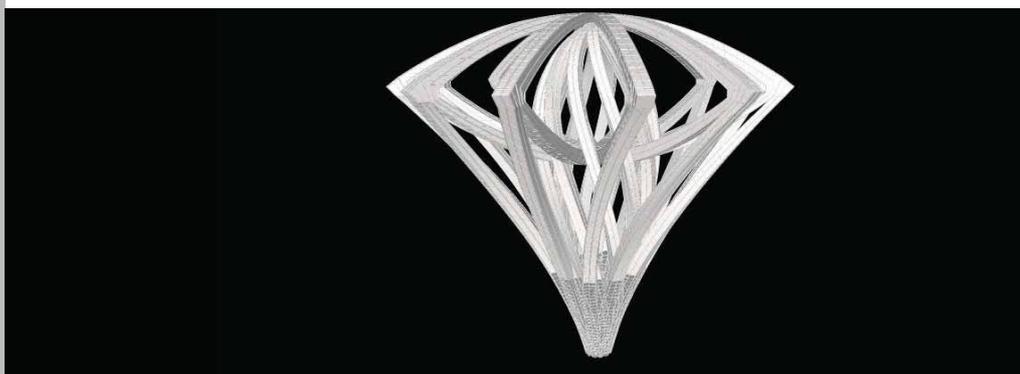
Rotsystemet i den vertikala staden ligger i ett rotsystem av ihållig betong där volymen är viktig för att kunna fånga upp jordtrycket. Innehållena i betongen kan fungera för olika funktioner så som rengöringsverk m.m.





Innan optimeringen var formen designad så att pelarna gick utåt igen vid marken. Detta trodde vi skulle vara en bra form då det kan behövas lite stabilitet nertill för att väga upp till den breda toppen på konstruktionen och även för att motverka vindlaster. Men det visade sig i analyser att konstruktionen viker sig i böjen. Dessutom behövs inte det bredare föttestet på grund av vindlasten då vindlasten blir liten i förhållande till de lodräta lasterna som påverkar byggnaden.

FORMEN



Den optimala formen för en vertikal stad med 20 000 invånare med ett så litet föttestet som möjligt, är en svampformad konstruktion med en inre smalare konstruktion. Den vertikala staden består av 6 dubbelbågar med en yttre och en inre båge som är vridna i motsatt riktning till varandra. Den yttre konstruktionen har 17,25 meter breda kvadratiska pelarbågar innehållande 17 % bärande stål. I den inre bågen är bredden 14 meter och andelen stål 14 %. Det övriga utrymmet i pelarbågarna används till bostäder och andra byggnader och arean är 247 m² respektive 169 m² per våningsplan. De bärande konstruktionsdelarna är inte helt jämt fördelade i pelarbenen utan är anpassade efter var pelaren är dragen och tryckt.

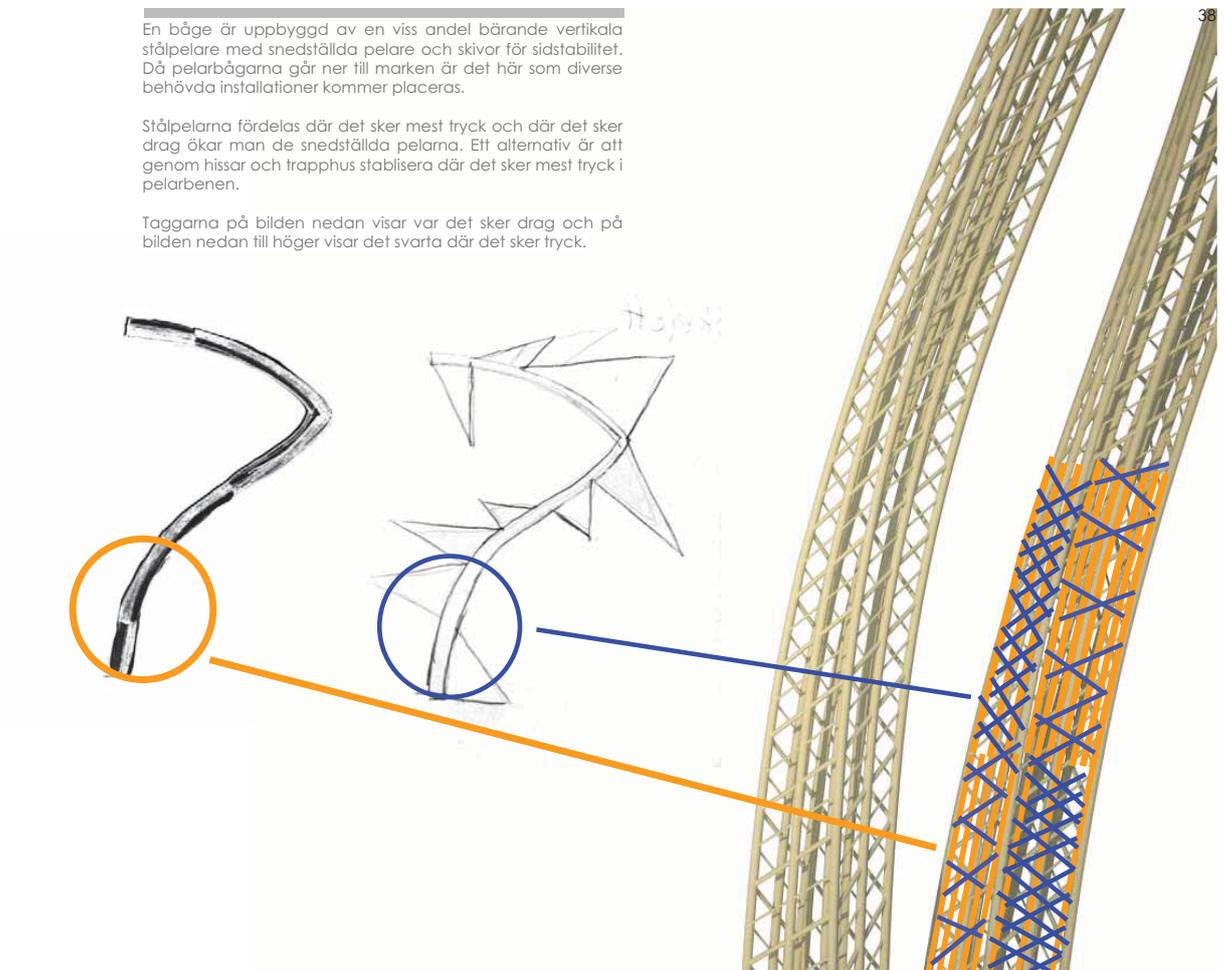
K4 ANATOMI

SKELETT

En båge är uppbyggd av en viss andel bärande vertikala stålpelare med snedställda pelare och skivor för sidstabilitet. Då pelarbågarna går ner till marken är det här som diverse behövda installationer kommer placeras.

Stålpelarna fördelas där det sker mest tryck och där det sker drag ökar man de snedställda pelarna. Ett alternativ är att genom hissar och trapphus stabilisera där det sker mest tryck i pelarbenen.

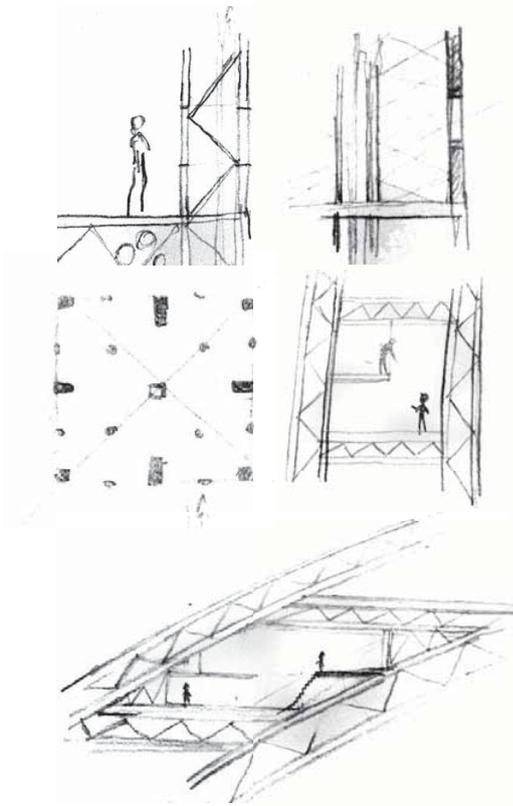
Taggarna på bilden nedan visar var det sker drag och på bilden nedan till höger visar det svarta där det sker tryck.



MÄRGEN

Genom att låta olika funktioner och boendet vara i pelarbenen så minskar vi stadens vikt.

Planerna ska ge stabilitet åt pelarbenen och varieras i höjd på olika ställen för att kunna ha olika typer av rum, privata och offentliga.

