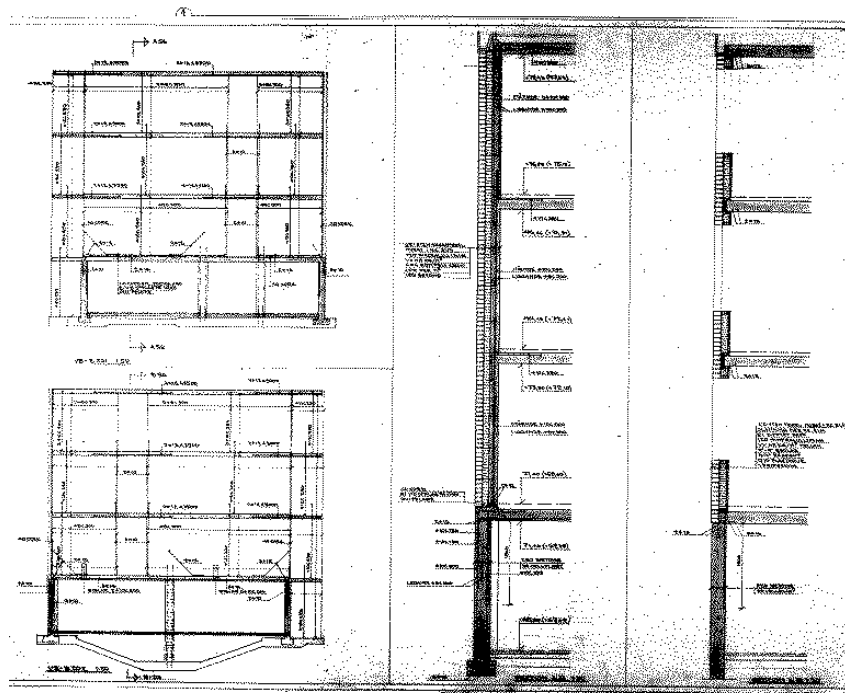


Förstudie av möjligheter att bygga på befintliga byggnader för att skapa gröna tak

Mats Axelson



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

Mats Axelson

Sammanfattning

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.

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, Green Roof Explore, Green Roof Housing

Förord

Denna rapport ingår som en del i projektet Green Roof Housing / Green Roof Explore som finansierats genom Boverkets ”Stöd för innovativt byggande av bostäder för unga” samt genom medel från Smart Housing Småland. Initiativtagare är Visionskompaniet Arkitektur & Projekt AB i Växjö. Rapporten avser att beröra de frågeställningar om bärformåga som uppstår vid påbyggnad av en befintlig byggnadsstomme för att skapa ett grönt tak.

Innehållsförteckning

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

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 egentyngd, 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 naturlaster, 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 naturlaster 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 stommaterier 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 materialkvalitetsstyrning, 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 kN/m², 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 eurokodsystemet.

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 förekommande 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 kN/m².

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 kN/m². Vilket motsvarar 33 % av den nyttiga bostadslasten 1,5 kN/m² i systemet för tillåtna laster vanligt lastfall och 25 % i systemet med partialkoefficient med nyttig bostadskast på 2,0 kN/m².

För stålstommealternativet har antagits ett prefabricerat betongbjälklag med pågjutning av ett håldäck 200 mm + 40 mm pågjutning, totaltyngd ca 3,9 kN/m² 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 kN/m² 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 ökad lasterna.

