



GreenRoof Explore

Träd in på taken

Att skapa hållbara livsrum genom vertikal förtätning

Innehållsförteckning

<i>Innehållsförteckning</i>	<i>2</i>
<i>Sammanfattning</i>	<i>3</i>
<i>Bakgrund</i>	<i>3</i>
<i>Viktigaste resultat</i>	<i>4</i>
<i>Fortsättning</i>	<i>6</i>
<i>Bilagor.....</i>	<i>7</i>

Sammanfattning

Vi har genom förstudien fått teknisk grund till det fortsatta arbetet. Vi vet hur och vad som behöver beaktas för att skapa vertikala förtätningsprojekt. Byggtekniskt är äldre skivstommar lättast att jobba vidare med, samtidigt som grundförutsättningar kan kullkasta ett projekt. Genom att tänka bredare och tänka trä kan andra vägar tas för att lyckas med vertikal förtätning. Att bygga på kan istället heta bygga över, riva en våning betong och bygga två nya i trä till hybrider av över- och påbyggnad med olika former av förstärkningar i ny eller tillkommande element. Hur gröna tak ska hanteras och utnyttjas både ur hållbarhetsaspekter och rent tekniskt och för att skapa incitament till en god utveckling. Hur nästa steg är att påverka de något begränsande strukturerna inom kommunernas detaljplanering och fastighetsägarnas fokus på ekonomi. Att skapa arbets- besluts och påverkans processer som leder till förenklade beslutsunderlag kan komma att möjliggöra en snabbare utveckling av vertikal förtätning. Hur olika hållbarhetsfrågor kan samlas under samma rubrik om vi vill kan och vågar låta våra städer växa på höjden.

Bakgrund

Urbaniseringen kräver konstruktiva sätt att möta och tillgodose behov av bostäder, småskalig livsmedelsproduktion och lokal verksamhetsutveckling i redan exploaterade stadsrum. Vi ser många städers tak som en outnyttjad resurs med stor utvecklingspotential och vill skapa nya incitament och möjligheter till vertikal förtätning, där nya bostäder och grönstrukturer kan växa fram.

Det första steget i Visionskompaniets projekt började med en förstudie finansierad av Boverket genom utlysningen "Stöd för innovativt byggande av bostäder för unga".

En naturlig fortsättning och delfråga i det första steget var hur de tekniska förutsättningarna för påbyggnader ser ut i det befintliga beståndet av fastigheter i Sverige. I synnerhet hur förutsättningar för trä och glas kan främja denna utveckling.

I förstudien har vi sökt svar på ovanstående frågeställning i samarbete med Kirsi Jarnerö, Mats Axelsson samt Carl Magnus Capener SP samhällsbyggnad. Utöver detta har vi löpande i de olika projektdelarna samarbetat med Stefan Olsson, Energikontor Sydost, Jonathan Malmberg SGRI samt John Helmfridsson White Arkitekter (tidigare hos Liljewall Arkitekter).

Parallellt har även ett tredje steg genomförts med finansiering av Vinnova inom programmet "Utmaningsdriven innovation steg 1 - Konstellationsbyggande". Där avsikten har varit att samla parter för att driva frågeställningen vidare utifrån ett holistiskt helhetsperspektiv med fokus på hållbara städer.

SMART HOUSING SMÅLAND

PG VEJDES VÄG 15, 351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU

Viktigaste resultat

I: Konstruktiva förutsättningar - bilaga 1 av Mats Axelsson SP

En omfattande analys och genomgång av tekniska förutsättningar har genomförts av Mats Axelsson i samarbete med Kirsi Jarnerö. Arbetet har byggts upp utifrån ett antal punkter. Genomgång av laster och dagens beräkningsmodeller i förhållande till äldre, visar att någon form av förstärkning erfordras i de flesta analyserade fallen. Grundläggning måste också värderas och bedömas utifrån material och grundläggningstyp. Detaljerad analys och uppföljning krävs normalt sett. Vidare har trä och betong som stommaterial studerats vidare. Trästommar får stor påverkan vid ökad last i synnerhet avseende belastning tvärs fiberriktningen. Moderna regelstommar är dock normalt sett överdimensionerade då isoleringsskiktets storlek är dimensionerade. Avseende betongstommar så visar genomgången att skivstommar har bäst förutsättningar att byggas på. Platsgjutna stommar är dimensionerande utifrån brand och ljud före dess bärande förmåga, medan det hos prefabricerade stommar en högre betong kvalitet för att snabbare uppnå rätt hållfasthet i produktionen. Parallellt med att de dimensioneras för fortskridande ras och med knutpunkter som kan fördela laster har kapacitet över för påbyggnader. Vidare har en genomgång av laster som behöver tas hänsyn till vid gröna påbyggnader, genomförts och vilka lastförändring de ger upphov till. System för över-, påbyggnad eller en kombination av dessa för att hantera laster och stabilitet presenteras. Hänsyn till Brand vid förändrade laster måste bedömas. Kan befintliga lastlinjer utnyttjas underlättar det bedömningen. Avslutningsvis görs en beskrivning av Förstärkningsstrategier. för betongkonstruktioner som anses som mest lämpliga för påbyggnad. Där fyra viktiga delmoment diskuteras 1/ pågjutning av horisontella konstruktionselement, 2/ vertikala konstruktionselement förstärks genom att tillföra extra stomstabiliserande element, 3/ hållfasthetsutvecklingen efter 28 dgr kan bedömas ge upp till 15% högre hållfasthet; 4/ Reducering av pelare/väggars knäcklängd till hälften inverkar mest på lastkapaciteten men kräver förnyad analys av stabilisering, vertikala förstyvningar samt hänsyn till brandskydd. Separata kompletteringar av vertikala stommelement som bär tilläggslasten kan också användas dock måste stabiliseringskrafter hanteras av befintlig stomme eller med ny kompletterande stabilisering, Notera att systematisk snedställning bör beaktas.

II: Gröna tak och takodlingar - bilaga 2, en översikt av Carl-Magnus Capener

Drivkrafter för gröna tak är många. Minskad belastning på dagvattennät, ökad biologisk mångfald, om de går att beträda även sociala aspekter viktiga genom ökad trivsel bland brukare. Gröna tak motverkar urbana värmeöar och gatuklimatet påverkas positivt av ändrade ljud, vind, och temperaturförhållande. Växternas förmåga att avge vattenånga bidrar med en kylande effekt vilket är fördelaktigt. Städer skapar värmeöar pga tillskottsvärme av verksamheter och hur solen reflekteras i jämförelse med utanför stadsmiljön. Capener går i utredningen igenom frågor kring säkert byggande och kvalitetssäkring, tar upp den tyska styrdokumentet FLL och den pågående översättningen till

SMART HOUSING SMÅLAND

PG VEJDES VÄG 15, 351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU

svenska förutsättningar som görs i Vinnova projektet "Kvalitetssäkrade systemlösningar för gröna anläggningar/tak på betongbjälklag med nolltolerans mot läckage". Vidare går igenom hur man skall hantera de gröna taken i olika skeden från Planering och projektering via byggprocessen till förvaltningsfasen. Frågor så som anläggning, etablering, skador, fukt, genomförningar, tätskikt, tyngd, läckage, brand, skuggningseffekter och driftplanering. Sammanfattningsvis så behövs det goda kunskaper om hur byggfysik, tätskikt och en god kvalitetssäkring för att gröna tak skall ge mervärde och inte merkostnader. Det omnämns även pågående och avslutade projekt som berör gröna tak.

III:

Delrapporterna som tagits fram i förstudien har givit oss goda kunskaper om de förutsättningar som finns för att jobba vidare med vår vision om affärsmodeller och utveckling av arbetsprocesser för Vertikal förtätning. Tillsammans med de parallella delprojekten och i synnerhet vår tidigare projektkonferens och dess tvärsektoriella plattform har satt grunden för att Vertikal förtätning är något att jobba vidare för. Det ger möjligheter att bidra till en hållbar utveckling inom hållbarhetens tre delområde Ekologiska, Sociala och ekonomiska aspekter.

De tekniska förutsättningarna visar oss att det alla potentiella projekt behöver analyseras konstruktivt och ges någon form av förstärkningar för att möjliggöra påbyggnader. En viktig fråga som absolut inte får glömmas bort är befintligt grundläggning och markens förutsättningar för ökade laster. Utredningen visar att den stommtyp som är enklast att bygga på är bostadshus med skivstommar. Men i dialogen om hur man kan jobba med olika typer av stommar vid förtätning ska man inte stanna i detta förenklade förfarande. Att istället utöka bilden till att se hur om påbyggnad inte är rimlig kan alternativa vägar vara möjliga genom att bygga "över" istället för på befintliga fastigheter eller en kombination/ hybridlösning där nya förstärkningar, utvändiga balkonger och nya grundläggning kan lösa de ekonomiska och tekniska svårigheterna som uppstår genom en ren påbyggnad.

Andra möjligheter, tillsynes drastiska, är helt enkelt att riva en våning betong för att bygga på 2-3 våningar i trä. I dessa sammanhang har träets vikt oöverstigliga fördelar. En annan lösning är också att låta 2 eller 3 dimensionella bärande plattbjälklag av trä (KL-trä; ZickZack; Kielstag) överbygga befintlig struktur och bilda en plattform för påbyggnad och samtidigt stärka underliggande konstruktion. Axelsson redovisa också förslag på hur likt en brokonstruktion med höga master kan hänga upp nya byggnadsvolymer över befintlig bebyggelse.

I vårt arbetet när det gäller glas har vi främst sett detta material i sekundära strukturer med anledning av sin vikt. Där glas utöver i fönster och glaspartier kan användas i allt från räcken, fallskydd till kombinationer för solceller. Det senare är en viktig möjlighet till ökade intäkter eller sänkta kostnader för fastighetsägare.

Gröna tak och väggar är ju något som erbjuder staden och oss människor så mycket fördelar ur hållbarhetssynpunkt. Den långa raden av fördelar gör att detta borde tas på allvar. Vandra upp i



vilken högre byggnad som helst och titta ut över staden nedanför och du kommer se en ofta gråsvart och dystert matta. För större städer som London där man jobbat hårt med gröna tak har djurlivet mindre än 300 meter till varje oas. Detta kanske låter ointressant när det kommer till mindre och medelstora städer i Sverige. Tänk er själva en stad utan parker eller andra grönstråk utan gata upp och gata ner dammiga, kala och ogästvänliga.

Hur samla man då alla dessa goda möjligheter till att bli verklighet? Den utmaning som måste tas på allvar bygger på tre ben; hur kommuner och dess arbete med detaljplanering kan påverkas eller förändras; hur vi människor i stad och land kan förändra vår syn till förtätning och nödvändig hållbar utveckling; samt vilka incitament, framför allt ekonomiska, som behöver förankras hos fastighetsägare för att påverka och skynda på utvecklingen.

Incitament för fastighetsägare att gå in i projekt med vertikal förtätning har vi noterat två huvudpunkter. Den första är behov och kommande krav av energirenoveringar och den andra hur nya inkomstmöjligheter kan göra vertikal förtätning intressant. Av det följer att man kan lägga samman dessa två möjligheterna så har vi en väg framåt. Energirenovering och påbyggnader ger samlade mervärden som möjliggör en ekonomisk rimlig kalkyl för framtida projekt.

Mer information finns att hämta i vår Rapport till Boverket GreenRoof Housing, D-nr: 1376-3817/2014, bilaga 3.

Slutsatsen är att genom att samverka inom olika områden och för en hållbar stadsbyggnad i fokus och låta trä och träbyggande men även glas och dess unika möjligheter vara en viktig nyckel i att förtäta våra städer kan vi gå en händelserik framtid till mötes.

Fortsättning

Resultaten kommer att implementeras i det pågående arbetet och de parallella delprojekten finansierade av Boverket och Vinnova UDI. Förstudiens resultat kommer vidare att ligga till grund för det fortsatta arbetet med Visionskompaniets besluts- och arbetsprocess för vertikal förtätning.

Vi har för avsikt att ansöka om finansiering Vinnova UDI steg 2 där vi jobbar vidare med utveckling och forskning byggt på fallstudier för att i ett tredje steg har möjlighet att genomföra ett projekt med finansiering från Vinnova. För att jobba vidare på detta spår krävs en hollistisk helhetssyn med ekonomisk, social och ekologisk hållbarhet i fokus.

För att vertikal förtätning skall bli en norm måste mentala hinder utmanas. Nya vägar för att nå fastighetsägare och ge dem incitament som bäddar för ökat intresse för vertikal förtätning behöver finnas. Ett område som kan vara vägen till en utveckling på detta område är att peka på behovet av energirenovering och hur samlade nyttan av att renovera och skapa nya uthyrningsmöjligheter förbättra produktions och ombyggnadskalkylen för fastighetsägare.

SMART HOUSING SMÅLAND

PG VEJDES VÄG 15, 351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU



Det går inte skapa en standardiserad påbyggnadsprocess utifrån resultaten som vi finner däremot kan en arbetsprocess och en förenklad beslutsprocess skapas och bli till standard. Kan man dessutom påverka kommuner att möta behovet av förtätning med standardiserad beslutsväg och förenklad hantering av avvikelser för detaljplaner så snabbare beslut kan tas har vi kommit något på spåret.

Kan man likt arbetet på LNU med "one stop shop" för energirenoveringar av småhus jobba vidare på en sådan lösning för vertikal förtätning och dra nytta av denna forskning så ser vi goda möjligheter att nå ut med vårt arbete.

Bilagor

- 1/ Förstudie av möjligheter att bygga på befintliga byggnader för att skapa gröna tak Konstruktiva förutsättningar - Mats Axelsson SP 2015
- 2/ Gröna tak och takodlingar - en översikt av Carl-Magnus Capener SP 2015
- 3/ Rapport till Boverket GreenRoof Housing, D-nr: 1376-3817/2014, Visionskompaniet Arkitektur & Projekt - Tuva Sköld & Joachim Widerstedt

SMART HOUSING SMÅLAND

PG VEJDES VÄG 15, 351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU



Innovationsmiljön drivs och finansieras av

SMART HOUSING SMÅLAND

PG VEJDES VÄG 15, 351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU



SMART HOUSING SMÅLAND

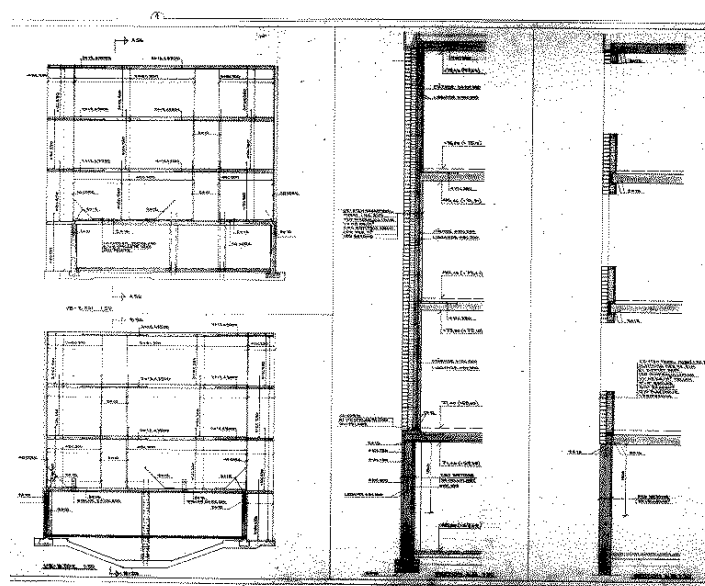
PG VEJDES VÄG 15, 351 96 VÄXJÖ
TEL 010-516 50 00
E-MAIL INFO@SMARTHOUSING.NU
SMARTHOUSING.NU



Förstudie av möjligheter att bygga på befintliga byggnader för att skapa gröna tak

Mats Axelson

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



Förstudie av möjligheter att bygga på befintliga byggnader för att skapa gröna tak

Mats Axelson

Abstract

Prestudy of design and construction for add green roof to existing buildings

To create green environment in the cities is construction of green roof on existing building one way. Existing buildings are normally not designed for that kind of roofs. Additional loads have to be distributed on and in the existing building structure. A very careful analyze of the structural and strength conditions is necessary to retain a safe building. Different structure types have different ability to be adapted to a green roof. Reinforced concrete structures are most common and lamella structures most used for apartment buildings have good potential for green roof constructions. However not only strength issues are important. Fire safety and accessibility is also important to take into consideration.

Key words: Green roof, existing building structure, GreenRoofExplore.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Arbetsrapport 2015:06

ISBN

ISSN 0284-5172

Borås 2015-12-09

Innehållsförteckning / Contents

Abstract	3
Innehållsförteckning / Contents	4
Förord / Preface	5
Sammanfattning / Summary	6
1 Generellt om stomdimensionering och stommaterials hållfasthetsegenskaper ur ett perspektiv där befintliga stommar byggs på.	7
2 Laster	7
2.1 Naturlaster	7
2.2 Nyttiga laster	8
3 Ändrade dimensioneringsregler.	8
4 Jämförelse mellan den tidigare dimensioneringsmetoden med ”tillåtna spänningar” och partialkoefficientmetoden	8
4.1 Lastnedräkning i flervåningstommar	11
4.2 Sammanfattning av översiktlig jämförelse mellan laster och dimensioneringsregler från 1970-talet till dagens system	13
5 Grundläggning	13
5.1 Material och grundläggningssätt	14
5.2 Plattgrundläggning	14
5.3 Pålgrundläggning	14
5.4 Sammanfattning grundläggning	15
6 Stommaterial ur påbyggnadssynpunkt	15
6.1 Trä	15
6.2 Betong	15
7 Stommar	16
7.1 Trästommar	16
7.2 Betongstommar	17
7.2.1 Skivstommar av betong	17
7.2.2 Pelardäck	18
7.2.3 Pelarbalksystem	18
7.2.4 Stålstommar, kombinerade betong och stålstommar.	19
8 Laster från gröna tak och påbyggnader.	19
9 System för överbyggnader och påbyggnader	21
10 Brandaspekter i samband med påbyggnader	23
11 Strategier för att klara laster från påbyggnader	23
11.1 Lastplacering	23
11.2 Förstärkningsstrategier	24
11.2.1 Konstruktionselement för böjning	24
11.2.2 Vertikala konstruktionselement	24
12 Referenser	24

Förord / Preface

Denna rapport ingår som en del i projektet GreenRoofExplore som finansierats via Smart Housing Småland. Initiativtagare är Visionskompaniet Arkitektur & Projekt AB i Växjö. Rapporten avser att beröra de frågeställningar om bärförmåga som uppstår vid påbyggnad av en befintlig byggnadsstomme för att skapa ett grönt tak.

Sammanfattning / Summary

Det befintliga byggnadsbeståndet har dimensionerats efter flera generationer av normsystem och förutsättningar. Ur ekonomisk synpunkt har byggnadsstommarna dimensionerats enligt de förutsättningar som rådde vid tillfället för byggnationen. Byggnadsstommarna är optimerade efter lokaltyp och normer. Någon extra lastkapacitet har inte avsiktligt byggts in. Gröna tak är relativt tunga konstruktioner så en utredning av den befintliga stommen som skall byggas på är nödvändig. Typen av befintligt stommsystem avgör hur känslig den är för extra laster och vilka förstärkningar som krävs. Skivstommar i armerad betong har en bra förmåga att fördela och klara extra laster jämfört med plastgjutna pelar-balk system och pelardäck. Grundläggningen är också något som måste analyseras. Typ av grundläggning kan begränsa möjligheterna till att ta extra laster i befintlig stomme. Värderingen av grundläggningen måste göras som del i den utredning som görs av stommens bärförmåga.

1 Generellt om stomdimensionering och stommaterials hållfasthetsegenskaper ur ett perspektiv där befintliga stommar byggs på.

Bärande strukturer och stommar dimensioneras och konstrueras i nästintill alla fall med avseende på planerad användning. Det vill säga lokaltyp och verksamhet avgör vilka laster utöver egentygnd, som bjälklag, balkar, pelare och väggar skall bära. I de allra flesta fall är lasterna normerade. I undantagsfall anpassas lasterna till den specifika verksamhet som just den byggnaden skall innehålla. Detta är dock mycket sällsynt. Kostnadsjakten leder i sin tur att det finns en övergripande strävan att optimera materialmängder och konstruktionslösningar med hänsyn till normerade laster och beräkningsregler. Därmed skapas en inbyggd begränsning i användningen av en byggnadsstomme vad gäller de så kallade nyttiga lasterna. Samma förhållande finns mellan materialutnyttjande och natur-laster, snö- och i viss mån regn-, vindlaster samt temperatureffekter. Den geografiska placeringen och i viss mån den omdelbara omgivningen avgör nivåerna på naturlasterna. Nyttiga laster och natur-laster är laster som med 2 % sannolikhet kan överskridas en gång per år. De bärande materialens hållfasthet är också statistiskt värderade. Riktvärdet är den undre 5 % fraktilen på hållfasthetsvärdena. Olika stommateriell har olika spridning på hållfasthetsvärdena. Konstruktionsstål har en relativt låg spridningskoefficient $CoV < 0,05$ medan betong ligger på nivån 0,10-0,15 och trä 0,15-0,20. Murverk ligger på nivåer över trä och betong. Materialen beter också olika när de utsätts för fukt, temperaturer och långtidslaster. Sättet att dimensionera har varierat under åren lopp. Variationer finns i en stor bredd; i precision, i materialegenskapsbestämning, i materialkvalitéstyrning, i produktionskvalité i säkerhetsprinciper samt i beräkningskapaciteter och beräkningsmetoder. Generellt kan sägas att detta inneburit en bred optimeringsprocess och i hur hög grad detta i realiteten lett till snävare hållfasthetsmarginaler kan inte självklart avgöras. Infallsvinkeln vid bedömning av säkerhetsaspekten på stommar från olika tidsepoker måste vara lika noggrann oavsett material.

Möjligheten till förfinade beräkningsmetoder och ökad beräkningskapacitet kan potentiellt skapa utrymme för att utnyttja högre nyttiga laster i befintliga stommar än vad stommarna ursprungligen dimensionerats för.

Andra egenskaper som ökade värmeisolerings tjocklekar och ökade krav på ljudisolering har medfört att träregelstommar och stundtals träbjälklag är överdimensionerade med avseende på hållfasthet. Detta kan ge utrymme för påbyggnader av relativt moderna trästommar i ett eller två plan om inte väggstommarnas ökade tjocklek har åstadkommit genom i huvudsak korslagda regelskikt. I träregelstommar från 50- och 60- och 70- talen kan dock ingen ökad lastupptagande kapacitet förväntas.

2 Laster

2.1 Naturlaster

Snölasterna har under åren blivit föremål för justeringar beroende på en ökad kunskap genom successivt förtätat nät av mätstationer. I den sydvästra kustzonen har den generella snölasten ökat från $0,75 \text{ kN/m}^2$ i Svensk Byggnorm 1967, SBN67,[1] till dagens $1,5 \text{ kN/m}^2$ i EKS 9,[5] med någon fläckvis variation från $1,0$ till $2,0 \text{ kN/m}^2$.

Vindlasterna har också förändrats. De normerade vindlasterna ökade med ca 10 % under 90-talet. Effekterna av variationerna är dock inte så stora som för snölasten.

2.2 Nyttiga laster

Nivån på de nyttiga bjälklagslasterna jämfört med SBN67 har ökat något för bostads- och kontorsbjälklag, ca $0,5 \text{ kN/m}^2$, medan för butikslokaler, varuhus och liknande är det nu mer varierat och i vissa fall lägre laster.

3 Ändrade dimensioneringsregler.