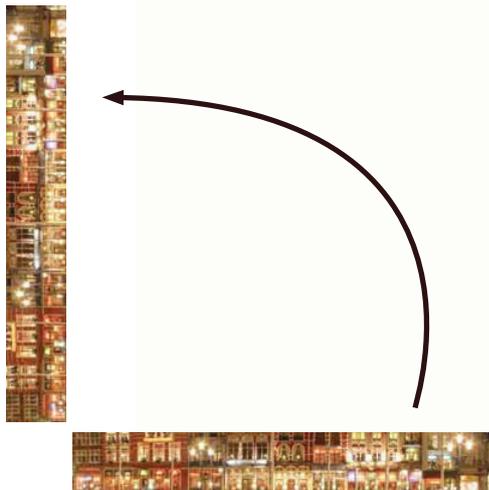


39

HUDEN

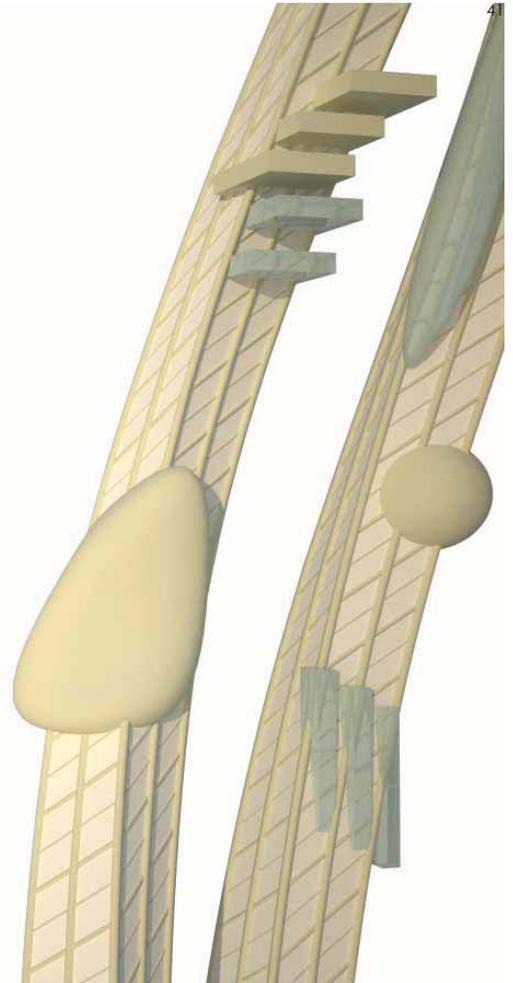
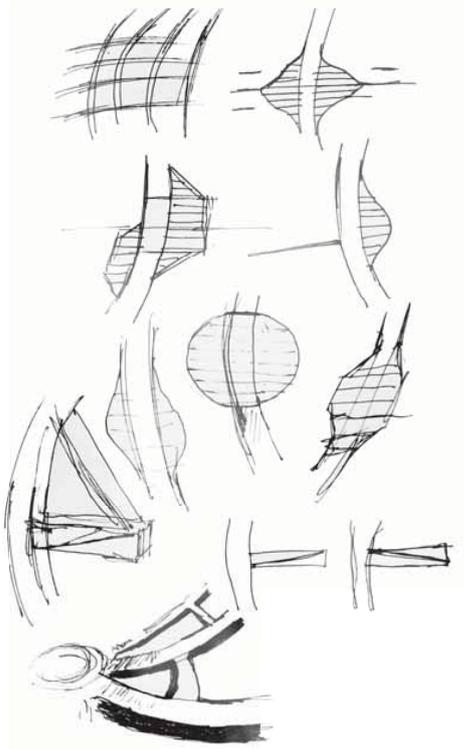
Tanken är att staden ska vara flexibel som en vanlig stad, den ska inte vara färdig när den är byggd utan den ska kontinuerligt byggas ut och förändras.

Som i en horisontell stad där fasader skiljer sig från varandra tänker jag mig variation på fasaderna i den vertikala staden, men denna variation sker vertikalt.



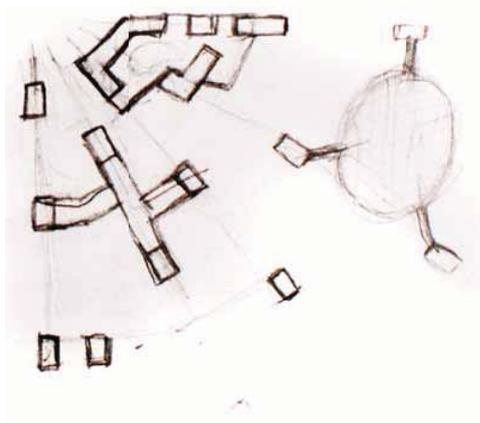
BROSKEN

På pelarbenen ska det kunna växa olika tillbyggnader för att kunna skapa olika rum, balkonger och terrasser, detta för att få en variation i staden.



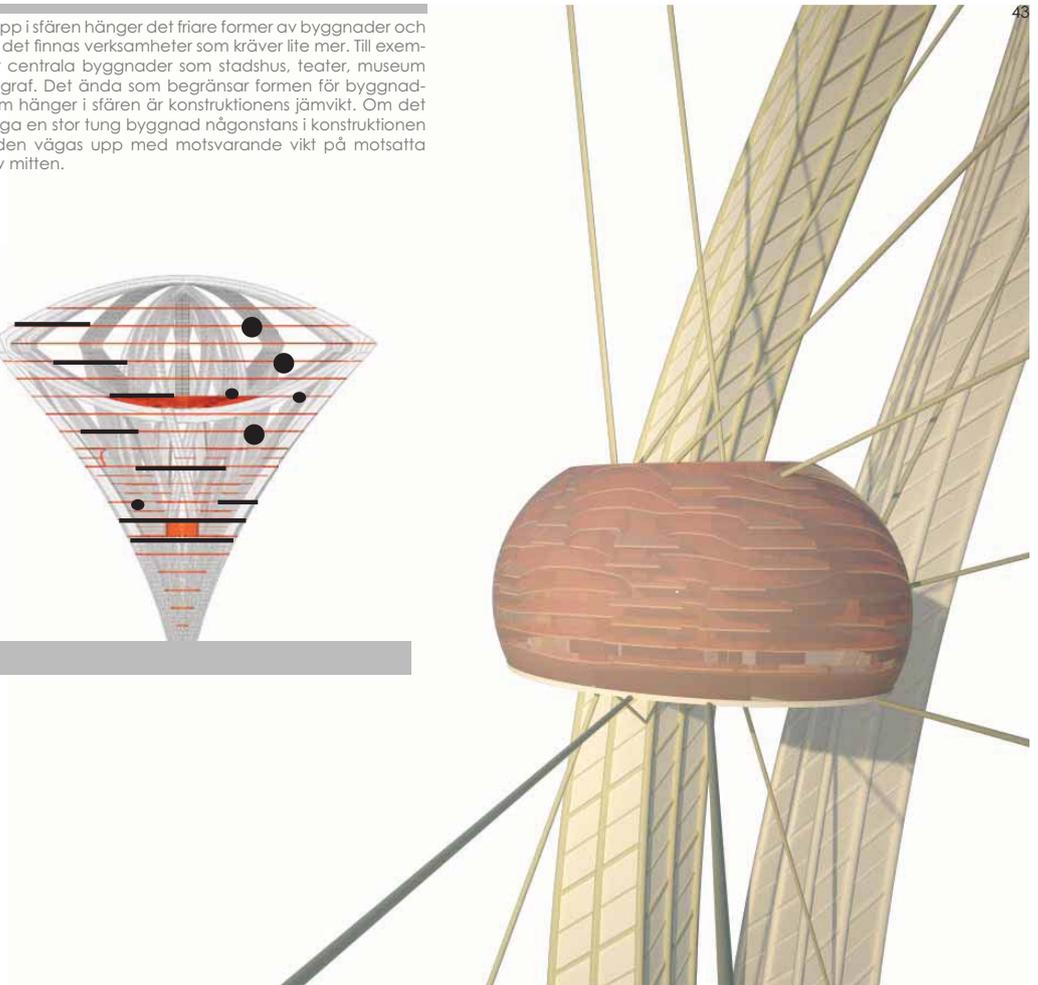
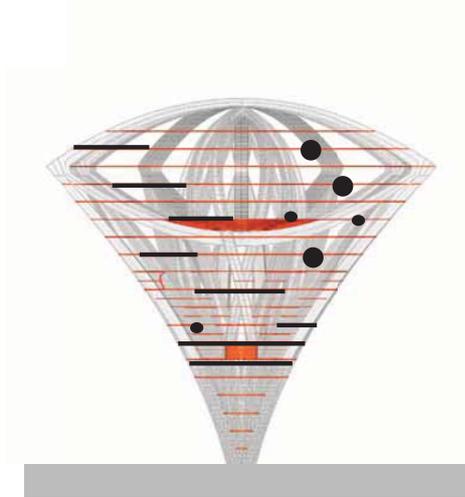
SENORNA

Det är inte bara i pelarbågarna som verksamhet kommer att äga rum utan vissa byggnader sträcker sig ut ur pelarbågen och in i nästa. Detta bidrar både till konstruktionens stabilitet och till dess livfulla uttryck. Mellan och runt pelarbågarna finns det plattformar som används av de boende för trädgårdar, parker och transportsträcka och de används av konstruktionen för kraftöverföring och sidstabilitet.



ORGANEN

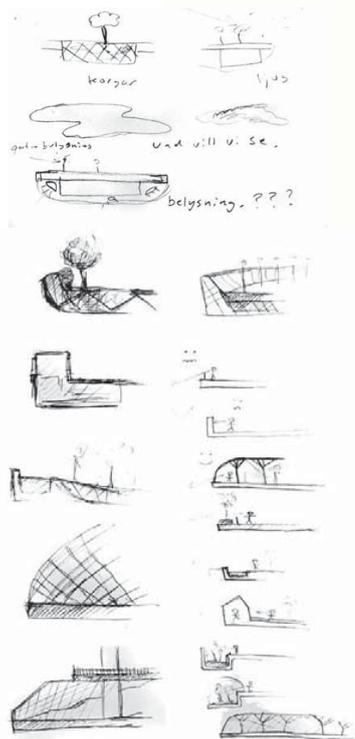
Högre upp i sfären hänger det friare former av byggnader och här kan det finnas verksamheter som kräver lite mer. Till exempel mer centrala byggnader som stadshus, teater, museum och biograf. Det ända som begränsar formen för byggnaderna som hänger i sfären är konstruktionens jämvikt. Om det ska hänga en stor tung byggnad någonstans i konstruktionen måste den vägas upp med motsvarande vikt på motsatta sidan av mitten.