För tillåtna spänningar och exceptionellt lastfall motsvarar egentygden 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	$f(q + g) \leq f\left(\frac{R_k}{3}\right)$	$f(1,33 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{3}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{4,0}\right)$
Stål	$f(q + g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5}\right)$	$f(3,6 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{5,4}\right)$
Betong	$f(q + g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,8}\right)$	$f(4,1 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{2,3}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{7,4}\right)$

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	$f(1,3 \cdot q + g) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 1,4}{3}\right)$	$f(1,66 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 1,4}{3}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{3,6}\right)$
Stål	$f(1,3 \cdot q + g) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 1,15}{1,5}\right)$	$f(3,9 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 1,15}{1,5}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{5,1}\right)$
Betong	$f(1,3 \cdot q + g) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 1,2}{1,8}\right)$	$f(3,6 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 1,2}{1,8}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{5,4}\right)$

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	$f(1,5 \cdot 1,3 \cdot q + 1,2 \cdot g) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 0,7}{1,3}\right)$	$f(2,35 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,86}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{4,4}\right)$
Stål	$f(1,5 \cdot 1,3 \cdot q + 1,2 \cdot g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,1}\right)$	$f(5,07 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,1}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{5,6}\right)$
Betong	$f(1,5 \cdot 1,3 \cdot q + 1,2 \cdot g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5}\right)$	$f(5,63 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{8,4}\right)$

Tabell 4 Partialkoefficientmetoden enligt EKS [5] med lastberäkning enligt EKS och EN 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	$f(1,05 \cdot 1,3 \cdot q + 1,35 \cdot g) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 0,7}{1,3}\right)$	$f(1,81 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,86}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{3,4}\right)$
Stål	$f(1,05 \cdot 1,3 \cdot q + 1,35 \cdot g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,0}\right)$	$f(4,9 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,0}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{4,9}\right)$
Betong	$f(1,05 \cdot 1,3 \cdot q + 1,35 \cdot g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5}\right)$	$f(5,5 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{8,3}\right)$

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	$f(1,3 \cdot 1,3 \cdot q + g) \leq f\left(\frac{R_k \cdot 0,85}{1,25 \cdot 1,2}\right)$	$f(2,0 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,76}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{3,5}\right)$
Stål	$f(1,3 \cdot 1,3 \cdot q + g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,1 \cdot 1,2}\right)$	$f(4,3 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,1 \cdot 1,2}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{5,7}\right)$
Betong	$f(1,3 \cdot 1,3 \cdot q + g) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5 \cdot 1,2}\right)$	$f(4,8 \cdot q) \leq f\left(\frac{R_k}{1,5 \cdot 1,2}\right)$	$f(q) \leq f\left(\frac{R_k}{8,6}\right)$

4.1 Lastnedräkning i flervåningstommar

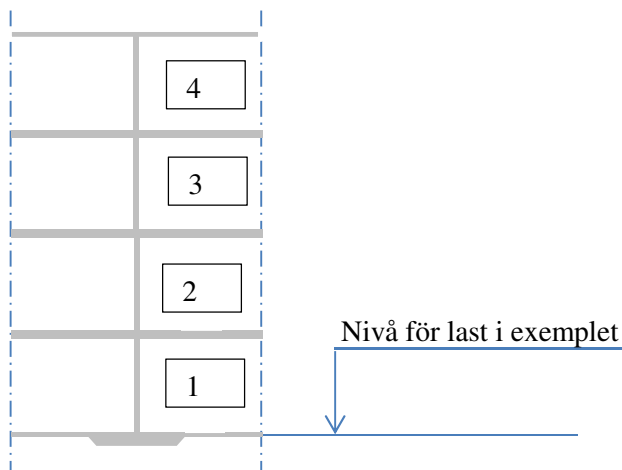
Lastnedräkning till byggnadsgrund och undergrund ger dimensionerande lasteffekt på undergrund och grundläggning men också dimensioneringsförutsättningar för vertikalt bärande stomelement successivt ner i byggnaden.