Två metoder har använts under 1900-talet. Före slutet av 1970-talet byggde dimensioneringsmetoden på så kallade tillåtna spänningar. Metoden med tillåtna spänningar lades säkerhetskoefficienten i huvudsak på materialet och dimensioneringen gjordes endast i ett tillstånd, bruksgränstillstånd. Säkerhetsfaktorerna på spänningar varierade mellan materialen beroende på respektive materials spridning på hållfasthetsvärden. I förhållande till 5 % fraktilen som nu används som riktvärde användes en 3-faldig säkerhet för trä, stål ca 1,5-faldig och betong ca 2-faldig. För betong användes 10 % fraktilen. Skillnaden mellan 5 % fraktilen och 10 % fraktilen är liten ca 2 MPa, (VV Publ. 2009:61), [16]. Den nya generationens sätt att dimensionera enligt med partialkoefficientmetoden, delsäkerhetsmetoden, skall ge ungefär samma säkerhetsnivåer i förhållande till brott som de tidigare, men den är mer varierad. Metoden bygger dessutom på två olika påkänningsstadier, bruksgränstillståndet som avser komfort och deformation samt brottgränstillståndet som avser säkerhet mot brott. Tre säkerhetsklasser har införts i Sverige samband med partialkoefficientmetoden i slutet av 80-talet. Där den med högst säkerhet, säkerhetsklass 3 skall motsvara en sannolikhet på 1:1 000 000 för brott, säkerhetsklass 2 1: 100 000 och säkerhetsklass 1 1:10 000. Skillnaden i säkerheter mellan de olika dimensioneringssystemen på nivå med svensk säkerhetsklass 3 skall vara liten men en viss högre materialåtgång krävs generellt i det nya Eurokod-systemet.

4 Jämförelse mellan den tidigare dimensioneringsmetoden med ”tillåtna spänningar” och partialkoefficientmetoden

En förenklad jämförelse med avseende på brott med partialkoefficientmetoden och den tidigare metoden med tillåtna spänningar har gjorts. Jämförelsen baserar sig på antagande om vanligt förkommande bjälklagsuppbyggnad och bjälklagstjocklekar men det skall här påpekas att det förekommer många varianter av bjälklagsuppbyggnad. Ett exempel är Kv Herdinnan 1 i Falkenberg med byggår 1969 flerfamiljhus där bjälklagen byggdes upp av 160-180 mm betong, ett sandlager på ca 50 mm och en pågjutning på ca 40-50 mm.

Relativt tunga bjälklag med egentygnd motsvarande 260 mm betong. I fortsatta jämförelser har en bjälklagstjocklek på minst 200 mm betong antagits som beräkningsvärde. Egentyngden för ett sådant bjälklag är $4,6 \text{ kN/m}^2$.

För träalternativet har antagits ett bjälklag med balkar 45x220-600, ett undertak av glespanel och gips samt en golvskena av 22 mm golvspånskiva. Egentyngden blir ca $0,5 \text{ kN/m}^2$. Vilket motsvarar 33 % av den nyttiga bostadslasten $1,5 \text{ kN/m}^2$ i systemet för tillåtna laster vanligt lastfall och 25 % i systemet med partialkoefficient med nyttigt bostadskast på $2,0 \text{ kN/m}^2$.

För stålstommealternativet har antagits ett prefabricerat betongbjälklag med pågjutning av ett håldäck 200 mm + 40 mm pågjutning, totaltyngd ca $3,9 \text{ kN/m}^2$ som motsvarar 260 % av bostadslasten i systemet med tillåtna spänningar vanligt lastfall och 195 % av

bostadslasten i systemet med partialkoefficienter. För betongalternativet antas ett massivt betongbjälklag med 200 mm tjocklek, egentygnd $4,6 \text{ kN/m}^2$ som motsvarar 307 % av bostadslasten i systemet med tillåtna spänningar vanligt lastfall och 230 % av bostadslasten i systemet med partialkoefficienter.

För stålalternativet finns flera olika typer av samverkansbjälklag med kvarsittande form, ofta varianter med trapetsprofilerad plåt. Med hänsyn till förhållandet mellan tidigare och aktuella dimensioneringsregler har det ingen egentlig betydelse i jämförelsen för att aktuella dimensioneringsregler skulle ge utrymme till att öka lasterna.

För tillåtna spänningar och exceptionellt lastfall motsvarar egentygnden i nyttig last samma som för nyttig last i partialkoefficientsystemet. Grundvärde och jämförelsevärde för lasterna är $1,5 \text{ kN/m}^2$ vilket är värdet för nyttig last i bostäder och som användes i den tidigare metoden med tillåtna spänningar.

Beteckningar med index k avser karakteristiska värden. För material avses 5 % fraktilvärden.

Tabell 1 Dimensionering enligt ”tillåtna spänningar” vanligt lastfall. Bjälklagslast för bostäder för vanligt lastfall är bunden och rörlig lastandel $q = 1,5 \text{ kN/m}^2$. Villkor: Vanligt lastfall $\leq$ Tillåten spänning.

Material	Vanligt lastfall	Lastfall i q	Förenkling med linjära förhållanden
Trä	$f(q + g) \leq f(\frac{R_k}{3})$	$f(1,33 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{3})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{4,0})$
Stål	$f(q + g) \leq f(\frac{R_k}{1,5})$	$f(3,6 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,5})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{5,4})$
Betong	$f(q + g) \leq f(\frac{R_k}{1,8})$	$f(4,1 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{2,3})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{7,4})$

Tabell 2 Dimensionering enligt ”tillåtna spänningar” exceptionellt lastfall utan hänsyn till fukt och/ eller temperaturpåverkan. Bjälklagslast för bostäder för exceptionellt lastfall är med bunden och rörlig lastandel $2,0 \text{ kN/m}^2$, $1,3 \times 1,5 = 1,3 \times q$. Villkor: Exceptionellt lastfall $\leq$ Exceptionellt tillåten spänning.

Material	Exceptionellt lastfall	Lastfall i q	Förenkling med linjära förhållanden
Trä	$f(1,3 \cdot q + g) \leq f(\frac{R_k \cdot 1,4}{3})$	$f(1,66 \cdot q) \leq f(\frac{R_k \cdot 1,4}{3})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{3,6})$
Stål	$f(1,3 \cdot q + g) \leq f(\frac{R_k \cdot 1,15}{1,5})$	$f(3,9 \cdot q) \leq f(\frac{R_k \cdot 1,15}{1,5})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{5,1})$
Betong	$f(1,3 \cdot q + g) \leq f(\frac{R_k \cdot 1,2}{1,8})$	$f(3,6 \cdot q) \leq f(\frac{R_k \cdot 1,2}{1,8})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{5,4})$

Tabell 3 Partialkoefficientmetoden enligt EKS, [5] med lastberäkning enligt EKS och EN 1990:2002 ekvation 6.10b, [17]. Bjälklagslast och snölast klassas som medellång variabel last. Bjälklagslast $2,0 \text{ kN/m}^2$, $1,3 \times 1,5 = 1,3 \times q$. Säkerhetsklass 3. Villkor: Dimensionerande lasteffekt $\leq$ Dimensionerande bärförmåga.

Material	Ekvation 6.10b enligt EN 1990:2002 och EKS 9	Lastfall i q	Förenkling med linjära förhållanden
Trä	$f(1,5 \cdot 1,3 \cdot q + 1,2 \cdot g) \leq f(\frac{R_k \cdot 0,7}{1,3})$	$f(2,35 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,86})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{4,4})$
Stål	$f(1,5 \cdot 1,3 \cdot q + 1,2 \cdot g) \leq f(\frac{R_k}{1,1})$	$f(5,07 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,1})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{5,6})$
Betong	$f(1,5 \cdot 1,3 \cdot q + 1,2 \cdot g) \leq f(\frac{R_k}{1,5})$	$f(5,63 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,5})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{8,4})$

Tabell 4 Partialkoefficientmetoden enligt EKS, [5] med lastberäkning enligt EKS och 1990:2002 ekvation 6.10a, [17]. Bjälklagslast och snölast klassas som medellång variabel last. Säkerhetsklass 3. Villkor: Dimensionerande lasteffekt $\leq$ Dimensionerande bärförmåga.

Material	Ekvation 6.10a enligt EN 1990:2002 och EKS 9	Lastfall i q	Förenkling med linjära förhållanden
Trä	$f(1,05 \cdot 1,3 \cdot q + 1,35 \cdot g) \leq f(\frac{R_k \cdot 0,7}{1,3})$	$f(1,81 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,86})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{3,4})$
Stål	$f(1,05 \cdot 1,3 \cdot q + 1,35 \cdot g) \leq f(\frac{R_k}{1,0})$	$f(4,9 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,0})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{4,9})$
Betong	$f(1,05 \cdot 1,3 \cdot q + 1,35 \cdot g) \leq f(\frac{R_k}{1,5})$	$f(5,5 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,5})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{8,3})$

En fingervisning om materialåtgång och säkerhetsaspekten fås ur jämförelsen i tabellerna ovan. Tabell 3 och 4 pekar båda på att förhållandet mellan dimensionerande lasteffekt och bärförmåga ger en större relativ säkerhetsfaktor i partialkoefficientmetoden jämfört med faktorn i tillåtna spänningar enligt tabell 1 och 2. Utgångspunkten vid en påbyggnad måste vara att förstärkningar av den äldre stommen fordras.

För helhetens skull jämförs också den aktuella partialkoefficientmetoden med den variant på partialkoefficientmetoden som infördes i Sverige i slutet av 70-talet, BKR 1, (BFS 1993:58), [7]. Metoden infördes inte generellt för alla material utan betongdimensionering kom att införas först. Tabell 5 visar enligt principerna i tabellerna 1 till 4 motsvarande samband för BKR. Lastkombination 1 enligt BKR 1, (BFS 1993:58), [7]. q är här också värdet från tillåtna lasters system, Egentyngder av bjälklag som tidigare. Trä i kvalitet C24.

Tabell 5 Partialkoefficientmetoden enligt Boverkets konstruktionsregler 1993, [7] med medellång variabel last som är den varaktighet som bjälklagslaster och snölast klassas i. Säkerhetsklass 3. Villkor: Dimensionerande lasteffekt $\leq$ Dimensionerande bärförmåga.

Material	Lastkombination 1 enligt BKR 1	Lastfall i q	Förenkling med linjära förhållanden
Trä	$f(1,3 \cdot 1,3 \cdot q + g) \leq f(\frac{R_k \cdot 0,85}{1,25 \cdot 1,2})$	$f(2,0 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,76})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{3,5})$
Stål	$f(1,3 \cdot 1,3 \cdot q + g) \leq f(\frac{R_k}{1,1 \cdot 1,2})$	$f(4,3 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,1 \cdot 1,2})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{5,7})$
Betong	$f(1,3 \cdot 1,3 \cdot q + g) \leq f(\frac{R_k}{1,5 \cdot 1,2})$	$f(4,8 \cdot q) \leq f(\frac{R_k}{1,5 \cdot 1,2})$	$f(q) \leq f(\frac{R_k}{8,6})$

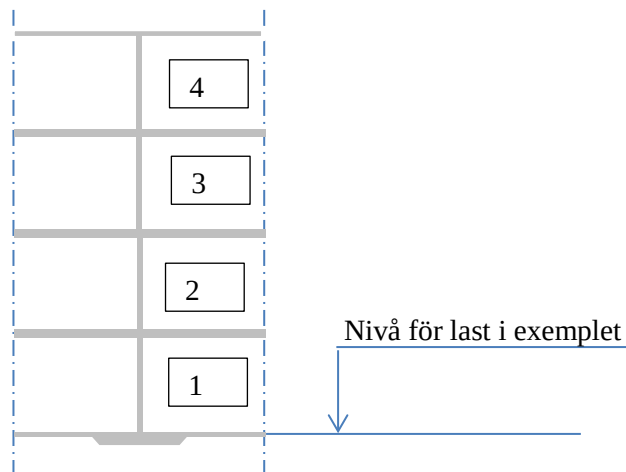
4.1 Lastnedräkning i flervåningstommar

Lastnedräkning till byggnadsgrund och undergrund ger dimensionerande lasteffekt på undergrund och grundläggning men också dimensioneringsförutsättningar för vertikalt bärande stomelement successivt ner i byggnaden.

Reglerna i metoden med tillåtna spänningar är utformade enligt följande:

Vid lastnedräkning ska ”Vanlig nyttig last på bjälklag för bostäder, hotell, vårdanstalter, kontor och skolor reduceras till en tredjedel. Dock antas summan av nyttiga lasten från ovanförliggande våningar inte lägre än den som svarar mot den angivna lasten på ett bjälklag”, (SBN 1975, avsnitt 21:3), [2] . Möjligheter fanns också att göra lastreduktioner på bärverk med större ytor efter särskild utredning enligt SBN 1975, avsnitt 21:3, [2] . Reglerna för lastnedräkning enligt EKS 9, [5] , SS-EN 1990:2002, [17] och SS-EN 1991-1-1:2002, [18] följer en något annorlunda princip. Lastreduktion kan göras generellt och lastkombinationerna enligt ekvation 6.10a och 6.10b i EKS 9, [5] kan användas. Lastreduktion av last från ovanförliggande bjälklag kan göras först efter det andra bjälklaget. Reduktionen är på det 3:e bjälklaget är 10 % på det 4:e 15 %, på de 5:e 17,5 % osv.

Exempel: Lastnedräkning för ett fyrvåningshus med 200 mm tjocka betongbjälklag och 160 mm tjocka betongväggar, avstånd 4,2 m mellan de bärande väggarna. Nyttig last är bostadslast, 1,5 kN/m² för vanligt lastfall i metoden med tillåtnas spänningar och 2,0 kN/m². Vindbjälklaget består av 180 mm betong är belastat med vindslast 1,0 kN/m² och en uppstolpad takkonstruktion, taktegel och isolering 0,7 kN/m². Snözon 1,0 och taklutning $\alpha = 15^\circ$.



Figur 1 Sektion genom fyrvånings skivstomme till lastnedräkningsexempel.

Tabell 6. Exempel på lastnedräkning enligt SBN75, [2] vanligt lastfall.

Beskrivning	Laster		Delsumma	Delsumma
	Egentyngd kN/m ²	Variabla kN/m ²	egentyngd	nyttig last kN/m
Snözon 1,0 $\alpha = 15^\circ$		0,8		3,36
Uppstolpat tegeltak inkl. isol.	0,7		2,94	
Egentyngd vindsbjl. över plan 4	4,3		18,06	
Nyttig last vindsutrymme		1		1,4
Vägg plan 4	9,2		9,2	
Egentyngd bostadsbjl. över 3	4,8		20,16	
Nyttiglast bostadsbjl. över 3		1,5		2,1
Vägg plan 3	9,2		9,2	
Egentyngd bostadsbjl. över 2	4,8		20,16	
Nyttiglast bostadsbjl. över 2		1,5		2,1
Egentyngd bostadsbjl. över 2	4,8		20,16	
Vägg plan 2	9,2		9,2	
Nyttiglast bostadsbjl. över 1		1,5		2,1
Egentyngd bostadsbjl. över 1	4,8		20,16	
Vägg plan 1	9,2		9,2	
Summa uk vägg våning 1			138,4	11,1
Summa				149,5

Tabell 7 Kontroll av reduktionsregler enligt SBN 75, [2] . Villkor: Summa nyttiglast $\geq$ nyttig last på ett bjälklag.

Lastsummering	kN/m ²
Summa reducerad nyttig last lastnedräknat	7,7
Summa nyttig last ett bjäl. (bostadsbjl)	6,3

Tabell 8 Lastnedräkning enligt SS-EN 1990:2002, [17] SS-EN 1991-1-1:2002, [18] SS-EN 1991-1-3:2003, [19] och EKS 9, [5] . Beräkning enligt ekvation 6.10b i EKS 9, [5] Säkerhetsklass 3. n är antalet våningar för lastreduktion, α_n är reduktionsfaktor för $n > 2$.

Beskrivning	Laster		Reduktions- faktor	Delsumma	Delsumma	
	Egentyngd	Variabla	n	α_n	egentyngd	nyttig last
Lastkoefficienter					$\xi=0,89$	$\Psi_{0,i}=0,7$
					$\gamma_G=1,35$	$\gamma_Q=1,5$
	kN/m ²	kN/m ²			kN/m	kN/m
Snözon 1,0 $\alpha = 15^\circ$		0,8				3,0
Uppstolpat tegeltak inkl. isol.	0,7				3,5	
Egentyngd vindsbjl över plan 4	4,3				21,7	
Nyttig last vindsutrymme		1	1	1	0	4,4
Vägg plan 4	9,2				11,1	

Beskrivning	Laster		Reduktions- faktor α_n	Delsumma egentyngd kN/m	Delsumma nyttig last kN/m
	Egentyngd kN/m ²	Variabla kN/m ²			
Lastkoefficienter				$\xi=0,89$ $\gamma_G=1,35$	$\Psi_{0,i}=0,7$ $\gamma_Q=1,5$
Egentyngd bostadsbjl över 3	4,8			24,2	
Nyttiglast bostadsbjl över 3		2	2 1	0	8,8
Vägg plan 3	9,2			11,1	
Egentyngd bostadsbjl över 2	4,8			24,2	
Nyttiglast bostadsbjl över 2		2	3 0,9	0	7,9
Egentyngd bostadsbjl över 2	4,8			24,2	
Vägg plan 2	9,2			11,1	
Nyttiglast bostadsbjl över 1		2	4 0,85	0	7,5
Egentyngd bostadsbjl över 1	4,8			24,2	
Vägg plan 1	9,2			11,1	
Summa uk vägg våning 1				166,3	31,7
Summa					198,0

Lastnedräkning enligt EKS 9, [5] ger ca 30 % högre last än med metoden med tillåtna spänningar.

4.2 Sammanfattning av översiktlig jämförelse mellan laster och dimensioneringsregler från 1970-talet till dagens system

Omräkning av gamla stommar enligt de nya konstruktionsstandarderna kommer sannolikt i många fall innebära att förstärkningar erfordras om konstruktionen skall utnyttjas för påbyggnader som ökar belastningen. Säkerhetsaspekten skall man ha med i tankarna. För tunga stommaterial som betong och murverk utgör egentyngden en betydande del av de totala lasterna och det kan finnas utrymme för en lastökning. Även förfinade beräkningsmetoder kan ge marginal till ytterligare lastökning.

Lätta takkonstruktioner det vill säga med primärbärverk av stål eller trä och ytbärande material av stålplåt eller trä är normalt strängt optimerade för de laster och regler som gällde vid dimensioneringstillfället. De succesivt över tid ökade snölasten enligt norm gör att tidiga lätta takkonstruktioner inte kan förutsättas ha marginal för att bära ytterligare last utan förstärkningar eller kompletteringar.

5 Grundläggning

Tillåtna grundspänningar på jord är grundade på jordartsbestämningar och särskilda geotekniska undersökningar. De dimensioneringsvärden eller utgångsvärden för dimensionering med hänsyn till undergrunden som anges i en grundundersökning är relaterad till den norm som användes vid tillfället för grundundersökningen.

I huvudsak kan tre skilda sätt att grundlägga urskiljas:

- Plattgrundläggning på friktionsjord
- Plattgrundläggning på kohesionsjord
- Pålgrundläggning
 - o Stödpålar till fast botten, spetsburna pålar
 - o Kohesionspålning
 - o Friktionspålning

5.1 Material och grundläggningssätt

Betong har använts till plattgrundläggning och i huvudsak till pålgrundläggning. Stålpålar förekommer också som stödpålar eller spetsburna pålar som det också kallas. Träpålar förekommer som kohesionspålar i äldre tider medan senare kohesionspålar ofta är specialutformade stålpålar som pressas ner. Betongpålar används också till friktionspålar. För den typen av byggnader som avses den här rapporten bedöms plattgrundläggning på friktionsmaterial och stödpålning med betongpålar vara de grundläggningstyper som är dominerande.

5.2 Plattgrundläggning

Plattgrundläggning av flervåningsbyggnader i betong förekommer mest på friktionsmaterial. Hel bottenplatta på kohesionsjordarter är tänkbart men mindre vanligt. Utbredda plattor, grundplattor under pelare och under längsgående väggar fördelar lasten så att den dimensionerande bärförmågan inte överskrids.

Skillnaderna mellan de olika systemen är svåröverskådlig. En enkel kalkyl för en grundplatta på grus enligt SBN 67, [1] och SBN 80, [20] (tillåtna spänningar) i jämförelse med NR, [3] (partialkoefficientmetoden) en kalkyl med hjälp av en övergångsformel mellan det gamla och nya systemet ger en 10 % ökning medan skillnaden i lasteffekten är större.

5.3 Pålgrundläggning

I SBN 75, [2] (tillåtna spänningars system) anges normerade pållaster som är bestämda axiallaster som förtillverkade pålar kan utnyttjas till om pålen tillverkats och installeras enligt Godkännande regler 1975:8 Pålar, [21] Tre standardiserade pålklasser användes A, B och C. A-klassen avsåg specialpålar med tillåtna axiallaster 600 kN och högre medan B- och C-klassen var standardiserade lastvärden. B-pålar tillverkades och installerades för axiallasten 600, 450 och 330 kN. C-pålar tillverkades och installerades för axiallasterna 450 och 330 kN.

Dessa lastklasser avsåg dimensionerande axiell bärförmåga i normsystemet med en 3-faldig säkerhet. Dimensionerande bärförmåga är den minsta av lastkapacitet och påvisad geoteknisk bärförmåga. Användning av stötsvågsmätningar visade att stoppslagningskriterierna gav en högre geoteknisk bärförmåga och särskilda regler infördes för att kunna utnyttja denna. I så motto finns visst utrymme för en högre kapacitet än standardklassens märklaster i de fallen då endast stoppslagningskriterierna användes för geoteknisk bärförmåga.

Standardiserade pålar har också använts i partialkoefficientsystemet, SP1 SP2 och SP3, [8]. Där SP1 har den lägsta lastkapaciteten, med max 550 kN, och 750 kN för SP2 och SP3 i säkerhetsklass 2 med hänsyn till stoppslagning. Både lastkapacitet och påvisad geoteknisk bärförmåga är objekt specifika. Pålgrundläggningar är till stor del schablondimensionerade och schablonprojekterade. En viss överkapacitet kan finnas efter genomgång av pålningsprotokoll och relationsritningar. För att följa upp aktuell situation krävs ett väldokumenterat pålningsarbete och en geokonstruktör.

5.4 Sammanfattning grundläggning

En enkel översikt visar att relationen mellan det gamla systemet och det nya för geoteknisk dimensionering är komplex att tolka. Krav på kompetens har ökat och för att rätt kunna värdera behovet att grundförstärkningar eller att utnyttja eventuell överkapacitet krävs tillgång till geotekniska undersökningar och bra dokumentation av grundläggningsarbetet. En enkel bedömning av plattgrundläggning mellan de olika systemen tyder på att partialkoefficientmetoden inte tillåter en högre lasteffekt utan detaljerad uppföljning.

6 Stommaterial ur påbyggnadssynpunkt

6.1 Trä

För trämaterial är beständighetsfrågorna viktiga och byggnadsfysikaliska förhållanden måste undersökas för att ringa in möjliga problem med bärförmåga och förstärkningsbehov. Ändrade förhållanden med avseende på fukt ändrar hållfasthetsegenskaperna för en träkonstruktion. Ökad fukt sänker hållfastheten. Egentyngden i relation till bärförmågan, (bortsett från last vinkelrätt fibrerna) är gynnsam för trä. En lastökning har därför en större relativ inverkan på totallasten i en trästomme än för alla andra material. Egentyngden för ett träbjälklag kan skattas till ca $0,5 \text{ kN/m}^2$. Den nyttiga lasten för bostäder är $2,0 \text{ kN/m}^2$. Den nyttiga lasten utgör ca 80 % av totallasten. För ett 200 mm betong bjälklag är egentyngden $4,6 \text{ kN/m}^2$ medan den nyttiga lasten är $2,0 \text{ kN/m}^2$. Den nyttiga lasten utgör 30 % av totallasten. För byggnader med få våningar får en ökad last relativt stor inverkan. Stomsystem där stor belastning uppstår vinkelrätt fibrerna ger stora deformationer. Trä som belastas kryper med tiden vilket innebär att E-modul och hållfasthet sjunker med tiden. Särskilt märkbart blir krypningen om belastningen ligger över ca 50 % av brottlasten. Normala dimensioneringsnivåer ligger under denna nivå. En lastökning medför ökade långtidsdeformationer.