43

MUSKULATUREN

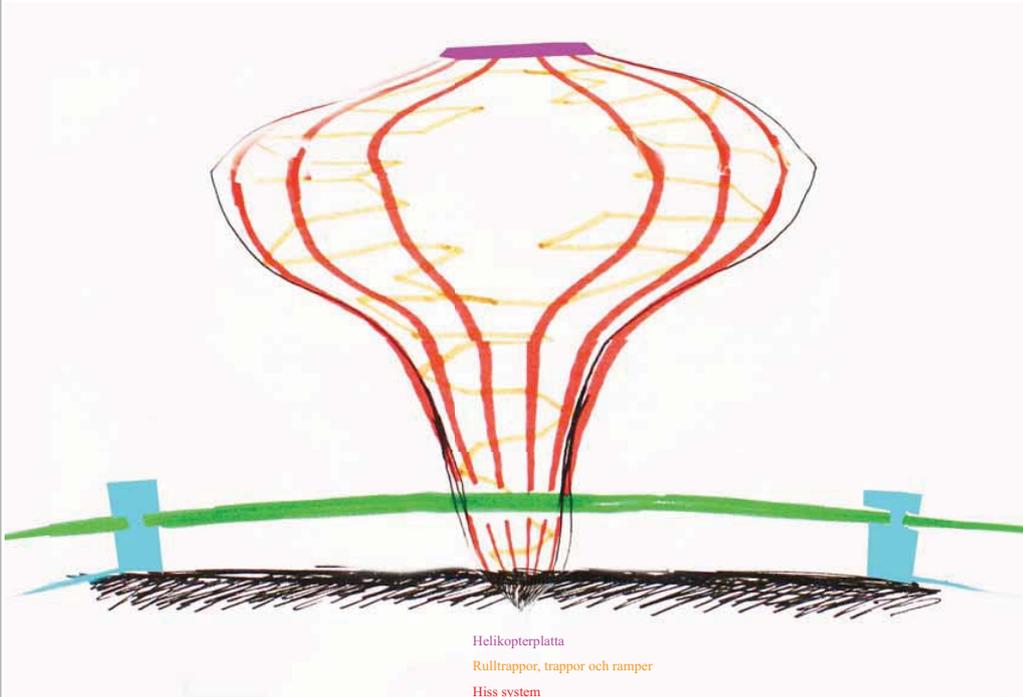
Var 24 meter i höjden i den vertikala staden finns det plattor. Plattorna ska vara tjocka men ihåliga (fackverk). Under parker ska det finnas korg liknande konstruktion för att låta trädens rotsystem att växa. Var 12 meter ska det finnas mindre plattor som förbinder de stora plattorna för att skapa olika rum och variation i staden. Samt ska plattorna förbindas vertikalt genom pelare och hissar och genom diagonala förbindelser, ramper och trappor.



44

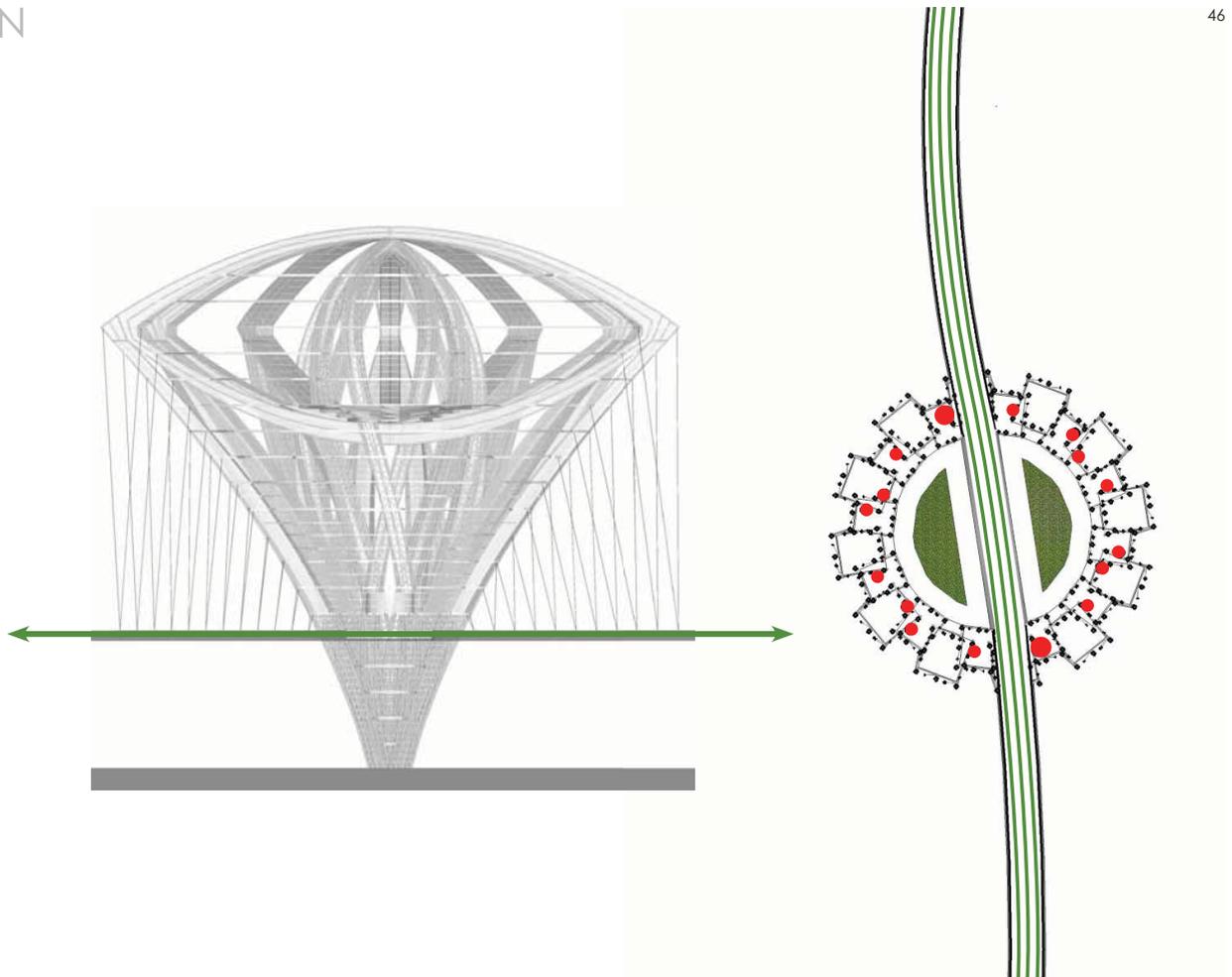
BLODOMLOPP & NERVSISTEMET

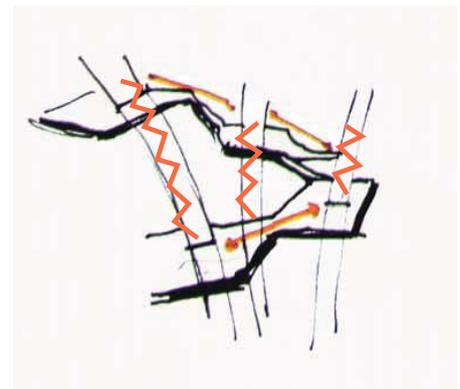
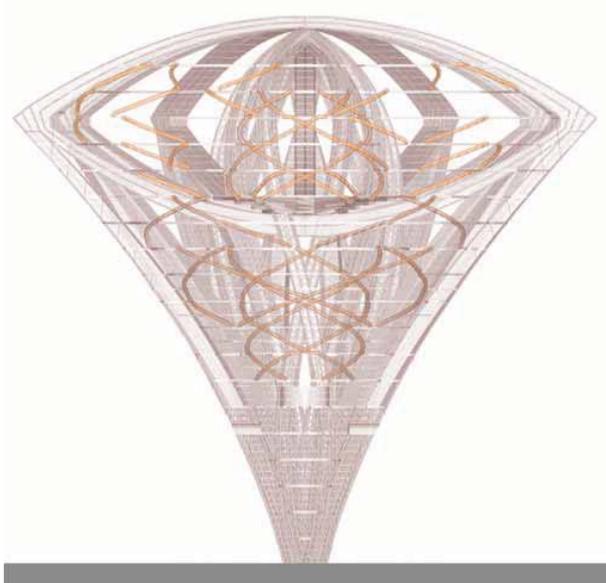
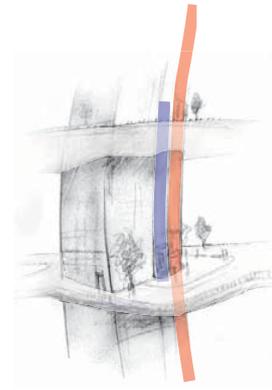
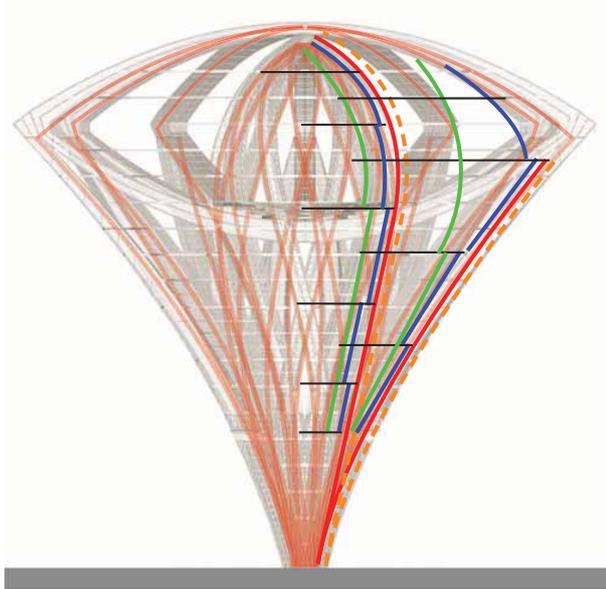
Till den vertikala staden anländer man via tåg. Har man bil får man lämna bilen i parkeringshuset längre bort från staden och ta tåget in. Inne i staden förflyttar man sig stora vertikala avstånd via stadens lokaltrafik som är hissar. Kortare förflyttningar vertikalt kan man göra via diagonala förbindelser som rulltrappor och ramper. Små och privata hissar och trapphus finns för de boende i staden. Högst upp finns det helikopterplatå där denna kan användas för sjuktransporter etc.

