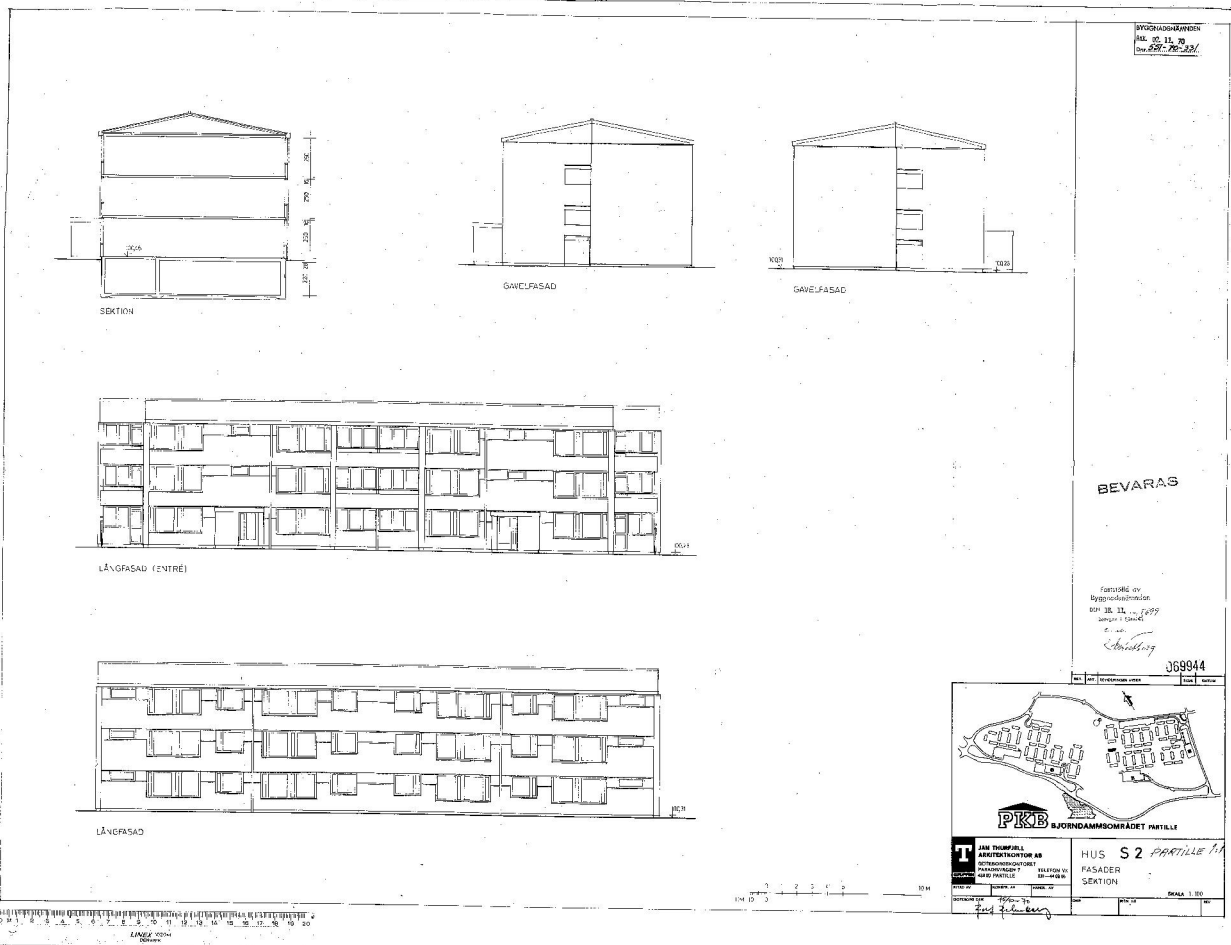




CHALMERS



Miljonprogrammet – Uppbyggnad och påbyggnad

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

DANIEL NEDRÉN
GUSTAV RINALDO

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Konstruktionsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete ACEX20-18-8
Göteborg, Sverige 2018

EXAMENSARBETE ACEX20-18-8

Miljonprogrammet- Uppbyggnad och påbyggnad

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

DANIEL NEDRÉN

GUSTAV RINALDO

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Konstruktionsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2018

Miljonprogrammet – Uppbyggnad och påbyggnad
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik
DANIEL NEDRÉN
GUSTAV RINALDO

© DANIEL NEDRÉN, GUSTAV RINALDO 2018

Examensarbete ACEX20-18-8
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2018

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Bygglövshandling, A-ritning för hus S2 i Björndammsområdet. Hämtad hos Partille kommun

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2018

Miljonprogrammet – Uppbyggnad och påbyggnad
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

DANIEL NEDRÉN

GUSTAV RINALDO

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Examensarbetet förmedlar kunskap om bebyggelsen av miljonprogrammet och våningspåbyggnader. Fokus ligger mot hur det bärande systemen fungerar. Vidare redogör arbetet för valda gällande normer och krav vid påbyggnad.

Under rekordåren 1961–1975 uppfördes nära 1,5 miljoner bostäder varav en miljon byggdes 1965–1974 i vad som kallas miljonprogrammet. Vanligaste hustypen som byggdes var trevåningslamellhus.

Påbyggnader klassificeras av Boverket som en ändring och önskvärt är att möta krav och normer likt de som ställs på en nybyggnation. Avsteg får däremot göras vilket ibland är direkt nödvändigt för att möjliggöra påbyggnation.

Eurokoder är dimensioneringsregler och standarder för bärverk inom EU och började tillämpas i Sverige från 2011. EKS, Boverkets konstruktionsregler, är en samling föreskrifter där nationella val redovisas och tillämpas med eurokoderna. För bärlighetsberäkningar vid ändring av en byggnad gäller dagens regelverk på de nya, tillkommande delarna. Befintliga delar kan beräknas med äldre regler och bestämmelser eller med EKS.

Arbetet konkluderar att tidstypiska trevåningslamellhus med bokhyll stomme i platsbyggnad har goda förutsättningar för våningspåbyggnader och att det är grundläggningen som är mest kritisk.

Konstruktionsmässiga kontroller av valt referenshus visar att det finns överkapacitet i väggar samt kapacitet i grundläggning för påbyggnad av lätt konstruktion om två våningar. Kontroller visar att kapacitet i underkantsarmering grundsula blev dimensionerande.

Nyckelord: Miljonprogrammet, Rekordåren, våningspåbyggnad, krav och normer, EKS, bärlighetsberäkningar, stomutredning

The Million program era- The story and storey adding

*Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering*

DANIEL NEDRÉN

GUSTAV RINALDO

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Structural Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The thesis mediates knowledge about the buildings of the Million program era and storey adding. Emphasis is on the loadbearing system. Furthermore, the thesis presents the regulations in force regarding storey adding.

During the record years between 1961 and 1975 nearly 1.5 million housings were built with a million were being built between 1965 and 1974 in what should be known as the million program. Most common was the three storey apartment blocks.

Storey additions are classified by Boverket as a modification of a building. It is preferable to meet the same rules and requirements which applies the new buildings. However, exceptions from these rules and requirements can be done which in some cases are necessary to enable storey additions.

The Eurocodes are European standards about structural design and provides common rules and instructions for European nations. The codes became mandatory in Sweden in 2011. EKS, Boverkets constructions rules is a collection of regulations where national parameters are applied with the Eurocode. When modifying a building you may use older methods of calculations and regulations on parts which remains unaffected. Added or reworked parts of the building should be calculated or controlled according to the EKS.

The thesis concludes that adding of storeys of the characteristic three story housings of the million program era is possible. The structure of load-bearing interior cross walls shows good preconditions for adding of storeys with the foundation being most critical part.

The load-bearing capacity of the chosen reference house shows excess capacity in walls, foundation and stability of the building, concluding that a storey adding is possible. Checks show that capacity of the bottom reinforcements in the slabs is most critical.

Key words: Million-program era, Record years, Storey adding, Rules and regulations, EKS, load-bearing calculations, three storey housings

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VI
BETECKNINGAR	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställning	2
2 METOD	3
3 TEORETISK REFERENSRAM	4
3.1 Allmänt om rekordåren	4
3.1.1 Varför behövdes rekordåren?	4
3.1.2 Nulägesbeskrivning av byggnaderna	5
3.1.3 Geografi	5
3.1.4 Husen	6
3.2 Stomsystem	9
3.2.1 Ohlsson & Skarne: System Skarne 66	9
3.2.2 Abetong: A-system	10
3.2.3 Skanskas allbetong	11
3.3 Grundläggning	12
3.3.1 Grundläggning på berg	12
3.3.2 Grundläggning på fast- till halvfast mark	13
3.3.3 Grundläggning på lös mark	13
4 KRAV VID TILLBYGGNAD AV VÅNINGSPLAN	14
4.1 Brand	14
4.1.1 Utrymning	14
4.1.2 Brandceller	15
4.2 Ljud	16
4.2.1 Ljudklasser	16
4.2.2 Bjälklag	17
4.2.3 Väggar	17
4.2.4 Ljud i planprocess	18

4.3	Tillgänglighet	18
4.3.1	Hiss	18
4.4	Energikrav	19
5	STOMTYPER VID VÅNINGSPÅBYGGNAD	20
5.1	Platsgjuten betong	20
5.1.1	Montage	20
5.1.2	Väggar	20
5.1.3	Installationer	21
5.1.4	Fukt	21
5.1.5	Kvarboende	21
5.2	Massivträ	21
5.2.1	Montage	21
5.2.2	Installationer	22
5.2.3	Fukt	22
5.2.4	Kvarboende	22
5.3	Volymelement	22
5.3.1	Montage	22
5.3.2	Installationer	23
5.3.3	Fukt	23
5.3.4	Kvarboende	23
6	VÅNINGSPÅBYGGNADS PÅVERKAN PÅ BEFINTLIG STOMME	24
6.1	Grund	24
6.2	Takbjälklag	24
6.3	Stomme	24
7	BERÄKNINGSTEORI	25
7.1	Eurokoder och normer	25
7.2	Lastnedräkning	25
7.3	Bärande betongväggar	26
7.4	Bjälklag	26
7.5	Grundkonstruktioner	26
7.6	Stjälpling	26
8	REFERENSHUSET	27
8.1	Förutsättningar	27
8.1.1	Området	27
8.1.2	Huset	27
8.1.3	Stomme	28
8.1.4	Geoteknik	28
8.1.5	Grundläggning	28

8.2	Påbyggnadskrav	29
8.2.1	Brand	29
8.2.2	Ljud	29
8.2.3	Tillgänglighet	30
8.3	Kontroll av bärförmåga	30
8.3.1	Befintlig byggnad	30
8.3.2	Kapacitet i vägg	30
8.3.3	Kapacitet grundsula	31
8.3.4	Lastnedräkning och nyttjandegrad	32
8.3.5	Lastnedräkning våningspåbyggnad	33
8.3.6	Global analys	33
9	DISKUSSION	35
10	SLUTSATS	36
11	VIDARE STUDIER	37
12	REFERENSER	38
13	BILAGOR	43
13.1	Bilaga 1: Kapacitetsberäkningar	43
13.2	Bilaga 2: Lastnedräkning för befintlig byggnad	45
13.3	Bilaga 3: Tyngd påbyggnation	48
13.4	Bilaga 4: Lastnedräkning påbyggnad	50
13.5	Bilaga 5: Vindlaster	52
13.6	Bilaga 6: Global analys	54
13.7	Bilaga 7: Nyttjandegrader	57

Förord

Arbetet på 15 högskolepoäng är skrivet vid arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, avdelning Konstruktionsteknik på Chalmers tekniska högskola för och med Cowi AB, avdelningen Byggt teknik.

Vi vill speciellt tacka för god hjälp och vägledning från Daniel Kläppevik och Magnus Nilber på Cowi.

Ett stort tack riktas också till vår examinator Filip Nilenius

Tack!

Göteborg juni 2018

Daniel Nedrén

Gustav Rinaldo

Beteckningar

Latinska versaler

C_e	Exponeringsfaktor [-]
C_{pe}	Formfaktor [-]
F_c	Dimensionerande kraft [N]
G_k	Karakteristiskt värde för permanent last [N]
$M_{Stjälp}$	Stjälpande moment [Nm]
M_{Stab}	Stabiliserande moment [Nm]
N_{ed}	Lasteffekt [N]
N_{rd}	Dimensionerande lasteffekt [N]
S_k	Karakteristiskt värde för snölast [N/m ²]
Q_k	Karakteristiskt värde för variabel last [N]
W_e	Yttre vindlast [N]

Latinska gemena

f_{cd}	Dimensionerande tryckhållfasthet [Pa]
f_{ck}	Karakteristisk tryckhållfasthet [Pa]
g	Tyngdaccelerationskonstant [m/s ²]
v_b	Referenshastighet [m/s]
q_k	Karakteristiskt värde för utbredd last [N/m ²]
q_p	Karakteristiskt hastighetstryck [Pa]

Grekiska gemena

α	Taklutning [°]
γ	Partialkoefficient säkerhetsfaktor [-]
η	Utnyttjandegrad [%]
ρ	Densitet [kg/m ³]
σ	Spänning [Pa]
θ	Vinkel [°]

1 Inledning

1.1 Bakgrund

1960-talet präglades av stor arbetskraftsinflyttning till städer då svensk industri var stark under efterkrigstiden. Dåtidens bostadsbestånd bestod i stor utsträckning av trångbodda boenden med låg boendestandard. En ansträngning ansågs nödvändig för att möta behoven, både i kvantitet och kvalitet (SOU 1965:32, 1965). Under rekordåren, 1961-1975, uppfördes nära 1,5 miljoner bostäder varav en miljon byggdes 1965-1974 i vad som skulle kallas miljonprogrammet (Dalenbäck, Lindström, Vidén, Wall, & Öresjö, 2012). Detta är en situation som inte är helt olik den vi ser idag. Boverket bedömer att av landets 290 kommuner har 255 ett underskott på bostäder. Det är en ökning med 72 kommuner mellan 2015 till 2017. Det behövs därför byggas 600 000 bostäder fram till 2025 (Boverket, 2017a). Samtidigt har bostäder från rekordåren stora renoveringsbehov i närtid.

Under åren har delar av den kunskap som fanns om flerbostadshusens byggsystem byggda under miljonprogramsåren gått förlorad. Mycket av de material och ritningar som skapades vid nybyggnation av flerbostadshusen finns idag inte längre kvar. En anledning till detta kan vara att det dåliga rykte som miljonprogramshusen med tiden förknippades med. Det bidrog till att byggare inte ville bli associerade med husen och därmed kasserades stor mängd dokumentation (Sjöström, 2015).

Med konstaterad bostadsbrist i nära 90% av svenska kommuner kan påbyggnad av våningar vara en lösning för att skapa fler lägenheter (Boverket, 2017a). I och med att man bygger på redan bebyggd mark skapar man ett mer effektivt nyttjande av markyta utan att inkräkta på grönområden eller befintlig infrastruktur. Således kan man förtäta staden där det är önskvärt. Med tredimensionella fastighetsbildningar ges även möjlighet att finansiera våningspåbyggnaden och nödvändiga renoveringar (Lidgren & Widerberg, 2010). Om detaljplanen tillåter högre byggnation än i dagsläget kortas planprocessen. Även om ändring i detaljplanen krävs kan dessa vara av enklare karaktär, så kallat enkelt planförfarande, vilket också är fördelaktigt ur ett tidsperspektiv (M.Öjersjö, personlig kommunikation, 25 januari 2018).

En ökad kunskap om skillnader mellan olika byggsystem är viktig för att få en förståelse för vilka möjligheter som finns för att utveckla dessa hus.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att förmedla ökad kunskap om det som byggdes under rekordåren till fastighetsägare av miljonprogramshus och om våningspåbyggnader av dessa. I synnerhet gällande hur de bärande systemen fungerar. Vidare redogörs för normer och krav i parametrar av stor betydelse vid våningspåbyggnad samt olika stomsystem för påbyggnationer.

Examensarbetet ska även visa möjligheter med våningspåbyggnad av ett tidstypiskt trevåningshus utan hiss ur ett bärförmågeperspektiv. Detta genom en tillämpningsdel i vilken beräkningar på ett referenshus utförs ur hållfasthetssynpunkt.

En ökad insikt om de förutsättningar som finns är viktigt för att påbyggnader lättare ska kunna ske.

1.3 Avgränsningar

Arbetets perspektiv ses utifrån fastighetsägarens. Fokus för arbetet är mot stommen på befintlig byggnad och stomlösning för våningspåbyggnaden. Det ger konsekvensen att redogörelser och bedömningar i första hand utgår ifrån stommen och stomlösningen. Normer och krav ses utifrån hur det påverkar val av stomme för påbyggnad samt befintlig stomme. Därmed kommer rapporten inte innehålla djupare analys kring till exempel estetik, kostnader, eller planlösningar.