6.2 Betong

I betongstommar av typen av lamellstommar med korta spännvidder och flera våningar dominerar egentyngden. En mindre ökning av den nyttiga lasten utgör en lägre andel av totala lastkapaciteten och ju längre ned i strukturen man kommer ju mindre relativ totallast har en lastökning i takplanet.

I pelarbalkstommar i betong utgörs primärbärverket av balkar dimensionerade för böjning och pelare dimensionerade för huvudsakligen vertikallaster och stabilitetsbrott. Dimensionering för böjning görs alltid för aktuella laster vid dimensioneringstillfället. Högre lastkapacitet kan därför sällan utnyttjas utan förstärkningar av bärverket. Beroende på statiskt system kan deformationer eller brotthållfasthet dimensionerande. Pelardimensioner är anpassade efter krav på stabilitet. Standardisering av dimensioner sker ofta för att få en rationell tillverkning och formsättning av dem. Det kan innebära att några pelare på en våning har extra lastkapacitet medan några är anpassade till rådande lastsituation vid dimensioneringen.

Pelardäck används till lokaltyper som kontor, affärskomplex och industrier. Däcket, plattan är utsatt för böjning och stansning. En generell lastökning kan knappast påräknas generellt på plattan med hänsyn till stansning. Pelarna kan ha en viss reservkapacitet med hänsyn till att dimensioner och utförande standardiserats.

Betong har en långsam hållfasthetsutveckling. Normalt används den så kallade 28-dygns-hållfastheten som ett utgångsvärde vid dimensioneringen. Till betongstommar för flerbostadshus användes hållfasthetsklasser som K20, K25 och K30, med konsistensen plastisk eller trögflytande, till plattgjutna stommar. Det innebär en betong med ett relativt

högt vatten innehåll. Vattencementtalet, vct, för den sortens betong låg runt 0,60 och något högre. Hållfasthetsutvecklingen fortsätter dock efter 28-dygnshållfastheten och en högre tryckhållfasthet kan i det flesta fall utnyttjas. I Vägverkets publikation 2009:61, MB 802 Bärighetsutredning av byggnadsverk, [16] anges att K-värdet, (kubhållfasthet) på ritning, kan ökas med faktorn $f_{ckjust} = f_{ck} \cdot 1,15 - 2 \text{ MPa}$. Minskningen med 2 MPa görs för övergång från 10 % fraktilen till 5 % fraktilen. Detta gäller för broar byggda före 1986 och för broar byggda efter 1986 kan faktorn 1,15 användas. Motsvarande resonemang borde också kunna gälla grundläggningskonstruktioner och, i någon mån, inomhuskonstruktioner i torrt klimat gjutna med högt vct. Hållfasthetsklassen för betongen i prefabricerade stommar är normalt högre än i platsgjutna konstruktioner vilket innebär att betongen har då ett lägre vct. Hur hög hållfasthetstillväxt utöver 28-dygnshållfastheten i torrt klimat man generellt kan påräkna för höga betonghållfasthet är oklart. Cementtyp, cementkvalite, luftinblandning etc. är faktorer som inverkar. En objektspecifik undersökning av verklig bärförmåga måste göras för att fastställa om högre hållfasthet än dokumenterad kan tillgodoräknas. Den faktor som den ovanstående normjämförelsen visar för betong mellan systemet för tillåtna spänningar och partialkoefficientmetoden $8,4/7,4 = 1,14$ skulle kunna uppvägas av den föreslagna faktorn 1,15 för hållfasthetstillväxt under lång tid. För bostäder återstår i så fall att klara ytterligare $0,5 \text{ kN/m}^2$. Karbonatisering av betong försämrar inte tryckhållfastheten utan försämrar korrosionsskyddet för armeringen. I motsats till betong kan man inte för armering tillgodoräkna någon hållfasthetstillväxt. För armeringen är det beständighetsfrågor som är mera relevanta. En ökad lastutnyttjandegrad av befintlig lastkapacitet i betongmaterialet kommer också att innebära en ökad krypning med ökade deformationer som följd.

7 Stommar

Det dominerande materialet till flervåningsbostadshus är betong. Rena stålstommar används inte i flervåningshus utan förekommer i huvudsak i enplanshus för industriändamål etc. Trä används företrädesvis till småhus. Efter 1994 har flervåningshus i trä blivit tillåtna men andelen av befintliga flervåningshus i trä är fortfarande liten.

7.1 Trästommar

I bärande trästommar förekommer tre huvudvarianter av system: Timmerhus, (liggande eller stående), regelstommar och massivträstommar, (plankhus från början av 1900-talet är en tidig form av massivträstomme). Äldre, (1900-tal) flervåningsstommar i trä är begränsade till 2-våningar. Efter ändring i Boverkets Byggregler 1994 möjliggjordes byggande i flera våningar än två med trä som stommaterial.

Plankhus där den bärande stommen består av ett eller flera lager av sågade plankor har för-utsättningar för att bära en ökad last. Det bärande vertikala systemet är i hög grad kontinuerligt. Tillkommande laster måste dock fördelas så att den befintliga volymen trä tas i anspråk för lastbärning.

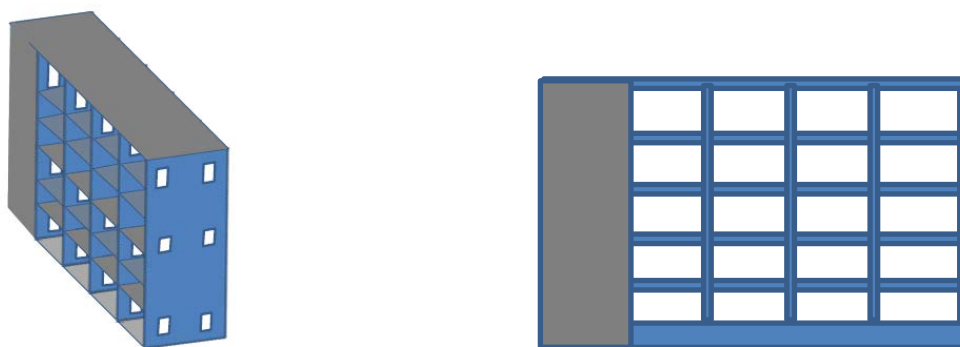
Tidiga väggregelstommar, från tiden före energikrisen i slutet av 1970-talet, är dimensionerade med hänsyn till enbart bärförmågan. Senare tiders väggregelstommar har anpassats till lämplig isoleringstjocklek för väggen. Väggreglarna är därmed i många fall överdimensionerade och kan bära ökad last. En svaghet är att ökad belastning vinkelrätt fibrerna vid lastöverföring till hammarband och syllar orsakar stora deformationer. Dessa punkter är svåra att förstärka och eventuella förstärkningsåtgärder kräver stora ingrepp i väggarna. Krypdeformationer är påtagligt i äldre träkonstruktioner.

7.2 Betongstommar

En påbyggnad på övervåningen eller på taket belastar i första hand det befintliga takbjälklaget, (det finns också fall där takbjälklaget har rationaliserats bort och väggarna i översta planet är upplag för takkonstruktionen) och/eller takbalkar såvida inte de bärande punkterna förläggs över vertikala bärlinjer. Bjälklag och balkar kan ofta relativt enkelt förstärkas om utrymme finns medan förstärkning av vertikala bärande element kan vara mer krävande. Bärande element som har stomstabiliserande funktion kräver särskild uppmärksamhet.

7.2.1 Skivstommar av betong

Olika typer av användningsområde och antalet våningar leder till val av olika stomtyper och stommaterial. Skivstommar i betong är den vanligaste typen stomme till flerbostadshus. Betongstommen kan vara platsgjuten eller bestå av prefabricerade betongelement eller också vara en kombination av platsgjutna delar och prefabricerade delar.



Figur 2 Skivstomme är vanlig till flervåningsbostadshus.

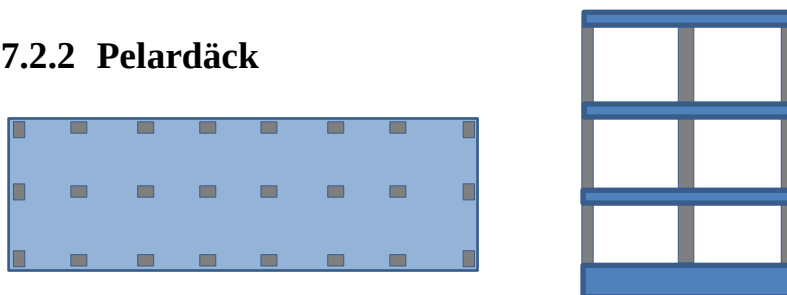
Bärlinjerna är ofta klara och tydliga, stomindelning är ofta starkt standardiserad modulmått används. Knutar och stomkopplingar är kontinuerliga och möjligheter till alternativa lastvägar är goda vid överbelastningar i en platsgjuten stomme. Om spännvidderna är korta är vägg och bjälklagstjocklekar mer anpassade till ljudkrav och brandkrav än statiska krav. Betongkvaliteten är ofta relativt låg. C20/25 är en vanlig kvalitet i både bjälklag och väggar. En stomme med prefabricerade stomelement har även den goda möjligheten till omfördelning av laster. Knutar och andra förband är normalt inte kontinuerliga utan fästpunkterna finns i diskreta punkter och säkerhet mot fortskridande ras ingår som ett särskilt dimensioneringsmoment i prefabstommar för att förbättra kontinuitet i knutar och upplag. Betongkvaliteten är ofta något högre i prefabstommar med hänsyn till snabb avformning i fabrik och tidigt montage. C30/37 och högre kan förutsättas i väggar och bjälklag. I förespända bjälklag är betonghållfastheten högre, vanligtvis C50/60. Normalt förekommer inte förespända bjälklag på spännvidder 4-6 m. Brandkraven, för bostadshus i flera våningar, fler än tvåvåningar, är enligt Svensk Byggnorm SBN 67, [1] Svensk Byggnorm 80, [20] Nybyggnadsregler, [3] och Boverkets byggregler, [22] innebär en klassning som brandsäker byggnad. Vertikala stomdelar och stomstabiliserande delar med låg brandbelastning skall motstå brand i 60 minuter, vilket motsvarar den nuvarande klassen R60. I Boverkets godkännandelista B2 1992:1 NR avsnitt 8 m.fl., [6] finns angivet utföranden som är generellt godkända ur brandskyddssynpunkt. Minsta väggstjocklek vid tvåsidig brandpåverkan anges till 130 mm betong för 60 minuter, förutsatt normerat täckskikt på armering. Tvärsnittsmåtten för bjälklag ligger betydligt under de som normalt krävs ur statisk synpunkt.

Krav på ljudisolering mellan bostadsutrymmen samt mellan bostadsutrymmen och utanför bostäder styr i viss mån vägg tjocklek och bjälklagstjocklek. Betongväggar i spannet 160-180 mm har ansetts vara tjocklekar som klarar ljudkraven. Massiva betongbjälklag med tjocklekar på 180-220 mm, beroende på spännvidder, bedöms klara ljudkraven.

En överslagsberäkning av bärförmågan för en slakarmerad minimiarmerad 160 mm betongvägg i kvalitet C20/25 med 3,0 m knäcklängd ger en dimensionerande bärförmåga på ca 1000 kN/m, [24].

Brottlasten på en bärande vägg av ett 220 mm kontinuerligt bostadsbjälklag i betong med spännvidder på 4,2 m kan uppskattas till ca 45 kN/m. Med egentygnd för väggen ca 55 kN. En generell överkapacitet i bärförmåga finns inbyggd. Dock måste detaljerade beräkningar göras för öppningar och lastkoncentrationer med hänsyn till byggnadens utformning.

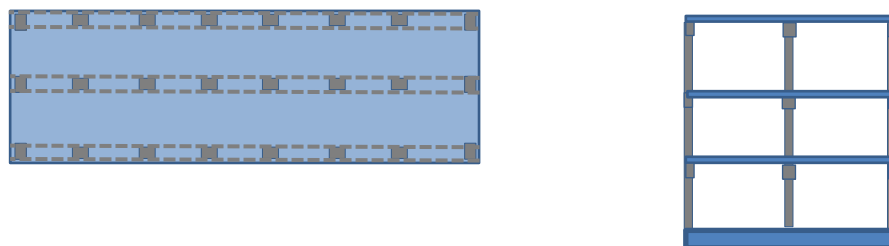
7.2.2 Pelardäck



Figur 3 Principplan och principsektion för pelardäck.

Pelardäckskonstruktioner används mest till kontors- affärs- och industribyggnader samt i parkeringsdäck. Det innebär att lastkapaciteten är relativt hög. Den nyttiga lasten kan variera från 2,0 kN/m² till 4,0 kN/m² beroende på lokaltyp. Plattan är platsgjuten eller en kombination av prefabricerad kvarsittande form och platsgjutning. Punktvis eller linjevis förstärkning av plattan med hjälp av stålbalkkonstruktioner kan vara möjlig. Anslutningen mellan pelare och platta är kritisk och svår att förstärka. Om inte pelartoppen är försedd med kapital kan pelarens tvärsnittsarea vara dimensionerad för att klara genomstansning snarare än knäckning. I sådana fall kan det finnas utrymme för att klara högre vertikallaster. Stomstabilitet kan tillgodoses av pelarnas inspanning om det är i ett platsgjutet utförande men i de flesta fall utnyttjas vertikala skjuvstyva skivor och pelare med ledade pelare. Stomindelning varierar med avseende på typ av lokal, från korta spännvidder på ca 6 m för slakarmerade stommar till betydligt längre för stommar med efterspänd armering i plattan.

7.2.3 Pelarbalksystem



Figur 4 Principplan och principsektion för pelarbalksystem.

Användningsområde med avseende på typ av lokal för denna stomtyp är i stort sett samma som för pelardäck. Plattan är relativt sett tunnare och pelarna klenare i jämförelse

med pelardäck. Förutsättningarna är mindre för att hitta möjligheter för ökad att belastning från påbyggnader. Platsgjutna pelarbalksystem är relativt ovanliga och ofta från 1900-talets första hälft. Pelarbalksystem med prefabricerade betongelement är relativt vanliga och byggda på 1900-talets senare del och framåt. Stomindelningen brukar vara i storleksordningen 6 m mellan bärlinjer för platsgjutna konstruktioner och t.ex. upp till 7,2 x 17 m för prefabricerade stommar i parkeringshus. Stomstabilisering kan ske med inspända pelare eller med skjuvstyva vertikala skivor alternativt med stålkryss.

7.2.4 Stålstommar, kombinerade betong och stålstommar.

Kombinationen bjälklag av betong med pelare och kantbalkar av stål finns också i flervåningshus avsedda för bostäder, kontor och industrier. Här kan finnas ett visst utrymme för lastökning med tanke på att standardiserade pelardimensioner sannolikt används för rationellt montage och produktion. Ett visst ökningsutrymme kan också finnas beroende på egentygndens storlek i relation till den nyttiga lasten.

8 Laster från gröna tak och påbyggnader.

Tabell 9 Fältlaster, tyngder på bjälklag av odlingssubstrat och växtlighet. Källa: Scandinavian Green Roof Institute AB, 2014, [11].

Typ av växtlighet	Substratdjup Lagertjocklek [mm]	Vikt [kg/m ²]	Tyngd [kN/m ²]
Extensiva Naturlandskap Sedum, örter och mossor	30 – 150	50-150	0,5-1,5
Semi-intensiva Naturlandskap/Trädgård Perenner och mindre buskar	120 – 250	120 – 250	1,2 – 2,5
Intensiva Trädgård/Park Gräsmatta, större buskar och mindre träd	200 – 2000	200 – 2000	2,0 – 20

Tidsperspektivet på lasterna är långtid eller permanenta det vill säga 10 år eller byggnadens livslängd. För betongkonstruktioner och träkonstruktioner har det betydelse. En överbyggnad av trä, (för att minska egentygnderna) som bärande material måste dimensioneras med hänsyn till det och med hänsyn till den relativa luftfuktigheten som träkonstruktionen skall vara i. Till fältlasterna tillkommer:

- **Vind.** Lasten av vind förändras och ökar. Dels på grund av högre byggnadshöjd och dels på grund av annan råhet och friktion på takytan. Typ av växtlighet ger olika råheter och friktion. I SS-EN 1991-1-4:2005 s 60, tabell 7.10, [23] anges friktionskoefficienter för olika taktyper men tak med växtlighet finns inte med. Dock finns uppgift för en profilerad takyta vilket borde kunna användas för lägre växtlighet, typ extensiva naturlandskap.

- **Regn.** Mängden vatten som kan magasineras i substraten och på växtytorna är beroende på avrinningshastighet och dräneringshastighet. Det påverkar den korta lastökning som ett skyfall kan orsaka. Trämateriel har viss kapacitet att klara en kortvarig lastökning. En ökning på ca 10% kan tillgodoräknas för trämaterial om lasten är kortvarig. Ett kraftigt regn, skyfall kan regna med 1 mm/min - 50 mm/timme upp till kortvarigt 5 mm/min enligt SMHI, Rotblöta och skyfall, [12]. Substratens fördröjningsförmåga vid dränering och regnets varaktighet påverkar lastens intensitet och lasten storlek måste bedömas med relationen mm regn/tidsenhet och dräneringskapacitet. Skyfall förekommer mest på sommaren och skulle därmed inte behöva kombineras med maximal snölast. Liksom övriga naturlaster är 50-årsvärdet ett lämpligt utgångsvärde för en karakteristisk lastnivå. Befintliga horisontella tak med sarger har normalt inte dimensionerats för last av skyfall utan är försedda med takavlopp och bräddavlopp. Detta kan kanske utnyttjas vid en påbyggnad med grönt tak.
- **Snölast.** Växtmiljön ger sannolikt upphov till ökad snölast i förhållande till ett vanligt tak. Lämpligtvis användes värdet för snölast på mark som är den normenliga utgångspunkten för snölast utan den reduktion som normenligt görs för horisontella eller tak med flack lutning. Ett sedumtak samlar sannolikt inte lika mycket snö som ett tak med mindre buskar. Det kan finnas skäl att variera snölasten med typ av grönt tak.
- **Last av utrustning och maskiner.** Lokala laster av maskiner och annan utrustning för skötsel och rekreation. Den maskin- och utrustningslast som uppstår vid anläggandet av gröna tak kan bedömas vara den som också kan förekomma vid skötsel och underhåll.
- **Nyttig last från personer, av mänsklig aktivitet och lös inredning.** För påbyggnader med bostadsutrymmen finns normerade laster. För gröna tak som beträds skulle SS-EN 1991-1-1:2002, [18] kunna tillämpas. Yttertak klassificeras med hänsyn till åtkomlighet.

Tabell 10 Försök till skattat spann av egentygnd för envåningspåbyggnader med bostäder och befintlig betongstomme. Utbredd last av egentygnd för två våningsväggar, ett bjälklag och ett takbjälklag i trä. Väggar över befintliga bärlinjer, spännvidd ca 3,6 m.

Typ av stomme	Egentygnd	Nyttig karakteristisk last bostäder
	[kN/m ²]	[kN/m ²]
Trästomme	2,0 - 3,5	2,0
Lättbetong-, betongstomme med träväggar och trätak	4,5 - 5,5	-"
Befintlig betongstomme	14,5-16,0	1,5*
Stålstomme	2,0 - 3,0	2,0

*Bostadslast enligt äldre normer

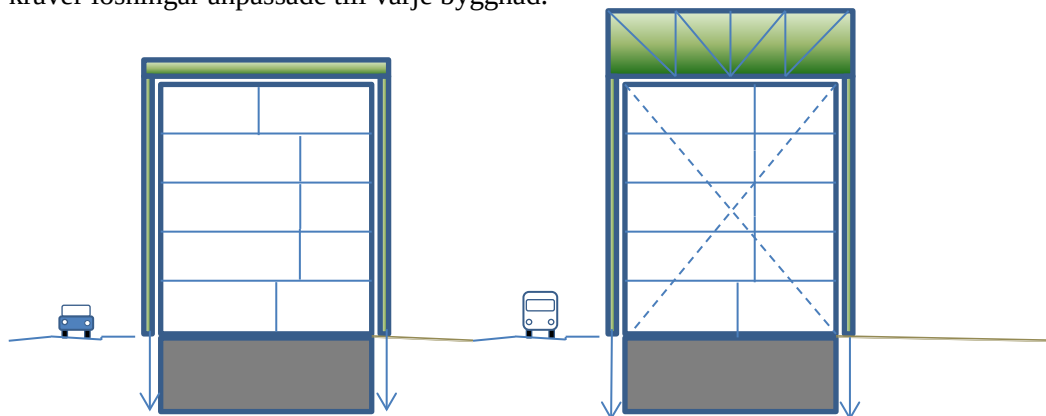
Ur tabell 10 kan man utläsa att genom att riva en våning i en betongstomme får man stora minskningar av egentygnden. En våning i betong kan ersättas med flera våningar i trä.

Tabell 11 Lastförändringar i förhållande till ursprungslaster att ta hänsyn till vid en påbyggnad eller vid en påbyggnad med ett grönt tak.

Last	Påbyggnad	Grönt tak	Kombination grönt tak/påbyggnad
Vind	Högre hushöjd ger mer anblåst yta	Ändrad friktion	Högre hushöjd/friktion
Snö	Beroende på takutformning kan snölasten öka och skapa snöfickor	Betrakta som snö på mark beroende på storleksordningen	Takutformning/Typ av växtlighet
Regn	-	Kvarhållande vattenmängder	Kvarhållande vattenmängder
Egentyngder	Stommaterial	Substrat/växtlighet	Stommaterial/Substrat/växtlighet
Nyttiga laster	Typ av lokalkategori	Typ av lokalkategori som grönytan skall användas till	Typ av lokalkategorier

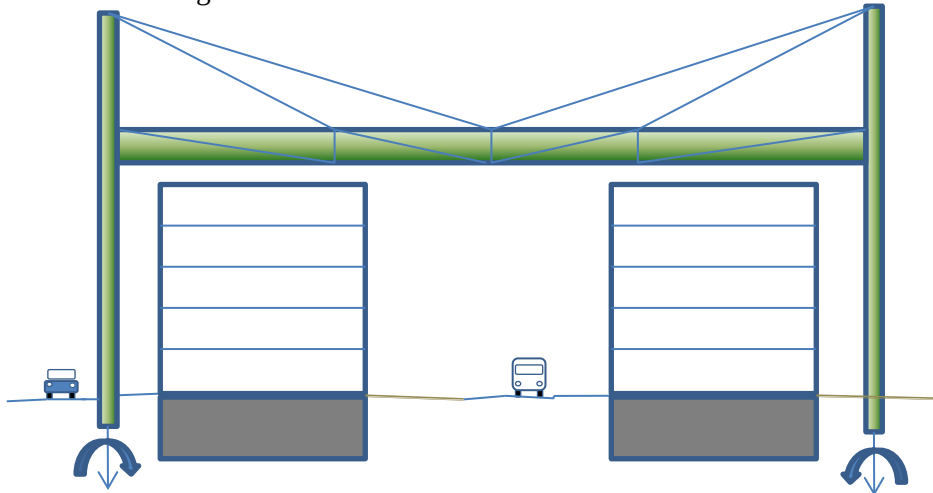
9 System för överbyggnader och påbyggnader

Bostäder i flervåningshus har ofta en husbredd på 12-13 m för att få goda dagljusförhållanden. Någon form av så kallad hjärtvägg/avskiljande väggsystem i byggnadens längdled brukar finnas. Kontorsbyggnader från senare delen av 1990-talet brukar ofta ha en ”mörk” kärna där service utrymmen mm förläggs. Husbredden kan då skattas att vara i storleksordningen 18-20 m. Det är dock inte alltid som denna princip är tillämplig för kontorsbyggnader och än mindre för kommersiella byggnader. Möjligtvis kan stomsystem för överbyggnader av bostadsbyggnader och kontorsbyggnader standardiseras med tanke på spännvidder. Kommersiella byggnaders utformning liksom industribyggnader är nog i det stora flertalet unikt utformade och på-/överbyggnader kräver lösningar anpassade till varje byggnad.