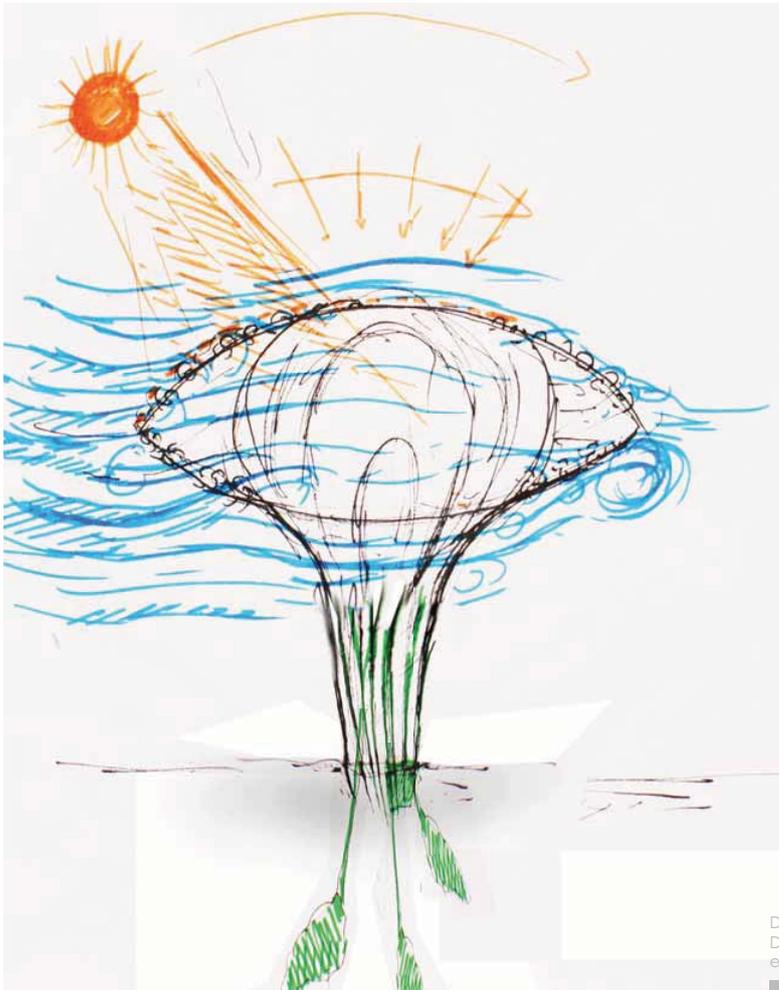


Helikopterplatå
Rulltrappor, trappor och ramper
Hiss system
Tågförbindelse
parkeringshus, vägar

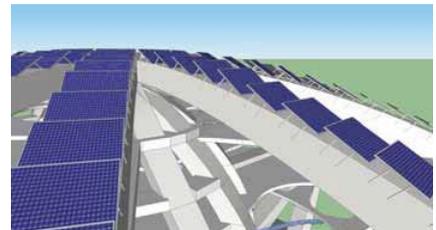
AORTAN

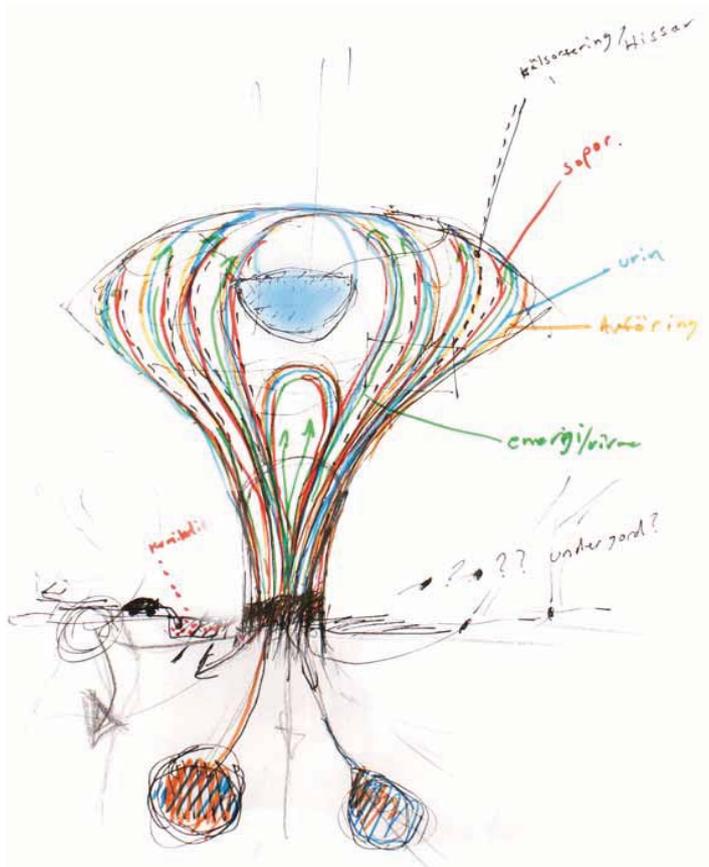
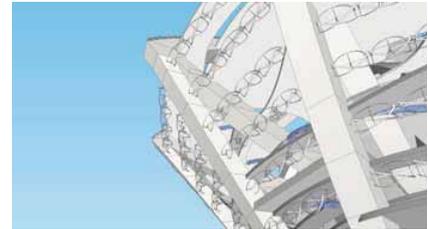
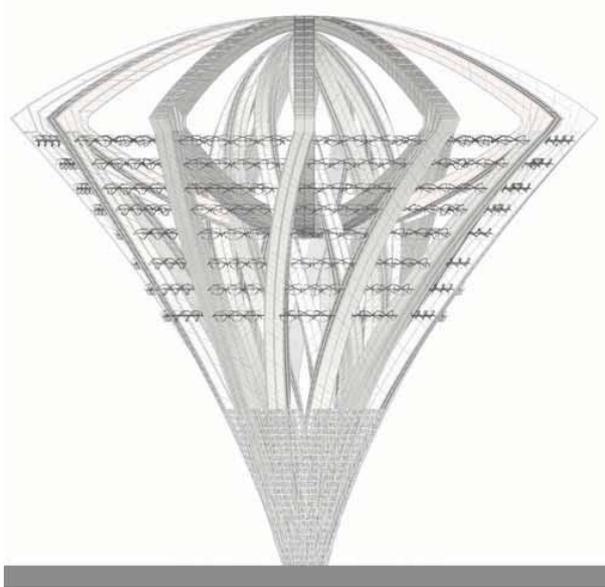






Den vertikala staden ska vara själförsörjande. Den utnyttjar dess form för att fånga upp ljuset och ta emot vinden för att sedan omvandlas till energi.