Under miljonprogramsåren förekom fler typer av stomsystem än de tre som beskrivs i arbetet. Vi har valt att redogöra för de alternativ som var vanligast förekommande under den aktuella tidsperioden.

I tillämpningen kommer konstruktionsmässiga kontroller utföras. Dessa avgränsas till att beräkna lastkapacitet på den vägg som anses vara mest belastad och dess grundsula. Väggen har endast kontrollerats för tryck och knäckning som ett oarmerat tvärsnitt. Kontroller av grundsulans avgränsas till att beräkna kapacitet i underjorden och momentkapacitet i underkantsarmeringen. Vidare beräknas utnyttjandegrad av dessa byggnadsdelar, både med och utan våningspåbyggnad om två våningar i vald stomlösning av lättviktskonstruktion. Avslutningsvis görs en global analys av byggnaden inklusive våningspåbyggnad om två våningar där kontroll med avseende på stjälpning utförs.

1.4 Precisering av frågeställning

- Vilka hustyper byggdes under rekordåren?
- Vilka stomsystem från rekordåren är mest förekommande?
- Hur grundlades husen från rekordåren?
- Vilka krav och normer påverkar en påbyggnation och hur?
- Vilka stomsystem används och är mest relevanta för våningspåbyggnader idag?
- Vid våningspåbyggnad, vilka delar av byggnaden måste studeras och hur?
- Klarar ett tidstypiskt trevåningshus en påbyggnad?

2 Metod

Tidigt i arbetsprocessen hölls ett samtal med Mats Öjersjö, fastighetsutvecklare hos fastighetskoncernen Ivar Kjellberg. Detta gav en bild om vilken kunskap en fastighetsägare kan tänkas finna intressant att ta del av i ett arbete som detta. Mailväxling har skett med sakkunniga inom området i syfte att samla kunskap och insikt. Arbetets teoretiska bakgrund grundar sig på fakta insamlad från tryckta- och internetbaserade källor. Presenterade normer och krav har hämtats från BBR, Boverkets byggregler.

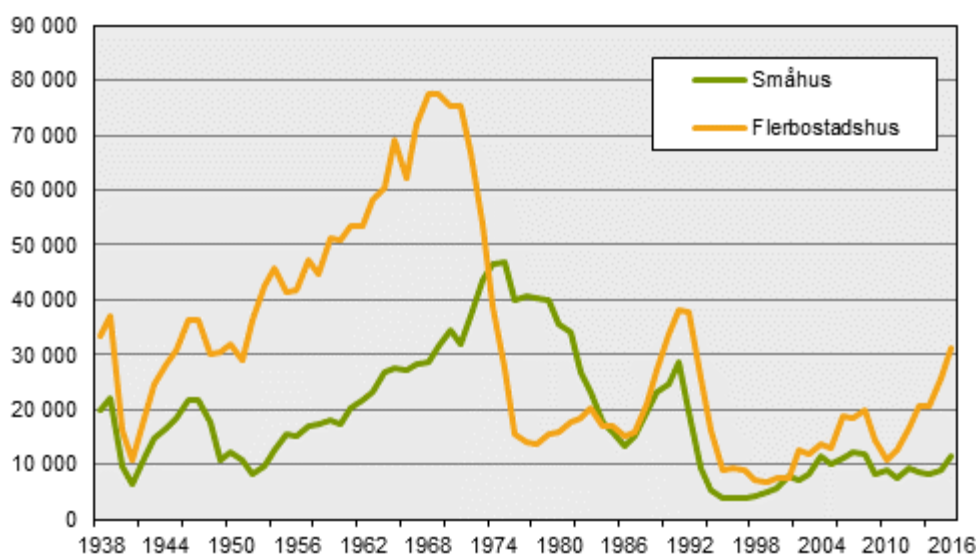
För att representera ett tidstypiskt trevåningshus har ett referenshus valts. Beräkningar och gjorda antaganden grundar sig på de ritningar som funnits för husen i området Björndammen. Dessa har erhållits från bygglövsarkivet i Partille kommun. Beräkningar är utförda enligt Eurokoder och vägledning vid dessa har vår handledare Daniel Kläppevik, beräkningsingenjör på Cowi, stått för. Kontinuerlig handledning har under arbetets gång skett med Filip Nilenius, forskarassistent på avdelningen konstruktionsteknik på Chalmers tekniska högskola.

3 Teoretisk referensram

3.1 Allmänt om rekordåren

Under 1961–1975 uppfördes nära 1,5 miljoner bostäder. Dessa år går under benämningen rekordåren. Byggnationen nådde sin kulmen under åren 1965–1974 där det byggdes närmare en miljon bostäder, och detta är vad som brukar benämnas som miljonprogrammet. Det två begreppen smälter oftast samman och kallas i folkmun oftast för miljonprogrammet (Dalenbäck m.fl., 2012).

En vanlig, och tillika felaktig bild, av miljonprogrammet under rekordåren är associationen till höga, likartade byggnader i betong. Sanningen är att en tredjedel av bostäderna under miljonprogrammet var småhus och villor (se figur 1). Dessutom är den vanligaste typen av flerbostadshus från miljonprogrammet ett lamellhus om tre våningar utan hiss (Dalenbäck m.fl., 2012).



Figur 1. Antal färdigställda lägenheter och småhus per år (Statistiska centralbyrån, 2017).

3.1.1 Varför behövdes rekordåren?

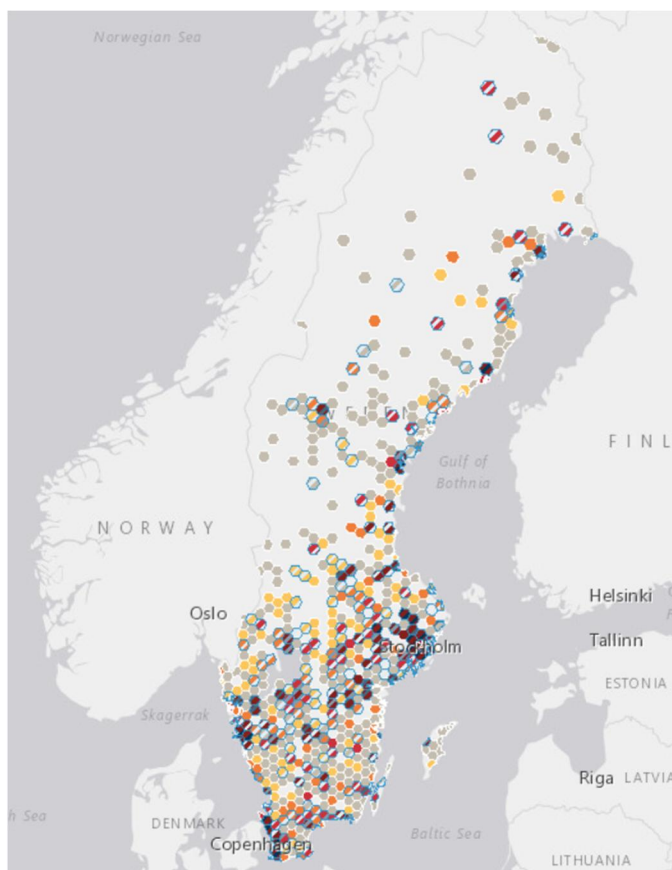
Med byggnationen under rekordåren var målsättningen att lösa bostadsbristen, höja bostadsstandarden samt bygga bort trångboddheten som rådde i efterkrigstiden (Mattsson-Linnala, 2009). 1940-talets bostadsbestånd bestod främst av mindre lägenheter på en- och tvårumslägenheter. Således var trångboddheten stor och i tätorterna var problemet störst. Faktum är att närmare 70% av lägenheterna i 40-talets Sverige utgjordes av lägenheter vilka inte var större än två rum och kök (Söderqvist, 1999). Innan rekordåren var utrustningsnivån i svenska lägenheter låg. 1945 fanns möjlighet till dusch eller bad i endast en femtedel av bostäderna och en knapp tredjedel hade vattentoalett (Söderqvist, 1999). Bostadsbristen var dessutom påtaglig, där över 100 000 personer var bostadssökande 1956, med en total befolkningsmängd på 7,4 miljoner (SCB, 2018). Med dessa parametrar som bakgrund konstaterade bostadsbyggnadsutredningen 1959 att en utbyggnad av bostadsbeståndet behövde ske kontinuerligt för att möta problematiken (SOU 1965:32, 1965).

3.1.2 Nulägesbeskrivning av byggnaderna

Statusen på byggnader varierar då deras förutsättningar är olika. Byggnader är till exempel utsatta för skilda väderförhållanden och är byggda av olika entreprenörer med varierande kvalitet på själva hantverket. Hur drift och underhåll har skötts under åren har dessutom en stor påverkan. Det går dock att konstatera att många av byggnaderna från rekordåren är inne i den del av renoveringscykeln där stora ingrepp behövs. Många konstruktionsdelar så som avlopps- och tappvattenstammar, yttertak, elinstallationer och tätskikt i våtrum har passerat sin livstid och renoveringar är nödvändiga i stora delar av beståndet (Mattsson-Linnala, 2009). Kostnadsuppskattningar för renoveringarna har gjorts till 500 miljarder kronor, vilket motsvarar en tiondel av Sveriges BNP 2016 (Boverket, 2014).

3.1.3 Geografi

Byggnationen under rekordåren skedde med nationell utbredning, men med tydlig koncentration mot tätorterna och i synnerhet det tre storstäderna Stockholm, Göteborg och Malmö. Boverkets karta över byggnationen illustrerar detta väl (se figur 2). Områdena i mörkröd kulör betecknar högst koncentration av byggnader från miljonprogrammet.



Figur 2. Karta över antal byggda lägenheter under miljonprogramsåren 1965-1974 (Boverket, 2015).

3.1.4 Husen

3.1.4.1 Lamellhus

Lamellhus är lägre hustyper bestående av två, tre eller fyra våningar (se figur 3). Trevåningsvarianten av lamellhuset var den klart vanligaste typen. Faktum är att lamellhus om tre våningar är den vanligaste hustypen som byggdes under miljonprogrammet. Mycket av populariteten låg i att byggnaden inte krävde hiss (Söderqvist, 1999). Omkring 85 % av de byggda lägenheterna byggdes i lamellhus (Reppen & Vidén, 2006).

Lamellhus byggdes under hela 1900-talets första hälft och fortsatte byggas under 60- och 70-talet. Mellan 1960-1975 färdigställdes omkring 300 000 lägenheter i trevåningslamellhus (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2013). Lamellhusen byggda under rekordåren skiljer sig från de tidigare byggda lamellhusen på så sätt att de ofta är byggda med ett flackare tak (Vidén & Lundahl, 1992). Gårdsbildning skapades genom att huskropparna placerades ortogonalt eller parallellt och tegel eller putsfasader var vanligt (Länsstyrelsen, 2004).



Figur 3. Lamellhus (Creutz, 2009). CC BY-SA.

3.1.4.2 Skivhus

Skivhusen började byggas i slutet av 1950. Skivhusen är ett högre lamellhus, ofta fristående huskroppar över fyra våningar (se figur 4). Dåtidens regler krävde endast en hiss och en utrymningsväg per trapphus när man byggde under nio våningar vilket gjorde skivhuset populärt. Detta bland annat gjorde att skivhusen hade en låg byggkostnad sett till kvadratmeter (Länsstyrelsen, 2004). Skivhusen är ofta suterränghus i något eller några våningsplan och det är inte ovanligt att huset är placerade i samma väderstreck. Husen har vanligen motfallstak och putsad fasad (Länsstyrelsen, 2004). Områden med skivhus byggdes under hela perioden 1960–1975 (Söderqvist, 1999).



Figur 4. Skivhus (Jordgubbe, 2008) CC-BY-SA.

3.1.4.3 Punkthus

Ett punkthus är en fristående huskropp (se figur 5). Sett utifrån är punkthuset inte helt olikt skivhuset men kännetecknande för hustypen är trapphuset, vilket är i centrum av huskroppen. Punkthusen är oftast högre än fem våningar, även om undantag förekommer (Söderqvist, 1999). Trapphusen betjänar minst fyra lägenheter per våningsplan, och huskropparna är placerade för att ingen lägenheterna inte ska vara i direkt norrläge då utformningen bar med sig viss solljusproblematik (Länsstyrelsen, 2004).

Punkthus började byggas redan innan rekordåren. Mellan 1930–1940-talet byggdes denna hustyp oftast i fyra till fem våningar höga. Från 1950-talet blev hustypen allt vanligare och byggdes nu oftast i åtta till tio våningar höga (Björk, Nordling, & Reppen, 2012). Många punkthus byggdes kring 1960 då den statliga bostadslångivningen premierade punkthus under perioden (Söderqvist, 1999).



Figur 5. Punkthus (Ellgaard, 2011) CC-BY-SA.

3.1.4.4 Loftgångshus

I loftgångshus är lägenheterna genomgångslägenheter vilka nås via en korridor som löper utanpå huskroppen (se figur 6). Loftgångar var ekonomiska då dessa ger möjlighet att nå flera lägenheter från en och samma hiss. Hustypen byggdes i varierande våningsantal och loftgångsområden har en varietet i utformning med suterrängvåningar, vinkelgårdar och parallellhus. Hustypen blev vanligare framförallt under andra halvan av 1960-talet (Länsstyrelsen, 2004). Uppskattningsvis utgör knappt fem procent av de husen som uppfördes under rekordåren (Reppen & Vidén, 2006).



Figur 6. Loftgångshus (Jönsson, 2017). CC-BY-SA.

3.2 Stomsystem

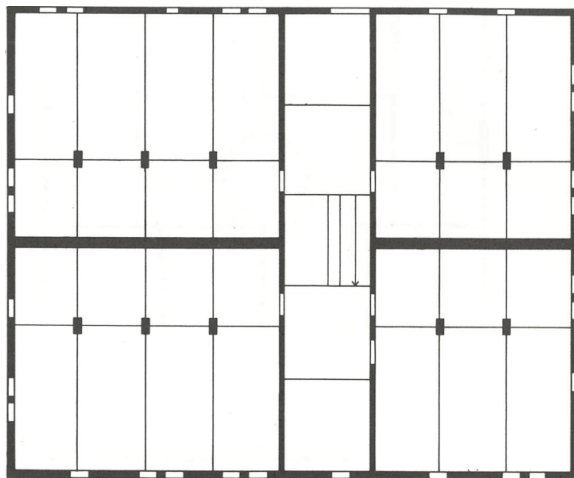
Det industrialiserade byggandet började utvecklas omkring 1950. Således förekom prefabricerade byggelement på byggen runt om i landet redan vid starten av rekordåren. Det var först i början av dessa som detta alternativ blev allt mer vanligt. De prefabricerade elementen användes både som fasad- och stomelement. Att bygga med murverk, som man tidigare hade gjort, ersattes nu med armerad betong. Detta nya sätt att bygga på var betydligt mindre personalkrävande och bidrog till att produktiviteten på byggarbetsplatserna ökade med mer än 30 procent (Reppen & Vidén, 2006).

Under 1900-talets mitt fanns det närmare ett 20-tal tillverkande företag av förtillverkade betongelement. En minskning av elementbyggandet skedde under början 1960-talet. Minskningen bidrog till att flera av de utvecklade byggsystemen slutade att produceras (Statens institut för byggnadsforskning, 1967). På mitten 60-talet byggdes det cirka 2500 lägenheter per år med prefabricerade stommar och början av 1967 uppskattades det ha byggts 9000 lägenheter med prefabricerade stomelement. I slutet av 60-talet tog produktionen fart igen och år 1970 uppskattades kapaciteten vid Sveriges elementfabriker vara uppemot 30 000 lägenheter (Hammarlund, 1970). Tack vare en effektiv användning av formutrustning, hantering av material och transporter kunde platsgjutna betongstommar konkurrera med prefabricerade stomelement (Vidén & Lundahl, 1992).

En viss variation mellan firmornas olika byggsystem förekommer. Nedan presenteras tre byggsystem som var vanligt förekommande under rekordåren.

3.2.1 Ohlsson & Skarne: System Skarne 66

Byggsystemet Skarne 66, började byggas 1966 och är uppbyggt av förtillverkade element. Systemet kännetecknas av dess flexibilitet. De bärande fasadelementen, tillsammans med bärande pelare, möjliggör att innerväggar kan placeras efter önskemål. Detta gav en bred variation på alternativa planlösningar (Statens institut för byggnadsforskning, 1967). Exempel på utförande visas i figur 7.