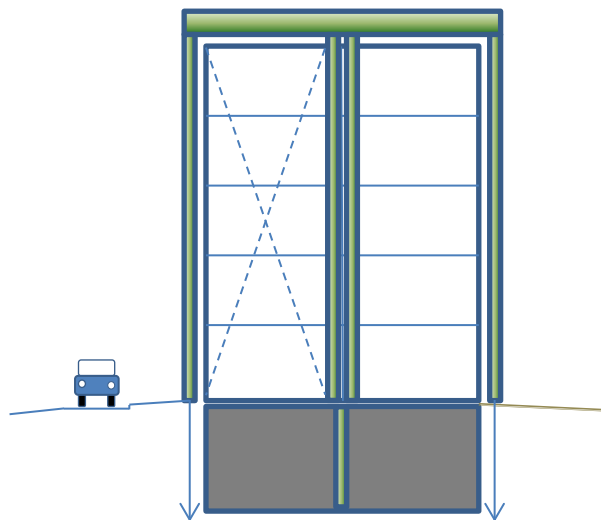
Figur 5 Principiella strukturutformningar vid påbyggnader där befintlig stomme inte utnyttjas för bärande ändamål.

Stabilisering av portaler måste ske genom horisontell skivverkan eller motsvarande. Detta kan utföras i påbyggnaden med stabiliserande enheter i lägen för befintliga gavlar eller liknade om befintlig stomme inte skall utnyttjas. En lång byggnadskropp kan innebära att vertikala stabiliserande element måste anordnas som en komplettering eller separat system i den befintliga huskroppen. Vertikal bärning i direkt anslutning till fasaden kan antingen ske i diskreta linjer med pelare eller intermittenta väggar alternativt med heltäckande fasad-element. Fasadelementen är frikopplade från den befintliga fasaden men kan utgöra kompletterande isolering och ge möjlighet till utrymme för kompletterande installationer för påbyggnadens försörjning. Grundläggningen separeras från den befintliga.

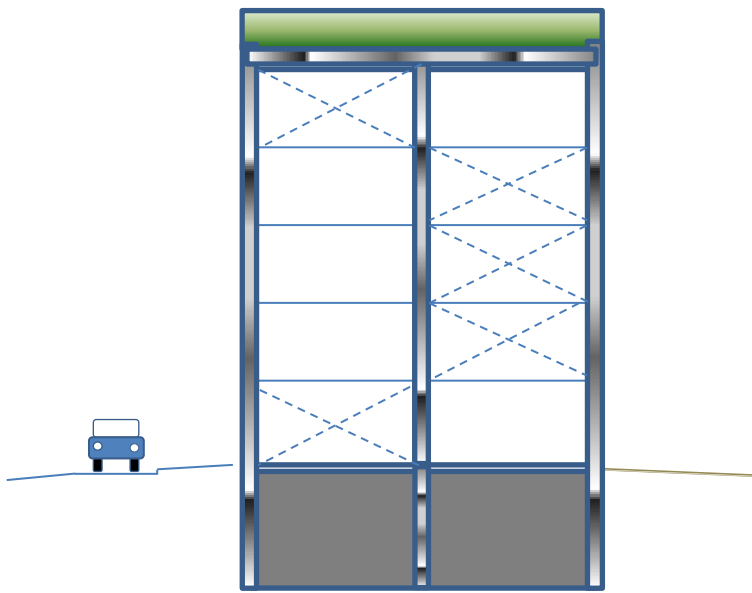


Figur 6 Principiella strukturutformningar vid på- och överbyggnader. Befintlig stomme utnyttjas inte för bärning av på-/överbyggnad. Den här typen kräver extra uppmärksamhet på dagsljusinsläpp.

Inbyggnad av kvarter eller delar av kvarter kan ske om möjligheter finns till stomsystem med längre spännvidder. Tekniken från linupphängda träbroar eller från linupphängda arenatak skulle kunna användas. Grundläggning av moment belastade pyloner kräver större utrymmen än från rent vertikala laster. Linstagning av pyloner kräver också utrymme men reducerar momentbelastningen i pylonen.



Figur 7 Principiell utformning vid komplettering av befintlig byggnad. Graden av komplettering bedöms efter aktuell stommes bärförmåga. Den befintliga stommen kan delvis användas för på-/överbyggnad.



Figur 8 Principiell förstärkning av befintlig byggnadsstomme. Den befintliga stommen kan till stora delar användas för på-/överbyggnad.

10 Brandaspekter i samband med påbyggnader

Byggnadsklassning med avseende på brand förändras genom antalet våningar särskilt vid övergången från 2 våningar till flera. Byggnadens klass avgör också krav på bärförmåga på enskilda byggnadsdelar vid brand.

Principlösningarna för strukturer i figur 5 till 8 kräver åtgärder för att brandskydda de nya bärande stomdelarna.

”Taktäckningen på byggnader ska utformas så att antändning försvåras, brand-spridning begränsas samt att den endast kan ge ett begränsat bidrag till branden. (BFS 2011:26)”, [3]. Bedömning av brandrisker på grund av växtlighet kan påverka hur omgivande taks ytor skall brandskyddas eller hur brandrisken på det tillbyggda gröna taket skall minimeras. En påbyggnad av en befintlig huskropp innebär att den byggnadens höjs över befintliga omgivande byggnader. Beroende på avstånd och omgivande takytors brandegenskaper kan ombyggnader/kompletteringar behöva göras.

Räddningsvägar på gröna tak som används för rekreation och kombinationen gröna tak med påbyggnader är en väsentlig detalj i utformningen av utrymningsvägar.

11 Strategier för att klara laster från påbyggnader

11.1 Lastplacering

Konstruktionselement avsedda för att bära last transversellt, alltså genom i huvudsak momentupptagning kräver troligtvis någon form av förstärkning för att föra ned lasten till grunden via vertikala bärverk. För att undvika denna typ av förstärkning kan projekteringen av påbyggnaden inriktas på att förlägga lastpunkter i den befintliga stommens vertikala bärlinjer.

11.2 Förstärkningsstrategier

11.2.1 Konstruktionselement för böjning

Böjförstärkningar av balkar och plattor som samverkan mellan befintligt och nytt kräver särskild analys i varje enskilt fall.

Betongpågjutning på befintliga betongplattor är ett sätt att höja lastkapaciteten på en platta. Detta kan vara ett alternativ för att förstärka översta våningens bjälklag. En ökning av momentkapaciteten med 30 % med samverkande pågjutning av befintlig platta, från 200 mm till 250 mm ger en ökning av egentygden med ca $1,2 \text{ kN/m}^2$. I en byggnad med 4 våningar med 200 mm bjälklag och 160 mm tjocka väggar på centrumavstånd 4,2 m belastas grunden av egentygden i vägglinjen med ca 1975 kN/m . Pågjutningens tillskott utgör mindre än 1 %. Det relativa tillskottet på egentygden på väggkrönet i 4:e våningen är 25 %. Den sannolikt ökade lasten i brottgränstillstånd på bjälklaget över våning 4 är 30 % och utgör 7,5 % utan lastreduktion vid lastnedräkning till grunden.

11.2.2 Vertikala konstruktionselement

Vertikalt bärande konstruktionselement dimensioneras i första hand med avseende på stabilitet. Pelare och väggars tvärsnittsdimensioner styrs normalt av villkor för böjknäckning och materialets tryckhållfasthet. Lastkapaciteten för böjknäckning beror på elasticitetsmodul, E och på pelarens eller väggen fria längd, l , tvärsnittets yttröghetsmoment samt på pelarens/väggens inspänning och/eller styrning.

A) Randvillkor med avseende på inspänning är svårt att ändra på men införande av extra stomstabiliserande element kan vara ett alternativ för t.ex. pelartoppar eller väggkrön som saknar sidostyrning på den översta våningen.

B) Att utnyttja betongmaterialets hållfasthetsutveckling efter färdigställande av byggnad kan vara ett en del. Uppemot 15% procent skulle kunna vinnas, (MB 802 VV2009), [16].

C) Reducering av pelarens/väggens knäcklängd inverkar mest på lastkapaciteten. Detta kan ske genom punktvis stagnation av pelare eller linjevis av väggar. Maximal effekt fås om stagpunkten halverar rådande knäcklängd. Teoretiskt kan bärförmågan med avseende på knäckning öka med en faktor 4 om knäcklängden halveras. Stagneringar av den här typen kräver utrymme och förnyad analys av redan befintliga stomstabiliserande element och av befintliga stomstabiliserande elements infästningar. Lokala vertikala förstärkningar på väggar i form av pågjutningar eller stålkonstruktioner kan också vara tänkbart.

Brandskyddet av den här typen av förstärkningar måste beaktas.

D) Separata kompletteringar av vertikala stomelement som bär tilläggslasten kan också användas. Stabiliseringskrafter från dessa kompletterande element måste tas om hand antingen med den befintliga stomstabiliseringen eller med ny kompletterande stomstabilisering. Krafter från snedställning ökar i och med att lasterna ökar. En schablon beräkning brukar utnyttja ofta normerade värden. I en stomme med många vertikala element blir den slumpmässigt fördelade snedställningen liten. För att begränsa en eventuell systematisk snedställning kan det vara värt att göra en uppmätning av faktiska verklig snedställning.

12 Referenser

- [1] Statens planverk, publikation 1, Föreskrifter, råd och anvisningar till byggnadsstadgan, BABS67, Svensk byggnorm 67, SBN67
- [2] Statens Planverks författningssamling, PFS 1978:1 Svensk Byggnorm SBN 1975 utgåva 3, ISBN 91-38-03848.

- [3] Boverkets nybyggnadsregler, BFS 1988:18, upplaga 1:1, NR1, 1989, ISBN 91-38-09758-3.
- [4] Statens Betongkommitté, Bestämmelser för betongkonstruktioner, Allmänna konstruktionsbestämmelser, B7 1968, Svensk Byggtjänst 1969
- [5] Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder) BFS 2013:10, EKS 9, 18 juni 2013.
- [6] Boverket, Godkännandelista B2, 1992:1, NR avsnitt 8 m.fl. Generella godkännanden brandskydd, Svensk Byggtjänst
- [7] Boverkets författningssamling BFS 1993:58, BKR 94:1, Boverkets konstruktionsregler föreskrifter och allmänna råd, 10 januari 1994.
- [8] SS 81 11 03 utgåva 1, 1989-01-01, SIS Standardiseringskommissionen i Sverige, Betongpålar med kvadratisk tvärsnitt – fordringar.
- [9] Rapport 94, Standardpålar av betong, lastkapacitet och geoteknisk bärförmåga, Pålkommisionen, Linköping 1996, ISSN, 0347-1047
- [10] Pålnormer. Föreskrifter, råd och anvisningar angående grundläggning med pålar: Svensk byggnorm. Supplement. SBN-S 23:6
- [11] Scandinavian Green Roof Institute AB, <http://greenroof.se/about-green-roofs/> Gröna tak 2014, hämtad 20150931
- [12] SMHI, <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/rotblota-1.17339>, Rotblöta skyfall, publicerad 28 oktober 2011, uppdaterad 28 juli 2015, hämtad 20150931.
- [13] SMHI, Faktablad NR 43 – februari 2010, Korttids nederbörd i Sverige 1995-2008, Lennart Wern Jonas German.
- [14] Boverkets författningssamling, BFS 2013:10, EKS 9, Boverkets föreskrifter om ändring och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder, (eurokoder).
- [15] [3] Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BBR, BFS 2011:6 *Konsoliderad version – senast ändrad genom BFS 2015:3 BBR 22*
<http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/bbr-bfs-2011-6-tom-bfs-2015-3-konsoliderad.pdf>
- [16] Trafikverket, MB 802 Bärighetsutredning av byggnadsverk, 2009:61
- [17] European Committé for Standardization, SIS SS-EN 1990:2002 Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk.
- [18] European Committé for Standardization, SIS SS- EN 1991-1-1:2002 Laster på bärverk Del 1-1 Allmänna laster – tunghet, egentyngd, nyttig last för byggnader
- [19] European Committé for Standardization, SIS SS- EN 1991-1-3:2003 Laster på bärverk Del 1-3 Allmänna laster – snölast

- [20] Statens Planverks författningssamling, PFS 1980:1 Svensk Byggnorm SBN 1980 utgåva 3, ISBN 91-38-05209-1.
- [21] Statens Planverks författningssamling, Godkännanderegler 1975:8 Pålär
- [22] Boverkets författningssamling, Regelsamling för byggande BBR 2015, ISBN (pdf) 978-91-7563-254-4
- [23] European Committé for Standardization, SIS SS- EN 1991-1-4:2005 Laster på bärverk Del 1-4 Allmänna laster – vindlast
- [24] Svensk Betong <http://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/statik/snabbdimensionering/statik>, Hämtad 20151125.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

SP-koncernens vision är att vara en internationellt ledande innovationspartner. Våra 1 400 medarbetare, varav över hälften akademiker och cirka 380 med forskarutbildning, utgör en betydande kunskapsresurs. Vi utför årligen uppdrag åt fler än 10 000 kunder för att öka deras konkurrenskraft och bidra till hållbar utveckling. Uppdragen omfattar såväl tvärtekniska forsknings- och innovationsprojekt som marknadsnära insatser inom provning och certifiering. Våra sex affärsområden (IKT, Risk och Säkerhet, Energi, Transport, Samhällsbyggnad och Life Science) svarar mot samhällets och näringslivets behov och knyter samman koncernens tekniska enheter och dotterbolag. SP-koncernen omsätter ca 1,5 miljarder kronor och ägs av svenska staten via RISE Research Institutes of Sweden AB.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

SP Arbetsrapport :

ISBN

ISSN 0284-5172

PART OF **RISE**

Gröna tak och takodlingar – en översikt

Vi ser idag ett ökat intresse bland byggherrar och fastighetsägare i Sverige att bygga och förvalta byggnader som har gröna ytor på tak. Även befintliga byggnader är så klart aktuella när gröna ytor anläggs på tak och nu ser vi även ett spirande intresse för möjligheter till odling på tak.

Introduktion

Det finns många drivkrafter till att anlägga gröna ytor på tak. Ett av de viktigaste argumenten är att belastningen på dagvattennätet minskar i samband med kraftiga regn och att den biologiska mångfalden i städer ökar med introducerade gröna lösningar. Om de gröna ytorna går att beträda är även sociala aspekter viktiga och aspekter så som ökad trivsel bland brukare lyfts. Motverkande av urbana värmeöar är ytterligare en fråga som är aktuell i många länder och städer och faktorer som ofta lyfts fram är hur gatuklimatet kan påverkas av ändrade ljud-, vind- och temperaturförhållanden genom gröna ytor och hur detta kan lindra effekten av urbana värmeöar, ofta benämnt "urban heat island", UHI. Definitionen av en urban värmeö är ett storstadsområde som är tydligt varmare än närliggande områden och temperaturskillnaden är vanligen större under natten än på dagen. En del av temperaturökningen beror på spillvärme från verksamhet i staden men en signifikant del kommer av hårdgjorda ytor, exempelvis tak med lågt albedovärde, vilket gör att mindre solstrålning reflekteras och ytorna blir betydligt varmare än den omgivande luften. På samma sätt påverkas temperaturen av den betydligt mindre växtligheten i städer jämfört med landsbygden. Gröna ytor med träd och växter avger vattenånga genom evapotranspiration vilket har en kylande effekt.



Figur 1. Takodling med bl a olika örter tillhörande restaurang på Tredje Långgatan i Göteborg. Konceptet kallas "härodlat".

Alla gröna tak har någon typ av vegetation, men den kan variera stort i både uppbyggnad och form. Gröna tak brukar indelas i extensiva och intensiva. Extensiva gröna tak består av ett tunt jordskikt eller matta och en torktålig vegetation så som t ex fetblad eller mossor. Fetbladen har mindre aggressiva rotsystem som inte skadar det underliggande tätskiktet. Ett intensivt grönt tak däremot kan liknas vid nästan vilken markvegetation som helst och kan ha stora variationer i substratdjup, men man brukar undvika växter med kraftiga rötter som är svåra att hantera med vanliga rotskydd.

Det finns flera miljöcertifieringssystem (ex LEED och BREEAM) där man kan få poäng för gröna ytor och dessa fungerar som katalysatorer för att få igång ytterligare byggprojekt med gröna ytor på bl a tak. Krav på gröna ytor inom t ex kvarter i form av exempelvis *grönytefaktor* kan även förekomma vid markanvisningar och från byggherrar. Det här betyder sannolikt att betydligt fler gröna tak kommer att byggas framöver och det innebär att kraven på kvalitet avseende tekniska lösningar då kommer att behöva säkerställas.

Gröna tak har använts under många år och det finns erfarenheter både i Sverige och internationellt men då främst för gröna tak på tunga oventilerade konstruktioner så som på betongbjälklag. SBUF-projektet "*Kvalitetssäkring av sedumtak*" är ett avslutat projekt som bland annat studerade tätskikt, dränering och taklutning (Danielsson 2013). Det pågår även ett stort Vinnova-projekt med fokus på kvalitetssäkringsfrågor för gröna tak och anläggningar, "*Kvalitetssäkrade systemlösningar för gröna anläggningar/tak på betongbjälklag med nolltolerans mot läckage*". Vinnova-projektet, som förväntas avslutas under 2016, hanterar både frågor som rör tätskikt och bjälklag men även den gröna överbyggnaden och inkluderar även flera byggnadsprojekt/case från Stockholm och Malmö där arbetsprocessen följs och erfarenheter dokumenteras.

I Sverige har vi en byggtradition att bygga lätta konstruktioner och i trä så det är viktigt att undersöka hur gröna ytor på tak eventuellt kan appliceras på ett kvalitetssäkrat och väl underbyggt sätt som inte påverkar konstruktions funktion och hållbarhet negativt. I denna studie lyfts frågor kring kvalitetssäkring som är viktiga att säkerställa och även olika former av tätskikt presenteras. Byggnadsfysikaliska frågor för gröna tak och takodlingar diskuteras och resultat från några tidigare projekt presenteras.

Frågor kring kvalitetssäkring

Allmänt

Det finns en mängd olika aspekter att beakta för kvalitetssäkring av gröna tak och alla behandlas inte i denna översikt men några av de viktigaste lyfts fram. Fuktsäkerhetsaspekter är en av de viktigaste frågorna och ett speciellt fokus kommer att ges dessa.

I Boverkets Byggregler BBR kapitel 6:53 *Fuktsäkerhet* står det att *Byggnader skall utformas så att varken konstruktionen eller utrymmen i byggnaden kan skadas av fukt*. Det står även att *fukttillståndet i en byggnadsdel alltid ska vara lägre än det högsta tillåtna fukttillståndet*. För gröna klimatskal och gröna tak är det rimligt att anta att substratet kan hålla stora mängder fukt beroende på utformning, djup och omgivande klimat. Det här är en naturlig egenskap och även önskvärd ur flera aspekter, bl a för dagvattenhantering och vattenkvarhållning. Det är dock viktigt att ta hänsyn till denna egenskap vid en fuktsäkerhetsprojektering av ett grönt tak. I BBR står det vidare,

Vid en fuktsäkerhetsprojektering bör hänsyn tas till de kombinationer av material som ingår i byggnadsdelen. Detta för att fukttillståndet i material och i materialgränser inte på ett oförutsägbart sätt skall kunna överskrida det kritiska fukttillståndet under så lång tid att skador kan uppstå.

Det här inkluderar både den bärande takkonstruktionen med tillhörande tätskikt och isolering men även den gröna överbyggnaden med substrat, växter och dräneringslager.

Vidare anges, *Vid bedömning av fukttillståndet, såväl under byggtiden som i den färdiga byggnaden, bör hänsyn tas till förekommande fuktkällor (fuktbelastning). Fuktbelastningens storlek, varaktighet och frekvens bestäms utifrån lokala förhållanden.*

Sedan ges några exempel på fuktkällor som kan förekomma, bl a *nederbörd, luftfukt, vatten i mark, byggfukt och vatten från installationer*. Även om texten antagligen skrevs utan gröna tak i åtanke så skall dessa fuktkällor beaktas vid en fuktsäkerhetsprojektering och för gröna tak hur de påverkar fuktbelastning på substrat och underliggande konstruktion.

Hygrotermiska beräkningar är en del av fuktsäkerhetsprojekteringar och exempel på dessa tas upp senare i denna rapport.

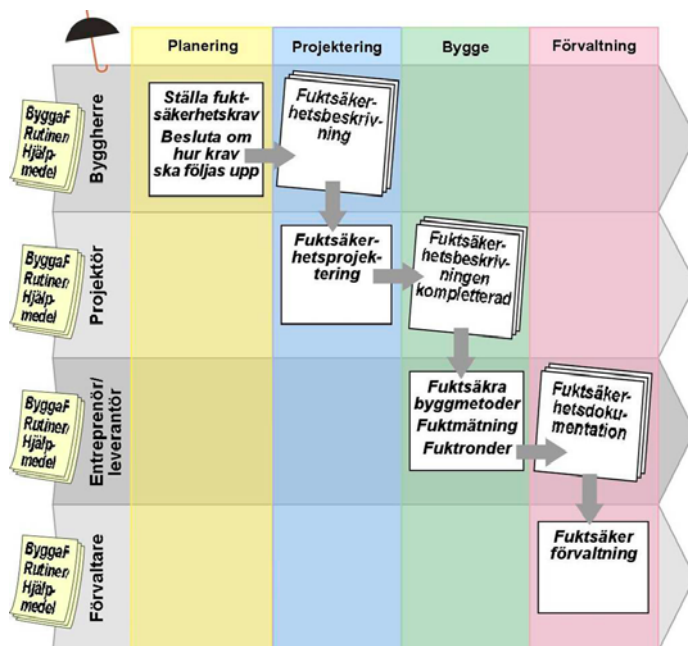
Kvalitetssäkringssystem

Som nämns ovan så pågår det ett stort Vinnova-projekt, ” *Kvalitetssäkrade systemlösningar för gröna anläggningar/tak på betongbjälklag med nolltolerans mot läckage*”, som behandlar kvalitetssäkringsfrågor för gröna tak och anläggningar på betongbjälklag. Vinnova-projektet behandlar många aspekter och frågeställningar som rör hela konstruktioner med gröna tak och många av frågorna som hanteras i det projektet går att applicera direkt för andra typer av bjälklag inklusive träbjälklag. Dock kan det finnas aspekter som inte beaktats och som behöver lyftas just för träbjälklag. Vinnova-projektet beskrivs utförligare längre ned i rapporten.

Branschstandard ByggaF – metod för fuktsäkert byggande

Redan etablerade kvalitetssäkringssystem för fuktsäkert byggande inkluderar ByggaF-metoden (där F står för fuktsäkerhet). ByggaF är en metod och etablerad branschstandard som säkerställer, dokumenterar och kommunicerar fuktsäkerheten i hela byggprocessen, från planering till förvaltning. Metoden innehåller rutiner och hjälpmedel för alla aktörer från byggherre, arkitekter och övriga

konserter, materialleverantörer, entreprenörer till driftspersonal och förvaltare och mycket material går direkt att applicera för fuktsäkerhetsfrågor för gröna tak.



Figur 2. Branschstandard ByggaF - metod för fuktsäkert byggande (Mjörnell 2007).

Kvalitetssäkring av sedumtak

Ytterligare ett exempel på arbete som gjorts specifikt för kvalitetssäkring av sedumtak har redan nämnts i introduktionen ovan. SBUF-projektet "Kvalitetssäkring av sedumtak" (Danielsson 2013) studerade bland annat tätskikt, dränering och taklutning för just sedumtak specifikt och tog fram check-listor för projektering och produktion. Danielsson ger även exempel på ett antal detaljer som syftar till att illustrera goda detaljlösningar. Rapporten innehåller exempel på krav för lämpliga sedumarter och substrat och tar även upp risker på byggarbetsplatsen som är associerade med anläggning av sedumtak.