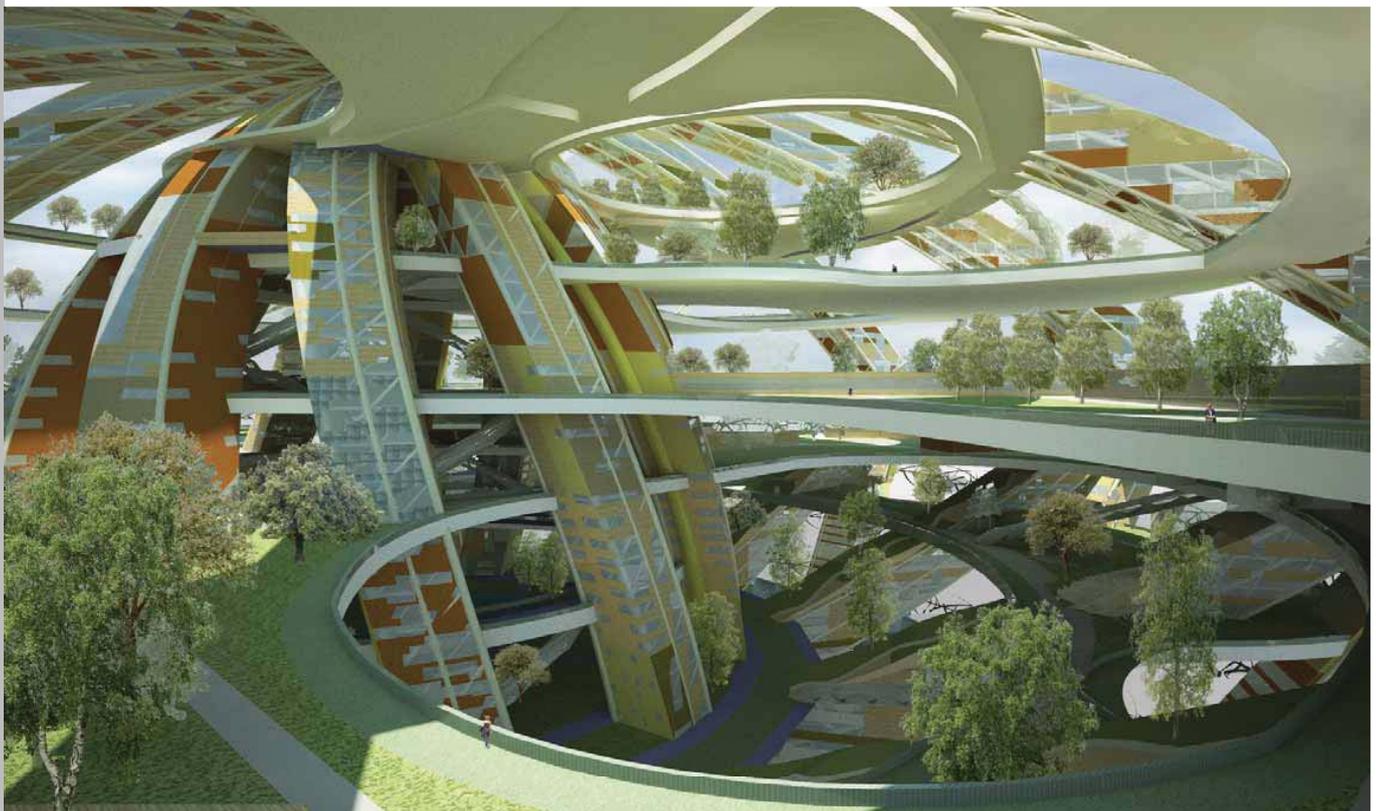


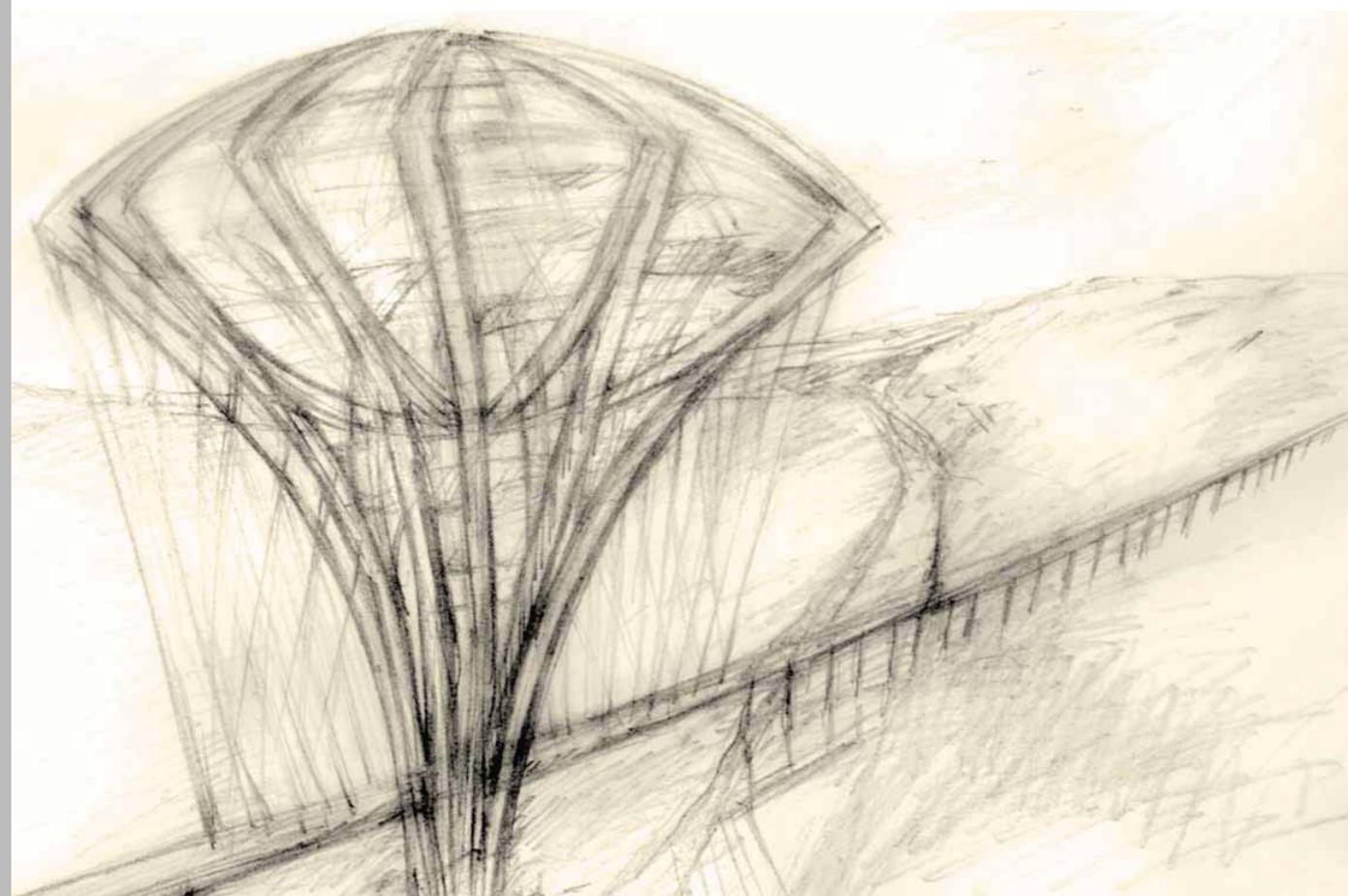
Då stadens pelarben går som bågar från grunden, upp genom hela konstruktionen och ner till marken igen löser de smidigt hanteringen av vatten, avlopp och ventilationen av staden.

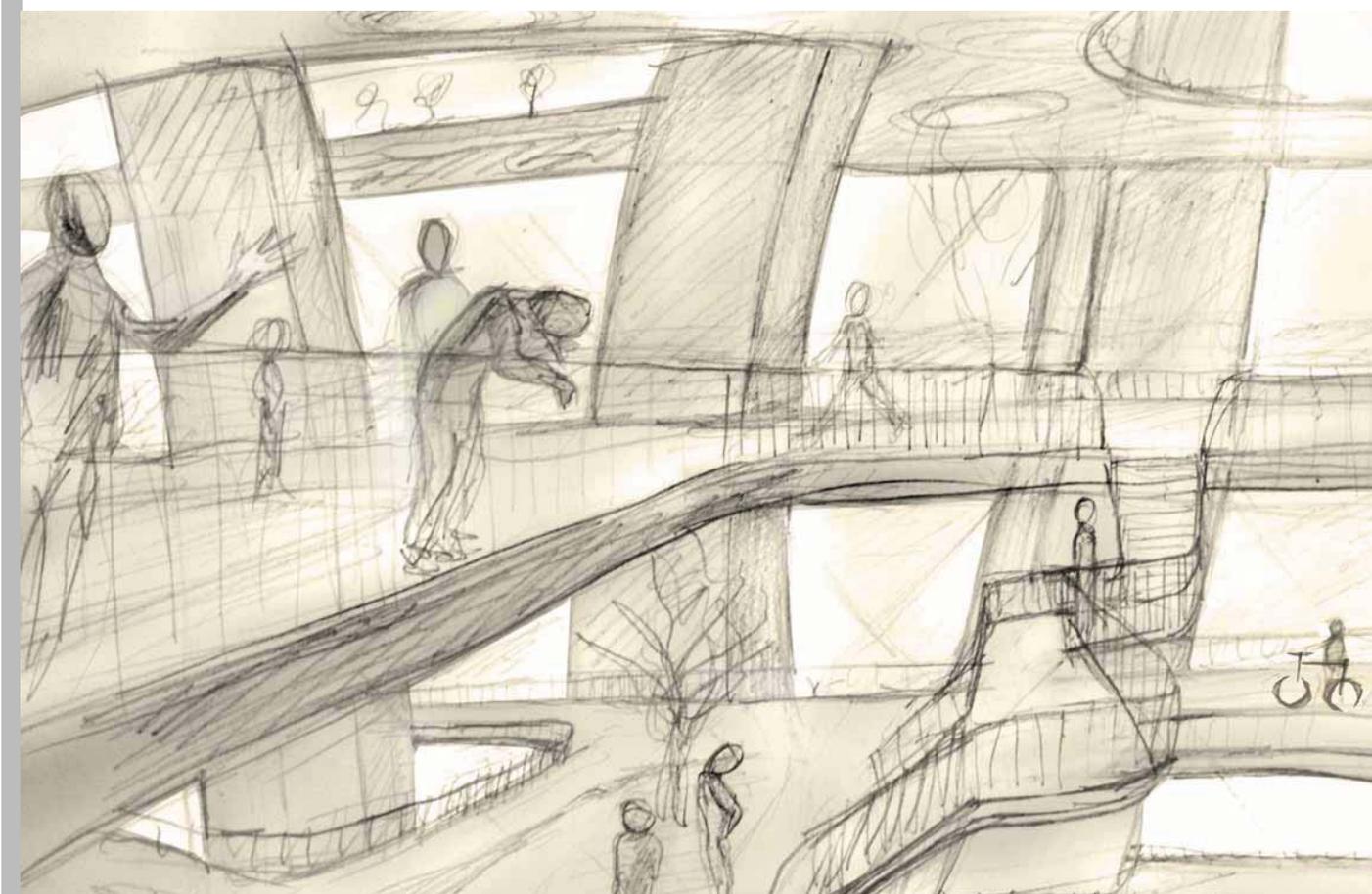
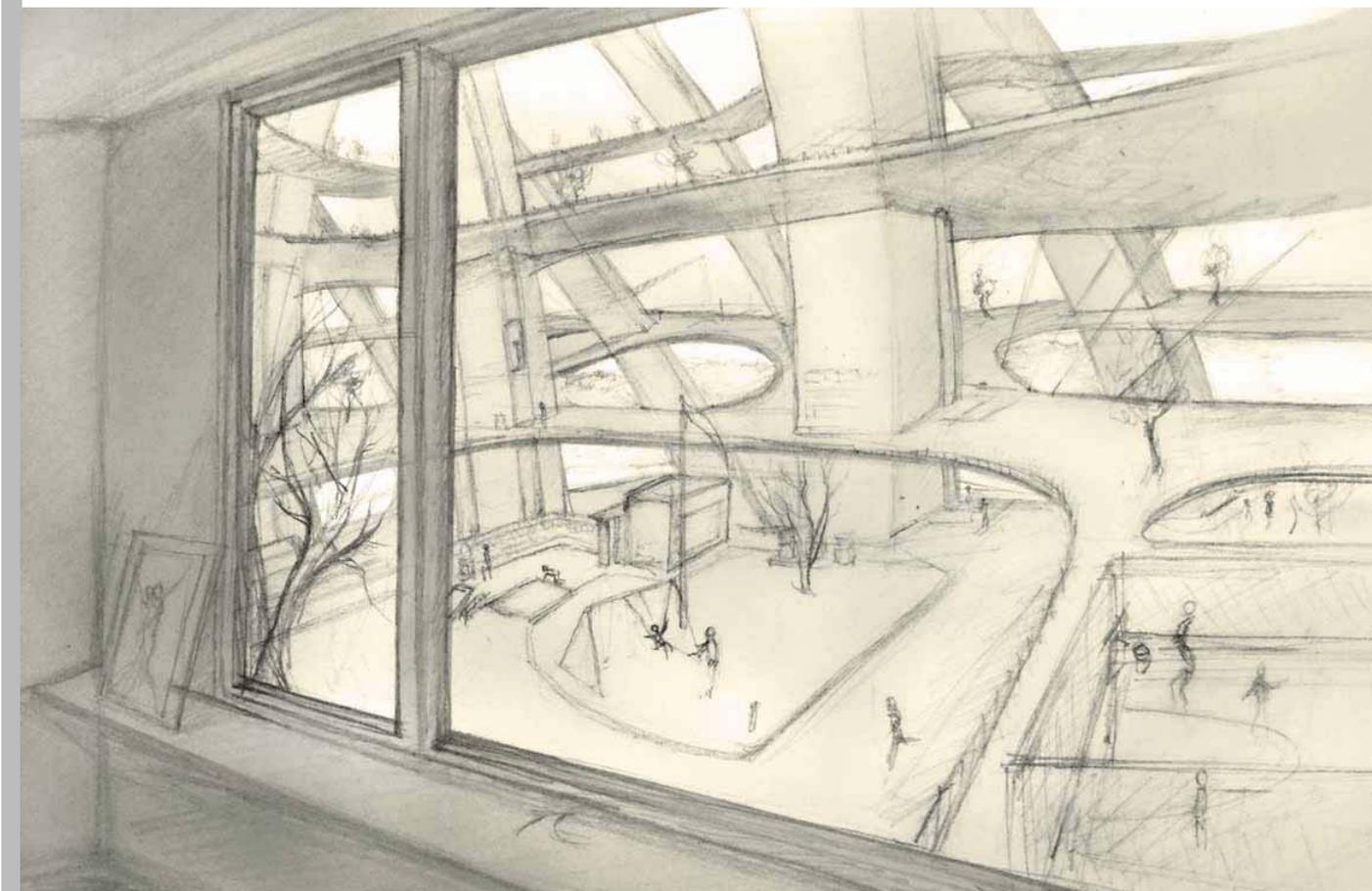
K5 UPPLEVELSEN