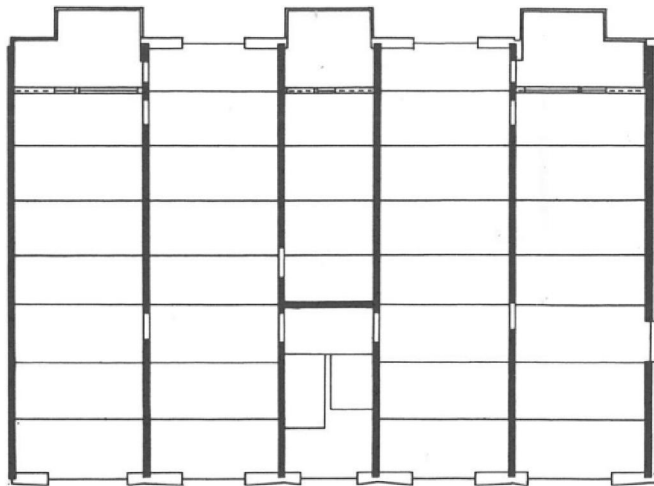


Figur 7. Planvy, bärande system. System Skarne 66 (Statens institut för byggnadsforskning, 1967).

Systemets bärande delar är betongpelare, fasadelement, lägenhetsskiljande väggar samt husets trapphusväggar. Fasadelementen är av typen sandwichelement, uppbyggda av betong med mellanliggande isolering. Innerväggar är byggda med träregelstomme och bjälklagsselement är av slakarmerad betong (Statens institut för byggnadsforskning, 1967). De prefabricerade byggnadselementen kunde produceras i olika längder. Fabrikernas formutrustningar möjliggjorde att storlekar kunde varieras på ett enkelt sätt. Hanterbarhet och vikt på elementet var avgörande faktorer med hänsyn till elementstorleken (Statens institut för byggnadsforskning, 1967).

3.2.2 Abetong: A-system

De bärande delarna i A-systemet, tillverkat av Abetong, är gavlar och tvärgående innerväggar av betong. Fasaderna är inte bärande. Systemet medför en mindre flexibel planlösning än systemet Skarne 66, då rumsutformningen är låst i husets längdriktning (Statens institut för byggnadsforskning, 1967). Exempel på utförande visas i figur 8.



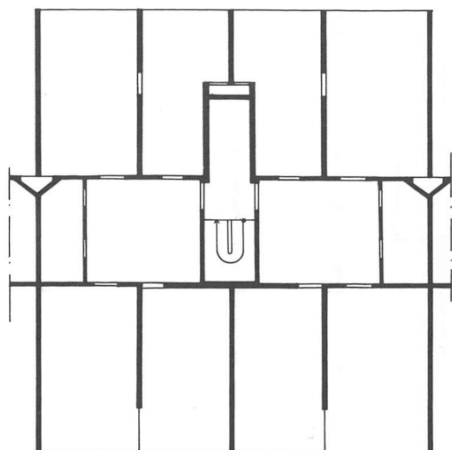
Figur 8. Planvy, bärande system. Abetong A-system (Statens institut för byggnadsforskning, 1967).

A-systemet har en icke bärande fasad. Systemet är ett så kallat öppet system vilket gör att det kan kombineras med element från andra fabrikanter. Detta medförde att en fri fasadutformning tilläts, även om A-betong förde produktion på förtillverkade sandwichelement av betong (Hammarlund, 1970). Bärande innerväggar där olika tjocklekar och längder på element förekommer (Statens institut för byggnadsforskning, 1967). Dessa prefabricerade väggelement tillverkades med bredderna 24 meter och 36 meter (Hammarlund, 1970). Bjälklagsselement som användes var av typen slakarmerade håldäck lagd i rutnät (Statens institut för byggnadsforskning, 1967). Bjälklagsplattorna har en bredd på 12 meter och en maximal spännvidd på 54 meter (Hammarlund, 1970). Liksom för Skarne 66 kunde formutrustningen i fabriken regleras för att producera element i olika storlekar (Statens institut för byggnadsforskning, 1967).

A-betongs A-system är således uppbyggt som en bokhyllstomme. I hus byggda med bokhyllstomme är det husets tvärgående väggar och gavlar som är de bärande elementen, där platsgjutna hiss och trapphus stabiliserar konstruktionen. Detta blev ett av de vanligaste alternativen vid val av stomme att använda under rekordåren (Dalenbäck m.fl., 2012).

3.2.3 Skanskas allbetong

Skanskas allbetong är ett byggsystem där, till skillnad från Skarne 66 och A-systemet, platsgjuten betong användes för väggar och bjälklag. Fasadelementen som användes var prefabricerade (Skanska, 1987). Husets bärande stomme utgörs av de tvärgående innerväggarna, lägenhetsskiljande väggar och husets gavlar. Därmed är Skanska allbetong system, likt A-systemet, byggt med en bokhyllstomme. Användandet av platsgjutna system möjliggjordes genom en effektiv hantering av formutrustning, material och transporter (Vidén & Lundahl, 1992). Exempel på utförande visas i figur 9.



Figur 9. Planvy, bärande system. Skanskas allbetong system (Statens institut för byggnadsforskning, 1967).

Tabell 1 visar en sammanställning över vilka delar som är bärande hos stomsystem från rekordåren.

Tabell 1. Tabell över egenskaper hos olika stomsystem (Statens institut för byggnadsforskning, 1967).

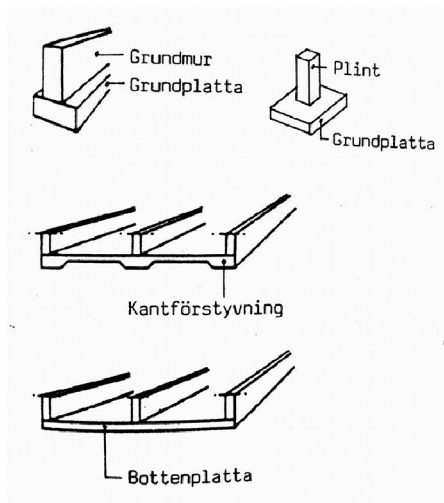
System	Fasader				Innerväggar			
	Längsida		Gavel		Lägenhetsskiljande		Rumsskiljande	
	Bärande	Ej bärande	Bärande	Ej bärande	Bärande	Ej bärande	Bärande	Ej bärande
A-system Byggelement AB		x	x		x		x	
BPA Byggproduktion AB		x	x		x			x
Göteborgs Byggelement AB		x	x		x		x ¹⁾	x ²⁾
Göteborgs Stads Bostads AB		x	x		x		x	
Göteborgsbostäder, Fastighets AB (Byggplats Tynered)		x	x		x		x	
Göteborgsbostäder, Fastighets AB (System Bygg-Tema)		x	x		x		x	
Haningebolaget AB		x	x		x		x	
Hälsingborgs Byggelement, AB		x	x		x		x	
Norrköpings Byggelement, AB		x	x		x		x	
Byggnadsfirman Ohlsson & Skarne AB, (System Skarne 66)	x		x		x			x
Byggnadsfirman Ohlsson & Skarne AB, (Tunga systemet)			x		x		x	
Skånska Cementgjuteriet, AB, Kalmar		x	x		x		x	
Skånska Cementgjuteriet, AB, Malmö		x	x		x		x	
Strängbetong, AB (System S)		x	x		x			x
Upplandsbetong (System DINA)		x	x		x			x

1) för närvarande

2) skall komma enl. tillverkaren

3.3 Grundläggning

Vilken typ av grundläggning som användes styrdes av de markförhållanden som rådde på den aktuella byggplatsen. Under miljonprogrammets år eftersträvade man en likartad grundläggning inom varje område. Detta innebar att marken i regel anpassades till den tänkta hustypen (Vidén & Lundahl, 1992). Ett vanligt tillvägagångssätt vid grundläggningsarbeten var att först avverka skog och vegetation. Därefter renskrapades berget från existerande jordlager. Schaktmaterialet som användes bestod ofta av de sprängrester som skapats vid bortsprängning av ojämnheter. På detta sätt skapades ett homogent område för bostadsbyggandet (Vidén & Lundahl, 1992). Uppskattningsvis utgörs 10 % av miljonprogrammets grundläggningsarbeten av kantförstyvad platta på mark (se figur 10). Omkring 30 % är av typen stöd- eller friktionspålar (Vidén & Lundahl, 1992).



Figur 10. Förklarande bild över byggnadsdelar vid grundläggning (Berg, 2008).

3.3.1 Grundläggning på berg

3.3.1.1 Betongmur på berg

Grundmurar av armerad betong går ända ner till berg. En typ av grundläggning som var möjlig då djupet ner till fast berg tillät detta. Denna grundläggning var vanlig vid byggnationen av tunga hus (Björk m.fl., 2013).

3.3.1.2 Hel platta på stenbädd

Denna grundläggning användes främst för lätta hus upp till tre våningar. En hel armerad och kantförstyvad bottenplatta av betong göts på en plan packad bädd av krossad sten. Stenmaterialet som användes var ofta restprodukter från sprängningen av berget vid den aktuella byggplatsen (Björk m.fl., 2013).

3.3.2 Grundläggning på fast- till halvfast mark

3.3.2.1 Betongmur på grundplatta/hel platta

Betongmurar går ner till armerade grundplattor av betong, alternativt ner till hel bottenplatta av armerad betong. Då betongmur går ner till hel platta förstyvades denna under yttermurar och bärande mellanväggar. Vanligtvis isolerades betongmurarna med gasbetong utvändigt. Bottenplattan göts flytande ovanpå en dränerande grusbädd (Björk m.fl., 2013).

3.3.3 Grundläggning på lös mark

3.3.3.1 Betongmur på hel platta

Bottenplattan göts ovanpå ett kapillärbrytande skikt av grus, vilken betongmurarna vilar på (Björk m.fl., 2013).

3.3.3.2 Betongmur på plintar och korta pålar

Vid grundläggning på områden med mycket lös mark stöds betongmuren av gjutna plintar som placerades på grundplattor i kontakt med berg. Denna metod kunde användas då djupet ner till fast botten var mindre än tre meter. Dock var detta en relativt dyr grundläggningsmetod (Björk m.fl., 2013). Med anledning av detta utvecklades andra grundläggningsmetoder för små djup. En av dessa var grundläggning med korta pålar (Berg, 2008). Efter att pålarna blivit nedslagna göts sedan pålhuvudena in i bottenplattans kantförstyvning (Björk m.fl., 2013).

4 Krav vid tillbyggnad av våningsplan

Tillbyggnad av våningsplan går enligt plan-och bygglagen under begreppet ändring. En ändring definieras i sin tur som en eller flera åtgärder som förändrar en byggnads konstruktion, funktion, användningssätt, utseende eller kulturhistoriska värde. Förutom tillbyggnad innefattas även ombyggnad i begreppet ändring (Boverket, 2017e). En ändring är tänkt att motsvara samma kravnivå som ställs vid nybyggnation. Emellertid kan anpassningar eller avsteg göras med avseende på ändringens omfattning, byggnadens förutsättningar, varsamhetskravet och förvanskningförbudet. Även utifrån tekniska och ekonomiska faktorer får anpassningar göras, men får inte medföra hälso-och säkerhetsrisker, vilket lämnar spelrummet för avsteg begränsat (Boverket, 2017e).

4.1 Brand

Brandskyddskrav vid våningspåbyggnad är att likställa med krav för nybyggnation. Dessa krav behandlas i avsnitt 5 i Boverkets byggregler, BBR, och avsnittet innehåller vidare regler om brandskydd och beskriver minimikraven på säkerhet i händelse av brand (Boverket, 2011).

I BBR 5:8 - Krav på brandskydd vid ändring av byggnader, går att urläsa att:

”Byggnader ska utformas med sådant brandskydd att brandsäkerheten blir tillfredsställande. Utformningen av brandskyddet ska förutsätta att brand kan uppkomma. Brandskyddet ska utformas med betryggande robusthet så att hela eller stora delar av brandskyddet inte slås ut av enskilda händelser eller påfrestningar. Byggnader ska vid ändring uppfylla de krav på brandskydd som anges i avsnitt 5:1–5:7. Kraven får dock tillgodoses på annat sätt än vad som anges där om motsvarande säkerhetsnivå ändå uppnås.”

Kravet på säkerhet i händelse av brand finns i PBL, Plan- och bygglagen, och gäller för alla byggnadsverk. BBR ger därmed enbart förtydliganden till en delmängd av de byggnadsverk som PBL ställer krav på (Boverket, 2017e). Kraven i PBL förtydligas i PBF, Plan- och byggförordningen, genom fem grundläggande krav, som berör utrymning, räddningsmanskapets säkerhet, skydd mot brandspridning inom och mellan byggnader samt bärförmågan vid brand (Boverket, 2011).

4.1.1 Utrymning

Enligt BBR avsnitt 5:3 ska byggnader utformas för att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand vilket ger som konsekvens att verksamhetsklasser och utformning av byggnaden bestämmer nivån av brandskydd. BBR beskriver vidare att brandskydd måste underhållas och att funktionen ska kontrolleras. Byggnaden ska dock inte garantera total säkerhet under alla omständigheter (Boverket, 2006b).

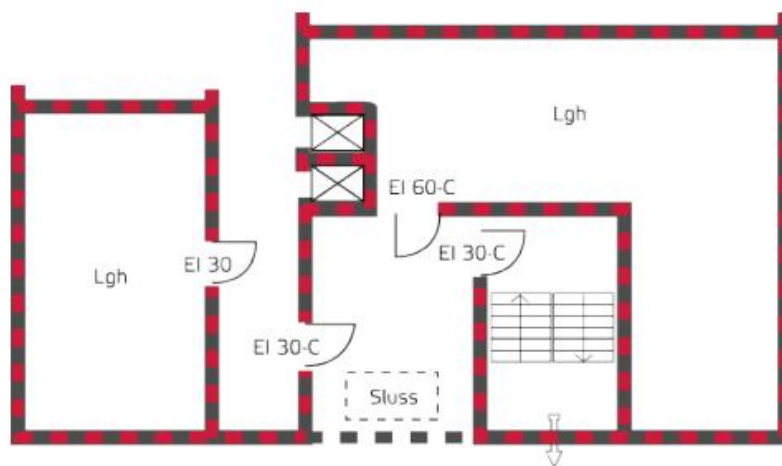
Utrymning ska kunna ske direkt till en säker plats i det fria, till exempel via brandstege, eller till en säker flyktplats inom en byggnad, till exempel en brandcell. Att utrymma direkt till säker plats är prefererat (Boverket, 2006b). Att en utrymningsväg ska vara säker och användningsbar ställer krav på framkomligheten i utrymningsvägen samt avståndet i och till dessa (Boverket, 2006b). Grundkravet är att

det ska finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar från lokaler där personer vistas mer än tillfälligt. Med oberoende menas att en av utrymningsvägarna ska kunna blockeras av brand utan att det hindrar de övriga från att användas (Boverket, 2011).

Det är vid projektering viktigt att ta hänsyn till att människor har olika möjligheter att försätta sig i säkerhet. Funktionsnedsatta personer kan få svårt att använda en utrymningsväg med trappor. Ett utrymme inom en brandcell i byggnaden kan utgöra skydd för de som har problem att utrymma via trappor, var personerna kan uppehålla sig tills hjälp anländer. Hiss kan vid specialutformning utgöra utrymningsväg och kan då användas av funktionsnedsatta personer (Boverket, 2006b).

4.1.2 Brandceller

Ett centralt begrepp är brandcell som är en del av en byggnad som är avskild genom till exempel väggar för att en brand inte kan sprida sig utanför brandcellen under en bestämd tid (Boverket, 2017b). Figur 11 visar exempel på hur brandceller kan utformas i trapphus.



Figur 11. Exempel på brandceller i trapphus (Boverket, 2018).

Tabell 2. Regler i BBR för brandcellsskiljande byggnadsdelar i byggnad klass Br1

Byggnadsdel	Brandteknisk klass vid brandbelastning f (MJ/m ²)		
	f ≤ 800	f ≤ 1 600	f > 1 600
Avskiljande konstruktion i allmänhet, och bjälklag över källare	EI 60	EI 120(EI 60*)	EI 240 (EI 120*)

* För byggnader som skyddas med automatisk vattensprinkleranläggning. (BFS 2013:14).

Bostadshus med tre våningar eller fler är i klass Br1, vilket innebär att brand- och brandgasspridning ska begränsas mellan brandceller med avskiljande konstruktion (Boverket, 2011). I tabell 2 visas hur brandklassningskrav för brandceller beror av brandbelastningen. Att en avskiljande konstruktion klassas som EI60 innebär att den ska stå emot rök och värme i 60 minuter.

4.2 Ljud

I Avsnitt 7:4 i BBR beskrivs krav på bullerskydd vid ändring av byggnader.