- Svår etablering; råd om gödsling och bevattning efter anläggandet
- Skador på tätskiktet; vikten av kontroll av tätskikt och städning på arbetsplats för att undvika skador under byggnationstiden
- Problem med logistiken; tidsaspekter vid förvaring av sedum innan installation
- Okunskap; oförsiktighet vid anläggning kan ge skador på tätskikt eller på sedummattan. Information till personal på plats är viktigt för att förhindra detta.

FLL

I Tyskland har man arbetat länge med kvalitetssäkring av gröna tak och standardarbetet har drivits av branschföreningen FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.). FLL har även tagit fram en guideline för planering, anläggande och skötsel av gröna tak – Green Roofing Guideline (FLL 2008). Denna finns utgiven både på engelska och tyska och täcker en stor mängd aspekter som är viktiga för att säkerställa en god kvalitet för gröna tak. FLL är kanske det viktigaste dokumentet idag som används för anläggning av gröna tak och innehåller information om bl a olika typer av gröna tak, krav relaterat till konstruktioner och material. Tekniska krav finns både på underliggande konstruktion och för den gröna överbyggnaden. Den behandlar även frågor som rör

dränering, filtrering, rotskydd, tätskikt, olika laster och även vissa brandaspekter. De flesta kvalitetssäkringssystem för just gröna tak och manualer/guidelines som tagits fram i olika länder bygger i stort på FLL. Dock finns det viktiga regionala skillnader i byggteknik och klimat som är viktiga att beakta och därför går det inte att använda FLL direkt för alla områden.

Erfarenheter från intervjuer kring kvalitetssäkringsfrågor

Nedanstående kapitel består av utdrag ur rapport (Sikander, Capener 2014) kring tidigare utförda intervjuer i samband med byggprojekt och anläggning av gröna tak. Erfarenheterna som beskrivs kommer från svenska byggprojekt och från olika byggherrar/entreprenörer.

Flera frågeställningar och osäkerhetsfaktorer lyfts fram som möjliga anledningar till varför gröna tak väljs bort. Många av dessa är direkt kopplade till kvalitetssäkringsfrågor.

- Risken för svårupptäckta läckage som kan vara svåra att åtgärda utan omfattande ingrepp.
- Beständighet hos tätskikt
- Brandsäkerheten för vissa typer av tak som inte är gröna utan periodvis mer torra
- Tyngden som belastar bjälklaget, speciellt vid tjocka växtsubstrat och om träd planteras.
- Uppkomst av skugga och skydd utsikt

Samma studies intervjuer fokuserade även på erfarenheter från olika skeden under byggprocessen, från planering och projektering till byggskede och slutligen förvaltning, dock samtliga med erfarenheter från betongbjälklag. Många aspekter går dock att applicera även för träbjälklag men för dessa krävs ytterligare studier bl a kring tätskiktsfrågor och placering av isolering i förhållande till tätskikt och dräneringslager.

Erfarenheter från planerings- och projekteringsskede

Från planerings- och projekteringsfasen lyftes bl a svårigheten med låglutande tak med hänsyn till läckagerisken. Genomföringar är extra känsliga detaljer ur fuktsynpunkt; Dessa kräver en noggrann beskrivning och dokumentation för att säkerställa fuktsäkerhet under bygg- och förvaltningstiden. Vikten av att använda åldringsbeständiga material och materialkombinationer lyftes likaså och speciellt viktigt är tätskiktets beständighet ur fuktsynpunkt. Sammanfattningsvis så rekommenderas att en fuktsäkerhetsprojektering av gröna takkonstruktioner utförs och dokumenteras väl. Denna kan utföras med den generella ledning som ges i ByggaF. Ytterligare erfarenheter som lyftes fram rörde frågor kring växtval. Robusta och tåliga växter som är anpassade för den aktuella miljön behöver väljas och växtvalet bör också ske med hänsyn till vilka ekosystemtjänster man vill skapa eller förstärka. Växtval behöver göras i samband med anvisningar för skötseln (eller tvärt om) för en fungerande drift och skötsel i ett senare skede. Likaså behöver ett eventuellt bevattningssystem tidigt planeras i samband med resten av den gröna takytan.

Erfarenheter från byggskede

Vikten av utförandet vid genomföringar, anslutningar och skarvar för att undvika läckage lyftes som en viktig punkt. Det är lämpligt att tätskiktet provtrycks för att verifiera dess vattentäthet. Samma erfarenhet som lyftes ovan (Danielsson 2013) om risken för skador på tätskiktet vid transporter över taket av material, maskiner, passage med mera återkom även här. Vikten av att planera

byggprocessen avseende i vilken ordning takytan/tätskiktet färdigställs och tidpunkten för när installation av den gröna ytan sker är extra viktig för att inte skada färdigställda ytor.

Erfarenheter från förvaltning

Följande erfarenheter och synpunkter framkom i samband med intervjuerna. Driften måste planeras för de gröna ytorna och underhåll göras regelbundet. Även avvattningsmöjligheter och brunnar måste kontrolleras i samband med skötsel. Det är lämpligt att ta fram rutiner för avstängning/tömning av bevattningssystem inför vinter och för igångsättning under våren. Här måste hänsyn tas till växternas behov och risken för sönderfrysning av vattenledningar. En erfarenhet som påtalades var att de flesta läckage som härrör från byggtiden upptäcks direkt efter färdigställandet.

Pågående kvalitetssäkringsarbete av gröna tak

Vinnova-projektet " *Kvalitetssäkrade systemlösningar för gröna anläggningar/tak på betongbjälklag med nolltolerans mot läckage*" behandlar många aspekter och frågeställningar som rör konstruktioner med gröna tak på betongbjälklag och många av frågorna som hanteras i det projektet går att applicera direkt för andra typer av bjälklag inklusive träbjälklag.

Projektet genomförs inom Vinnova-utlysningen Utmaningsdriven Innovation UDI - Hållbara städer och fokuserar på ett helhetstänk med nolltolerans mot läckage. Utmaningen ligger i att lösa de problem som finns genom tvärvetenskaplig transektoriell samverkan. Projektet förväntas leda fram till ny kunskap, nya produkter, guidelines och i förlängningen certifieringssystem. Beställaren kommer, efter projektets genomförande, kunna känna större trygghet i samband med upphandling. Anläggningarna blir säkrare, forskarsidan utökas, kunskapsnivån höjs och det aktuella konsortiet kan utvecklas till en viktig kunskaps- och erfarenhetsorganisation.

För betong-, tätskikts- och värmeisoleringsystem till olika typer av gröna anläggningar på betongbjälklag tas specifikationer fram. Projektet innehåller en fördjupad probleminventering där detaljlösningar studeras och krav på dokumentation tas fram. Även tillgänglig data för livscykelanalyser, LCA, och kostnadsanalyser, LCC, utvärderas för aktuella material och system.

Utöver ovan nämnda underbyggnad som inkluderar betong, tätskikts- och värmeisoleringsystem fokuserar projektet även på den gröna överbyggnaden. Denna består vanligtvis av ett dränerande skikt och ett lager växtsubstrat som skiljs från varandra med en geotextil. I projektet ingår även själva trädgården, eller växterna och specifikationer som rör kvalitetssäkring för dessa tas fram. Ytterligare problemställningar och samband som behandlas rör dräneringsfrågor, fukthållande lager för växter och växtbäddsuppbyggnader. En fördjupad kunskap om jordkvalitet och substratutveckling, recept på jordar, riktlinjer för växtbäddsuppbyggnader och kravspecifikation för substrat/jordar arbetas fram och kommer redovisas under 2016, dels i en rapport men även som input till en guideline som tas fram och hanterar både under- och överbyggnader för gröna anläggningar och tak.

Byggnadsfysikaliska aspekter

Byggnadsfysikaliska frågor är en viktig del av kvalitetssäkringsarbetet som behövs för att åstadkomma genomtänkta och hållbara gröna konstruktionslösningar. En fuksäkerhetsprojektering är självklart viktig att genomföra vilket lyfts i kapitel ovan. Genom Vinnova-projektet C/O City – steg 2 och med stöd från SBUF genomfördes och avslutades nyligen en studie (Sikander, Capener) kring gröna klimatskal med fokus på fuksäkerhet och energifrågor, både för gröna tak och väggar, ”Gröna klimatskal - fuktförhållanden, energianvändning och erfarenheter”. Som presenterats i tidigare kapitel avsåg studien dels erfarenheter från byggbranschen som samlats in genom intervjuer men även mätningar på och simuleringar av gröna klimatskal genomfördes och utvärderades. Nedan följer en sammanfattning av slutsatser avseende gröna tak från studien. Flera slutsatser och principer är dock liknande avseende både gröna tak och väggar.

Fuksäkerhet

Som nämnts tidigare finns en brist på kunskap kring gröna väggar och tak och deras hygrotermiska förhållanden under olika klimatförhållanden. Det saknas även dokumenterade materialegenskaper i många fall vilket är nödvändigt för att kunna genomföra en fuksäkerhetsprojektering. I studien (Sikander, Capener) användes materialdata för gröna klimatskal, substrat och växtdel, som tagits fram av Fraunhofer-Institut für Bauphysik i Holzkirchen, Tyskland; dessa redovisas i Tabell 1 nedan. Det vore dock önskvärt att ytterligare materialdata togs fram och då gärna för svenska material och substrattyper.

Tabell 1 Materialdata för simulerade gröna klimatskal.

Material	Densitet ρ [kg/m ³]	Porositet [-]	Värmekonduktivitet λ [W/mK]	Diffusionsmot- ståndsfaktor μ [-]
Växtlager ^[1]	1500	0,5	0,2	5,0
Extensivt lättviktssubstrat ^[2]	405	0,82	0,4	3,0
Extensivt enskiktssubstrat ^[3]	900	0,65	0,4	3,3

[1] Allmänt planteringslager för gröna tak och väggar. Ref: IBP-Bericht HTB-13/2013, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.

[2] Extensivt lättviktssubstrat för ett grönt tak. Extensiv-Leichtsubstrat Typ L - Fa. Optigreen. Ref: IBP-Bericht HTB-13/2013, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.

[3] Extensivt enskiktssubstrat för ett grönt tak. Extensiv-Einschichtsubstrat Typ M - Fa. Optigreen. Ref: IBP-Bericht HTB-13/2013, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen.

Avsikten med studiens mätningar och simuleringarna var att utforska byggnadstekniska möjligheter med gröna klimatskal och att hitta robusta och säkra tillämpningar.

Några slutsatser:

- Gröna klimatskal har en tydligt temperaturutjämnande effekt mot under-/bakomliggande skikt vilket till stor del beror på den termiska massan hos växtsubstratet men till viss del troligen även av den skuggande effekten och viss evapotranspiration från växterna (transpiration) och substratet (avdunstning/evaporation).
- Gröna klimatskal har en temperaturutjämnande effekt vilket inverkar på temperaturer längre in i konstruktionen. Den temperaturutjämnande effekten påverkar konstruktionens yttre del på så sätt att det gröna klimatskalet kan vara varmare under vissa perioder och kallare under andra jämfört med en traditionell konstruktion. För en sämre isolerad vägg kan det här ha betydelse för termisk komfort invändigt då ytemperaturen på insidan av väggen blir något

lägre under varma och soliga dagar. En bättre isolerad vägg så som används i svenska lågenergihus torde minska den här effekten och därmed ha mindre betydelse på invändig komfort.

- Den värmelagrande och temperaturutjämnande effekten hos det gröna klimatskalet innebär också att den relativa fuktigheten påverkas för bakomliggande konstruktion så att den blir högre under vissa perioder (exempelvis under perioder då växtsubstratet lagrar kyla från kalla nätter) och lägre under andra perioder (exempelvis då växtsubstratet lagrar värme från varma och soliga dagar) jämfört med en referenskonstruktion.
- Från simuleringarna av de gröna taken noteras en viss försämring i hygrotermiska egenskaper för de gröna taken jämfört med de traditionella svarta taken. Högre relativa fuktigheter kan ses i konstruktionen med gröna tak jämfört med det traditionella svarta taket. Orsaken torde vara periodvis lägre temperaturer i det gröna taket och en minskad temperaturgradient vilket också minskar fuktomvandlingen under dygnet.

Energiaspekter

Slutsatserna som redovisas nedan gäller för de tak och väggkonstruktioner som simulerades i ovan nämnda projekt. Det finns såklart många varianter av gröna tak och väggar och generella slutsatser om andra lösningar bör studeras för att dra slutsatser om deras inverkan på energianvändning.

- Ur energisynpunkt och från de fall som beräknats för värmeisolerade konstruktioner så verkar inte gröna klimatskal ha något positiv effekt på värmeflöde genom väggar och tak för byggnader som kräver uppvärmning i nordiska klimat. Tvärtom så ses ett något högre värmeflöde genom de gröna klimatskalen jämfört med referensklimatskalen för de fall som simulerats med klimatdata från Oslo. I detta fall har beräkningarna utförts för byggnader som inte kyla vid eventuell hög temperatur inne, t ex bostadshus i Sverige.
- För hus med dålig värmeisolering och höga U-värden som kräver kylning under sommarhalvåret kan den temperaturutjämnande effekten som sågs vid fältundersökningar och simuleringar bidra till en minskad användning av energi för kylning. Dock har detta inte studerats inom ramen för ovan nämnda projekt. Det bör nämnas att ju mer välisolerad en konstruktionsdel är desto mindre inverkan har det gröna klimatskalet på värmeflödet igenom det.
- Den avkylande effekten, beroende på utformning av det gröna taket, bör beaktas vid energiberäkningar.
- Den stora fördelen ur energisynpunkt kan ses i andra länder med byggtradition med mindre mängd värmeisolering. När ett varmt, fuktigt och regnrikt klimat simulerades och då luftkonditionering används inomhus används sågs en markant förbättring och reduktion i energiflöde genom det gröna taket jämfört med ett traditionellt svart tak. Till stor del beror detta på att mindre solstrålning absorberas men även av den vattenkvarhållande effekten och evapotranspirationen från gröna växter och deras substrat. Det här kan ha stora positiva effekter på invändig termisk komfort men även på energiförbrukning då mindre energi behövs till luftkonditionering.

Takodlingar

Det finns olika typer av takodlingar som påverkar underliggande konstruktion i större eller mindre grad ur byggnadsfysikalisk aspekt, allt ifrån odling i lådor och kärl eller pallkragar till lokala växtbäddar och hela takytor vilket kräver djupare substrat för växternas rötter och väl genomtänkta

rotskydd och dräneringslösningar. Samtliga lösningar bör analyseras ur byggnadsfysikalisk aspekt med en fuktsäkerhetsprojektering och enligt guidelines/handböcker för gröna tak.

- Odling i lådor och kärl/pallkragar. Här är det oftast en distans till takytan men den termiska massan av odlingen kan ge lokal påverkan på underliggande konstruktion och även skuggeffekter.
- Odling i lokala växtbäddar. Här är substratet och odlingen i kontakt med taket vilket starkt påverkar underliggande konstruktion. Odlingen bör hanteras som ett intensivt grönt tak och planeras med väl genomtänkta lösningar och kvalitetssäkring för bland annat rotskydd, dränering, bevattningslösningar, avvattnings m m.
- Odling i växtbäddar över hela takytan. Hanteras på samma sätt som för lokala växtbäddar men för hela takytan.

Olika former av tätskikt

I Vinnova-projektet "Kvalitetssäkrade systemlösningar för gröna anläggningar/tak på betongbjälklag med nolltolerans mot läckage" så tas även en handbok/arbetsbeskrivning fram som innehåller information om tätskikt, *Arbetsbeskrivning - Betong, Isolering och tätskikt för gröna tak*. Arbetet är pågående och handboken kommer att publiceras under början av 2016. Dokumentet innehåller beskrivningar av material och system för nyproduktion och renovering av gröna tak som ska kunna ta hänsyn till alla typer av överbyggnader både extensiva och intensiva gröna installationer oberoende av vegetation, substratdjup och tyngd. Rekommendationer för hur man behandlar betongytan, installerar tätskikt och isolering redovisas. Handboken innehåller en produktvalsguide för val av produkter/system, detaljsskisser för kritiska detaljer, kravnivåer för material samt checklistor för installation och täthetskontroll. Dokumentet ger också rekommendationer för hur man ska skydda tätskikt under byggtid till resterande arbeten är slutförda.

Nedan följer några utdrag ur skriften för att illustrera olika typer av tätskikt och viktiga frågeställningar som bör beaktas. Även vissa relevanta standarder listas. En fullständig redovisning av olika former av tätskikt och deras funktion med fler exempel kommer att publiceras genom projektet enligt ovan inom kort.

Det finns olika typer av tätskikt och primers som är avsedda för gröna tak på marknaden. Dessa kan vara i rullform matta/duk eller som flytande material. Hur kraftigt ett tätskikt måste vara avgörs av vilken typ av växter/substrat som skall användas och hur taket är tänkt att användas i övrigt. Tätskiktet kan bland annat behöva kunna stå emot växternas nedträngande rötter, eventuell isbildning/tö i ovanförliggande substrat (med medföljande rörelser) men även påfrestningar från rörelser i konstruktionen. Även byggtiden måste beaktas då tätskikten kommer att belastas av människor, maskiner och klimatet innan det täcks med överbyggnaden. Eventuellt kan en skyddsbetong behöva appliceras för att skydda tätskiktet. Även primers kan behöva användas och måste vara anpassade och kompatibla med de produkter som de ska användas tillsammans med. Det finns många olika typer av primers som kan användas för att förbehandla ytor innan tätskiktet appliceras. Primer används främst tillsammans med bitumenbaserade produkter samt i vissa fall flytande tätskikt.

Bitumentätskikt

Det finns olika typer av bitumentätskikt, bland annat med SBS (styren-butadien-gummi), APP (ataktisk polypropen), gjutasfalt och Mastix. Bitumen har god beständighet och används både som

lim/tättningsmedel och som komponent i tätskiktsmattor på tak i gröna konstruktioner. Bitumen är en petroleumprodukt och har goda vattentätande egenskaper. Bitumen kan oxideras eller modifieras med polymerer för att förbättra de olika bitumenkvaliteterna.

En kortare förklaring och beskrivning av de olika tätskikten ges nedan.

SBS

Bitumen-membran där man använder SBS, styren-butadien-gummi för att få ett material som är elastiskt också vid låga temperaturer.

Fördelen med tätskiktsmattor som är SBS modifierade är att de kan (om de har tillräckligt med asfalt) svetsas till underlaget och skarvarna blir beständiga. De är lämpliga för gröna tak/anläggningar eftersom materialen åldras mycket långsamt om det inte utsätts för solljus eller värme. Rätt utfört ger detta en lång livslängd för konstruktionen.

APP

APP – ataktisk polypropen är en polymer som används för modifiering av bitumen. Polymeren används ofta tillsammans med IPP, isotaktiskpolypropen. Denna typ av produkter har normalt sett bra högttemperaturegenskaper men är lite känsligare för låga temperaturer. Precis som med andra bitumentätskikt använder man stommar av glas eller polyester eller kombinationer av dessa för att få bra slutegenskaper på produkten. APP-produkter klarar UV-belastningen utan att påverkas nämnvärt. Livslängd för materialen beräknas till ca 30 år.

Gjutasfalt och Mastix

Mastix innehåller Polymerbitumen, kalk & naturfiller samt sand. Den har en konsistens som flytspackel. Gjutasfalt innehåller polymerbitumen, kalk & naturfiller, sand och makadam och har en konsistens som påminner om betong. Både mastix och gjutasfalt fungerar som rotskydd. Gjutasfalt tål att utsättas för trafik samt som upplag av material under byggtiden. Mastix är känsligare men kan användas om överbyggnaden appliceras direkt efter tätskiktet är klart.

Följande standarder är relevanta att beakta för dessa.

- SS-EN 13707:2013 Flexibla tätskikt – Förstärkta bitumenbaserade tätskikt för tak – Definitioner och karaktäriserande egenskaper
- SS-EN 13969:2004/A1:2006 Flexibla tätskikt – Bitumenbaserade fuktspärrar inklusive grundmursskydd – Definitioner och karaktäriserande egenskaper SS-EN 12970:2001 Gjutasfalt och asfalt mastix - Definitioner, krav och provningsmetoder
- SS-EN 13108-6:2006 Vägmaterial – Asfaltmassor – Materialspecifikationer – Del 6: Gjutasfalt (GJA)
- SS-EN 13108-6:2006/AC:2009 Vägmaterial – Asfaltmassor – Materialspecifikationer – Del 6: Gjutasfalt (GJA)

Folier och syntetiska tätskikt

Det finns en mängd foliesystem och syntetiska tätskikt på marknaden och nedan ges några exempel på produktgrupper som kan vara aktuella för gröna anläggningar och tak.

TPO

Thermoplastic Polyolefin. Polyesterförstärkt syntetisk takduk i flera skikt, baserad på högkvalitativa flexibla polyolefiner (FPO) som innehåller UV-stabiliserare och brandhämmande medel och inlägg av glasväv.

Gummidukar

EPDM (ethylene propylene diene monomer) är en gummipolymer/elastomer med elastiska egenskaper inom ett brett temperaturområde. Vulkning är den kemiska process där gummit överförs från plastisk formbar till ett elastiskt formstabilt tillstånd genom att tvärbindingar förs in mellan molekyllkedjorna och bildar ett nätverk. EPDM har stora elastiska/dynamiska egenskaper m h a det nätverk som sker vid vulkning. Gummiduk är kemiskt stabil och innehåller ingen mjukgörare eller tungmetaller som frigörs vid exponering, förbränning eller deponering.

PMMA

Polymetylmetakrylat (PMMA) är en amorf termoplast som kräver en härdare. Materialet har en kraftig lukt som kan verka irriterande vid användning. PMMA kan användas tillsammans med en förstärkning av glasfiber eller polyesterfiber. Vid applicering på sugande underlag krävs normalt att ytan primas först. PMMA har bra motståndskraft mot UV-ljus och olika kemikalier. Produkten ger också skydd mot rotgenomträngning.

Följande standard är relevant att beakta för syntetiska tätskikt.

- SS-EN 13956:2013 Flexibla tätskikt – Plast- och gummibaserade tätskikt för tak – Definitioner och karaktäriserande egenskaper

Intressanta projekt som berör gröna tak, pågående och avslutade

Några exempel på andra studier inom området för gröna klimatskal är följande:

- *Kvalitetssäkring av sedumtak*
Rapporten ger exempel på och vägledning för lösningar och produktion av sedumtak och har tagits fram inom ramen för SBUF. Författare Per Danielsson, Skanska.
- *BiodiverCity – gröna fasader*
Två paper visar på resultat från mätningar och beräkningar avseende fukt- och temperaturförhållanden hos gröna klimatskal på massiva tegelväggar. Projektet har utförts inom ramen för BiodiverCity. Författare är Johnny Kronvall samt Hans Rosenlund.
- *Biologisk mångfald på gröna tak – Exjobb*
Inom exjobbet har den biologiska mångfalden på några gröna tak i Stockholmsregionen undersökts och dokumenterats. Författare är Michaela Lundberg.
- *Urbana ekosystemtjänster – Utmaningar och möjligheter med stödjande fastighetsrelaterade insatser - Exjobb*
Arbetet utgör en del av underlaget till framtida utformning av NCCs nya kontor i Stockholm. Författare är Susanna Garcia Hagman.
- *Kvalitetssäkrade systemlösningar för gröna anläggningar/tak på betongbjälklag med nolltolerans mot läckage*
Pågående Vinnova UDI-projekt. Koordineras av CBI i Stockholm.