ÖPPENHET

54

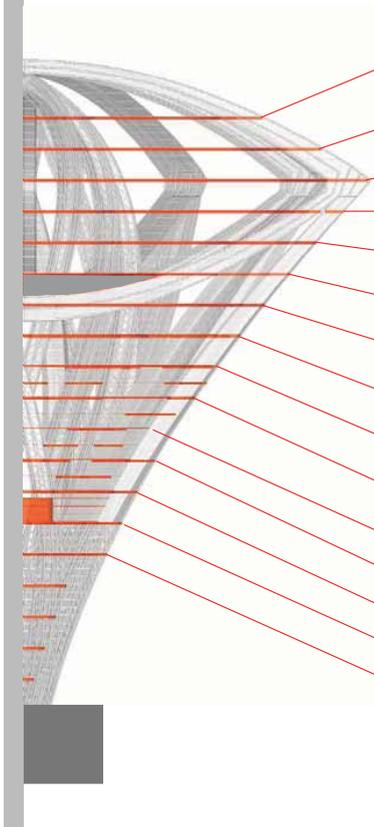






K6 RITNINGAR

SNITT - PLANER



Vertikala benen i genom skärning



Horisontella inomhus kopplingar mellan benen

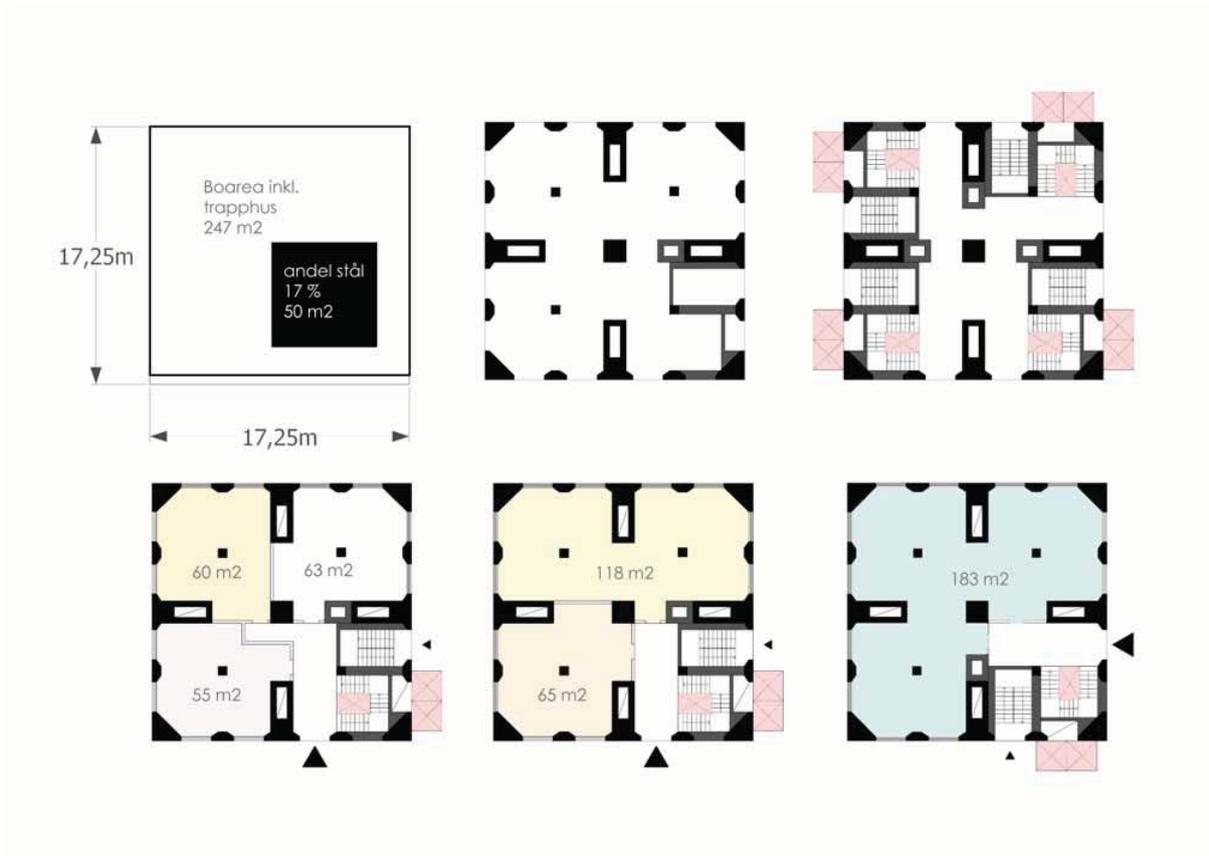


Horisontella yttre kopplingar mellan benen

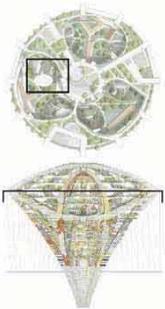


exempel på olika plattors utformning

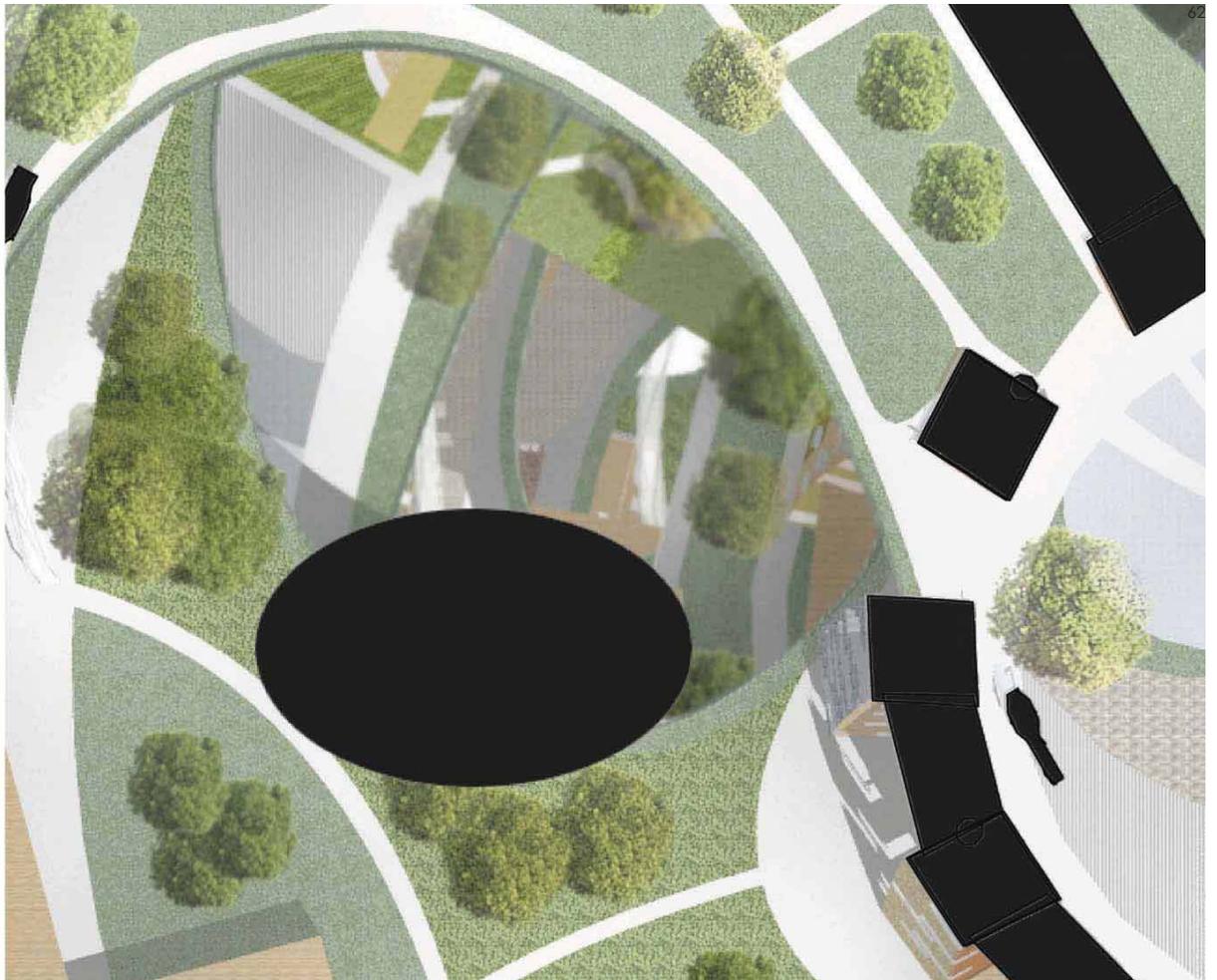




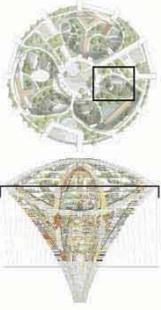
PLAN 1



1:500 (A3)