”7:41 Ljudförhållanden

Byggnader, deras installationer och hissar ska utformas så att uppkomst och spridning av störande ljud begränsas så att olägenheter för människors hälsa därmed kan undvikas. Regler om ändring av byggnader finns också i avsnitt 1:22. (BFS 2013:14). ”

Vidare rekommenderas byggnadsakustiks genomgång av byggnaden innan ändringsåtgärd utförs för att uppnå goda ljudförhållanden. Förslagsvis med boendekäter och olika bullerutredningar. Eftersträvningvärt är att möta samma krav på ljudnivå och ljudisolering vilken gäller vid uppförande av nya byggnader, enligt avsnitt 7:2 i BBR. Installationer och hissar i bostadsbyggnader ska utformas på så vis att ljud från dessa dämpas (Boverket, 2017c).

4.2.1 Ljudklasser

För bostäder finns tre stycken ljudklasser, A, B och D. Dessa behandlas i den svenska standarden SS25267. Ljudklass C finns inte, utan ska motsvara de allmänna råden i BBR (Boverket, 2017d). I avsnitt 4 i standarden förklaras ljudklasserna:

Ljudklass A: Ljudklassen motsvarar mycket goda ljudförhållanden.

Ljudklass B: Ljudklassen motsvarar tydligt bättre ljudförhållanden än kraven föreskrivna i allmänna råden i BBR. Berörda personer kan ändå i vissa fall vara störda. Denna ljudklass är minimikrav om god boendemiljö efterfrågas.

Ljudklass D: Ljudklassen motsvarar ljudförhållanden som kan förekomma i stenhus från sekelskiftet.

Mellan två ljudklasser höjs kraven på luftljudsisolering och stegljudsisolering med 4 dB, enligt tabell 3 och tabell 4:

Tabell 3. Luftljudsisolering (Boverket, 2017d).

Utrymme	Klass A dB	Klass B dB	Klass C dB	Klass D dB
Mellan lägenhet och utrymmen utanför lägenhet	$R'_w + C_{50-5000} \geq 60$	$R'_w + C_{50-5000} \geq 56$	$R'_w \geq 52^{1)}$	$R'_w \geq 48$
Mellan loftgång och lägenhet samt mellan trapphus/korridor och utrymme innanför tamburdörr	$R'_w + C_{50-5000} \geq 48$	$R'_w + C_{50-5000} \geq 44$	$R'_w \geq 39$	$R'_w \geq 36$
Inom lägenhet med fler än två rum. Mellan minst ett rum och bostadens övriga rum/kök.	$R'_w + C_{50-5000} \geq 44$	$R'_w + C_{50-5000} \geq 40$	–	–

Tabell 4. Stegljudsisolering (Boverket, 2017d).

Utrymme	Klass A dB	Klass B dB	Klass C dB	Klass D dB
I bostadsrum från trapphus, korridor eller loftgång	$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} \leq 56$	$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} \leq 60$	$L'_{n,w} \leq 64$	$L'_{n,w} \leq 68$
I bostadsrum från annat utrymme utanför lägenhet	$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} \leq 50$	$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} \leq 54$	$L'_{n,w} \leq 58^{1)}$	$L'_{n,w} \leq 62$
Inom lägenhet. Till ett av flera bostadsrum.	$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} \leq 64$	$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} \leq 68$	–	–

4.2.2 Bjälklag

I bjälklag är stegljudsnivån mest problematisk även om både luftljudsisolering och stegljudsnivån är dimensionerande. Vid låga frekvenser avgörs bjälklagets akustiska egenskaper nästan helt av tyngden och styvheten i konstruktionen vilket gör att dessa frekvenser är mer svåråtgärdade (Akustikmiljö, 2017). För tunga stomsystem med korta spännvidder begränsas ljudisoleringen av ljudspridning via stommen, flanktransmission. Tungt bjälklag kan vid tjocklek över 200 mm beläggas med golvbeläggning för att möta ljudklass C (Åkerlöf, 2001).

4.2.3 Väggar

Det är luftljudsisoleringen som är dimensionerande för väggar men kraven är beroende av användningsområdet för väggen. I väggar har man problematik i

Ljudläckage, då genomföringar och liknande skapar vägar för ljudet att ta sig genom konstruktionen. Vanlig åtgärd är att överdimensionera väggens akustiska krav för att på så sätt ta höjd för läckage (Akustikmiljö, 2017). Luftljudsisoleringen ju tyngre än vägg är. I bärande tunga väggar gäller samma luftljudsisoleringsprincip som för tunga bjälklag, det vill säga att luftljudsisoleringen begränsas av flanktransmissioner (Åkerlöf, 2001).

4.2.4 Ljud i planprocess

I detaljplanen regleras ljudkraven vilka måste matchas i bygglovshandlingarna. Dessa krav tas fram bland annat utifrån bullerutredningar från bullerkällorna i byggnadens områden. I det fall det finns anledning specificeras regleringar om placeringar, utformning av planlösningar och olika skyddsåtgärder mot buller i detaljplanen (Boverket, 2017c). Det är av stor vikt att ljudkraven möts, framförallt för fastighetsägaren. Om mätningar vid ett tillsynsärende visar att kravbilderna inte möts faller ansvaret på fastighetsägaren att åtgärda problematiken, vilket vid färdigställd byggnation är högst oekonomiskt (Boverket, 2017c).

4.3 Tillgänglighet

De krav som ställs på tillgänglighet går att finna i kapitel 3 i BBR, Boverkets byggregler. När ”tillgänglighet” och ”användbarhet” används i detta kapitel menas ”tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga.” (Boverket, 2017d).

4.3.1 Hiss

De nybyggnadskrav som gäller angående hiss för flerfamiljshus anger att minst en hiss ska rymma en rullstolsburen person och en medhjälpare. Samma hiss ska även vara anpassad på ett sådant sätt att personer med nedsatt rörelse eller orienteringsförmåga självständigt ska kunna använda hissen. I ett bostadshus med fler än fyra våningar ska transport med sjukbår vara möjlig. I bostadshus med fler än tio våningsplan ska ytterligare minst en personhiss finnas (Boverket, 2017d). Vid en omfattande ändring av flerfamiljshus över två våningar, som saknar hiss, ska en hiss installeras. Omfattande ingrepp i byggnadens stomme faller under definitionen omfattande ändring enligt BBR. Ett våningsplan definieras i BBR som en våning där minst en bostad, eller huvuddelen av en bostad, förekommer.

I kapitel 3:2 i BBR går att läsa hur bostadens utformning beror av dess storlek och om den är avsedd för att vara en studentbostad. Dessa faktorer kan påverka behovet av att installera hiss upp till de nya våningsplanen. Om synnerliga skäl föreligger får avsteg från nämnda krav vid ändring av byggnad göras. Tänkbara synnerliga skäl kan enligt BBR vara följande:

- *”det inte går att åstadkomma tillräckligt utrymme för såväl hiss som säker utrymning via trappa samt plats förbårtransport i trappan om hissen inte rymmer en sjukbår,”*
- *”en hissinstallation i sig skulle medför omfattande ingrepp i byggnadens stomme, utöver de ingrepp som behövs för själva hissinstallationen”* (Boverket, 2017d)

4.4 Energikrav

Sveriges riksdag har fastslagit att energianvändningen i bostäder och lokaler bör minska med 20 procent respektive 50 procent till år 2020 respektive 2050, jämfört med energianvändningen år 1995 (Bostadsutskottet, 2006). I en rapport utförd av Boverket framgår att byggnadsbeståndet fram till och med 1980 stod för 78 procent av energianvändningen (Energimyndigheten & Boverket, 2013). Att genomföra en påbyggnad av våningsplan på ett flerbostadshus från miljonprogramsåren bidrar med en, utslaget på hela flerbostadshuset, effektivare energianvändning och är därmed ett steg i rätt riktning för att nå regeringens miljömål. Bostäder vid nybyggnation ska enligt BBR vara utformade på ett sådant sätt att tabellerade värden redovisade i tabell 5 inte överskrids för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden.

Tabell 5. Högsta tillåtna värden för hus, flerbostadshus och lokaler (Boverket, 2017d).

	Energiprestanda uttryckt som primärenergital (EP_{pet}) [$\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år]	Installerad eleffekt för uppvärmning (kW)	Genomsnittlig värmeledningskoefficient (U_m) [$\text{W/m}^2 \text{K}$]	Klimatskärmens genomsnittliga luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad ($l/s \text{m}^2$)
Bostäder				
Småhus	90	$4,5 + 1,7 \times (F_{\text{geo}} - 1)^{1,1)}$	0,40	Enligt avsnitt 9:26
Småhus där A_{temp} är mindre än 50 m^2	Inget krav	Inget krav	0,33	0,6
Flerbostadshus	$85^{4)}$	$4,5 + 1,7 \times (F_{\text{geo}} - 1)^{1,5)}$	0,40	Enligt avsnitt 9:26
Lokaler				
Lokaler	$80^{2)}$	$4,5 + 1,7 \times (F_{\text{geo}} - 1)^{1,3)}$	0,60	Enligt avsnitt 9:26
Lokal där A_{temp} är mindre än 50 m^2	Inget krav	Inget krav	0,33	0,6

Vid framtagning av primärenergitalet används tabellerade faktorer redovisade i BBR som varierar beroende av bostadens geografiska läge samt typ av energibärare. Om så kallade särskilda förhållande råder kan ett högre värde för primärenergitalet och en högre eleffekt godkännas. Eventuellt tillägg för primärenergital samt eleffekt för uppvärmning gällande flerbostadshus beror bland annat av byggnadens A_{temp} , den golvarea som är avsedd att värmas till mer än $10 \text{ }^\circ\text{C}$ (Boverket, 2017d).

5 Stomtyper vid våningspåbyggnad

Det finns en mängd olika byggsystem som lämpar sig för våningspåbyggnader. Nedan beskrivs tre av dessa byggsätt - massivträ, platsgjuten betong och moduler.

5.1 Platsgjuten betong

Att platsgjuta en betongstomme innebär att byggnadselement byggs på arbetsplatsen. Formar byggs, armeras och fylls med betong som får härda. Betongen kommer levererad med lastbil och pumpas med slang eller lyfts upp med kran i en betongbasker. Att formen byggs på plats ger stor flexibilitet och utrymme för ändringar (Svensk Betong, 2017). För våningspåbyggnad kan platsgjutna väggar vara fördelaktiga. Äldre hus, så som från rekordåren, avviker inte sällan från ritningar och väggar kan bågna vilket ger anpassbarheten i det platsgjutna systemet en fördel (Svensk Betong, 2017).

5.1.1 Montage

5.1.1.1 Bjälklag

5.1.1.1.1 Traditionell form

I en traditionell formsättning används stämp, bockryggar, regler och formplywood för att bilda formen i vilken betongen fylls med. Formen är mycket flexibel och materialkostnaden blir låg, men med högre enhetstider som nackdel (Svensk Betong, 2017).

5.1.1.1.2 Formbord

Formborden monteras av understöd, bockryggar, ströreglar, plywood, avstängare och skyddsräcken till kompletta flak upp till ca 35 m². Formbord ger kort byggtid på grund av låga enhetstider (Svensk Betong, 2017).

5.1.1.1.3 Plattbärlag

Plattbärlag är ett betongelement som armeras och gjuts på fabrik som används som en kvarsittande form. Bjälklagets underkantsarmering gjuts in i plattbärlaget vid tillverkningen på fabrik. Plattbärlagen är således en kombinerad prefabricerad och platsgjuten metod (Svensk Betong, 2017).

5.1.2 Väggar

5.1.2.1 Vaggform

Traditionell vaggform byggs upp med formplywood och träreglar. Formtypen har god flexibilitet, men formsättningen är ovanlig i större projekt idag. Istället används färdiga vaggformar som lyfts på plats och justeras, vilket ger kortare enhetstid. Dessa rationella vaggformar för bostäder kan monteras för hand. När betongen har härdats monteras formen ner och flyttas till nästa enhet som ska gutas. Det gör att man kan riva vaggformar, montera dem på nytt, armera och gjuta nya väggar i cykler (Svensk Betong, 2017).

5.1.2.2 Skalvägg

En skalvägg, likt plattbärlag, är färdigarterade betongväggelement, gjutna på fabrik. Dessa lyfts på plats med kran som sedan armeringskompletteras i skarvar och hörn och fylls sedan med betong (Svensk Betong, 2017).

5.1.3 Installationer

Installationer gjuts med fördel in i bjälklag och väggar. I skalväggar kan installationer så som eldosor och rör för kablage monteras redan i fabrik. Ingjutna installationer är fördelaktigt ur brand och ljudaspekter men kan försvåra underhåll (Sandgren, 2008).

5.1.4 Fukt

Betong som material är säkert ur fuktsynpunkt. Dock kan andra material i anslutning till betongen få skador om betongen inte får torka ut ordentligt. Därför är det av vikt att betongen får nå en fukthalt där man kan utesluta skador på ytskikt. Torktid varierar och beror bland annat av tjocklek på gjutna element, efterbehandling och torkklimat (Svensk Betong, 2017).

5.1.5 Kvarboende

Det platsgjutna systemet ger fler arbetstimmar på byggarbetsplatsen kontra halv och helprefabricerade lösningar. Mer arbetstid på byggplatsen, behov av upplag och fler transporter ger större påverkan och störningar för de kvarboende i huset (Lidgren & Widerberg, 2010)

5.2 Massivträ

Stomsystem i massivträ är byggsystem där väggar och bjälklag främst består av massiva träskivor som sammanfogats i lager. I en KL-skiva, korslimmad skiva, limmas träskivorna med fiberriktningen korsande (Träguiden, 2003a). Stommar med planelement av massivträ levereras som skivor eller direkt färdigställda bjälklag och väggelement. Ofta används våningshöga element av KL-skivor som massivträväggar där väggarna kan fungera bärande och stabiliserande. Bjälklagen läggs då på väggarna, vilket även är fördelaktigt ur akustisk och statisk synpunkt (Martinssons Trä AB, 2006).

5.2.1 Montage

Att elementen är förhållandevis lätta och transporterbara är systemets fördel. Montage görs med kran och element stabiliseras tillfälligt med stag innan stommen är komplett och förankrad. Monteras bjälklag på väggar ges provisoriskt väderskydd (Träguiden, 2003a).

5.2.2 Installationer

Installationer som kräver horisontella kanaldragningar i bjälklag kan göras i nedpendlat undertak. Undertaket krävs även för de akustiska kraven och av samma anledning bör ventilationskanaler inte monteras i bjälklagselementets undersida, utan behöver vila på undertaket. Vattenrör placeras i schakt och vidare utanpåliggande på elementen medans rör för el kan spåras in i elementen om ytskikt ska monteras senare (Träguiden, 2003a).

5.2.3 Fukt

Trä som organiskt material är fuktkänsligt och bör ej utsättas för väta. Vid fuktpåverkan av elementet måste de få torka ut innan beklädnad monteras. Avfuktning sker i regel med en avfuktare där man med fördel avfuktar våningsplan utefter färdigställande av stomme. Om materialet inte får torka tillräckligt föreligger risk för mögelpåväxt, vilket är problematiskt och behöver saneras för att byggnaden ska kunna bebos. Särskilt utsatt är ändträet hos massivträelementen och dessa bör skyddas mot väta (Träguiden, 2003a).

5.2.4 Kvarboende

Prefabricerade byggmetoder ger färre arbetstimmar på arbetsplatsen kontra platsbyggda lösningar (Lidgren & Widerberg, 2010). Mindre arbetstid på byggplatsen, behov av upplag och färre transporter ger mindre påverkan och störningar för de kvarboende (Lidgren & Widerberg, 2010).

5.3 Volymelement

Volymelement är färdiga moduler som byggs i fabrik. Ingående element monteras ihop till en modul, som inreds och sedan monteras installationer. En bostadsmodul är i regel av skolådeformad typ, bestående av tak- och golvbjälklag samt väggar. De produceras och utformas helt eller delvis färdigställda (Svenskt trä, 2012).

5.3.1 Montage

Elementen transporteras till byggarbetsplatsen i stort färdigställda. Under tillverkningstiden färdigställs grundarbetet med till exempel förstärkningar av vindsbjälklag och framdragning av installationer för att modulerna ska kunna lyftas av transportmedlet direkt på huskroppen. Man vill minimera risker för skador genom att lyfta moduler så få gånger som möjligt (Träguiden, 2003b). Detta gör byggarbetsplatsen mer till en uppbyggnadsplats eller montageplats, vilket kortar ner tiden på plats (Svenskt trä, 2012). Modulerna ställs ovanpå varandra för att bilda våningsplan, med inverkan av modulernas egentyngd och att de låses med spikbleck gör att modulerna stabiliseras (Elfström & Singh, 2013).

Enligt en rapport utgiven av Boverket kan byggandet med volymelement medföra en högre bygghöjd jämfört med andra alternativ. Detta på grund av ett större mått på de dubbla bjälklag jämfört med normalt mått (Boverket, 2006a).