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 egentyngd	Delsumma nyttig last kN/m
	Egentyngder kN/m ²	Variabla kN/m ²		
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 bjl, (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 α_n	Delsumma egentyngd kN/m	Delsumma nyttig last kN/m
	Egentyngd kN/m ²	Variabla kN/m ²			
Lastkoefficienter				$\xi=0,89$ $\gamma_G=1,35$	$\Psi_{0,i}=0,7$ $\gamma_Q=1,5$
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	
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
 - Stödpålar till fast botten, spetsburna pålar
 - Kohesionspålning
 - 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 installerats 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 kN/m². Den nyttiga lasten för bostäder är 2,0 kN/m². Den nyttiga lasten utgör ca 80 % av totallasten. För ett 200 mm betong bjälklag är egentyngden 4,6 kN/m² medan den nyttiga lasten är 2,0 kN/m². 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 flerfamiljshus användes hållfasthetsklasser som K20, K25 och K30, med konsistensen plastisk eller trögflytande, till platsgjutna 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-dygns-hållfastheten 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 $f_{ckjust} = f_{ck} \cdot 1,15 - 2$ 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-dygns-hållfastheten 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 flervångshus 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 förutsättningar 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.

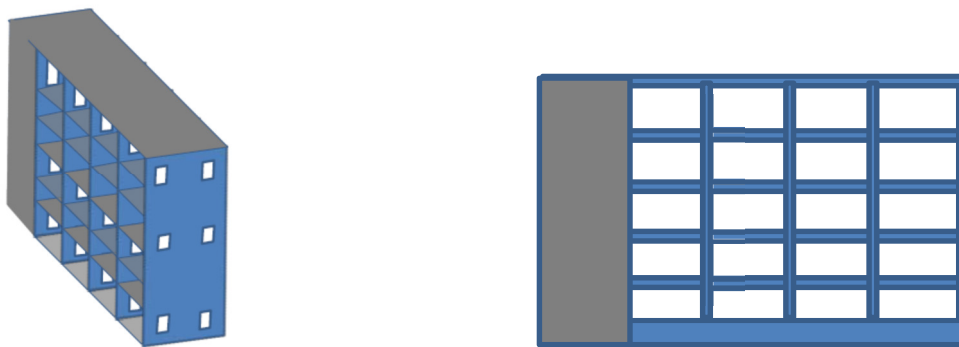
Tidiga väggregelstommar, från tiden före energikrisen i slutet av 1970-talet, är dimensionerade med hänsyn till enbart bärförmågan. Senare tiders väggregelstommar har anpassats till lämplig isoleringstjocklek för väggen. Väggreglarna är därmed i många fall överdimensionerade och kan bära ökad last. En svaghet är att ökad belastning vinkelrätt fibreerna 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

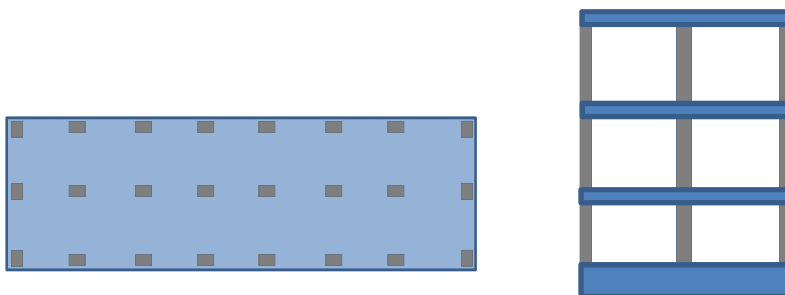
Olika typer av användningsområde och antalet våningar leder till val av olika stomtyper och stommaterial. Skivstommar i betong är den vanligaste typen stomme till flerbostadshus. Betongstommen kan vara platsgjuten eller bestå av prefabricerade betongelement eller också vara en kombination av platsgjutna 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. Betongkvalitén 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. Betongkvalitén 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 väggjocklek vid tvåsidig brandpåverkan anges till 130 mm betong för 60 minuter, förutsatt normerat täcksikt 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 väggjocklek 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 egentyngd 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

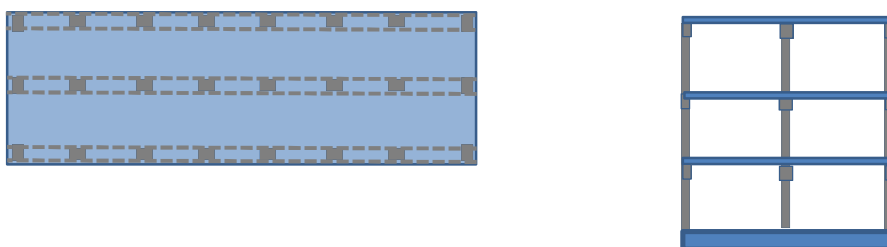


Figur 3 Principplan och principsektion för pelardäck.