Övriga referenser som nämns i sammanställningen

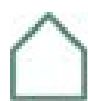
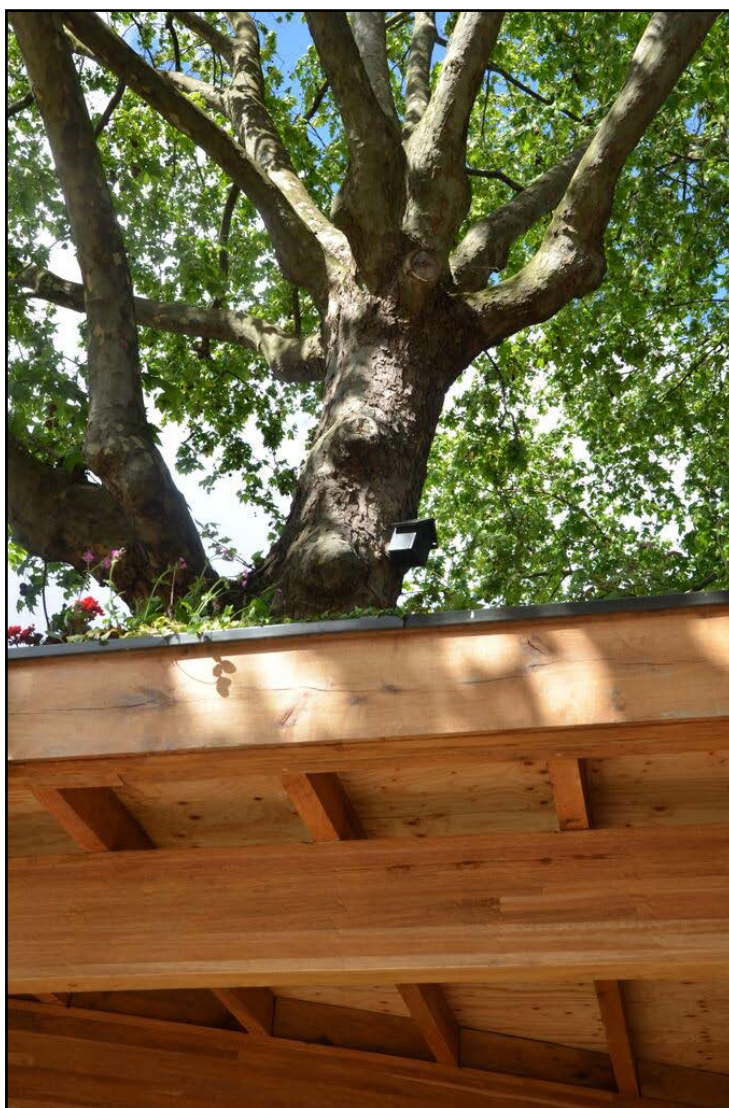
- *ByggaF. Metod för fuktsäker byggprocess. Kristina Norling Mjörnell, FoU-Väst Rapport 0702.*
- *FLL Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. 2008.*
- *Gröna klimatskal - fuktförhållanden, energianvändning och erfarenheter. Eva Sikander och Carl-Magnus Capener, SP Rapport 2014:53.*
- *Kvalitetssäkring av sedumtak. Per Danielsson, SBUF-rapport, 2013.*
- *Kvalitetssäkrade systemlösningar för gröna anläggningar/tak på betongbjälklag med nolltolerans mot läckage. Pågående Vinnova-projekt, avslutas under 2016. Se vidare under www.greenroof.nu.*

Slutrapport

GreenRoof Housing

Stöd för innovativt byggande av bostäder för unga

D-nr: 1376-3817/2014



VISIONSKOMPANIET
ARKITEKTUR & PROJEKT

Tuva Sköld

Projektledare

Joachim Widerstedt

Projektkoordinator

Innehållsförteckning

	SAMMANFATTNING	2
	SUMMARY	2
1.	INLEDNING	3
1.1.	Bakgrund	3
1.2.	Utgångspunkter	3-4
1.3.1 – 6.	Frågeställningar	4
1.4.	Behovsperspektiv	5
1.5.	Målgruppsperspektiv	6
2.	METOD	6-7
3.	PROJEKTETS GENOMFÖRANDE: FOKUS 1	7
3.1.	Projektdialog & projektinventering	7
3.2.	Koppling till BBR	7
3.3.	Inventering träbyggnadssektorn	7
3.4.	Interna arrangemang	7-9
3.5.	Externa arrangemang	9-11
4.	DELRESULTAT: FOKUS 1	11
4.1.	Reflektioner: Projektdialog & projektinventering	11-12
4.2.	Reflektioner: Koppling till BBR	12-13
4.3.	Reflektioner: Inventering träbyggnadssektorn	13
4.4.	Reflektioner: Interna arrangemang	13-14
4.5.	Reflektioner: Externa arrangemang	14-16
5.	PROJEKTETS GENOMFÖRANDE: FOKUS 2	16-17
6.	DELRESULTAT: FOKUS 2	17
6.1.	Sammanställning leverantörer & möjligheter	17
6.2.	Reflektioner på rapport av Mats Axelsson, SP Hållbar samhällsbyggnad	17
7.	REFLEKTIONER & SLUTSATSER	18
7.1.	Utveckling & utmaningar	18-20
7.2.	Avvikelser	20
8.	PROCESSMODELL - VERTIKAL FÖRTÄTNING	21



SAMMANFATTNING

Vi ser många städers tak som en outnyttjad resurs med stor utvecklingspotential och vill skapa nya incitament och möjligheter till *vertikal förtätning*. Vi avser därför att undersöka möjligheter för att utveckla en helhetslösning genom en kombination av teknisk utredning, ekosystemtjänster, arkitektjänster och projektering av befintliga tak i framförallt storstäder; med målsättning att skapa fler hållbara och attraktiva bostadsmöjligheter för unga, liksom möjligheter för småskalig stadsodling (intensivodling) och växthusodling, tillika platser för rekreation och verksamhetsutveckling inom vård, skola och omsorg.

Processmetoden förutsätter ett tvärdisciplinärt angreppssätt, med syfte att titta på hållbar utveckling av urbana miljöer ur flera perspektiv, såsom de miljöpsykologiska. Centralt i projektet är att finna incitament för fastighetsägare att vilja upplåta eller sälja (3-dimensionell fastighetsbildning) volymer ovanpå sina befintliga tak och samtidigt effektivisera sina energisystem- och processer. Vi avser att utreda möjligheterna för förstärkning av takbjälklaget genom träkonstruktioner, vilka i sin tur skulle kunna bära kompletterande takanläggningar. För att lösa de byggnadstekniska utmaningarna, behövs kunskap och systemlösningar som också förenklar beslutsprocesser.

Vår åtgärd ger en alternativ lösning till att skapa fler, attraktiva och hållbara bostäder för unga, i större och mindre skala; nya former av livsrum, samtidigt som den gynnar integration och socialt engagemang genom byggemenskaper. Den erbjuder också möjligheter till att förbättra klimat och buller i stadsmiljöer, förbättra dagvattenhantering samt hållbara och attraktiva möjligheter för företag att upplåta sina fastigheters tak för innovativa stadsutvecklingsprojekt.

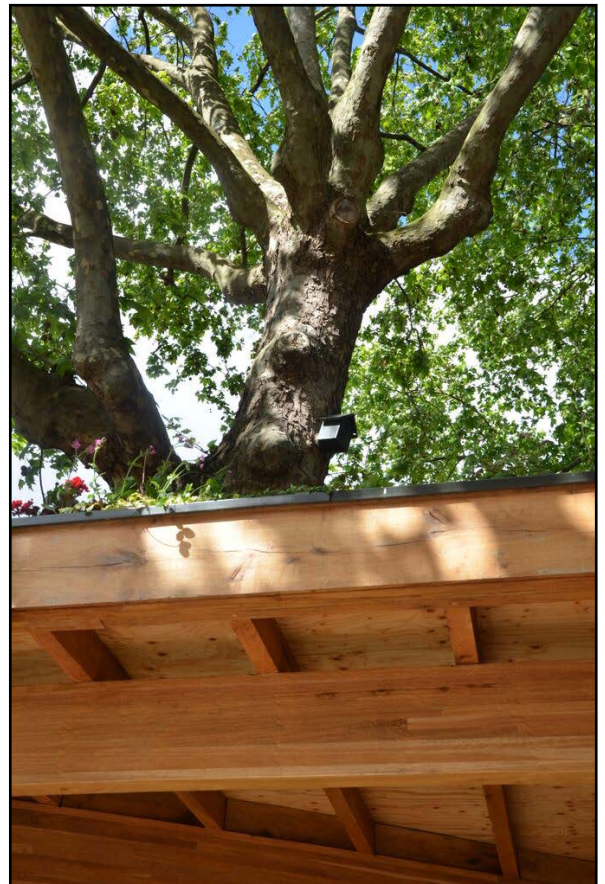
SUMMARY

Urban roofs are an unused resource with great potential, and we therefore want to create new incentives and opportunities for vertical concentration. We therefore intend to explore opportunities for developing a comprehensive solution through a combination of technical investigation, ecosystem services and planning and redesigning existing roofs, particularly in major cities. The aim is to create sustainable and attractive housing opportunities for young with small-scale urban farming and greenhouse cultivation, allowing places for recreation and business development in health care, education and welfare.

The service requires a multidisciplinary approach, aiming at sustainable development of urban environments from broad perspectives, such as environmental psychology. Focus in the project is to find incentives for property owners wanting to lease or sell space on top of existing roofs while optimizing energy systems and processes.

We intend to investigate the possibilities for enhancing ceiling beams with wooden structures, which in turn can carry additional roof installations. Solving engineering challenges requires knowledge and solutions that also simplifies decision making.

Our idea provides an alternative solution for creating attractive and sustainable housing for young people in all scales with new forms of housing, while promoting inclusion and social engagement through building communities. It also offers opportunities to improve climate, noise and surface water management in urban environments, and creating sustainable and attractive opportunities for companies to lease their roofs for innovative urban development projects.



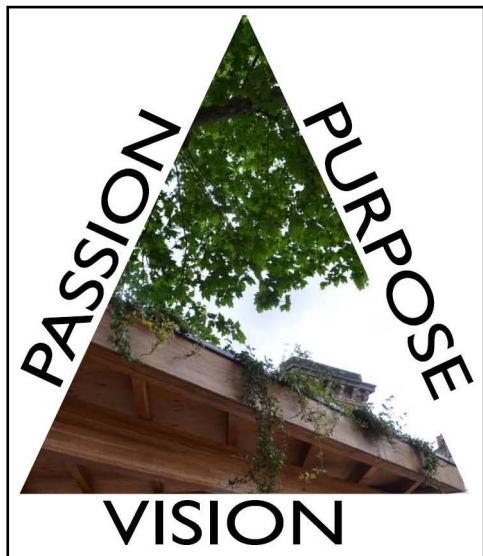
1. INLEDNING

1.1. Bakgrund

Hur kan man förtäta en stad med fler bostäder och samtidigt låta befintliga grönsystem finnas kvar och utvecklas?

Skulle man liksom kunna stoppa in små trälådor någonstans för människor att bo i?

Och i så fall var och hur?



Chicago City Hall Rooftop Garden

Vi ställde oss frågan om taken faktiskt kan vara en outnyttjad resurs i städer, rent generellt, och i så fall varför?

Skulle taken kunna, i betydligt högre utsträckning än i dag, användas till mer än bara som klimat- och väderskydd; såsom att omvandlas till lätta påbyggnader i trä, vilka i sin tur kan bära bostadsvolymer, inbäddade i grönska?

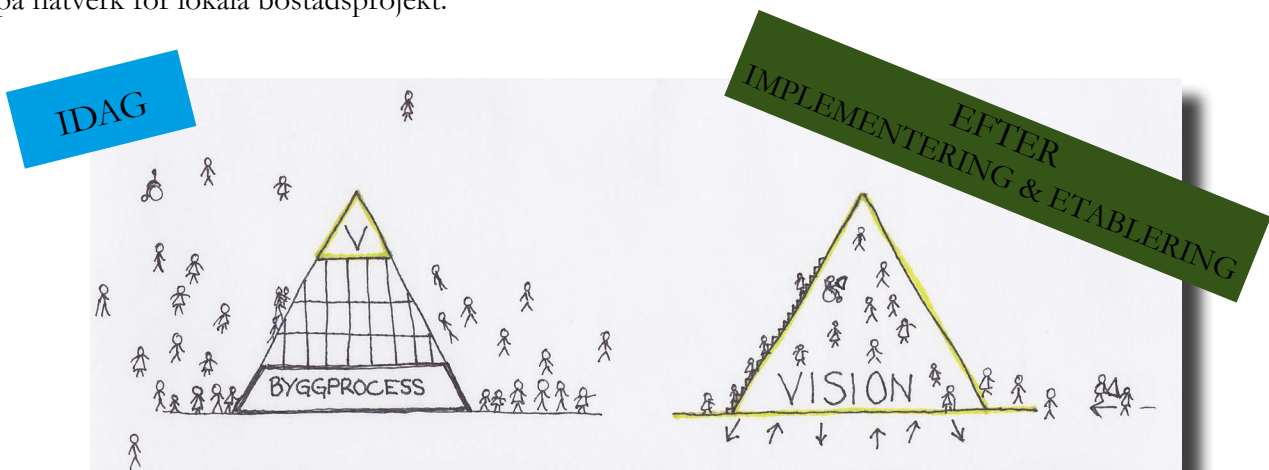
Och finns det i så fall människor som vill bo på där?

Har någon tagit reda på det?

1.2. Utgångspunkter

Vår utgångspunkt är att många av städernas tak, med väl underbyggda insatser, skulle kunna ha kapacitet för att påbyggas med ett antal bostadsvolymer i anpassad skala. Vårt mål är att visa att man genom samverkan, tydliga processmodeller och tilltalande arkitektur kan skapa incitament för hållbara investeringar i bostadsutvecklingsprojekt genom *vertikal förtätning*. Infrastrukturen för tekniska system och gator m.m. är redan utbyggda och dessa kostnader behöver således inte hanteras för att genomföra denna typ av projekt

Många byggprocesser består idag av vattentäta skott mellan användare och exploatörer och de kantas ofta även av utdragna beslutsprocesser. Vi tror på kommunikation och interaktion mellan alla ingående aktörer, med syfte att skapa en samsyn kring gemensamma visioner och mål. Vi vill kunna bidra till kvalitetssäkrade utvecklingsprojekt, vilka även syftar till att skapa möjlighet för att kunna inspirera och engagera människor till egna initiativ och skapa nätverk för lokala bostadsprojekt.



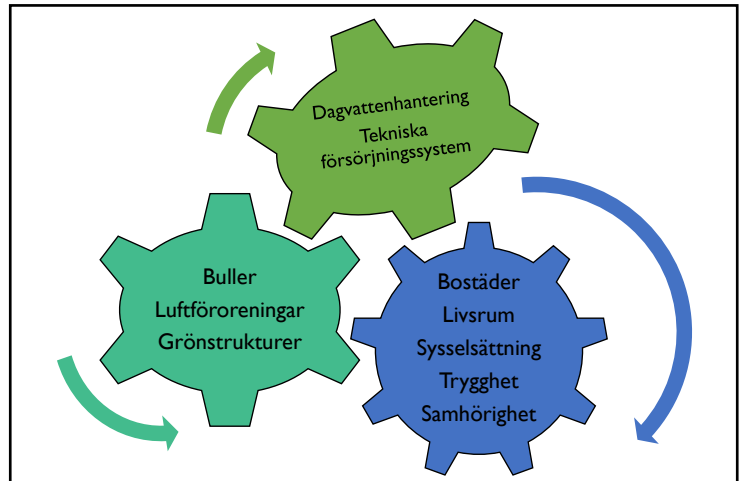
Visionsmodell byggprocesser

En mycket viktig del av de processmetoder vi, mot bakgrund av denna förstudie, avser att utveckla, kommer därför att innefatta olika former av samverkansmodeller; med syfte att skapa utvecklingsprocesser i dialog med fastighetsägare, bostadsbehövande, föreningar, intresseorganisationer och offentliga förvaltningar. Genom vår metod hoppas vi också kunna väcka debatt och skapa dialog kring stadens rum, exploatering och förtätning, hållbar utveckling, samt bidra till att lyfta fram incitament för att alternativa och mer flexibla planprocesser tas fram. Vi vill kunna bidra till att erbjuda trygga processer för fastighetsägare, vilka uppmuntrar till att våga ta steget att erbjuda, upplåta och ta vara på den outnyttjade möjlighet som bebyggelse på tak innebär; och det med en hållbar helhetssyn.

Vår målsättning är att kunna initiera till och motivera fastighetsägare att investera i hållbara förbättringar, såsom energieffektiviseringsåtgärder, samtidigt som de skapar nya intäktsmöjligheter genom att kunna erbjuda attraktiva bostäder för unga.

Vi vill även kunna visa på alternativa lösningar till att skapa fler, attraktiva och hållbara bostäder för unga, nya former av livsrum; samtidigt som de gynnar integration i tätbebyggda städer.

Åtgärden erbjuder också möjligheter till att förbättra klimat och buller i stadsmiljöer, förbättra dagvattenhantering - vilket i sig är alltmer angeläget av klimatomständiga skäl - samt hållbara och attraktiva möjligheter för företag att upplåta sina fastigheters tak för innovativa stadsutvecklingsprojekt.



Potentiella mervärden för hållbar stadsutveckling genom vertikal förtätning.

1.3. Frågeställningar

1.3.1. Kan vertikal förtätning utgöra ett realistiskt alternativ i skapandet av hållbara urbaniseringsprocesser?

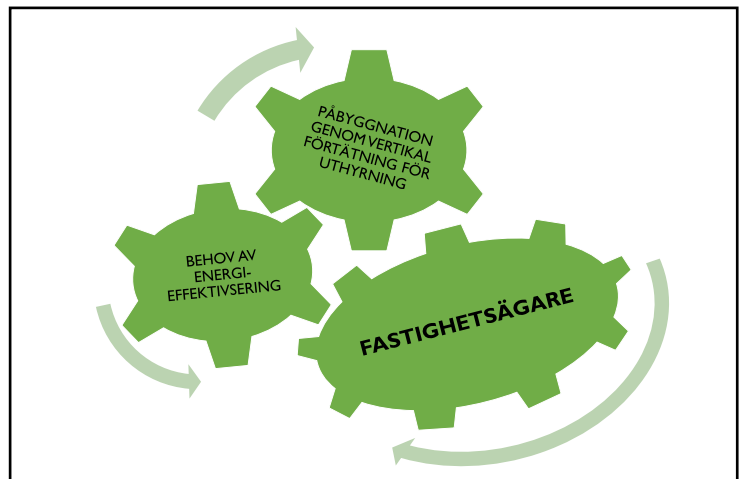
1.3.2. Är det möjligt att skapa fler möjligheter till vertikal förtätning genom att använda byggsystem av trä?

1.3.3. Kan behovet av energieffektiviseringsåtgärder utgöra incitament för vertikal förtätning?

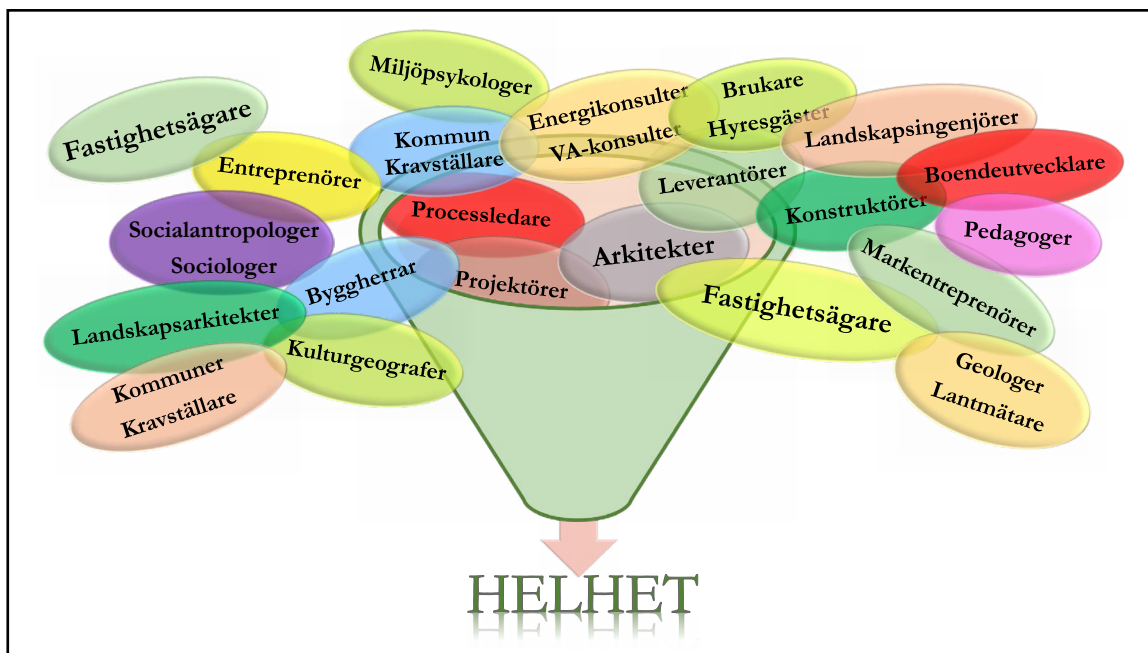
1.3.4. Är det möjligt att skapa bostadsmiljöer och grönstrukturer med höga kvalitativa värden genom vertikal förtätning?

1.3.5. Är det möjligt att skapa förutsättningar för samverkan och processmodeller som förenklar för fastighetsägare, kravställare och byggsektorerna att genomföra vertikala påbyggnadsprojekt?

1.3.6. Är det möjligt att skapa taklandskap där även grönstrukturerna kan generera intäkter; genom att kombinera med solcellsanläggningar, stadsodling, dagvattenhantering, bigårdar, osv; samt genom exempelvis 3-dimensionell fastighetsbildning?



Incitament för vertikal förtätning?



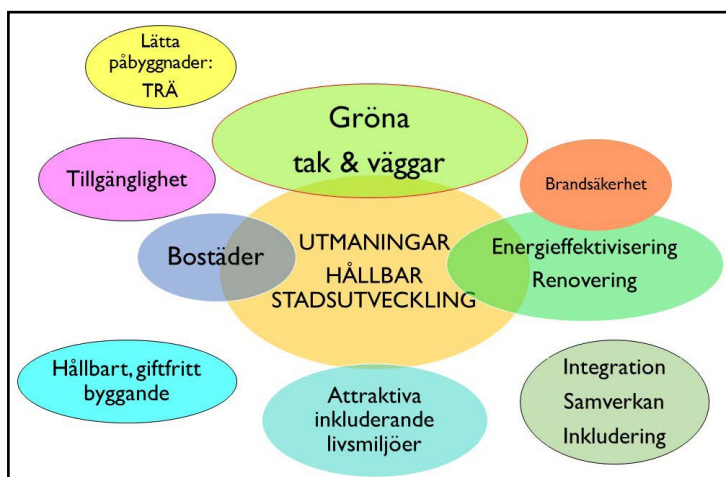
Målgrupper som tillsammans bildar en helhet för hållbar stadsutveckling.