5.3.2 Installationer

Då elementen anländer kompletta till uppbyggnadsplatsen sker endast anslutningar av de befintliga installationerna med modulerna, samt mellan modulerna på uppbyggnadsplatsen (Träguiden, 2003b).

5.3.3 Fukt

Att prefabricera moduler i kontrollerat klimat i fabrik är klart gynnsamt för att säkerhetsställa en fuktsäker byggnadskomponent. Det är transporten och montaget som innebär en risk ur fuktsynpunkt. Därför är det eftersträvningvärt att projektera montaget för att kunna färdigställa en sektion med tak under samma arbetsdag. Alternativt skyddas elementen genom att det emballeras för att klara regn (Träguiden, 2003b).

5.3.4 Kvarboende

Eftersom den effektiva tiden på uppbyggnadsplatsen blir mindre påverkas de boende i huset mindre än med andra lösningar. Dessutom blir behovet för upplag för material och etablering mindre vilket minskar störningar för de boende (Lidgren & Widerberg, 2010).

6 Våningspåbyggnads påverkan på befintlig stomme

Husets konstruktionsmässiga förutsättningar är avgörande för hur en våningspåbyggnad dels är möjlig och i förlängningen hur den ska utformas. En noggrann inventering av bland annat grundläggningen, stommen och takbjälklaget är nödvändig för att säkerhetsställa att byggnaden klarar tänkta tillbyggnad.

6.1 Grund

Grundläggningar till byggnader från miljonprogrammet med betongstomme klarar oftast av en lätt påbyggnad, särskilt om stommen är tung (Lidgren & Widerberg, 2010). Grundläggningar mot berg lämpar sig väl medans till exempel kohesionspålad grundläggning skulle kunna innebära viss problematik. Om kontroll visar att grunden inte har tillräcklig kapacitet krävs förstärkning. För att förstärka grundens bärförmåga kan nya pålar slås ner i marken och förankras i befintlig grundläggning hos huset. Man kan också förstärka grunden genom att bredda densamma för att få effektivare lastspridning. Båda nämnda åtgärder kan göras från in- och utsidan av huset (Berg, 2008). Att förstärka grunden kan bli kostsamt och huruvida behov för förstärkning föreligger är en av det mest kritiska delarna att beakta när ett påbyggnadsprojekt initieras. Vid behov av förstärkning kan påbyggnaden bli olönsam och projektet riskeras. Begränsad kapacitet i grundläggning ger att lasten från påbyggnaden också måste begränsas vilket bäst mötes med en våningspåbyggnad i lättviktsutförande (Lidgren & Widerberg, 2010).

6.2 Takbjälklag

Vid tillräcklig kapacitet i befintligt takbjälklag kan det med fördel utgöra grunden för påbyggnationen. Vid undermålig kapacitet behöver bjälklaget förstärkas. Detta kan göras via en pågjutning, via omfördelning av last med balkar eller med att bjälklaget rivs och ett nytt byggs med högre kapacitet (Lidgren & Widerberg, 2010). Platta eller låglutande tak har fördelen att de förberedande arbeten så som rivning är minskar i jämförelse med till exempel traditionella sadeltak (Ahnström, 2004).

6.3 Stomme

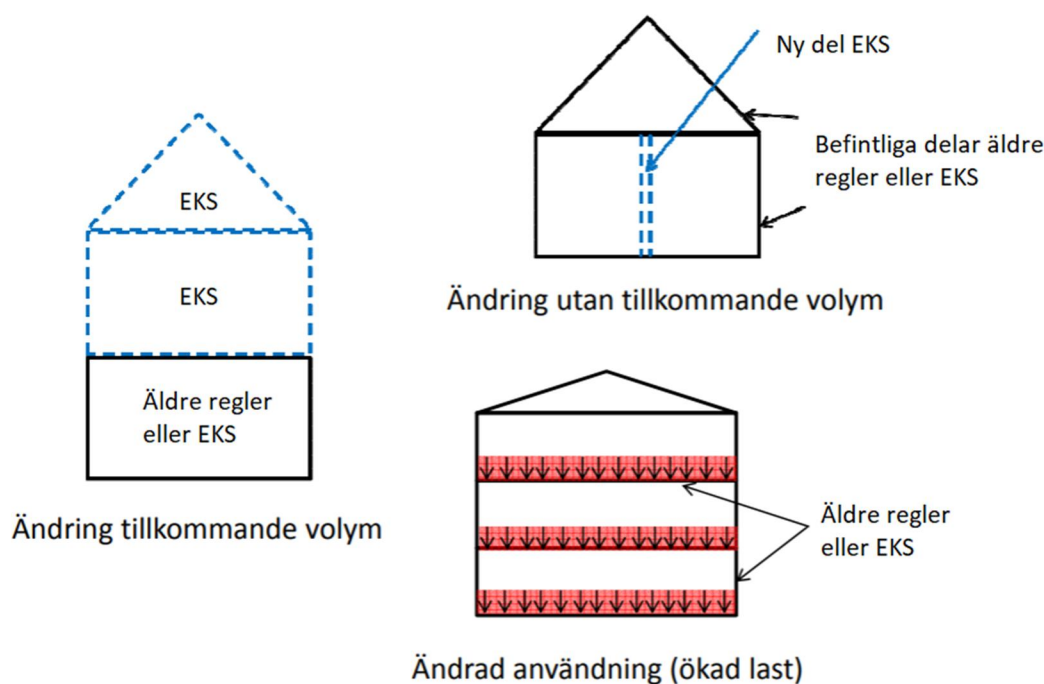
Att noggrant utreda stommens kapacitet och att den klarar ytterligare laster från tänkt våningspåbyggnad är av stor vikt. Centralt är även att bestämma hur lasterna från våningspåbyggnaden ska överföras till befintligt bärande system (Lidgren & Larsson, 2012). Vid tung stomme finns ofta viss överkapacitet i bärande väggar. Om man dessutom river ett tungt betongplan kan detta ersättas med upp till tre lätta våningar. Vanligen används balkar för att fördela lasterna från det nya våningarna till det befintligt bärande väggarna (Lidgren & Widerberg, 2010).

7 Beräkningsteori

7.1 Eurokoder och normer

Kontroller är utförda i enighet med gällande Eurokoder. Eurokoder är dimensioneringsregler och standarder för bärverk inom EU. EKS, Boverkets konstruktionsregler, är en samling föreskrifter där nationella val redovisas och tillämpas med Eurokoderna. EKS anger således hur Eurokoderna ska tillämpas i Sverige.

Vid ändring av en byggnad gäller dagens regelverk på de nya, tillkommande delarna. Befintliga delar omfattas av äldre regler och bestämmelser (se figur 12).



Figur 12. Illustration över vilka regler som gäller vid ändring av byggnad (Boverket, 2017f).

7.2 Lastnedräkning

Lasterna från byggnaden får reduceras för våningsplan vid två våningar eller fler i samma byggnadskategori över betraktad konstruktionsdel. Denna reduktion har dock inte tillämpats i lastnedräkningen. Vid lastnedräkning får man även reducera lasten med hänsyn till stor area. Detta eftersom sannolikhet för hög lastintensitet per kvadratmeter minskar med ökande area. I tillämpningen har reduktion för area bortsetts ifrån då bedömning görs att betraktad area är liten.

7.3 Bärande betongväggar

Bärande betongväggar modelleras som oarmerade tvärsnitt, dels kontrolleras kapacitet i tryck och för knäckning med två olika dimensioneringsmetoder enligt Eurokoden. Den mest belastade väggen urskiljes, vilken utsätts för vertikala laster i form av snölast, nyttiga laster och egentyngder från byggnaden. Kapacitet och laster redovisas i newton.

7.4 Bjälklag

Bjälklagen har i samråd med handledare inte ansetts vara kritiska ur en bärförmågesynpunkt i skedet. Därvid utgår kontroll av dessa.

7.5 Grundkonstruktioner

Kontroll av grundkonstruktionen utförs genom att den mest belastade sektionen av grundsulan utreds. Grundsulan belastas av vertikala laster och kapaciteten bestäms utav undergrundens förutsättningar eller av momentkapaciteten i underkantsarmeringen. Beräkningar av erforderliga armeringsmängder utförs i beräkningsprogrammet StruSofts Foundations (StruSoft, 2018). Grundkonstruktioner räknas i SK2, säkerhetsklass 2. Detta tillåter reduktion av lasterna med en reduktionsfaktor. Faktorn har tillämpats i beräkningar.

7.6 Stjälpling

Referenshuset kontrolleras för stjälpling. Vid stjälpling kontrolleras att det mothållande momentet som byggnadens egentyngd skapar är större än de stjälpande momenten som de horisontella vindlasterna skapar. Beräkningen utgår ifrån fiktiv påbyggnad av två våningar med låglutande takkonstruktion.

8 Referenshuset

8.1 Förutsättningar

8.1.1 Området

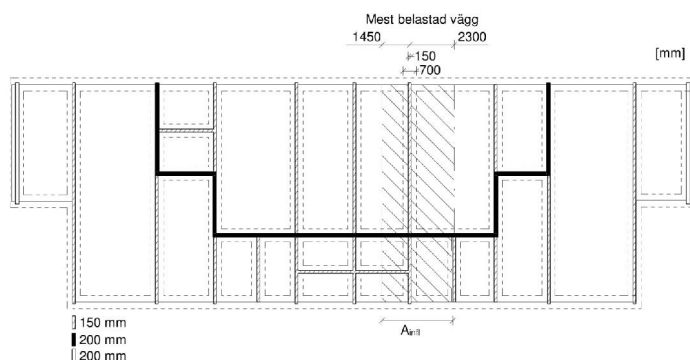
Björndammen är ett bostadsområde beläget i Partille, en kranskommun öster om Göteborg. Området byggdes i början av 70-talet och består av 75 stycken lamellhus. De friliggande husen är placerade i vinkel mot varandra i grupper om fyra vilket skapar kvadratiska innergårdar (se figur 13). En viss variation av husens dimensioner förekommer då antalet trapphus per bostadshus varierar mellan två och tre stycken.



Figur 13. Referenshus inringat, Domarevägen 7-9. Norr om huset går Nämndemansvägen. Landvettervägen sträcker sig söder om området (Google, 2017).

8.1.2 Huset

Flerbostadshusen i området stämmer väl överens med de kriterier som gäller för ett typhus byggt under rekordåren. Därmed lämpade det sig väl att välja ett av dessa hus som referenshus för arbetets tillämpningsdel. Huset är ett trevåningslamellhus, utan hiss, vilket var den vanligaste byggda hustypen under denna tidsperiod. Byggnaden inrymmer två trapphus, vilka betjänar vardera två lägenheter per våningsplan. Huset har ett uppstolpat låglutande sadeltak av trä med betongpannor. Källarplanet inhyser förrådsutrymmen, elcentral och skyddsrum (se figur 14).



Figur 14. Planvy bottenplatta, referenshus.

8.1.3 Stomme

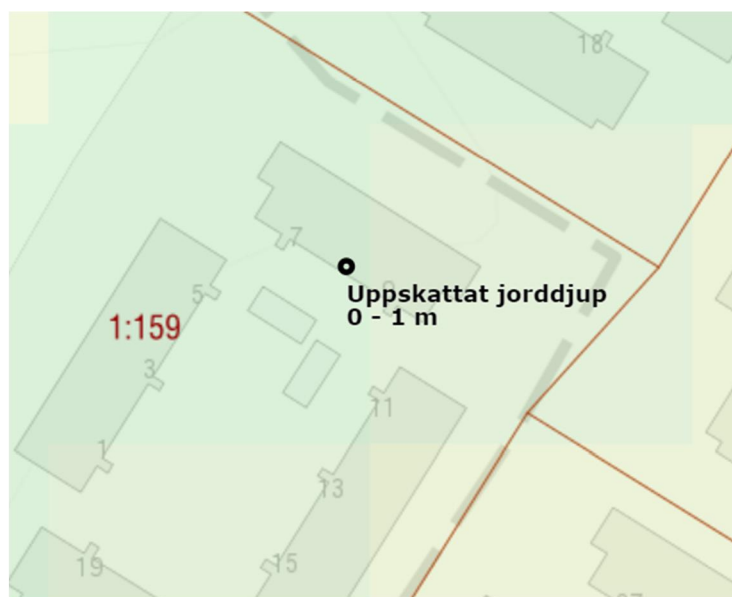
Den bärande stommen utgörs av en platsgjuten bokhüllestomme. Huset tvärgående väggar samt gavlar är de bärande delarna. Fasaden är icke bärande. De tvärgående innerväggarna är 150 mm tjocka K25 betongväggar. Gavlarna är 200 mm K25 betong klädd med skalväggar av tegel som putsats. Källarplanets skyddsrum omsluts av 200 mm tjocka betongväggar. Entréplanets bjälklag är 280 mm, vindsbjälklaget 140 mm och övriga våningsbjälklag 160 mm tjocka. Bjälklagen är platsgjutna med K25 betong vilket motsvarar dagens benämning C20/25.

8.1.4 Geoteknik

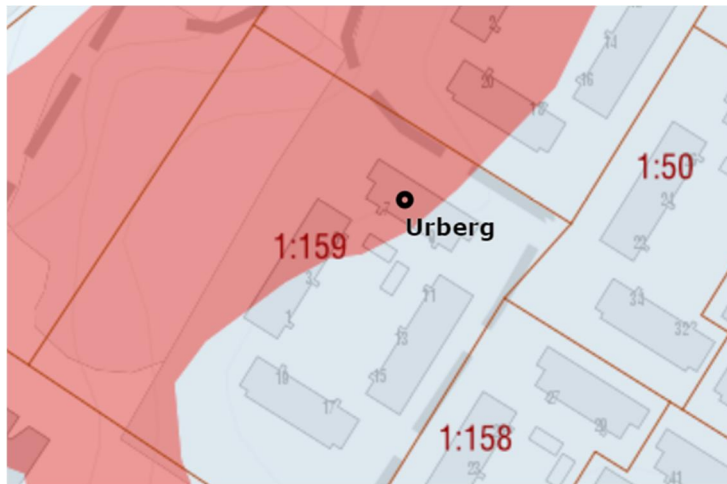
Ur den geotekniska undersökningen som gjordes i projekteringskedet vid uppförandet av byggnaden har det fastställts att det förmodat är berg vid sonderinghålets botten. Figur 15 och figur 16 från SGU:s Geokartan visar att det vid referenshuset återfinns ett jorddjup som uppskattas till 0–1 m och att det under detta återfinns urberg samt packad sandig morän. Utifrån dessa fakta görs beräkningar med antagandet att referenshuset är grundlagt på en grund stenbädd ovanpå berg.

8.1.5 Grundläggning

Grundläggningstypen är en hel platta på stenbädd. Under miljonprogrammet var ett vanligt tillvägagångssätt att jämna ut området där byggnader skulle uppföras. Berg sprängdes bort och sprängstenen användes som utjämningsbädd. Ett tillvägagångssätt som sannolikt användes i Björndammen.



Figur 15. Jorddjup under referenshuset (Sveriges geologiska undersökning, 2017).



Figur 16. Berggrund under referenshuset (Sveriges geologiska undersökning, 2017).

8.2 Påbyggnadskrav

8.2.1 Brand

8.2.1.1 Utrymning

Grundkravet från BBR är att det ska finnas tillgång till två utrymningsvägar. Utrymning från fönster med hjälp av räddningstjänst får enligt BBR räknas som en av dessa två utrymningsvägar för byggnader av referenshusets art. Detta under förutsättningar att max 15 personer utrymmer denna väg, att räddningstjänsten har snabb insatstid och förmåga samt att fönsteröppningens underkant ligger högst 23 meter över marknivå. Gångavstånd till närmaste utrymningsväg eller till annan brandcell bör inte överstiga 45 meter enligt BBR 5:331, och vägen ska mätas för det mest ogynnsamma fallet.

Förutsättningar och krav bedöms uppfyllas givet närhet till brandstation, klarad höjd över marknivå samt geometriska förutsättningar hos huskroppen.

8.2.1.2 Brandceller

Lägenheterna i våningspåbyggnaden bör utformas som egna brandceller samt att trapphus och hiss utgör en brandcell där brand och brandgasspridning begränsas med avskiljande konstruktion i lägst EI60 (Boverket, 2011).

8.2.2 Ljud

Huset ligger med avstånd från trafik och är skonat från trafikbuller. Att utforma påbyggnad med tillräckliga akustiska luftljudskrav anses vara oproblematiskt. Sannolikt är stegljudproblematiken större. Befintligt vindsbjälklaget är 140 mm enligt A-ritningar. Om bjälklaget antas bära en våningspåbyggnad skulle tunnheten kunna innebära stegljudsproblematik med dagens ljudkrav. En åtgärd kan tänkas vara att välja en golvbeläggning med dämpande akustiska egenskaper. Denna åtgärd ger goda resultat vid problematik med höga frekvenser medans lågfrekvens problematik

snarare styrs av vikt och styvhet i bjälklaget. Höga frekvenser åtgärdas oftast genom val av golvbeläggning och har nästan ingen inverkan vid låga frekvenser.