PLAN 2



1:500 (A3)

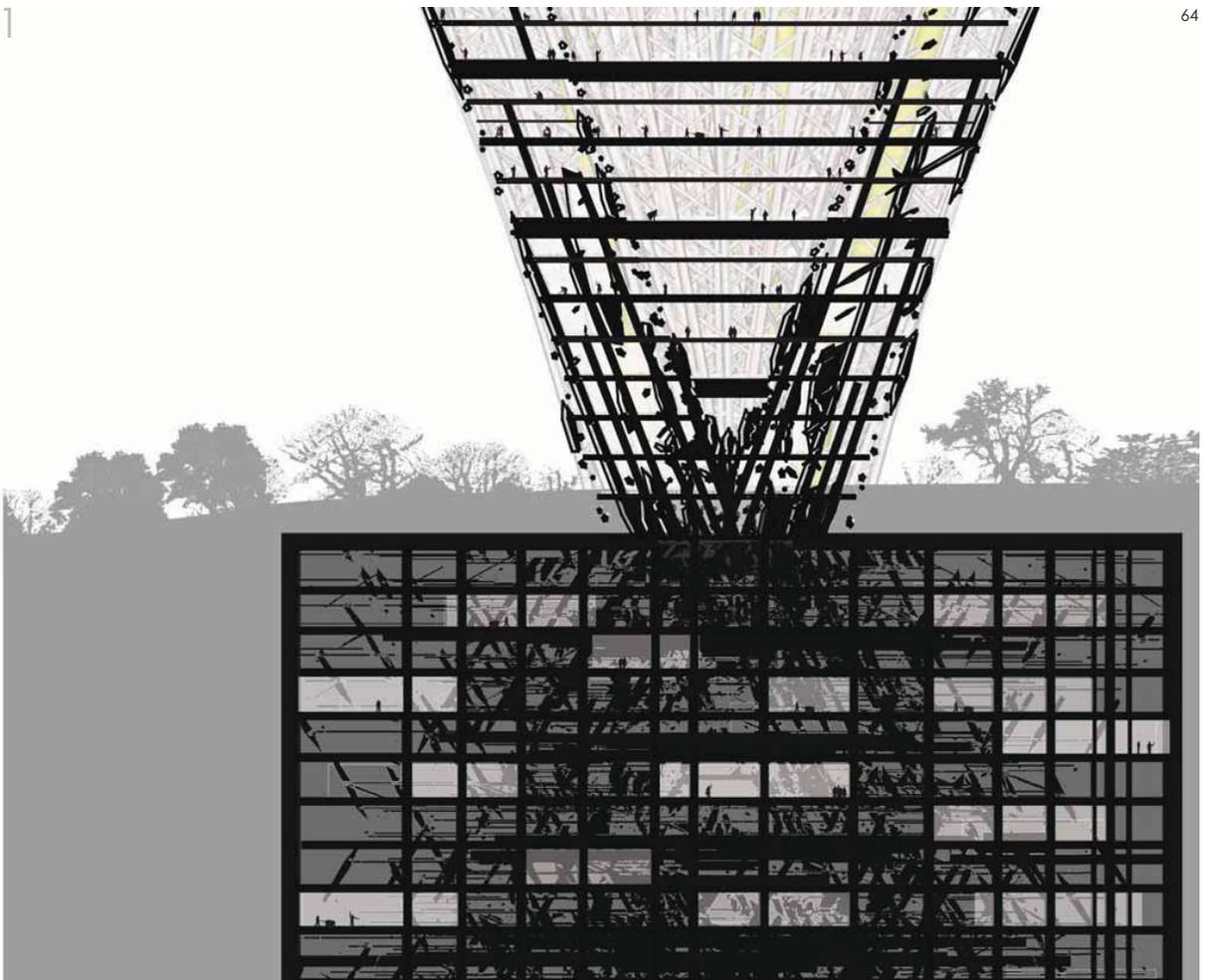


63

SEKTION 1



1:500 (A3)



64

SEKTION 2



50m

10m

5m

0

1:500 (A3)



SEKTION



50m

10m

5m

0

1:500 (A3)



SEKTION



50m

10m

5m

0

1:500 (A3)



SEKTION 5



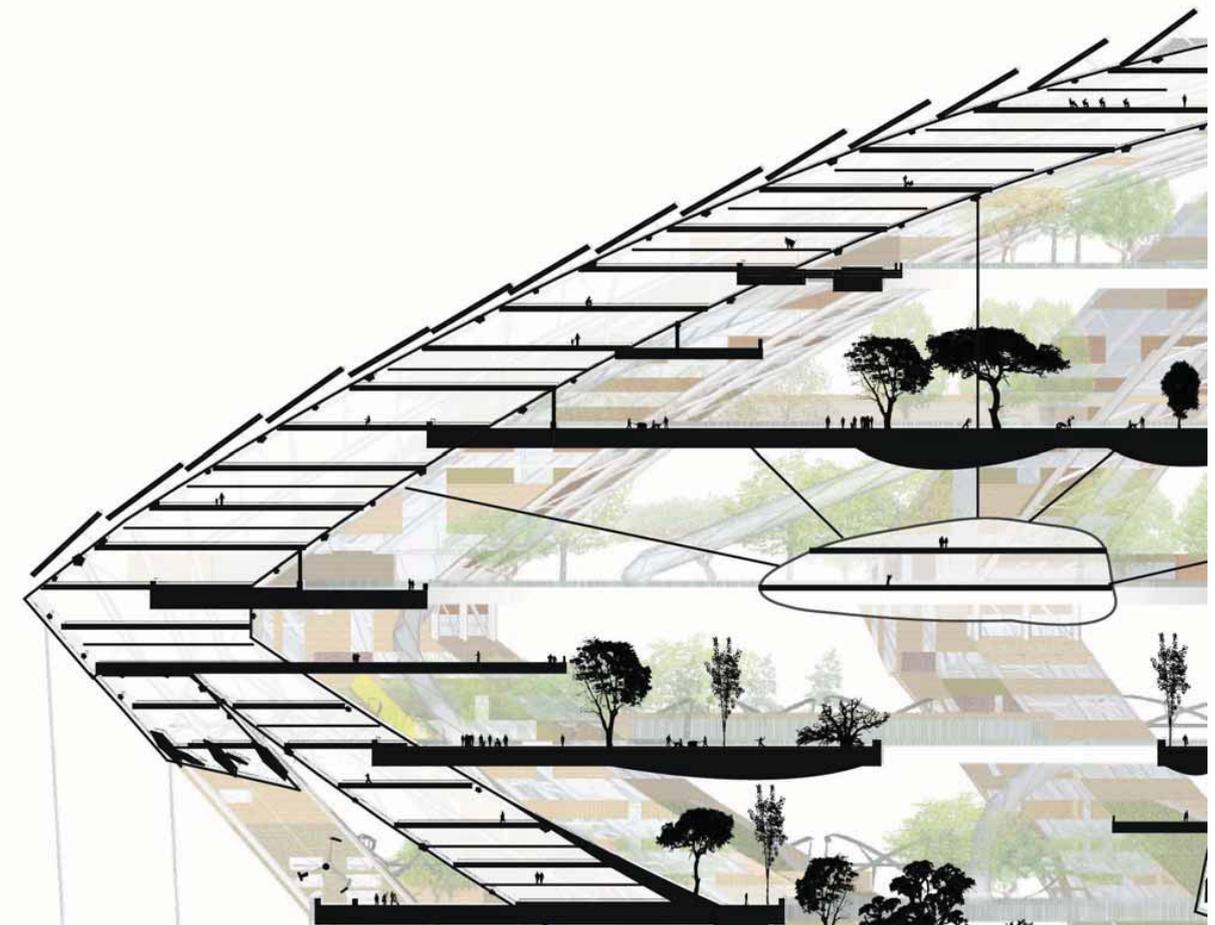
50m

10m

5m

0

1:500 (A3)