1.4. Behovsperspektiv

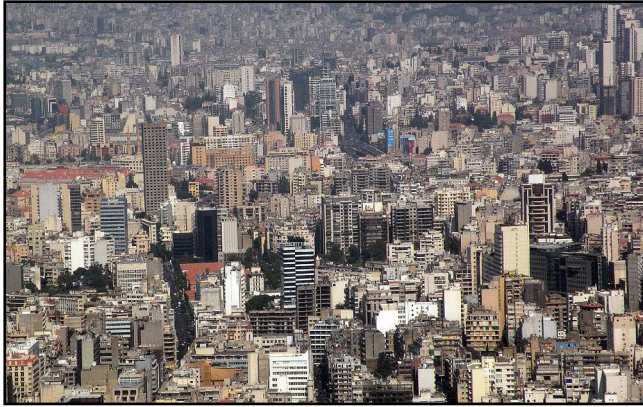
Projektet GreenRoof Housing syftar primärt till att undersöka om vertikal förtätning kan utgöra ett realistiskt alternativ för att skapa hållbara, attraktiva bostäder för unga; där det finns en uttalad bostadsbrist. Det finns ett väl underbyggt behov av fler bostäder för unga och det finns definierade generella utgångspunkter för hur dessa bostäder lämpligtvis bör vara beskaffade. Vår utgångspunkt är inte att finna kortsiktiga lösningar, såsom att förtäta den redan alltför täta staden, genom exempelvis flyttbara konceptlösningar och tillfälliga modulprojekt. Vi ser vårt koncept som generaliserbart i både större sammanhang avseende urbana utvecklingsprojekt, men även inom regional samverkan. Där kan helhetslösningar såväl som skalbara delar bidra till att skapa mer inkluderande livsmiljöer, där människor och verksamheter bereds möjligheter att samverka; vilket i sin tur genererar en ökad upplevelse av trygghet och delaktighet, liksom det kan bidra till att förstärka uniciteten i stadsdelar såväl som mindre samhällen.

En attraktiv stad gör att ungdomar vill flytta till orten. Attraktionen kan ligga i att där finns utbildningsmöjligheter, arbetstillfällen eller kanske någon föreningsverksamhet inom idrott eller kultur som lockar. Men attraktiviteten kan även ligga i möjligheter till fritidssysselsättning, trivsel, mötesplatser och rekreation. Genom vertikal förtätning kan man skapa alternativa möjligheter till livsmiljöer; man kan skapa fler och mer flexibla ytor för boende i de geografiska områden där behoven av fler bostäder är som störst.

Samtidigt kan incitamenten för fastighetsutveckling även beröra behoven av en mer övergripande energieffektiviseringsåtgärder inom fastighetsbranschen, förbättrade metoder för samverkan kan leda till bättre dagvattenhantering, det lokala klimatet avseende buller och luftföroreningar kan förbättras genom fler integrerade grönstrukturer och en efterfrågan på mer hållbara byggnadsmaterial och -processer kan utvecklas.



Behovsskiss för hållbar utveckling av innovativt byggande av bostäder för unga.



Beirut, Libanon



Beirut Wonder Forest Konceptidé: Arkitekt Wassim Melki

1.5. Målgruppsperspektiv

I detta projekt är målgruppen ”unga” självklar. Men genomgående har vår process genererat frågeställningar som vi utmanats att fördjupa oss i; just eftersom vårt mål är att skapa processmodeller som kan frambringe hållbara och inkluderande helhetslösningar för utveckling av befintliga fastigheter. Skulle det kunna vara möjligt att bygga till och för alla, inom samma geografiska område, därför att de gemensamt kan betraktas utgöra målgruppen; var och en utifrån sitt perspektiv och sina intressen? Därför visst är det väl så att både fastighetsägarna, de offentliga och privata förvaltningarna, näringslivet, föreningslivet och människorna själva behöver varandra; med all den mångfald som vi gemensamt kan skapa förutsättningar och tillgodose behov av att tillfredsställa?

Vi ser ett övergripande behov av att på ett tidigt stadium väcka intresse för förtätningsprojekt genom att låta medborgare bidra aktivt med sitt engagemang. När fastighetsägare och fastighetsutvecklare får upp ögonen för möjligheten och intresset från potentiella kunder, skapar det en ekonomisk grund för nya projekt; likväl som det skapar möjligheter för medborgare och intressegrupper att ta egna initiativ, uttala sina behov och sin tydliga efterfrågan.

Genom att skapa innovativa och verklighetsanpassade processmetoder för vertikal förtätning, vill vi visa på att det kan finnas faktiska möjligheter att ta egna initiativ, samt att påverka och uppmuntra fastighetsägare till att bygga på och skapa bostäder på befintliga tak. Detta genom att exempelvis möta bildandet av bygg- eller bostadsgemenskaper, som kan upplåtas som kooperativa hyresrätter eller ägarlägenheter. Det finns flera olika möjliga upplåtelseformer, och valet är ofta beroende av läge och efterfrågan.

2. METOD

Vi avser initialt att genomföra en förstudie, vars resultat i sin tur kan leda oss vidare i utvecklandet av metoder och processer, vilka kan motivera såväl som underlätta för både fastighetsägare och beslutsfattande förvaltningar och myndigheter att tillåta exploatering av stadshustak; genom bostäder såväl som gröna taklandskap med olika funktioner och värden.

Vi kommer att inventera olika varianter av takkonstruktioner och deras förutsättningar i relation till beräkningar av laster för olika former av kompletteringsbyggnader, liksom varianter av gröna tak.

Vi fördjupar oss i och sammanställer vilka ”microbostadsvolymer” med lämpliga egenskaper som finns på marknaden idag, inklusive egna bostadskoncept, samt leverantörer av exempelvis moduler och system.



AirPano: Westerdock District, Amsterdam, Holland

I förstudien ingår också att beakta gällande lagstiftningar avseende tillgänglighet, brandsäkerhet, förvaltning, juridik, osv., med syfte att möta och anpassa vår tjänst till dessa krav.

3. PROJEKTETS GENOMFÖRANDE: FOKUS 1

3.1. Projektdialog & projekthinventering

Vi har träffat en rad sakkunniga och verksamma inom arkitektur, hållbar stadsutveckling, bostadsplanering, offentlig och privat förvaltning, osv, genom enskilda möten. Vi har även tagit del av en rad olika projekt; både avslutade och pågående, inom ramen för hållbar samhällsutveckling.

Reflektioner: Se **4. Delresultat: Fokus 1** samt **7. Reflektioner & slutsatser**

3.2. Koppling till BBR

Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**

3.3. Inventering träbyggnadssektorn

Svenska volymbyggare med fokus på flerfamiljshus: Lindbäcks Bygg, Moelven, Boklok, Flexator, HIAB, Myresjöhus. Det finns dock en stor potential bland många mindre husföretag att genom samarbeten och innovativ produktutveckling kunna slå sig in på marknaden.

Intressanta europeiska Volymbyggare som vi mött och inspirerats av är Kodomaja och Binderholz (verksamhetsgren).

3.4. Interna arrangemang

3.4.1. Föreläsningar & seminarium Liljewall arkitekter, Göteborg samt Stockholm via länk, den 6 maj 2015

Medverkande: Joachim Widerstedt, projektkoordinator, Visionskompaniet Arkitektur & Projekt; Tuva Sköld, Projektledare GreenRoof Housing, Tiliacultura; Jonatan Malmberg, intendent, Scandinavian Green Roof Institute; Mats Axelsson, expert på byggnaders bärformåga, SP Hållbar samhällsbyggnad

Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**

3.4.2. Skånes energiting, Malmö, Föreläsning om GreenRoof Housing; 17 juni 2015

Medverkande: Projektledare Tuva Sköld

Reflektioner: Intresset och engagemanget för och kännedom om/nyfikenhet på innovativa processmetoder som kan bidra till hållbar utveckling; det **måste** finnas hos fastighetsägaren; vilket det mycket sällan gör! Kommunala fastighetsbolag kan ha ett försprång vad gäller att implementera mer hållbar fastighetsutveckling genom sitt kommunala uppdrag. Men brister kommunen i intresse, engagemang och kännedom, så avspeglas detta även inom de kommunala verksamheterna. Se även **7. Reflektioner & slutsatser**.



3.4.3. Projektkonferens, Tema: Trä(d) in på taken; GreenRoof Housing i samverkan med parallellprojektet GreenRoof Explore

Program bifogas som **Bilaga 1**.

Reflektioner:

Temadagen gav en fantastisk bild av hur stort intresset kring dessa frågor är och hur nödvändigt det är skapa *mötesplatser* för olika typer av aktörer för att finna samsyn och för att kunna sprida kunskaper och engagemang. Det som rörde störst intresse var de byggnadstekniska förutsättningarna för att möjliggöra på- och överbyggnader.

Även olika exempel på möjligheter att bjuda in individer och verksamheter till att engagera sig; både i fråga om planutveckling, men även genom att uppmuntra samt möjliggöra både planmässigt och ekonomiskt för Byggemenskaper; hur denna företeelse glömts bort i Sverige sedan bostadsrättsföreningarnas begynnelse.

Samtidigt häpnar vi arrangörer över det generella ointresset från både den privata och offentliga bygg- och fastighetsbranschen, att låta sig inspireras och delta på denna typ av kunskaps-, inspirations- och samverkansarrangemang och kring dessa frågor. I motsats till detta fick vi höra hur MKB:s satsning på **Bolokaler** fick Rosengård att röna ett stort positivt intresse, framför att i huvudsak signalera problem såsom bostadsområde. Liksom ramarna kring och förutsättningarna för de boende i Greenhouse Augustenborg i Malmö.

3.5. Externa arrangemang

3.5.1. Smart Housing för unga - temadag om framtidens boende, SmartHousing Småland, Jönköpings universitet, den 3 mars 2015

Beskrivningar av innehåll i urval:

Rickard Stark, kreativ chef och partner, OkiDoki! Arkitekter i Göteborg: Diskuterade behoven av flexibla översiktsplaner med fokus på socialt hållbar stadsplanering och gav exempel på detaljplan för Vallastaden i Linköping, samt miljonprogramsutveckling i Bergsjön, Göteborg.

Anders Tyrrestrup, arkitekt på AART architects i Aarhus, Danmark: Diskuterade "samutnyttjande" med projektet Bikupen Student Residence som exempel: Ett studentboende med fokus på att minska risken för utanförskap för studenterna och där det privata rummet övergår till ett halvprivat gemensamt kök och gemenskapsutrymme; till halvoffentligt trapphus, synligt genom husets glasfasader mot innergården; till ett helt offentligt pub- och gemenskapsutrymme.



Förslag: Vallastaden, Linköping. OkiDoki! Arkitekter, Göteborg



AART architects låter alltid en socialantropolog genomföra förstudier inför varje bostadsprojekt, samt uppföljande utvärderingar; för att säkerställa kvalitet och hållbara mål, samt med syfte att vidareutveckla sin verksamhet kontinuerligt.

Cattis Carlén, konceptutvecklare på Riksbyggen:

Diskuterade projekten UngBo, jagvillhabostad, nu och Bopinion; vilka preferenser och framförallt vilka förutsättningar unga egentligen har då det gäller bostadsbehov. Och hur detta står i motsats till vad som erbjuds och förutsätts utifrån fastighets- och förvaltningsperspektiv, avseende främst ekonomiska utgångspunkter, men även att studentboenden kommit att bli en integrationsfråga.

Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**.



3.5.2. Lund Grand Prix, Lund, den 9 april 2015

Beskrivning: Lunds kommuns näringslivsdag 2015 bjöd på temaföreläsningar om hållbar utveckling inom fastighetsbranschen, ödmjukhet och uppfinningsrikedom inför krishantering, processutveckling och ledarskapsutmaningar, artificiell intelligens, 3D-printing, materialutveckling, cirkulär ekonomi, samt urban utveckling.

Reflektioner:

Arrangemanget genomsyrades av verklighetsförankrad innovativ och hållbar utveckling. Genom samverkan, ödmjukhet och förutsättningslösa utgångspunkter skapar man möjligheter att se mer långsiktigt, inkluderande och med fler perspektiv. Med knivskarpa och relevanta exempel, innovativt moderatorskap, korta, intensiva presentationer och en stor portion humor; bidrog tillställningens utformning och innehåll till stor inspiration och hoppfulla framtidsutsikter.

3.5.3. Studieresa till Kodomaja, Estland, den 24-25 mars 2015, samt studieresa till Treet, Bergen, Norge, den 30 maj 2015

- Studieresa (Estland) med Fredrik von Platen, medfinansierat av Enterprice Estonia.
- Studieresa (Norge) genom Trästad och Nordic Wooden Cities.

Beskrivning: Vi har besökt Kodomajas fabrik i Estland och projektet Treet i Bergen, Norge, för att se vad kreativt byggande kan tillföra processen. Byggnadstekniskt och arkitektoniskt har detta projekt tänjt på gränserna.

Statistiskt genom dess uppbyggnad av tre fyra-våningshus staplade på varandra. Tekniskt sett fyra våningar volymer, inramat av en limträkonstruktion och på våning 5 och 10 mellanplan där limträstommen går tvärs huset, samtidigt som volymer placeras även på detta plan med en överbyggnad av betong. Genom att spela med olika konstruktioner, material och befintliga leverantörers byggdelar kan man finna nya vägar till att standardisera på- och överbyggnader.

Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**.



Projektet Treet, Bergen

3.5.4. Studieresa till Tübingen och Freiburg, Tyskland, den 8-10 maj 2015

Studieresa genom Tysk-svenska Handelskammaren
Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**.

3.5.5. Seminarieresa: Ekosystemtjänster i Staden, London, Storbritannien, den 18-19 maj

Arrangör: Scandinavian GreenRoof Institute (SGRI)

Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**

3.5.6. Bio-Solar Roof course, SGRI, Malmö, den 14-18 juni 2015

Innehåll:

Kursen var en möjlighet att ta del av aktuella kunskaper och vad som krävs kring gröna tak, väggar och "raingardens" och innehöll både teoretiska och praktiska moment, samt en studieresa i Malmö och Köpenhamn.

Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**

3.5.7. Forum Wood Building Nordic, Växjö, den 24-25 september 2015

Reflektioner: Se **Delresultat: Fokus 1**

4. DELRESULTAT: FOKUS 1

4.1. Reflektioner: 3.1. Projektdialog & projektinventering

Vi har bland andra haft dialog med Liljewall Arkitekter, OkiDoki! Arkitekter, Utopia arkitekter, samt Omniplan Arkitekter med syfte att få reflektioner kring projektet GreenRoof Housing; vad de ser som dess fördelar, förutsättningar, utmaningar och möjligheter.

Samtliga tillfrågade nämner:

- Outnyttjade byggrätter
- Mer flexibla översikts- och detaljplaner
- Fördelarna med helhetslösningar och projekt i samverkan
- Det övergripande motståndet emot träbyggnadsteknik bland både fastighetsägare, byggbranschen och kravställare/offentlig förvaltning
- Det övergripande motståndet emot socialt hållbara byggprojekt bland både fastighetsägare, byggbranschen och kravställare/offentlig förvaltning



Raingarden, Victoria & Albert Museum, London



Mittent Victoria Station, London



Samt att GreenRoof Housing är i ett stort behov av pilotprojekt för att kunna bevisa nyttan och möjligheterna, vilket samtliga tillfrågade visade ett intresse av att bistå inom.

I **Malmö stad** drivs bland annat projekten **MEST** som utforskar möjligheterna att implementera *ekosystem-tjänster* i planprocesserna; samt **BiodiverCity**, vilket är ett UDI-finansierat projekt som bedriver test- och utvecklingsverksamhet kring att anlägga kompletterande grönsystem i staden för att gynna *biologisk mångfald*.

Björn Siesjö, stadsarkitekt i Göteborg ser gärna att det som byggs i Göteborg, om ca 15 år bör utgöras av 20-50 % **byggemenskaper**. Han uttalar att Staden behöver styra mindre i planerna, samt att medborgarmedverkan ska komma in i de tidiga planprocesserna, framför att behöva säga nej när det är för sent (enligt PBL). Göteborgs stad har ett tydligt politiskt uppdrag för att främja mindre aktörer och planerna bör anpassas för mindre fastigheter. "Vi ska bygga på alla sätt, små och stora projekt, för att få en varierad stad!"

Staffan Schartner, Omniplan Arkitekter, samt ordförande i **Föreningen för byggemenskaper** ser att byggemenskaper har ett egenintresse av att kvaliteten på det byggda blir bra till skillnad från en del större byggbolag. Om detta kopplas till kvalitetskriterier satta av kommunen behöver de inte vara så detaljerade.

Vi har fört dialog kring trähus med Hans Andrén, VKAB, Växjö och internationell trähusexpert, Susanne Rudenstam, Sveriges träbyggnadskansli, Stockholm, samt Sandra Frank, marknadschef på Folkhem. Samtliga uttalar ett **stort behov av argument för utveckling av träbyggnader** i Sverige. I många andra länder ingår trä som ett självklart byggnadsmaterial inom bland annat Health Design och Health Architecture; då man uppför byggnader inom vård-, skola- och omsorgssektorerna. De **miljöpsykologiska aspekterna av trähus** utgör en underskattad och till och med okänd variabel inom byggbranschen såväl som bland svenska kravställare.

4.2. Reflektioner: 3.2. Koppling BBR

Vid vertikal förtätning måste särskild hänsyn tas till förutsättningar som gäller brand, tillgänglighet och säkerhet utöver de konstruktiva förutsättningarna.

När det gäller brand kan byggnaden få nya förutsättningar som ger ökade krav. Primärt är att ta hänsyn till utrymningsvägar och hur de utformas och görs framkomliga. Nästa fråga att beakta är att hänsyn måste tas till brandspridning både byggnadstekniskt och genom den vegetation som de gröna taken utgör. Här finns kunskap genom den internationella FLL – Green Roof Guideline för gröna tak. En svensk guideline är under

GREEN ROOF SYSTEMS according FLL	SYSTEMS WITH GRANULAR DRAINAGE				SYSTEMS WITH DRAINAGE PLATES			
	G1	G2	G3	G4	P1	P2	P3	P4
system designation	G1	G2	G3	G4	P1	P2	P3	P4
typical plants	sedum herbs	sedum herbs perennials	perennials grasses shrubs	grasses shrubs trees	sedum herbs	sedum herbs perennials	perennials grasses shrubs	grasses shrubs trees
extensive soil mix	2"	4"	-	-	3"	5"	-	-
intensive soil mix	-	-	6"	9"	-	-	8"	12"
separation fabric	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"	1/8"
granular drainage	2"	2"	4"	6"	-	-	-	-
drainage plate	-	-	-	-	1"	1-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
drainage mat	-	-	-	-	-	-	-	-
protection mat	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
nominal thickness	4"	6"	10"	15"	4"	7"	10"	15"
dry weight	19 lbs/ft ²	28 lbs/ft ²	45 lbs/ft ²	69 lbs/ft ²	14 lbs/ft ²	23 lbs/ft ²	34 lbs/ft ²	52 lbs/ft ²
saturated weight	26 lbs/ft ²	41 lbs/ft ²	70 lbs/ft ²	105 lbs/ft ²	23 lbs/ft ²	37 lbs/ft ²	57 lbs/ft ²	85 lbs/ft ²
minimum slope	0:12	0:12	0:12	0:12	1/4:12	1/4:12	1/4:12	1/4:12
maximum slope	1:12	1:12	1:12	1:12	1:12	1:12	1:12	1:12
water retention/Year	50%	60%	70%	80%	50%	60%	70%	80%
irrigation system	-	-	subsurface	subsurface	-	-	surface	surface

© Text and Design: www.greenroofsolution.com 10/2006

* conservative numbers

utveckling inom UDI-projektet Täta tak, där Svenska betonginstitutet är projektägare. Givetvis måste även frågan kring hur en räddningsinsats skall kunna genomföras tas i beaktande.

För tillgängligheten för tillkommande bostadsvolymer finns det tydliga förutsättningar och det är hur man når de nya ytorna som skall hanteras. Tillkommande grönytor måste särskilt bedömas och utformas för att de skall vara tillgängliga och användbara; både i samband med anläggning och löpande skötsel.

Frågeställningar under projektet:

- Finns det andra förutsättningar för tillgänglighet på gröna tak i jämförelse med vad som inryms under kapitel 3 i BBR?
- Kan hiss anordnas avgränsat för den tillkommande ytan eller behöver befintlig fastighet uppdateras; vilket kan medföra att projekt inte blir av?
- Är det senare lösbart genom att 3-dimensionell fastighetsbildning utnyttjas; alternativt att man ser tillkommande ytor som överbyggnad och att den tillkommande byggnaden skall lösa sina förutsättningar i förhållande till BBR?

4.3. Reflektioner: 3.3. Inventering träbyggnadssektorn

”Microvolym” vad är det?

I dag finns det en uppsjö av leverantörer av Attefallshus och friggebodar, men de mest kreativa och innovativa bostäderna av denna karaktär kommer ändå från privata initiativ av brukare. En spännande trend är Tiny Houses, främst kopplat till ekobyar och ett hållbart naturnära liv och med ett övergripande fokus på återbruk och minimal påverkan på naturen, såsom exempelvis off-grid. Vad hindrar att denna typ av volymer konceptmässigt kan användas som en del av taklandskap på våra städers tak.

Ett spännande initiativ som nu fått liv, är det studentboende ”10 Smarta kvadrat” som togs fram 2013 av Tengboms tillsammans med AF Bostäder och Martinssons. Sedan förra året har konceptet utvecklats och omvandlats till små hus om fyra enheter; **Bokompakt i Lund**. Denna typ av volymer och microbostäder skulle vi gärna vilja se på våra grönskande stadstak.

4.4. Reflektioner: 3.4. Interna arrangemang

Nyttan med ökad kunskap hos arkitekter och landskapsarkitekter kring tekniska möjligheter och förutsättningar. Även miljöpsykologiska metoder och utgångspunkter bör implementeras inom projekt- och processutveckling. Via arkitektkåren når man enklare fram till fastighetsägare och projektutvecklare för att visa på möjligheter till utveckling av befintligt fastighetsbestånd, med fokus på hållbar utveckling. Samtidigt behövs arkitektens möjligheter till innovativ projektutveckling förstärkas med kunskap av en typ som är riktad specifikt mot beställare,



Ovan: Tengboms; nedan SHS:s Bostadsprototyp 1.0



utvecklare och fastighetsägaren. Framförallt trycka på incitamenten för ”ekonomisk nytta” och de positiva signalerna som ett hållbart agerande ger företagen.

4.5. Reflektioner: 3.5. Externa arrangemang

4.5.1. SHS Workshop

Under workshopen Smart Housing för unga konstaterade vi att det finns ett övergripande behov av arkitekter och aktörer som skapar nya sätt att få människor att mötas i olika grader av privata vs offentliga miljöer. Tydliga exempel utgjorde AART architects studentboende i Köpenhamn, samt OkiDoki! Arkitekters förslag till utveckling av miljonprogram. Det finns en samstämmighet kring uppfattningen att detalj- och översiktsplaner inte tar hänsyn till efterfrågan i relation till målgruppernas faktiska förutsättningar och behov. Samt att sociala hållbarhetsaspekter lyser med sin frånvaro. Med hjälp av mer flexibla planunderlag kan man skapa utrymme för mer flexibla lösningar, flerstegsprocesser och samverkan. Genom att bygga om och till befintliga fastigheter och skapa nya rum, stråk och miljöer för möten och rörelse, gynnar man en hållbar stadsutveckling där inkludering och delaktighet i olika former av utvecklingsprocesser gynnas.

4.5.2. Studieresor 3.5.2. Kodomaja, samt 3.5.5. Treet:

Reflektioner: Se 7. Reflektioner och slutsatser

4.5.3. Studieresa 3.5.3. Tübingen och Freiburg

Vem och hur bygger vi staden? I dagens byggande ser vi ett antal brister som vi kommer att beklaga oss över om femtio år, likt vi gör med dagens miljonprogram. Idag bygger vi ett ”miljonärsprogram”, eftersom det är det som byggbolagen tjänar mest och kan styra pris och efterfrågan på, utifrån vår oligopolliknande marknad. När många kommuner, trots vår för Sverige unika bostadsförsörjningslag (Lagen om att alla medborgare har rätt till bostad), låter byggbolagen råda genom att i första hand höga ekonomiska trösklar; i princip bara erbjuda de stora byggbolagen och större regionala/ lokala entreprenörer mark. Nästa steg i problemet är att marken sedan skall detaljplanläggas, vilket kan ta upp till tio år i svåra fall. Genom detta processförfarande försvinner alla ekonomiska möjligheter för alternativa och mindre byggherrar att genomföra projekt. Ökad konkurrens och en mångfald av projekt, byggherrar och boendes egna initiativ, skapar en bredd som aldrig gå att få genom ett fåtal stora aktörer.