8.2.3 Tillgänglighet

En påbyggnad av ett eller flera våningsplan på valt referenshus förutsätter att en hiss installeras då åtgärden klassas som en omfattande ändring på ett flerfamiljshus över två våningar utan hiss. Med största sannolikhet är både den mest fördelaktiga lösningen att utföra en tillbyggnad i anslutning till entrédörren på entréplanet, på den plats där soprummet i dagsläget är beläget, då den befintliga utformningen av trapphuset inte tillåter en hissinstallation. Trapphusets fasad öppnas upp mot hisschakt och på så sätt ges tillgång med hiss till varje våningsplan. Denna typ av hisslösning kräver således ett betydligt mindre ingrepp i befintlig stomkonstruktion än alternativet att placera ett hisschakt i det befintliga trapphuset.

8.3 Kontroll av bärförmåga

I följande avsnitt redovisas dimensionerande laster, lastkapacitet och nyttjandegrad för det utvalda byggnadsdelar från valt referenshus. Avsnittets sista del redovisar en ny lastnedräkning med den teoretiska våningspåbyggnaden. Även en kontroll för stjälpning utförs.

8.3.1 Befintlig byggnad

Kontroll av vägg och grundsula har utgått ifrån den vägg i byggnaden som i samråd med handledare ansetts vara mest belastad, detta då influensarean från ovanliggande bjälklag är störst för utpekad vägg (se figur 14). Väggen med underliggande grundsula (se figur 17) ligger i källarplan och mer till mitten av huskroppen (se figur 14). När väggen eller grundsulan omnämns i arbetet är det således dessa mest belastade vilka refereras till.

8.3.2 Kapacitet i vägg

I rent tryck beräknas en kapacitet hos väggen till 1800 kN. Två räknemetoder för knäckfall har utretts, dels en förenklad räknemetod samt mer detaljerad metod enligt SS-EN 1992-1-1:2005, ekvation 12.2. Förenklade metoden ger en lägre kapacitet på 733,8 kN och den mer detaljerade metoden ger en kapacitet på 1170 kN (se tabell 6). Den högre kapaciteten anses vara verklig kapacitet för knäckning hos väggen då denna beräkningsmetod är mer noggrann. Se bilaga 1 för beräkningsgång.

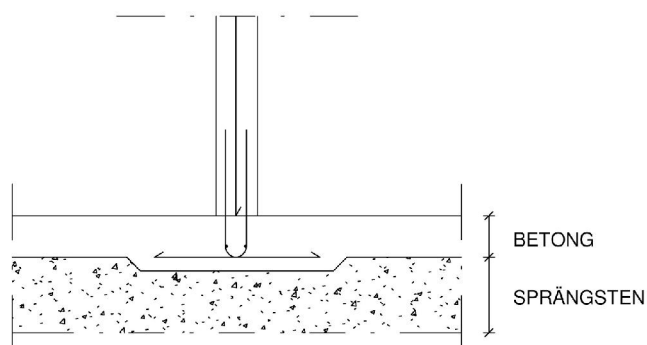
Tabell 6. Kapaciteter för vägg vid olika brottyper.

Brottyp	Kapacitet[kN]
Tryck	1800
Knäckning förenklad	733,8
Knäckning noggrann	1170

8.3.3 Kapacitet grundsula

8.3.3.1 Kapacitet hos underjord

Kapaciteten hos grundsulan kan begränsas utav underjordens bärförmåga. Med stöd av de geotekniska undersökningarna och med bakgrund till vanliga tillvägagångssätt för grundläggning under rekordåren antas bärförmågan för grunden 500 kPa. Sulans bredd är 0,7 meter, dock är det för lite armering för att tillgodoräkna fullt marktryck på hela sulans bredd. Lasten sprider sig ner i sulan med en vinkel. Detta anses ge en bredd på lastspridningen på 0,5 meter och resterande bredd är för förankring av armering. Lastvinkeln blir brantare och då krävs mindre mängd armering. Detta ger en kapacitet hos underjorden på 250 kN. Se bilaga 1 för beräkninggång.



Figur 17. Grundläggning av referenshuset.

8.3.3.2 Kapacitet i underkantsarmering i grundsula

Mängden armering behöver enligt beräkningar i Strusofts Foundation vara 85 mm²/m för att klara tyngd från befintlig byggnad, vilket är mindre än vad som finns i sulan, 132 mm²/m (se tabell 8). Båda mängderna är dock mindre än dagens krav på minimumarmering på 314 mm². Med samma program itererades en maximal lastkapacitet för grundsulan fram. Detta gav en kapacitet på 240 kN. Denna last ger en erforderad böjarmeringsmängd på 133 mm² och ett grundtryck på 495 kPa (se tabell 7). Därmed blir kapaciteten i underkantsarmeringen dimensionerande för grundsulan.

Tabell 7. Resultat ur Strusofts Foundations.

Bending reinforcement [mm²]

Direction	Side.	Req.As	Min. As	Sel. As	Nbr. Of. Bars	Diam.	c/c	Position	Comment	Load[kN]
X	Bottom.	133	314	314	-	10	250	Primary	Min. reinf.	240

Tabell 8. Ingångsparametrar och kapacitetsresultat för grundsula.

Armering	ø[mm]	c/c[mm]	Fy[MPa]	Kapacitet[kN]
	10	600	390	
Grundsula	Bredd[mm]	As[mm ²]	Marktryck[kPa]	->
	500	133	495	240

8.3.4 Lastnedräkning och nyttjandegrad

En lastnedräkning enligt bilaga 2 har utförts och med egentyngd som huvudlast ges en last på den mest kritiska väggen på 154,3 kN. Grundläggningskonstruktioner räknas i SK2, säkerhetsklass 2, och får en dimensionerande last på 151,9 kN (se tabell 9).

Tabell 9. Dimensionerande laster, kapacitet och nyttjandegrad för byggnadsdelar.

Byggnadsdel	Brottyp	Kapacitet[kN]	Dim.last[kN]	Nyttjandegrad[%]
Vägg				
	-Tryck	1800	154	
	-Knäckning	1170	154	13,2%
	-Knäckning förenklad	734	154	
Grund				
	-Underkantsarmering	240	152	63,3%
	-Underjord	250	152	

8.3.5 Lastnedräkning våningspåbyggnad

En våningspåbyggnad med två våningar i lättvikt har antagits och en ny lastnedräkning utförts. Med egentyngd som huvudlast ges en last på den mest kritiska väggen på 200 kN enligt bilaga 3. Grundläggningkonstruktioner räknas i säkerhetsklass 2 och får en dimensionerande last på 193,9 kN (se tabell 10).

Mängden armering behöver enligt beräkningar i Strusofts Foundation vara 111 mm²/m för att klara tyngd från befintlig byggnad, vilket är mindre än vad som finns i sulan, 132 mm²/m.

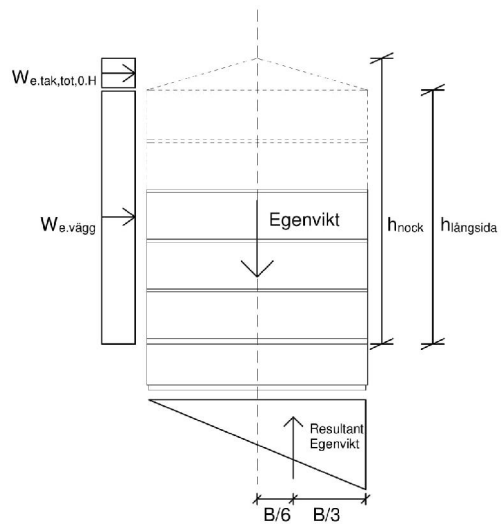
Tabell 10. Dimensionerande laster, kapacitet och nyttjandegrad för byggnadsdelar med påbyggnation.

Byggnadsdel	Brottyp	Kapacitet[kN]	Dim.last[kN]	Nyttjandegrad[%]
Vägg				
	-Tryck	1800	200	
	-Knäckning	1170	200	17,1%
	-Knäckning förenklad	734	200	
Grund				
	-Underkantsarmering	240	194	80,8%
	-Underjord	250	194	

8.3.6 Global analys

Vid stjälpning kontrolleras att det mothållande momentet som egentyngden från byggnaden skapar är större än de stjälpande momenten som de horisontella vindlasterna krafterna skapar. Beräkningen utgår ifrån fiktiv påbyggnad av två våningar med lättviktskonstruktion samt låglutande takkonstruktion. Huset ses som en enhet på vilken horisontella vindkrafter verkar på för att skapa det stjälpande momentet. Om den vertikala resultanten ligger inom en sjättedel av husets bredd från centrum samt att det stabiliserande momentet är större än det stjälpande förutsätts byggnaden vara stabil och säker mot stjälpning (se figur 18).

Vindlasten skapade ett stjälpande moment på 8,4 MNm. Egentyngden hos byggnaden och tvåvåningspåbyggnad blev 14,6 MN vilket gav en excentricitet på 0,58 meter vilket är mindre än B/6 och därmed godkänt. Det stabiliserande momentet blev 28,9 MNm vilket är större än det stjälpande och därmed godkänt. Se bilaga 4 och bilaga 5 för beräkningsgång.



Figur 18. Vindlaster skapar ett stjälpande moment och egenvikter skapar ett mothållande moment.

9 Diskussion

Beräkningarna på referenshuset bygger på ett antal antaganden. Beräkningsantaganden är främst från bygglovshandlingar från när referenshuset byggdes. Handlingarna förvarades på ett format som ibland gjorde att ritningarna var svåra att avläsa. Här gjordes antaganden som var minst fördelaktiga ur kapacitetssynpunkt. Exempel på detta är hur väggar modellerades som oarmerade, vilket förenklar beräkningar men också sänker kapaciteten hos väggen. Att arbetet inte tar hänsyn till lastreduktion på grund av våningsantal och stor area är också ofördelaktigt. Om andra antaganden gjorts hade det således funnits möjligheter att belasta huset mer.

Vidare är det inte säkert att ritningarna speglar det verkliga utförandet av byggnaden. Det kan mycket väl vara så att huset avviker från ritningarna, antingen på grund av att revideringar har behövt göras i byggskedet eller att handhavandefel har legat till grund för avvikelser. Byggnadens stomme är platsgjuten och slutprodukten beror till stor del av kvalitén på formsättningen. I intervju med Mats Öjersjö pekades på vikten av noggranna inmätningar av huskroppen just på grund av avvikelser. Att okulär besiktning har avgränsats bort och att inmätningar inte har varit möjligt belastar resultaten. Om referenshuset har tydliga skador och/eller tecken på deformationer i bärande delar skulle kapaciteten behövt skrivas ner, alternativt hade man till och med behövt avfärda möjligheterna med våningspåbyggnation.

I arbetet har ingen stomlösning för påbyggnationen utförts. Att definiera och motivera hur krav för brand och ljud kommer mötas eller inte blir mer svårlöst i det anseendet. Arbetet kommenterar därmed endast vissa delkrav och en del andra parametrar utlämnas som kan tänkas vara av vikt för en påbyggnation.

I lastnedräkning för tvåvåningspåbyggnad har befintlig byggnad endast belastats med en last per area. Hur påbyggnaden designas påverkar i hög grad hur lasterna fördelas ner till vertikalt bärsystem, något som till exempel skulle kunna påverka vilken vägg som belastad. Lasten som i kontrollen har lagts på befintlig byggnad motsvarar en lättviktskonstruktion. Denna lösning ger bäst förutsättningar för att bygga på flera våningar, men är kanske inte det billigaste alternativet. Möjligen hade en tyngre stomlösning som till exempel platsgjuten betongstomme eller ett pelare-balk system med HDF-bjälklag och stålpelare varit ett billigare alternativ. Om en mindre restriktiv lastnedräkningsberäkning utförts hade det möjligtvis möjliggjort för en tyngre och billigare stomlösning. Här blir det en avvägning mellan hur många våningar som går byggas mot kostnader. Arbetet har dock endast konstaterat att en tvåvåningspåbyggand är möjlig. Detta därför att en tvåvåningspåbyggnad har ansetts vara det mest realistiska alternativet. Referenshuset formar tillsammans med tre andra huskroppar en gård vilken sannolikt skulle förlora mycket av sina kvalitéer om fler våningar byggs på då man kan förutsätta att solljuset skulle få svårare att nå in på gården. Man vill sannolikt inte heller bygga färre än två våningar för att få lönsamhet i projektet.

10 Slutsats

Vanligaste hustypen från rekordåren är ett trevåningslamellhus utan hiss, utformat med en bokhylllestomme i platsgjuten betong. Denna konstruktion ger korta spännvidder och influensareor samt är i många fall grundlagda på berg eller sprängsten. Detta ger konsekvensen att hustypen har goda förutsättningar för påbyggnation.

Påbyggnader klassificeras som en ändring och önskvärt är att möta krav och normer likt de som ställs på en nybyggnation. Avsteg får däremot göras vilket ibland är direkt nödvändigt för att möjliggöra påbyggnation.

Beräkningar för valt tidstypiskt trevåningshus från Björndammen i Partille visar på överkapacitet i kritiska delar så som vägg, grundsula och i stjälpningshänseende vid en påbyggnad av två våningar av lättviktskonstruktion. Nyttjandegraderna som redovisas i tabell 9 är låga för befintlig stomme och fortsatt låga vid påbyggnation, vilket redovisas i tabell 10. Momentkapacitet i underkantsarmering i grundsulan visar sig vara dimensionerande med en nyttjandegrad på 80% vid en tvåvåningspåbyggand. Mängden armering som behövs för att klara tyngd från en påbyggnation är 111 mm²/m, vilket är mindre än vad som finns i sulan, 132 mm²/m. Båda mängderna är dock mindre än dagens krav på minimumarmering på 314 mm². Slutsatsen blir att referenshuset skulle klara en tvåvåningspåbyggnad i lättviktsutförande.

För en fastighetsägare av typhuset, med förutsättningar likt referenshuset innebär det att det i tidigt skede går att hävda att en våningspåbyggnation är möjlig och att således är försvarbart att vidare utreda tilltänkta påbyggnad ur fler hänseenden. Typhuset har en stor fördel i att förstärkning inte är nödvändig.

11 Vidare studier

Ett tidigare examensarbete från Chalmers resulterade i framtagandet av ett lättviktsmaterial i trä. Materialet är ett trä-sandwichelement, utformat likt wellpapp, vilket verkade ge lovande spännvidder till låg vikt. Materialet skulle kunna användas till stomme för bland annat våningspåbyggnader. Att utforma en påbyggnad i mer detaljutförande på referenshuset i ovan nämnda material samt att utföra en ekonomisk analys hade varit en intressant frågeställning. Hade en sådan lösning kunnat resultera i fler våningar utan att förstärka ref huset? Hade det varit ekonomiskt försvarbart? En jämförelse mot i arbetet förslagna stomsystem hade också varit intressant.

Vid val av referenshus togs ingen hänsyn till områdets geografiska läge. I ett verkligt fall kan det tänkas att detta har en stor betydelse för om en våningspåbyggand ska bedömas vara aktuell att genomföra, främst ur ett ekonomiskt lönsamhets perspektiv. Vilka bostadsområden är lönsamma att förtäta? Vad är det för typer av kriterier som ett bostadsområde ska tillfredsställa för att en våningspåbyggnad ska anses vara berättigad? Frågor som dessa hade varit intressant att redogöra för i vidare studier. Även analyser för de konsekvenser som en tänkt våningspåbyggnad kan utgöra på byggnadens omgivning hade varit intressant att studera.

Kritisk del för påbyggnation är oftast grundläggningen, vilket också visade sig vara den svagaste länken hos referenshuset. Utifrån detta hade det också varit intressant att kontrollera ett typhus som har en svagare grundläggning, exempelvis grundläggning på kohesionspålar. Det finns nog fog för att anta att en sådan konstruktion skulle behöva förstärkning och ekonomiska konsekvenser och helhetsbedömning av dessa hade tillfört mycket.