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 stålbalckonstruktioner 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 inspänning 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 stålkruss.

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 egentyngdens 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 växytorna 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 egentyngd för envåningspåbyggnader med bostäder och befintlig betongstomme. Utbredd last av egentyngd för två våningsväggar, ett bjälklag och ett takbjälklag i trä. Väggar över befintliga bärlinjer, spannvidd ca 3,6 m.

Typ av stomme	Egentyngd	Nyttig karaktäristisk 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

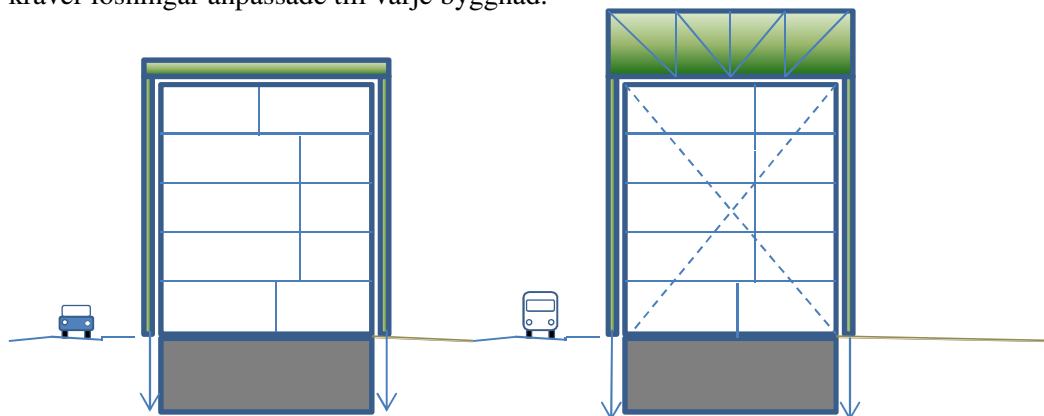
Ur tabell 10 kan man utläsa att genom att riva en våning i en betongstomme får man stora minskningar av egentyngden. En våning i betong kan ersättas med flera våningar i trä.

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 hushöjden 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

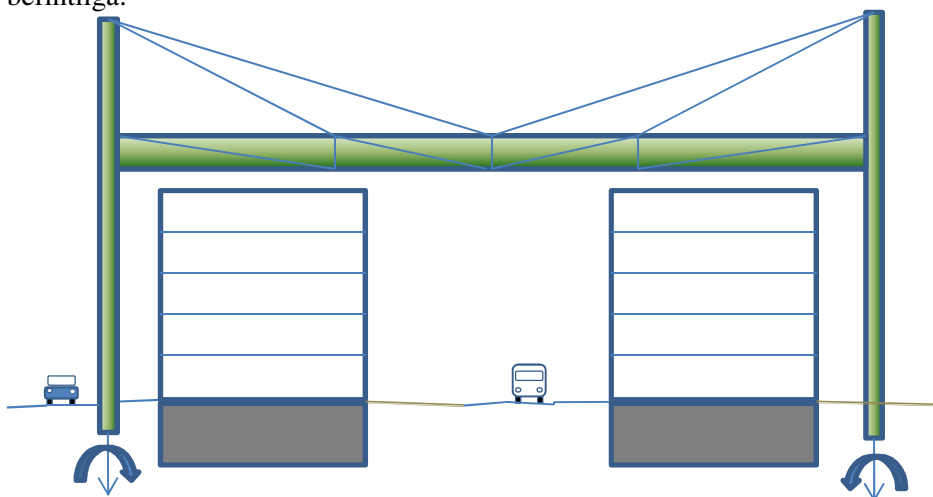
9 System för överbyggnader och påbyggnader

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.