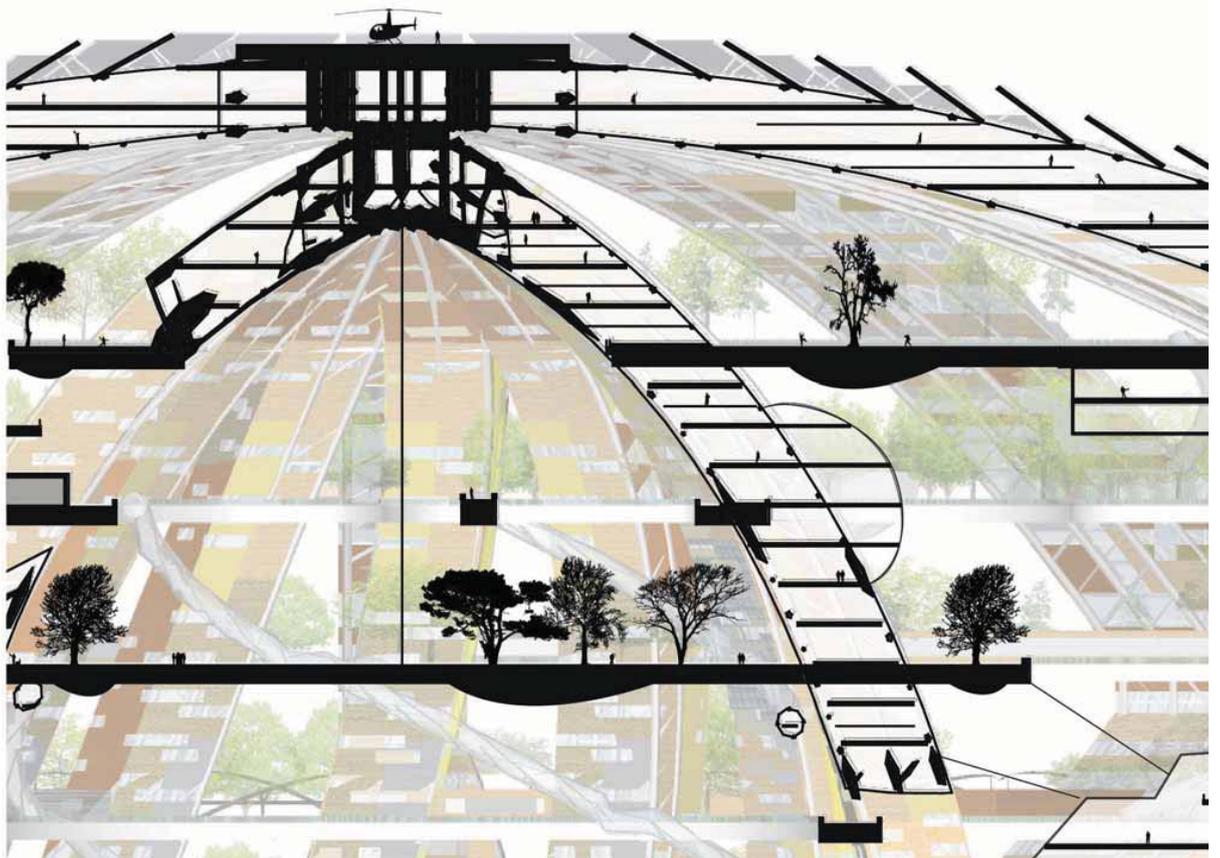
50m

10m

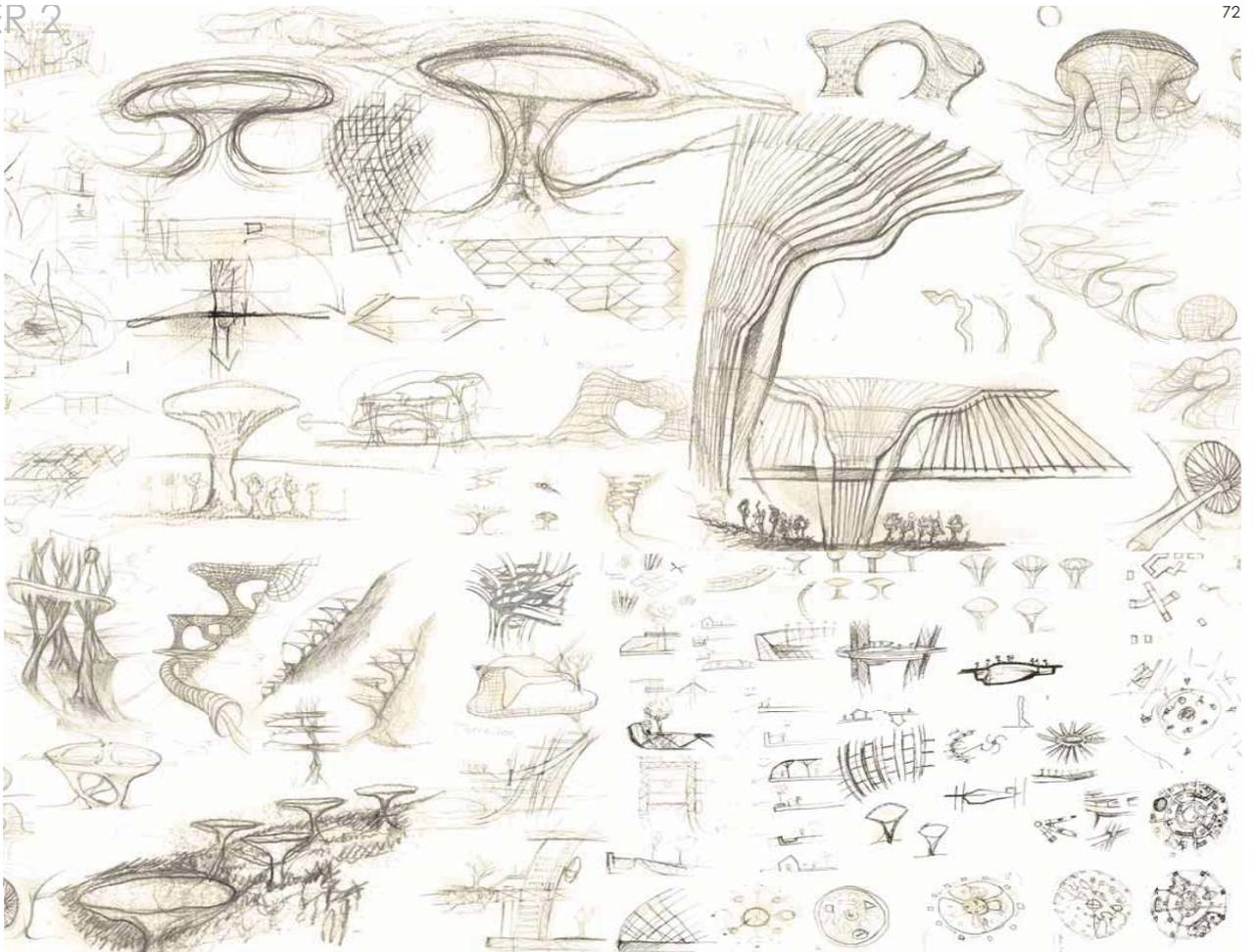
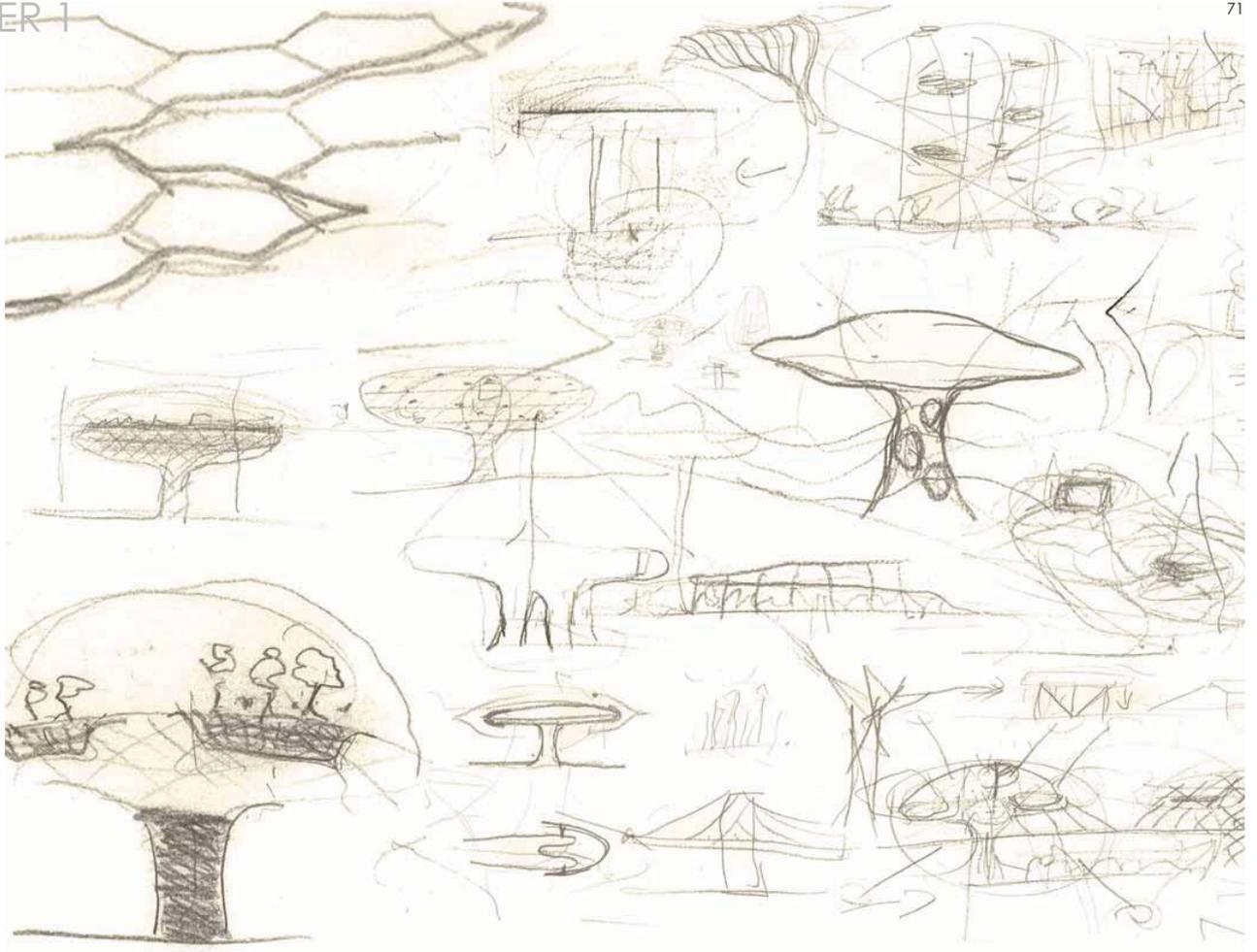
5m

0

1:500 (A3)



K7 PROCESS



MODELL



K8 REFERENSER

KÄLLFÖRTECKNING

- R. Rogers., (1997). *Cities for a small planet*. Faber and Faber: Great Britain
- P. Hall., (2002). *Cities of tomorrow*. Blackwell Publishing: United Kingdom
- J. Rådberg. (1994). *Den svenska trädgårdsstaden*. Byggforskningsrådet. Byggförlaget: Stockholm
- Europeiska Miljöbyrån., (2006). EEA Briefing, nr 04, *Städernas utbredning ökar i Europa*. ISSN: 1830-2408.