12 Referenser

- Ahnström, A. (2004). *"Karlsson på taket"*, saga eller verklighet? Examensarbete, Blekinge Tekniska Högskola.
- Åkerlöf, L. (2001). *Byggnadsakustik*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Akustikmiljö. (2017). Byggnadstekniska konstruktionsprinciper Golv och bjälklag. Hämtad 04 mars 2018, från <http://www.akustik.nu/index.php/ovriga-tjanster/artiklar/byggnadstekniskakonstruktionsprinciper>
- Berg, S. (2008). *Byggteknik, Grundläggning och undergrund*. Stockholm: Lärnö AB.
- Björk, C., Kallstenius, P., & Reppen, L. (2013). *Så byggdes husen 1880-2000*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Björk, C., Nordling, L., & Reppen, L. (2012). *Så byggdes staden* (Tredje utg). Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Bostadsutskottet. (2006). Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande. Hämtad 21 februari 2018, från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/arende/betankande/nationellt-program-for-energieffektivisering-och_GT01BoU9
- Boverket. (2006a). *Bostäder byggda med volymelement*. Karlskrona: Boverket. Hämtad från <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2006/bostader-byggda-med-volymelement/>
- Boverket. (2006b). *Utrymningsdimensionering*. Karlskrona: Boverket. Hämtad från <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2006/utrymningsdimensionering.pdf>
- Boverket. (2011). *Boverkets byggregler, BBR avsnitt 5 BFS 2011:6 t.o.m. BFS 2015:3*. Karlskrona: Boverket. Hämtad från <http://www.boverket.se/globalassets/vagledning/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-5>
- Boverket. (2014). Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder. Hämtad 01 februari 2018, från <http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/>
- Boverket. (2015). Miljonprogram 1965-1974. Hämtad 31 januari 2018, från <http://gis2.boverket.se/apps/js/miljonprogram/>
- Boverket. (2017a). *Beräkning av behovet av nya bostäder till 2025*. Karlskrona:

- Boverket. Hämtad från <http://hurvibor.se/wp-content/uploads/berakning-av-behovet-av-nya-bostader-till-2025.pdf>
- Boverket. (2017b). Brandskydd i PBL Säkerhet i händelse av brand. Hämtad 10 februari 2018, från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/>
- Boverket. (2017c). Buller i PBL: Från översiktsplan till tillsyn. Hämtad 06 mars 2018, från <http://boverket.onlineacademy.se/external/play/4125>
- Boverket. (2017d). *Konsoliderad BBR BFS 2011:6-2017:5*. Karlskrona: Boverket. Hämtad från https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_bfs_2011-6.pdf
- Boverket. (2017e). Krav vid ändring. Hämtad 13 mars 2018, från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-konstruktionsregler/overgripande-bestammelser/krav-vid-andring/>
- Boverket. (2017f). Krav vid ändring av byggnader [Elektronisk bild]. Hämtad 10 april 2018, från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-konstruktionsregler/overgripande-bestammelser/krav-vid-andring/>
- Boverket. (2018). Boverket – Brandskydd i PBL - Säkerhet i händelse av brand [pdf]. Hämtad 19 mars 2018, från <https://boverket.onlineacademy.se/external/play/2546>
- Creutz, G. (2009). Grönelundsgatan 7, lamellhus m trappning i Kv Vinkelhaken, Falköping [Elektronisk bild]. Hämtad 02 februari 2018, från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grönelundsgatan_7,_lamellhus_m_trappning_i_Kv_Vinkelhaken,_Falköping_7791.jpg
- Dalenbäck, J.-O., Lindström, M., Vidén, S., Wall, M., & Öresjö, E. (2012). *Miljonprogrammet - utveckla eller avveckla?* Stockholm: Forskningsrådet Formas.
- Elfström, J., & Singh, A. (2013). *Prefabricerat trähusbyggande med moduler För-och nackdelar samt förslag på vidareutveckling*. Examensarbete, Uppsala Universitet. Hämtad från <https://uu.diva-portal.org/smash/get/uu.diva2:668118/FULLTEXT01.pdf>
- Ellgaard, H. (2011). Punkthus från 1960-talet i Ormkärr [Elektronisk bild]. Hämtad

- 02 februari 2018, från
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ormkärr_punkthus_2011.jpg
Energimyndigheten, & Boverket. (2013). *Förslag till nationell strategi för energieffektiviserande renovering av byggnader*. Karlskrona: Boverket. Hämtad från <http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2013/forslag-till-nationell-strategi-for-energieffektiviserande-renovering-av-byggnader.pdf>
Google. (2017). Domarevägen 7, 433 44 Partille [Digital karta]. Hämtad 06 april 2018, från
<https://www.google.se/maps/place/Domarevägen+7,+433+44+Partille/@57.7306554,12.1126647,17z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x464ff6ec8b55af65:0xbb100ab4e2c2add0!8m2!3d57.7306554!4d12.1148534>
Hammarlund, Y. (1970). *Elementbyggnadsteknik -Produktion*. Göteborg: Institutionen för Byggnadsekonomi och Byggnadsorganisation, Chalmers Tekniska Högskola.
Jönsson, J. (2017). Loftgång, Liedstrandsgatan, Göteborg [Elektronisk bild]. Hämtad 02 februari 2018, från
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Loftgång,_Liedstrandsgatan,_Göteborg,_redigerad_version.jpg
Jordgubbe. (2008). Stamgatan skivhus Östberga [Elektronisk bild]. Hämtad 02 februari 2018, från
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stamgatan_skivhus_Östberga..JPG
Länsstyrelsen. (2004). *Hej bostad-om bostadsbyggande i Storstockholm*. Hämtad från www.ab.lst.se
Lidgren, C., & Widerberg, C. (2010). *SBUF rapport Våningspåbyggnad av hus från miljonprogrammet*. Malmö: Skanska Sverige AB.
Lindgren, A., & Larsson, D. (2012). *Våningspåbyggnad av miljonprogrammets flerbostadshus*. Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan. Hämtad från http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?aq2=%5B%5B%5D%5D&af=%5B%22personOrgId%3A5867%22%5D&searchType=SIMPLE&query=påbyggnad&language=sv&pid=diva2%3A550321&aq=%5B%5B%5D%5D&jfwid=1615&sf=all&aqe=%5B%5D&sortOrder=author_sort_asc&onlyFullText=false&
Martinssons Trä AB. (2006). *Massivträ, Handboken*. Hämtad från <https://www.martinsons.se/Allmän/Filer/System/Nedladdning/Massivtrahandboken2006.pdf>

- Mattsson-Linnala, S. (2009). *Hem för miljoner*. Stockholm: SABO.
- Reppen, L., & Vidén, S. (2006). *Att underhålla bostadsdrömmen*. Stockholm: Formas.
- Sandgren, J. (2008). *Samordning av installationer och platsgjuten betong- stomme i flerbostadshus*. Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola. Hämtad från http://www.kstr.lth.se/fileadmin/kstr/pdf_files/Exjobb/TVBK-5000_pdf/TVBK-5167web.pdf
- SCB. (2018). Sveriges befolkningsmängd. Hämtad från <http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/befolkningsutveckling/>
- Sjöström, A. (2015). Så kan miljonprogrammen anpassas. Hämtad 21 mars 2018, från <http://www.byggvarlden.se/sa-kan-miljonprogrammen-anpassas-82953/nyhet.html>
- Skanska. (1987). *Skånska cementgjuteriet 1937-1987*. Danderyd: Skanska Sverige AB.
- Söderqvist, L. (1999). *Rekordår och miljonprogram - Flerfamiljshus i stor skala*. Stockholm.
- SOU 1965:32. (1965). *Höjd Bostadsstandard*. Stockholm: Inrikesdepartementet.
- Statens institut för byggnadsforskning. (1967). *Inventering av stomsystem för elementbyggda flerbamiljshus*. Stockholm: Byggnadsforskningen.
- Statistiska centralbyrån, S. (2017). Antal färdigställda lägenheter i flerbostadshus resp. småhus. Hämtad 31 januari 2018, från <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/nybyggnad-av-bostader/pong/tabell-och-diagram/antal-fardigstallda-lagenheter-i-flerbostadshus-resp.-smahus/>
- StruSoft. (2018). StruSoft. Hämtad 18 maj 2018, från <http://www.strusoft.com/>
- Svensk Betong. (2017). Platsgjutet Flerbostadshus. Hämtad 19 mars 2018, från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/statik/flerbostadshus>
- Svenskt trä. (2012). Ett nytt byggande för en ny tid. Hämtad 27 februari 2018, från <http://www.svensktra.se/siteassets/6-om-oss/publikationer/pdf/ett-nytt-byggande-for-en-ny-tid.pdf>
- Sveriges geologiska undersökning, S. (2017). Geokartan. Hämtad 30 mars 2018, från <https://apps.sgu.se/geokartan/>

- Träguiden. (2003a). Massivträteknik - projekterings- och produktionsaspekter.
Hämtad 27 februari 2018, från <https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/massivtrateknik/massivtrateknik---projekterings--och-produktionsaspekter/>
- Träguiden. (2003b). Volymelement - projekterings- och produktionsaspekter -
TräGuiden. Hämtad 27 februari 2018, från
<https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/volymelement/volymelement-projekterings--och-produktionsaspekter/?previousState=10100>
- Vidén, S., & Lundahl, G. (1992). *Miljonprogrammets bostäder Bevara - förnya - förbättra*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.

13 Bilagor

13.1 Bilaga 1: Kapacitetsberäkningar

Grund

Kapacitet underjord

$$B_{sula} := 0.5 \text{ m}$$

$$\sigma_{mark} := 500 \text{ kPa}$$

(BKK 79)

$$F_{c_{max_mark}} := \sigma_{mark} \cdot B_{sula} = 250 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kapacitet underkantsarmering

Beräkningar ur StruSofts Foundations ger nedanstående kapacitet

Bending reinforcement [mm²]

<u>Direction</u>	<u>Side</u>	<u>Req. As</u>	<u>Min. As</u>	<u>Sel. As</u>	<u>Nbr. Of Bars</u>	<u>Diam.</u>	<u>c/c</u>	<u>Position</u>	<u>Comment</u>	<u>Load[kN]</u>
X	Bottom.	133	314	314	-	10	250	Primary	Min. reinf.	240

$$F_{c_{max_uk.arm}} := 240 \text{ kN}$$

Kapacitet Vägg, tryck

BTG K25 ->

$$f_{ck} := 18 \text{ MPa}$$

$$\gamma_1 := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_1} = 12 \text{ MPa}$$

$$b_{vägg} := 0.15 \text{ m}$$

$$A_{vägg} := b_{vägg} \cdot 1 \text{ m} = 0.15 \text{ m}^2$$

$$F_{c_{väggmax_tryck}} := A_{vägg} \cdot f_{cd} = (1.8 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Kapacitet Vagg, knäckning

(SS-EN 1992-1-1:2005 (Sv) s190, ekva 12.2)

$$\eta := 1 \quad b := 1 \text{ m}$$

$$h_w := 0.150 \text{ m} \quad (\text{Tvärsnittsbredd})$$

$$l_0 := 2.5 \text{ m} \quad I := 2.5 \quad (\text{Höjd vägg})$$

$$m := 1$$

$$\theta_0 := \frac{1}{200} \quad (\text{Nationell parameter, rekommenderat värde})$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{I}} = 1.265 \rightarrow \alpha_h := 1 \quad (\text{Reduktionsfaktor för längd eller höjd})$$

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 1 \quad (\text{Reduktionsfaktor för antalet delar})$$

$$\theta_1 := \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.005 \quad (\text{Imperfektioner rep av lutning } \theta_1)$$

$$e_0 := \frac{h_w}{30} \geq 20 \text{ mm} \quad \frac{h_w}{30} = 5 \text{ mm} \rightarrow e_0 := 20 \text{ mm}$$

$$e_i := \theta_1 \cdot \frac{l_0}{2} = 0.006 \text{ m}$$

$$e_{tot} := e_i + e_0 = 0.026 \text{ m} \quad (\text{Hänsyn till excentricitet})$$

$$N_{rd.vagg.knäck} := \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h_w \cdot \left(1 - 2 \frac{e_{tot}}{h_w}\right) = (1.17 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Förenklat uttryck 12.6.5.2

$$l_0 := 2500 \text{ mm} \quad h_w := 150 \text{ mm}$$

$$e_0 := \frac{h_w}{30} \geq 20 \text{ mm} \quad \frac{h_w}{30} = 5 \text{ mm} \rightarrow e_0 := 20 \text{ mm}$$

$$e_i := \frac{l_0}{400} = 6.25 \text{ mm} \quad \text{SS-EN 1992-1-1:2005 (Sv) (9) s53}$$

$$e_{tot} := e_0 + e_i = 26.25 \text{ mm}$$

$$\phi := 1.14 \left(1 - \frac{2 \cdot e_{tot}}{h_w} \right) - 0.02 \cdot \left(\frac{l_0}{h_w} \right) = 0.408 \quad 0.408 \leq \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{tot}}{h_w} \right) \quad \rightarrow \text{OK!}$$

$$N_{rd_förenklad} := b \cdot h_w \cdot f_{cd} \cdot \phi = 733.8 \text{ kN}$$

13.2 Bilaga 2: Lastnedräkning för befintlig byggnad

Lastnedräkning, mest belastad vägg

Egentygnder

Influensarea

$$A_{infl} := 3.75 \text{ m}^2$$

Densitet betong

$$\rho_{btg} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tyngdaccelerationskonstant

$$g := 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Bjälklag

$$h_{bjälklag} := 0.16 \text{ m}$$

$$V_{bjälklag} := A_{infl} \cdot h_{bjälklag} = 0.6 \text{ m}^3$$

$$Gk_{bjälklag} := V_{bjälklag} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 15 \text{ kN} \quad (\text{Per våning})$$

Vindsbjälklag

$$h_{vindsbjälklag} := 0.14 \text{ m}$$

$$V_{vindsbjälklag} := A_{infl} \cdot h_{vindsbjälklag} = 0.525 \text{ m}^3$$

$$Gk_{vindsbjälklag} := V_{vindsbjälklag} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 13.125 \text{ kN}$$

Väggar

$$b_{vägg} := 0.15 \text{ m}$$

$$h_{vägg1_3} := 2.5 \text{ m} \quad \text{Vägghöjd våning 1-3}$$

$$h_{vägg0_1} := 2.2 \text{ m} \quad \text{Vägghöjd våning 0-1}$$

$$V_{vägg1_3} := b_{vägg} \cdot h_{vägg1_3} \cdot 1 \text{ m} = 0.375 \text{ m}^3$$

$$Gk_{1_3} := V_{vägg1_3} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 9.375 \text{ kN}$$

Mellanväggar

Flyttbara innerväggar, egentygnd $< 1.0 \text{ kN/m} \rightarrow 0.5 \text{ kN/m}^2$

$$q_{k,\text{mellanvägg}} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Gk_{\text{innevägg}} := q_{k,\text{mellanvägg}} \cdot A_{\text{infl}} = 1.875 \text{ kN} \quad (\text{Per våning, adderas med bjälklagsegentygnd})$$

Tak

$$q_{\text{tak}} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Gk_{\text{tak}} := A_{\text{infl}} \cdot q_{\text{tak}} = 1.875 \text{ kN}$$

Snölast

$$\mu := 0.8$$

$$C_e := 1$$

$$C_t := 1$$

$$S_k := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$s := \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k \cdot A_{\text{infl}} = 4.5 \text{ kN}$$

$$Qk_{\text{snö}} := 4.5 \text{ kN}$$

Nyttig last

$$q_{k,\text{nyttig}} := 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{k,\text{golv}} := A_{\text{infl}} \cdot q_{k,\text{nyttig}} = 7.5 \text{ kN} \quad (\text{Per våning})$$

Vägg

Brottgränstillstånd, egentygnd huvudlast (dvs värsta fallet 6.10a)

$$\Sigma G_{ki} := 3 \cdot Gk_{\text{bjälklag}} + Gk_{\text{vindsbjälklag}} + Gk_{\text{tak}} + 3 \cdot Gk_{1-3} + 3 \cdot Gk_{\text{innevägg}}$$

$$\psi_{0,\text{snö}} := 0.6$$

$$\psi_{0,\text{golv}} := 0.7$$

$$\Sigma Q_{ki} := \psi_{0_golv} \cdot Q_{kGolv} \cdot 3 + Q_{k_{sn\ddot{o}}} \cdot \psi_{0_sn\ddot{o}}$$

$$N_{ed.v\ddot{a}gg.huvud} := 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \Sigma Q_{ki} = 154.238 \text{ kN}$$

Brottgränstillstånd, 6.10b Nyttig last huvudlast

$$N_{ed_b} := 0.89 \cdot 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \cdot (Q_{kGolv} \cdot 3 + \psi_{0_sn\ddot{o}} \cdot Q_{k_{sn\ddot{o}}}) = 150.441 \text{ kN}$$