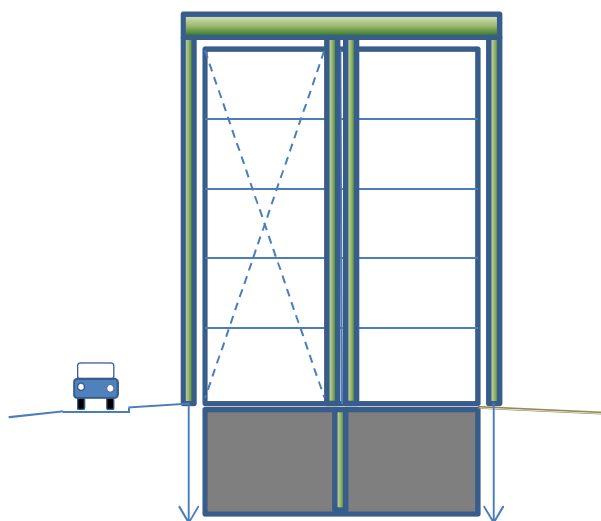
Figur 5 Principiella strukturutformningar vid påbyggnader där befintlig stomme inte utnyttjas för bärande ändamål.

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 bäring i direkt anslutning till fasaden kan antingen ske i diskreta linjer med pelare eller intermittenta väggar alternativt med heltäckande fasadelement. 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.

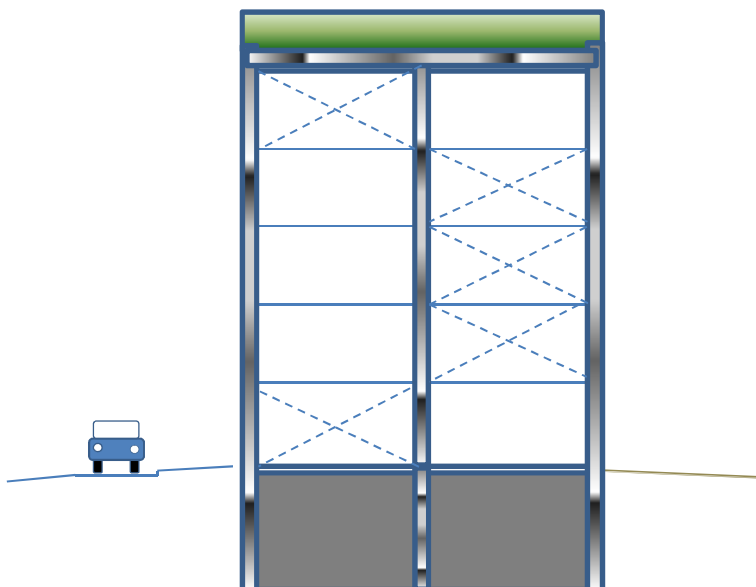


Figur 6 Principiella strukturutformningar vid på- och överbyggnader. Befintlig stomme utnyttjas inte för bäring av på-/överbyggnad. Den här typen kräver extra uppmärksamhet på dagsljusinsläpp.

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 bärighetsanalys. 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, brandspridning begränsas samt att den endast kan ge ett begränsat bidrag till branden. (BFS 2011:26)” [15]. 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 kN/m². 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 stagning 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. Stagningar av den här typen kräver utrymme och förnyad analys av redan befintliga stomstabiliserande element och av befintliga stomstabiliserande elements infästningar. Lokala vertikala förstävningar 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 schablonberäkning brukar utnyttjar 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-X.

- [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] 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 Pålar
- [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 2015:06

ISSN 0284-5172

PART OF **RISE**