Genom att fundera över vem som tar initiativet. Behovet av bostäder är enormt och fastighetsägarna är många gånger låsta av sina strukturer och ekonomiska modeller. Som ett representativt exempel: På frågan till ett större rikstäckande fastighetsbolag om att bygga på en central fastighet i en mellanstor svensk stad, vilket skulle ge både staden, de boende och företaget en hållbarhetsprofil som skulle få intresserade från hela världen att vallfärda för att besöka; kom svaret: ”Vi jobbar bara med lokaler”.

Ett självklart önskemål är att väcka intresset hos invånare som själva lokalt påverkar fastighetsägare att vilja upplåta sina tak, eller 3-dimensionellt (fastighetsbildning) bjuda in till möjligheten till vertikal förtätning. Goda exempel är otroligt viktigt på detta område och kanske är det de kommunala bostadsbolagen som kan gå i bräschen för att politiskt ge möjligheten till tidiga projekt.



Byggemenskap i Tübingen, Tyskland

I jämförelse med Tyskland har vi fler möjliga upplåtelseformer som kan möta olika gruppers ekonomiska förutsättningar. I A-lägen så är ägarmodellerna det som kommer i första hand, men antalet A-lägen i förhållande till Sveriges storlek, på städer och behov, så finns det fler B- och C-lägen där andra incitament krävs; vilket illustrerar ännu ett alternativ till möjlig upplåtelseform: Kooperativ hyresrätt, som en intressant och angelägen affärsmodell. Där investeringsviljan är låg men bostadsbehovet stort, når man genom det lokala engagemanget och behovet av bostäder vägen till nya bostäder.

Resan till Tyskland gav svart på vitt hur kommunalt engagemang och ansvar i planarbetet, tillsammans med att kvalitetskrav skall komma i första rummet, stärker processen. När det gäller vertikal förtätning måste kommunerna vara mottagliga och förutseende och både visa vägen och ta saken på allvar; att denna typ av projekt är intressanta och har många goda hållbarhetsaspekter. Vi förespråkar att man skall tänka 3-dimensionellt i mycket högre grad än vad som är brukligt utanför storstädernas centrumlägen.

4.5.4. Seminarieresa 3.5.4. London

Vertikal förtätning med gröonstrukturer vad gör det för staden? Genom att låta växtligheten ta plats i en storstad som London händer det något med invånarna och beslutsfattarna. Det går, det är möjligt, det är vackert, det är inbjudande, det är självklart, det löser behov och måsten.

Fler *gröna tak i sak* skapar inte fler bostäder för unga men drivkraften, möjligheten att ta tillvara på takens outnyttjade möjligheter lockar. Genom att utnyttja denna drivkraft lockar vi fastighetsägare och andra intressenter att frigöra förutsättningar och möjligheter för att göra något mer av våra tak.

I mötet med deltagarna under resan, vilka kom från viktiga företag och institutioner inom branschen, fann vårt projekt väldigt intressanta gemensamma beröringspunkter; genom möjligheten att sy ihop deras bransch med bostadsbyggande och utvecklande av befintliga fastigheter där det finns en stor potential. Det syntes ännu tydligare vid vår Temadag den 10 november där just möjligheten att knyta samman en förståelse och helhet från rent tekniskt till hållbarhetsperspektiven.

4.5.6. Reflektioner: Bio-solar Roof Course 3.5.6., SGRI, Malmö

Det finns en lång rad positiva fördelar med gröna tak, såsom att kunna hantera ljud, luft, dagvatten, kylning, solceller, biodiversitet, stadsodling, rekreation, m.m.

Men hur kopplar man denna nytta till fler bostäder för unga?



Påbyggnad stall; byggemenskap i Tübingen, Tyskland



Takträdgårdar i Zürich



Takträdgårdar i Chicago

Självklart genom den attraktivitet som dessa möjligheter skapar; genom att de främjar städer där unga vill bo och verka, eftersom miljöengagemang och hållbar utveckling är i fokus för våra yngre medborgare. Detta har i sin tur möjlighet att bidra till att vidga vyerna och skapa incitament för att bidra till att påverka fastighetsägare att vilja och våga satsa. För en mer hållbar stadsutveckling så är kvalitativa grönstrukturer på taken en självklarhet. Därtill kan man med fördel väva samman olika nyttor på taket, såsom att solfångare mår bättre att stå bredvid vegetation, vilken ger en lägre "arbetstemperatur" en varm sommardag.

4.5.7. Reflektioner: 3.5.7. Forum Wood Building Nordic

Centralt för årets arrangemang stod att bygga höga hus i trä, både tekniskt, arkitektoniskt och hållbarhetsmässigt. Kunskapen finns men en ung marknad med ett fåtal aktörer, samt ett övergripande massivt motstånd från den traditionella branschen, motarbetar den positiva utvecklingen. Att finna nya möjligheter i gränslandet mellan trädets fantastiska egenskaper och förutsättningar och den konservativa byggbranschen gynnar alla. Genom att hitta nya upphandlings- och affärsmodeller parallellt med hållbarhetsargument kan vi här se en väg till att bostäder för unga kan ta plats. Under forumet presenterades t.ex. Binderholz modulprodukter med en stomme av KL Trä, där prisnivån ligger på runt 10 kkr/kvm. Tyvärr så saknas det entreprenörer och fastighetsägare på denna typ av arenor för utveckling; vars närvaro efterfrågas och är en förutsättning för att kunna skapa nya innovativa processer och samverkan.

5. PROJEKTETS GENOMFÖRANDE: FOKUS 2

5.1. Reflektioner utifrån Delresultat: Fokus 1:

Utifrån våra frågeställningar enligt punkt 1.3., har vi kunnat fastställa att vertikal förtätning enligt vårt koncept skulle kunna vara fullt möjligt; att kunskaper, engagemang och idéer finns, framför allt inom området gröna tak och väggar. Vi fann tidigt samverkansmöjligheter hos **Scandinavian Green Roof Institute**, vilka har bidragit till projektets utveckling genom vägledning, inspiration, kunskapsinsamling och nätverk. Vi för även dialog med **Energikontor Sydost** kring energieffektivisering, incitament, och hållbart byggande och boende.

Se figur 1.2.: Potentiella mervärden.

Vi har konstaterat att det finns en rad kunskapsluckor i de processer som idag används. Att de byggprocesser, där man skapat påbyggnader av bostäder på befintliga fastigheter, antingen har blivit mer kostsamma än de ursprungliga beräkningarna, eller att bristande helhetslösningar och rutiner medfört att man helt enkelt glömt att utreda och ta hänsyn till faktorer såsom brandskyddsregler, förutsättningarna för påbyggnader avseende markens egenskaper, eller att parallellt väga för- och nackdelar med de åtgärder man valt att prioritera; att man har missat "incitamenten" i respektive sammanhang, såsom att göra långsiktiga kostnadsberäkningar som kan främja hållbara lösningar i form av materialval, sociala faktorer, osv.

Utifrån dessa analyser insåg vi tidigt i projektet att vi skulle behöva inhämta underlag som kunde hjälpa oss i både vår processmetodutveckling, men framförallt i vår dialog med kravställare och aktörer inom fastighetssektorerna. Vår primära utgångspunkt är att trä är ett lämpligt material, både ur hållbarhetsperspektiv och rent tekniskt. Det är fördelaktigt tekniskt genom att det är lättare än betong, ger en snabb produktionstid genom de goda förutsättningarna till prefabricering, men även att prefabriceringsgraden kan anpassas beroende på projektens förutsättningar. Utmaningen, eller snarare möjligheten, ligger i att använda trä i unika nya affärsmodeller, eftersom de sedvanliga projekten i den konservativa branschen alltså bygger med betong.

Således sökte vi och beviljades förstudiemedel från innovationsmiljön **Smart Housing Småland** och fann samarbetsmöjligheter hos sakkunniga inom **SP Hållbar Samhällsbyggnad** som både kunde bidra genom sina kunskaper inom träpåbyggnader, samt inom forskningsområdet gröna tak.

Se figur 1.3.: Incitament för vertikal förtätning.

Med ekonomiskt bidrag från Smart Housing Småland anlitade vi:

- Mats Axelsson och Kirsi Jarnerö på SP Hållbar Samhällsbyggnad
- Carl-Magnus Capener på SP Hållbar samhällsbyggnad
- Under 2015 har vi haft ett antal dialogmöten.
- Kirsi Jarnerö har bidragit genom utökad samverkan med Smart Housing Småland, samt genom att föra dialog med producenter och fastighetsbolag gällande våra frågeställningar.
- Mats Axelsson har även bidragit till våra interna arrangemang genom att föreläsa både på vår Workshop på Liljewall arkitekter i Göteborg den 6 maj 2015, samt på vår temadag Träd(d) in på taken i Växjö den 10 november 2015.
- Även Carl-Magnus Capener bidrog på vår temadag den 10 november i Växjö.

Deras uppdrag har slutligen utmynnat i två rapporter, vilka bifogas som **Bilaga 2** och **Bilaga 3**

6. DELRESULTAT: FOKUS 2

6.1. Sammanställning leverantörer & möjligheter

Det finns ett antal svenska leverantörer som kan leverera effektiva moduler till påbyggnadsprojekt. Vissa har redan färdiga tekniska löningar för detta efter tidigare utförda projekt såsom Lindbäcks och Moelven Byggmoduler. Europeiska alternativ som visar sig mycket prisvärda bygger på KL-trästommar och byggs i Österrike av både Stora Enso och Binderholz. Det finns också ett tjugotal småländska trähusföretag som har potential att leverera; om de vill utveckla nya affärsområden... Ett intressant företag för närvarande är Älöträ, som bygger småskaliga flyktingboenden i samarbete med bl.a. Västerviks kommun. I förlängningen är det denna typ av flexibla leverantörer som kan finna nya affärsområden vid vertikal förtätning, när det kommer till projekt som inte är renodlade påbyggnadsprojekt utan kombineras med grönstrukturer på taken. När det gäller leverantörer av microvolym finns det ett flertal möjliga leverantörer på olika håll i landet. Mindre hus på taken är att jämställa med Attefallshusen och där finns en uppsjö av färdiga lösningar.

6.2. Reflektioner på rapport av Mats Axelsson, SP Hållbar samhällsbyggnad

Laster, säkerheter och utnyttjande av material har förändrats över tid, och så måste alla byggnader bedömas statiskt vid påbyggnad. Material såsom stål, plåt och trä är normalt sett strängt optimerade, med undantag från prefabricering, där dimensioner är valda efter den svagaste pelaren. Exempelvis erhåller betongstommar en något högre hållfasthet över tid. Konstruktivt är det ofta så att andra krav, såsom ljud och brand, sätter materialens tjocklekar och därigenom kan det finnas överkapacitet i delar av konstruktioner. Det är främst miljöprogrammets byggnader med skivkonstruktioner som det finns bäst möjligheter att skapa påbyggnader.

Grundläggning är en viktig parameter att bedöma efter, vilken i äldre beräkningsmetoder har varit mer av schablonbedömningar. En spännande möjlighet när markens bärighet eller befintlig betongstommes tekniska förutsättningar är begränsade, är helt enkelt att riva en våning av betong och ersätta med flera våningar med trästomme; eftersom bara egentyngheden motsvarar ett förhållande om 1:3 (våningar). Det finns olika systemsätt för överbyggnad eller påbyggnader. Stabilisering är en viktig del så det gäller att tillse horisontell stabilisering och ibland även att vertikal stabilisering görs. I olika pelar- och/eller balksystem kan förstärkning behöva göras med skivverkan. Höjda brandkrav, vilket kommer med att flera våningar tillskapas, måste beaktas. Det är även av vikt att ha en strategi för lastplacering. Ytterligare fördjupning av förutsättningar framgår av **Bilaga 2 Arbetsrapport utförd av Mats Axelsson SP Trä.**

7. REFLEKTIONER & SLUTSATSER

7.1. Utveckling och utmaningar

7.1.1. Behovsperspektiv

Utifrån socialt hållbara utvecklingsperspektiv så är vår utgångspunkt att finna hållbara lösningar för att kunna möta den allt större efterfrågan på bostäder för unga; parallellt med att skapa attraktiva och flexibla livsrum, med potential att även kunna tillgodose kommande, såväl som parallella generationers efterfrågan och preferenser.

Övergripande utgångspunkter, d.v.s. projektets röda tråd, är därför social och kulturell hållbarhet: Green Roof Housings USP är Mervärden; att sätta användaren i centrum för hållbar utveckling av stadsrum.

Vem skall ta initiativet?

Om vi kan samla en grupp av unga bostadssökande från världens alla hörn i en studentstad som vill vara med och vill bosätta sig mitt i staden och samtidigt få möjligheten att vara med att utforma sitt boende. Är inte detta demokratiskt nödvändighet för att öka bredden på vår bostadsmarknad; att upplåtelseformen är utan betydelse och allt från ägarlägenhet till kooperativ hyresrätt är gångbara?

7.1.2. Arkitektur & möjligheter

Den bifogade rapporten från samarbetet med Smart Housing Småland och SP ger intressanta fakta i den bemärkelsen att det är miljonprogrammets byggnader som är mest lämpliga för påbyggnad. Tillsammans med spännande exempel från Göteborg och OkiDoki! Arkitekter, är kombinationen om ny- och tillbyggnad av befintliga miljonprogram en oänsad möjlighet. Där behovet av renovering och sociala åtgärder är som störst, kan koppling till vårt arbete finna stor potential. I det projekt som OkiDoki! arbetat med, kompletterar man befintlig lamellstruktur genom att skapa gårdsmiljöer utifrån möjligheter att bygga till fastigheter tvärs den givna strukturen. Genom detta skapar man miljöer som går från det offentliga till halvvoffentliga och ibland ner på halvprivata miljöer. Koppla man dessa åtgärder med energirenovering och av befintliga byggnader samt åtgärder på taken där halvprivata miljöer kan skapas varvat med odling, rekreation och t.ex. bostadspoddar för ungdomsboende. Här blir kravet på förstärkning mer hanterbart och projektet kan få ekonomisk bärning på ett helt annat sätt. Rent arkitektoniskt finns det oändligt många möjligheter när man får många olika pusselbitar att jobba med där olika vägar att uppdaterar både staden i sig och miljonprogramsområdena.

7.1.3. Konstruktion

Standardisering och industriellt träbyggande: Vad finns det för koppling till vertikal förtätning?

För att skapa en snabb och effektiv process vid påbyggnad som både blir tidseffektiv och ekonomiskt förutsägbart är detta mycket intressant. Vi vet genom SP:s rapport att miljonprogrammet har goda tekniska förutsättningar att byggas på. Genom att vi då kan utgå från vissa avgränsade förutsättningar, låta verifiera dem konstruktivt, hitta en standardiserad process för förstärkningar som blir grund för modulleverantörers produkter; kan vi finna effektiva affärsmodeller och ekonomiskt genomförbara projekt inom vertikal förtätning. Det unika i exempelvis projektet Treet, är den konstruktiva lösningen där moduler staplas fyra våningar med en utanpåliggande limträstomme som binds ihop på våning fem och tio. Detta ser vi som en högtintressant och mycket gångbar lösning där befintliga stommar och grundläggning inte räcker konstruktivt för påbyggnader. Då kan man slippa att gå in och förstärka i befintlig byggnad, behöva flytta på hyresgäster, behöva lägga kostnader på redan ombyggda och energirenoverade fastigheter, osv. Vi kan här säga att vi bygger nya hus och gröonstrukturer över befintliga hus istället för på.

En annan möjlighet att kunna bygga befintliga betongstommar är helt enkelt att plocka ner en våning i betong vilket möjliggör på påbyggnader i trä med upp till tre våningsplan. Kodomajas flexibla moduler i kombination ger en mycket intressant lösning. Givetvis finns det fler och dessutom svenska leverantörer som kan göra motsvarande. Lindbäcks och Moelven har exempelvis varit involverade i olika påbyggnadsprojekt. Volym- och modulleverantörer är inte engagerade i de statiska förutsättningarna generellt sett, utan blir renodlade leverantörer av

byggelement i påbyggnadsprojekt (vad vi erfar). Träbyggande i sig ger lätta och prefabricerbara konstruktioner som är anpassningsbara på många sätt. Där prefabriceringsgraden kan styras av projektets förutsättningar. Dessa iakttagelser och reflektioner styrks även i den utredning som vi har låtit Mats Axelsson och Kirsi Jarnerö, SP Hållbar samhällsbyggnad, utföra inom ramen för projektet.

I vissa projekt måste, p.g.a. utformning, tekniska och arkitektoniska förutsättningar, andra lösningar väljas. Ibland kan det befintliga huset vara för instabilt på den översta våningen för att bygga på och kan behöva avancerade ramverk för att kunna skapa en plattform för tillkommande ytor. Det kan även vara i situationen där påbyggnaden har en större andel gröna ytor för gemenskap, odling och rekreation. Här kan man istället tekniskt sätt skapa en kombination med stålramverk och fribärande träbjälklag (KL-trä) som kan överbygga och binda samman huskropp och bilda plattform för påbyggnad av bostäder och grönt. Ytterligare ett perspektiv är de behov av tekniska lösningar som kan dyka upp för att möta behov av energirenoveringar. Där t.ex. nya balkonger och entréer kan kombineras med konstruktiva lösningar osv.

- Hur får man konstruktören att vilja våga vertikal förtätning?
- Vilken kunskap behöver de för att förstå och engagera sig?
- Hur kan vi hitta en mall, en rutin för konstruktörer att möta arkitekten och fastighetsägaren och vara mer positiv till att tänja på gränserna?

7.1.4. Ekonomi & incitament

Mervärdet av att jobba med vertikal förtätning har en avsevärd storlek och styrka i förhållande till hållbarhetsperspektiven (ekologiska, sociala och ekonomiska). Minskade kostnader för infrastruktur gator och tekniska system. De gröna taken möter hantering av ökade mängder dagvatten osv. I ekonomiska bedömningar för ett projekts bärighet så är principen att förstärkning och kringarbetena skall var lägre än motsvarande projekt på ny mark. Fastighetsägare ser det ekonomiskt försvarbart i expansiva städer och i A-lägen, medan behovet är som störst i miljonprogrammet. Här gäller det att se den ekonomiska nyttan i ett större perspektiv, där alla pusselbitar ger en större helhet.

Hur får vi den konservativa strukturen i bygg- och fastighetsbranschen att hänga med och gå i tåten för utvecklingen? Nya och uppdaterade entreprenörer behövs, så som delvis syns inom trähusbyggandet. Nya aktörer som kan och vill och som jobbar för alternativa lösningar och hittar logik, struktur och standardisering i denna typ av projekt och processer.

I fastigheter med lokaler som vi sett i London, och som vi har fått kunskap om på andra håll i Sverige och Norge, så uppskattas rekreationsytor på taken så mycket att det återspeglas i lokalhyrorna och därigenom värdet på fastigheterna. I London hade personal tillgång till delar av tak för odling av grönsaker m.m. Hur kan man föra över detta resonemang på bostadsfastigheter? När det gäller renodlade fastigheter med hyresrätt är det upp till parterna i hyresförhandlingen till att värdera detta. Det är tveksamt idag huruvida odling och tillgång till gröna tak kan vägas in i befintlig och stelbent förhandlingsstruktur och ses som en standardhöjning vilket är ett krav för ökad hyra och därigenom ökat fastighetsvärde. I andra upplåtelseformer finns andra både hinder och möjligheter. I bostadsrättsföreningar kan personliga intressen hindra utveckling samtidigt kan föreningen prioritera stora inkomster för att bjuda ut takytor till påbyggnationer. Här kommer givetvis kunskaper om nytta och värden in och att det är möjligt att skapa odlings- och rekreationsytor som höjer värdet på den egna bostaden, istället för att sälja ut möjligheten till ett engångsbelopp. I Tyskland, i Freiburg och Tübingen där en stor del av nyproduktionen sker genom Byggemaskaper som byggherrar, ser man en stor variation i projekten; hur man antingen låter pengar eller det gemensamma intresset ha förtur till taken. Samtidigt är balkonger och takterrasser alltid prunkande gröna på ett helt annat sätt än vad vi är vana vid i Sverige. I vissa fall ställer de lokala myndigheterna krav på solcellsanläggningar på taken. Tyvärr utan ekonomisk nytta för bostadsägarna, vilket är en negativ utveckling utifrån politisk klåfingrighet.

7.1.5. Energieffektivisering – Incitament för vertikal förtätning

Energirenovering är ett måste så snart bygglov sökes för ombyggnad; givetvis med vissa begränsningar men riktningen är entydig. Vi har kommit fram till att detta är ett av de viktigaste argumenten och incitamenten för att väcka fastighetsägarnas nyfikenhet; till att vara något mer än bara engagerade och kreativa fastighetsägare och fastighetsutvecklare område. Det finns exempel i Göteborg såsom Poseidons projekt ”Backa Röd”, där påbyggnad av fler bostäder gav ekonomi åt att energirenovera huset. I Tyskland är det vanligt förekommande att man hyr plats för solceller på taken.

Med denna grundtanke ser vi möjligheterna att uppmuntra fastighetsägare att upplåta sina tak eller skapa egna projekt; med drivkraft och incitamentet genom ökade intäkter, vilket är den enda realistiska vägen att nå fastighetsägaren. När det gäller energirenoveringar, så är det kostsamma projekt som är svåra att räkna hem genom ökade hyresintäkter på befintliga ytor och med möjliga standardhöjningar (bostäder). Kan man tillskapa nya intäkter, så kan vi kapa toppen på investeringen och positivt kassaflöde nås direkt genom att projektet blir av, istället för att det skjuts på framtiden. Problemet att projekt läggs på is uppstår inte i A lägen i större städer, men väl i övriga lägen och orter runt om i landet. I stället för att rulla ut villakvartersmattan så få vi mer ut av investeringar lokalt i befintliga strukturer.

Med den vertikala förtätningen följer ett antal mervärden: I ett projekt kring renovering och sociala aspekter som SP tillsammans med Poseidon jobbat med (Backa Röd, Göteborg) framgår det att man erhåller störst nytta med omfattande renovering över tid. Andra goda exempel är Råslätt i Jönköping där IV Produkter levererat nya ventilationssystem till miljonprogramsfastigheter med en ”pay off” på 4 år. Fler exempel finns för att uppmuntra till denna utveckling och genom dessa når vi framgång för att fler bostäder kan tillskapas genom vertikal förtätning.

7.2. Avvikelser

Utifrån vad vi ursprungligen föresatt oss, så har vissa begränsningar fått göras:

Vi har inte fått in underlag så som önskats kring olika förutsättningar för påbyggnader. Vår studie har istället fått ett ökat fokus på hur man skapar processen och vilka pusselbitar som behöver studeras vidare.

Vi har gjort följande omdefiniering:

- Beräkningsmodell = i text handlar det om att visa hur nyttan av extra intäkter gör projekten möjliga, hur kostnaden för ny mark- samt grundläggning står, i jämförelse med kostnader för förstärkning och plattform för påbyggnad; t.ex. hur konstruktionslösningar, arkitektur och förstärkningar samverkar för projektet och dess slutresultat.
- Kalkyler/ kvantitativa exempel: Vilka delkostnader som skall bedömas och jämföras (ej numerärt).
- Reflektion: Material från bl.a. rapporter ger information i handen att alla projekt måste bedömas statistiskt och därigenom begränsas möjligheterna att göra ekonomisk bedömningar, Istället ser vi möjligheten att beskriva vilka delområden som ekonomiskt behöver beaktas i processer kring vertikal förtätning.
- Vi har stött på vissa svårigheter i vår förstudie. En är svårigheten att få fastighetsägare engagerade och nyfikna på våra idéer kring vertikal förtätning för att många inom branschen har ett konservativt och smalt perspektiv på fastighetsutveckling och inte ser hur andra mervärden än höjda hyror kan få fastighetsvärdet att stiga.

PROCESSMODELL - VERTIKAL FÖRTÄTNING