Grundkonstruktion

-tillämpas lägre säkerhetsklass, SK2, samt en till vägg belastar

Brottgränstillstånd, egentygnd huvudlast

$$\Sigma G_{ki} := 3 \cdot G_{k_{bj\ddot{a}lklag}} + G_{k_{vindsbj\ddot{a}lklag}} + G_{k_{tak}} + 4 \cdot G_{k_{1_3}} + 3 \cdot G_{k_{innev\ddot{a}gg}}$$

$$\psi_{0_sn\ddot{o}} := 0.6$$

$$\psi_{0_golv} := 0.7$$

$$\Sigma Q_{ki} := \psi_{0_golv} \cdot Q_{kGolv} \cdot 3 + Q_{k_{sn\ddot{o}}} \cdot \psi_{0_sn\ddot{o}}$$

$$N_{ed} := 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \Sigma Q_{ki} = 166.894 \text{ kN}$$

$$\gamma_d := 0.91$$

$$N_{ed_Grund_egentygnd} := N_{ed} \cdot \gamma_d = 151.873 \text{ kN}$$

Brottgränstillstånd, 6.10b Nyttig last huvudlast

$$N_{ed_nyttig} := 0.89 \cdot 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \cdot (Q_{kGolv} \cdot 3 + \psi_{0_sn\ddot{o}} \cdot Q_{k_{sn\ddot{o}}}) = 161.705 \text{ kN}$$

$$N_{ed_Grund_nyttig} := N_{ed_nyttig} \cdot \gamma_d = 147.151 \text{ kN}$$

13.3 Bilaga 3: Tyngd påbyggnation

Geometrisk ingångsdata

Bjälklag

$$l_{bjälklag} := 36.6 \text{ m}$$

$$b_{bjälklag} := 11.9 \text{ m}$$

$$A_{bjälklag} := b_{bjälklag} \cdot l_{bjälklag} = 435.54 \text{ m}^2$$

$$tjocklek_{bjälklag} := 140 \text{ mm}$$

Vägg

$$h_{vägg} := 3 \text{ m}$$

$$l_{vägg} := 11.9 \text{ m}$$

$$b_{vägg} := 200 \text{ mm} \quad (\text{Enligt exempelutförande Träguiden lägenhetsskiljande vägg})$$

$$A_{vägg} := h_{vägg} \cdot l_{vägg} = 35.7 \text{ m}^2$$

Tyngder

Bjälklag

Max spännvid är 4.6 meter, Martinssons KL-guide ger för Bjälklag L140-3S ;

$$q_{bjälklag} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vägg

För vägg, typ L200-5S ger Martinssons KL-guide;

$$\rho_{trä} := 520 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{vägg} := A_{vägg} \cdot b_{vägg} = 7.14 \text{ m}^3$$

$$Vikt_{vägg} := \rho_{trä} \cdot V_{vägg} = (3.713 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

Antar 10 st bärande lägenhetsskiljande väggar->

$$Antal.väggar := 10$$

$$q_{vägg} := \frac{(Vikt_{vägg} \cdot Antal.väggar \cdot g)}{A_{bjälklag}} = 0.836 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Innerväggar

SS-EN-1991-1-1, 6.3.1.2

$$q_{\text{innevägg}} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Installationer

$$q_{\text{installationer}} := 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\Sigma q := q_{\text{installationer}} + q_{\text{innevägg}} + q_{\text{vägg}} + q_{\text{bjälklag}} = 2.636 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\rightarrow \sim q_{\text{kPåbygg}} := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

13.4 Bilaga 4: Lastnedräkning påbyggnad

Påbyggnad

$$q_{kP\ddot{a}bygg} := 3 \frac{kN}{m^2}$$

$$A_{influens} := 3.75 m^2$$

$$G_{kP\ddot{a}bygg} := A_{influens} \cdot 2 \cdot q_{kP\ddot{a}bygg} = 22.5 kN$$

Lätt påbyggnad, KL-trä 150Kg/m², antagen total vikt per m² och våning i lättviktsutförande.

Vägg

Brottgränstillstånd, egentygnd huvudlast

$$\Sigma G_{ki} := 3 \cdot Gk_{bj\ddot{a}lklag} + Gk_{vindsbj\ddot{a}lklag} + Gk_{tak} + 3 \cdot Gk_{1_3} + 3 \cdot Gk_{innevägg} + G_{kP\ddot{a}bygg}$$

$$\psi_{0_{sn\ddot{o}}} := 0.6$$

$$\psi_{0_{golv}} := 0.7$$

$$\Sigma Q_{ki} := \psi_{0_{golv}} \cdot Q_{kGolv} \cdot 5 + Q_{k_{sn\ddot{o}}} \cdot \psi_{0_{sn\ddot{o}}}$$

$$N_{ed.v\ddot{a}gg.p\ddot{a}bygg} := 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \cdot \Sigma Q_{ki} = 200.363 kN$$

Brottgränstillstånd, 6.10b Nyttig last huvudlast

$$N_{ed_b} := 0.89 \cdot 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \cdot (Q_{kGolv} \cdot 5 + \psi_{0_{sn\ddot{o}}} \cdot Q_{k_{sn\ddot{o}}}) = 199.974 kN$$

Grundkonstruktion

-tillämpas lägre säkerhetsklass, SK2, samt en till vägg belastar

Brottgränstillstånd, egentygnd huvudlast

$$\Sigma G_{ki} := 3 \cdot Gk_{bj\ddot{a}lklag} + Gk_{vindsbj\ddot{a}lklag} + Gk_{tak} + 4 \cdot Gk_{1_3} + 3 \cdot Gk_{innevägg} + G_{kP\ddot{a}bygg}$$

$$\psi_{0_{sn\ddot{o}}} := 0.6$$

$$\psi_{0_{golv}} := 0.7$$

$$\Sigma Q_{ki} := \psi_{0_{golv}} \cdot Q_{kGolv} \cdot 5 + Q_{k_{sn\ddot{o}}} \cdot \psi_{0_{sn\ddot{o}}}$$

$$N_{ed_egentygnd.p\ddot{a}bygg} := 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \cdot \Sigma Q_{ki} = 213.019 \text{ kN}$$

$$\gamma_d := 0.91$$

S\ddot{a}kerhetsfaktor SK2

$$N_{ed_Grund_egentygd} := N_{ed_egentygnd.p\ddot{a}bygg} \cdot \gamma_d = 193.847 \text{ kN}$$

Brottgr\ddot{a}nstillst\ddot{a}nd, 6.10b Nyttig last huvudlast

$$N_{ed_nyttig} := 0.89 \cdot 1.35 \cdot \Sigma G_{ki} + 1.5 \cdot (Q_{kGolv} \cdot 5 + \psi_{0_sn\ddot{o}} \cdot Q_{k_sn\ddot{o}}) = 211.238 \text{ kN}$$

$$N_{ed_Grund_nyttig} := N_{ed_nyttig} \cdot \gamma_d = 192.227 \text{ kN}$$

13.5 Bilaga 5: Vindlaster

Beräkningar gjorda enligt SS-EN 1991-1-4:2005

Vindlast, vägg

$$v_b := 25 \frac{m}{s}$$

Referensvindhastighet

$$terr\ddot{a}ngtyp := III$$

Terrängtyp

$$z := 16.5 \text{ m}$$

Nockhöjd inkl. 2 extra våningsplan

$$C_e(z) := 2.0$$

Exponeringsfaktor (figur 4.2 kod 1-4)

$$q_p(z) := 0.72 \text{ kPa}$$

Karakteristiskt hastighetstryck
EKS 10 tabell C-10a

Vindlast väggar, formfaktor

$$h_{l\ddot{a}ngsida} := 15 \text{ m}$$

Byggnadshöjd

$$b := 36.6 \text{ m}$$

Husbredd vinkelrät mot vindriktningen

$$d := 11.9 \text{ m}$$

Husbredd

$$\frac{h_{l\ddot{a}ngsida}}{d} = 1.261$$

$$\text{Zon D } C_{pe.D} := 0.8$$

Formfaktor

$$\text{Zon E } C_{pe.E} := -0.5$$

Formfaktor

$$C_{pe.D.E} := 0.85 \cdot (|C_{pe.D}| + |C_{pe.E}|) = 1.105$$

Summa formfaktorer (reduktion s.35)

$$W_{e.v\ddot{a}gg} := q_p(z) \cdot C_{pe.D.E} \cdot b \cdot h_{l\ddot{a}ngsida}$$

$$W_{e.v\ddot{a}gg} = 436.784 \text{ kN}$$

Yttre vindlast

$$W_{ed.v\ddot{a}gg} := W_{e.v\ddot{a}gg} \cdot 1.5 = 655.177 \text{ kN}$$

Vindlast, sadeltak

$$\alpha := 16^\circ$$

Taklutning

$$h_{nock} := 16.5 \text{ m}$$

Vindlast, sadeltak, vind mot långsida

$$\theta_{långsida} := 0^\circ$$

Vindriktning

$$e := \min(b, 2 \cdot h_{nock}) = 33 \text{ m}$$

$$\frac{e}{4} = 8.25 \text{ m} \quad \frac{e}{10} = 3.3 \text{ m}$$

Vindlast sadeltak lovartsida

$$\text{Zon F} \quad C_{pe.F.0} := 0.2$$

Formfaktor

$$\text{Zon G} \quad C_{pe.G.0} := 0.2$$

Formfaktor

$$C_{pe.F.G.0} := |C_{pe.F.0}| + |C_{pe.G.0}|$$

$$C_{pe.F.G.0} = 0.4$$

Summa formfaktor

$$W_{e.tak.F.G.0} := q_p(z) \cdot C_{pe.F.G.0} \cdot \left(\frac{e}{10} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \right) \cdot b$$

$$W_{e.tak.F.G.0} = 36.186 \text{ kN}$$

Yttre vindlast Zon F och G

$$\text{Zon H} \quad C_{pe.H.0} := 0.2$$

Formfaktor

$$W_{e.tak.H.0} := q_p(z) \cdot C_{pe.H.0} \cdot \left(\frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} - \frac{e}{10} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \right) \cdot b$$

$$W_{e.tak.H.0} = 14.529 \text{ kN}$$

Yttre vindlast Zon H

Vindlast sadeltak, läsida

$$\text{Zon I} \quad C_{pe.I.0} := -0.4$$

Formfaktor

$$\text{Zon J} \quad C_{pe.J.0} := -1.0$$

Formfaktor

$$C_{pe.I.J} := |C_{pe.I.0}| + |C_{pe.J.0}|$$

$$C_{pe.I.J} = 1.4$$

Summa formfaktor

$$W_{e.tak.I.J.0} := q_p(z) \cdot C_{pe.I.J} \cdot \left(\frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \right) \cdot b$$

$$W_{e.tak.I.J.0} = 228.358 \text{ kN}$$

Yttre vindlast ZON I J

$$W_{e.tak.tot.0} := W_{e.tak.F.G.0} + W_{e.tak.H.0} + W_{e.tak.I.J.0}$$

$$W_{e.tak.tot.0} = 279.074 \text{ kN}$$

Total yttre vindlast, sadeltak

Horisontal vindast

$$W_{e.tak.tot.0.H} := W_{e.tak.tot.0} \cdot \sin(\alpha)$$

$$W_{e.tak.tot.0.H} = 76.923 \text{ kN}$$

$$W_{ed.tak.tot.0.H} := W_{e.tak.tot.0.H} \cdot 1.5 = 115.385 \text{ kN}$$

13.6 Bilaga 6: Global analys

Mothållande moment, tungnet byggnad

Bjälklag

$$l_{bjälek} := 36.6 \cdot m$$

$$b_{bjälek} := 11.9 \cdot m$$

$$A_{bjälek} := l_{bjälek} \cdot b_{bjälek} = 435.54 \text{ m}^2$$

$$h_{bjäklag} := 0.16 \cdot m$$

$$V_{bjäklag} := A_{bjälek} \cdot h_{bjäklag} = 69.686 \text{ m}^3$$

$$g := 10 \frac{m}{s^2}$$

$$Vån := 4$$

$$\rho_{btg} := 2500 \frac{kg}{m^3}$$

$$Gk_{bjäklag} := V_{bjäklag} \cdot \rho_{btg} \cdot g \cdot Vån = (6.969 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$h_{vindsbjäklag} := 0.14 \cdot m$$

$$V_{vindsbjällklag} := h_{vindsbjällklag} \cdot A_{bjällk} = 60.976 \text{ m}^3$$

$$Gk_{vindsbjällklag} := V_{vindsbjällklag} \cdot \rho_{btg} \cdot g = (1.524 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Väggar

$$b_{vägg} := 0.15 \text{ m}$$

$$h_{vägg1_3} := 2.5 \text{ m}$$

$$h_{vägg0_1} := 2.2 \text{ m}$$

$$V_{väggAntalMeter0_1} := 110 \text{ m}$$

$$V_{väggAntalMeter1_3} := 3 \cdot 110 \text{ m} = 330 \text{ m}$$

$$l_{vägg} := 1 \text{ m}$$

$$A_{vägg1_3} := b_{vägg} \cdot h_{vägg1_3} = 0.375 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{m}^3$$

$$A_{vägg0_1} := b_{vägg} \cdot h_{vägg0_1} = 0.33 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{m}^3$$

$$Gk_{0_1} := A_{vägg0_1} \cdot \rho_{btg} \cdot g \cdot V_{väggAntalMeter0_1} = 907.5 \text{ kN}$$

$$Gk_{1_3} := A_{vägg1_3} \cdot \rho_{btg} \cdot g \cdot V_{väggAntalMeter1_3} = (3.094 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Mellanväggar

Flyttbara innerväggar, egentygnd <1.0kN/m -> 0.5 kN/m²

$$q_{k.mellanvägg} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Gk_{innevägg} := q_{k.mellanvägg} \cdot A_{bjällk} \cdot V_{ån} = 871.08 \text{ kN}$$

Tak

$$q_{k.tak} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Gk_{tak} := A_{bjällk} \cdot q_{k.tak} = 217.77 \text{ kN}$$

Nyttig last

$$q_{k.nyttig} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q_{k.Golv} := A_{bj\ddot{a}lk} \cdot q_{k.nyttig} \cdot V\ddot{a}n = (3.484 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Påbyggnad

$$q_{k.P\ddot{a}bygg} := 3 \frac{kN}{m^2}$$

Lätt påbyggnad, KL-trä, antagen total vikt för våning i lättviktsutförande.

$$G_{k.P\ddot{a}bygg} := A_{bj\ddot{a}lk} \cdot 2 \cdot q_{k.P\ddot{a}bygg} = 2.613 \text{ MN}$$

Total tyngd

$$\Sigma Gk := Gk_{bj\ddot{a}llag} + Gk_{vindsbj\ddot{a}llag} + Gk_{innev\ddot{a}gg} + Gk_{0_1} + Gk_{1_3} + Gk_{tak} + G_{k.P\ddot{a}bygg}$$

$$\Sigma Qk := \psi_{0.golv} \cdot Q_{k.Golv} \cdot 5 + Qk_{sn\ddot{o}} \cdot \psi_{0.sn\ddot{o}}$$

EQU 6.10

$$q_{GkEQU} := 0.9 \cdot \Sigma Gk + 0 \cdot \Sigma Qk = 14.577 \text{ MN}$$

Byggnad stabil mot stjälpning om vertikal resultant ligger inom b/6 från centrum. Löser ut excentriciteten

$$b := 11.9 \text{ m}$$

$$\frac{b}{6} = 1.983 \text{ m}$$

$$M_{stab} := x \cdot q_{GkEQU}$$

Stjälpning, moment

$$e_1 := \left(\frac{15}{2} + 2.2 \right) \text{ m}$$

$$e_2 := \left(15 + \left(\frac{1.5}{2} \right) + 2.2 \right) \text{ m}$$

$$M_{stj\ddot{a}lp.1} := W_{ed.v\ddot{a}gg} \cdot e_1 = 6.355 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{stj\ddot{a}lp.2} := W_{ed.tak.tot.0.H} \cdot e_2 = 2.071 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{stjäl.p.tot} := M_{stjäl.p.1} + M_{stjäl.p.2} = 8.426 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

Momentjämvikt

$$x := \frac{M_{stjäl.p.tot}}{q_{GkEQU}} = 0.578 \text{ m} < b/6 \rightarrow \text{OK!}$$

Stabiliserande moment ska vara större än det stjälpande momentet.

$$M_{stabMax} := q_{GkEQU} \cdot \frac{b}{6} = 28.911 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{stabMax}}{M_{stjäl.p.tot}} = 3.431 > 1 \rightarrow \text{OK!}$$

13.7 Bilaga 7: Nyttjandegrader

Befintlig byggnad

Vägg

$$\eta_{vägg.bef} := \frac{N_{ed.vägg.huvud}}{N_{rd.vägg.knäck}} = 0.132$$

Grund

$$\eta_{grund.bef} := \frac{N_{ed.Grund.egentyngd}}{F_{C_{max_uk.arm}}} = 0.633$$

Påbyggnad tvåvåningar

Vägg

$$\eta_{vägg.påbygg} := \frac{N_{ed.vägg.påbygg}}{N_{rd.vägg.knäck}} = 0.171$$

Grund

$$\eta_{grund.påbygg} := \frac{N_{ed.Grund.egentyngd}}{F_{C_{max_uk.arm}}} = 0.808$$