

Villa Nöbbele

Projektering, kostnad och analys av en tvåplans trävilla



Henrik Sten

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet, 2002

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Department of Structural Engineering
Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 LUND
Sweden

Villa Nöbbele - Projektering, kostnad och analys av en tvåplans trävilla

Villa Nöbbele - Design, Cost and Analysis of a Two-storey Wooden House

Henrik Sten

2002

Abstract

This thesis is supposed to form the basis for a future production of a two-storey wooden house called "Villa Nöbbele". The house is designed for construction on site. An estimation of cost of "Villa Nöbbele" has been made and to get an object for comparison regarding the construction procedure, but above all regarding the price, a house of the Modulent collection has been studied and discussed. The report relates to all considerations to be made during the design process.

Rapport TVBK-5117
ISSN 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK-02/5117+149p

Examensarbete
Handledare: Sven Thelandersson och Catarina Warfvinge
December 2002

Abstract

This report is the result of a master's thesis where a two-storey wooden house ("Villa Nöbbele") has been designed. The project includes the design of the actual building as well as the design of the installations. The report relates to all considerations to be made during the process. The structural design and all installation calculations carried out along with all compiled blueprints are shown in the form of appendix or in the report.

The work presented in this thesis is supposed to form the basis for a future production of "Villa Nöbbele".

To get an object for comparison regarding the construction procedure, but above all regarding the price, a house of the Modulent collection has been studied and discussed. "Villa Sundborn 185 G" was chosen because it was the house that showed the most resemblance to "Villa Nöbbele". Modulent constructs prefabricated houses in the form of ready-built volume units, which are transported to and then assembled on the building site.

"Villa Nöbbele" is meant and designed for construction on site. The price levels on both alternatives become rather similar according to the estimation of costs carried through. To make a comparison of the price levels as fair as possible, all differences between the houses is taken into consideration in the estimation of costs. The differences that should be elucidated are the characteristics of the design and the construction procedure. "Villa Nöbbele" is designed for "foundation on ground", and "Villa Sundborn" is fitted with "outdoor-air ventilated crawl space foundation". The heating devices have different character. "Villa Nöbbele" is designed for rock heat pump along with floor heating, in the foundation as well as in the intermediate floor, while "Villa Sundborn" is equipped with air evacuation heat pump and waterborne radiators along with comfort raising electronic floor heating in the bathroom and the entrance hall.

The report is meant as a tool with tips and ideas for inexperienced constructors.

Sammanfattning

Denna rapport är ett resultat av ett examensarbete där en 2-plans trävilla (Villa Nöbbele) har projekterats. Projekteringen omfattar dimensionering och utformning av såväl den fysiska byggnaden som installationerna. Rapporten behandlar alla de ställningstaganden som dykt upp under projekteringen. Genomförda konstruktions- och installationsberäkningar samt framtaget ritningsunderlag redovisas antingen i form av bilagor eller direkt i rapporten.

Framtaget underlag ska kunna ligga till grund för en framtida produktion av Villa Nöbbele.

För att få ett jämförande objekt vad gäller byggmetod, men framför allt vad gäller pris, har en villa ur Modulents sortiment studerats och kommenterats. Modulents Villa Sundborn 185 G valdes på grund av att den uppvisade flest likheter med Villa Nöbbele. Modulent tillverkar monteringsfärdiga villor i form av färdiga volymelement som sedan transporteras och monteras på tomten.

Villa Nöbbele är tänkt och projekterad som ett platsbygge. Prisnivåerna på de båda alternativen blir väldigt snarlika enligt genomförd kostnads kalkyl. Kalkylen tar hänsyn till de viktigaste skillnaderna villorna emellan, för att åstadkomma en så rättvis prisjämförelse som möjligt. Skillnaderna som bör belysas är av utformnings- och byggmetodskaraktär. Villa Nöbbele projekteras med grundläggningsmetoden platta på mark och Villa Sundborn är försedd med uteluftsventilerad krypgrund. Uppvärmningssystemen är av olika karaktär. Villa Nöbbele är projekterad med bergvärmepump och golvvärme, såväl i platta på mark som i mellanbjälklag, medan Villa Sundborn förses med frånluftsvärmepump och vattenburna radiatorer med komforthöjande elektronisk golvvärme i badrum och entré.

Rapporten kan tänkas utgöra ett verktyg med tips och idéer för oerfarna konstruktörer.

Förord

Denna rapport, som är resultatet av mitt examensarbete om 20 poäng, har utförts 2002 vid Lunds Tekniska Högskola.Handledare har varit professor Sven Thelandersson vid avdelningen för Konstruktionsteknik och universitetslektor Catarina Warfvinge vid avdelningen för Installationsteknik.

Jag vill rikta ett stort tack till nedan uppräknade personer som har bistått med hjälp under arbetets gång.

Henrik Werneteg, Konstruktionsansvarig Nässjö Takstolsfabrik AB, som hjälpt till med dimensionering av takstolarna.

Conny Sjölund, ICS projektering i Mariefhamn, som gett tips och råd om planlösningen.

Mikael Söderström, Uponor Wirsbo AB, som hjälpt mig med dimensionering av golvvärmsystemet.

Lasse Andersson, IVT-Center/Team PTL AB i Växjö, som försett mig med information och underlag om värmepumpar.

Tage Steen, Entreprenadchef Modulent i Hässleholm, som försett mig med information och underlag om deras fabriksbyggda villor.

Mark & Vatten Ingenjörerna AB i Växjö för lånet av Wikells sektionfakta och HusAMA98.

Lennart Nilsson, Oscar Hansson VVS i Halmstad, som hjälpt mig att ta fram kostnadskalkyl på VVS-installationerna.

Halmstad, november 2002

Henrik Sten

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	BAKGRUND OCH SYFTE	1
1.2	OMFATTNING OCH AVGRÄNSNING.....	1
2	BYGGNORMER.....	2
2.1	LUFTTÄTHET	2
2.2	EFFEKTIV VÄRMEANVÄNDNING.....	2
2.3	KLIMATSKÄRMENS VÄRMEISOLERING.....	3
2.4	DIMENSIONERING.....	4
2.4.1	Stomme.....	4
2.4.2	VVS.....	6
2.4.3	Brand.....	7
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	8
3.1	PLACERING.....	8
3.2	STORLEK	8
3.3	STOMME OCH FASAD	10
4	BYGGNAD	11
4.1	STOMSYSTEM	11
4.1.1	Väggar	11
4.1.2	Mellanbjälklag.....	12
4.1.3	Tak.....	13
4.1.4	Anslutningar	13
4.1.5	Stomstabilisering.....	17
4.2	ISOLERING	18
4.2.1	Ytterväggar.....	19
4.2.2	Stödbensvägg	19
4.2.3	Mellanbjälklag.....	20
4.2.4	Hanbjälklag	20
4.2.5	Mark	20
4.2.6	Takfot	20
4.3	FÖNSTER	21
4.4	GRUNDLÄGGNING	23
4.5	FUKT	27
4.5.1	Yttervägg.....	27
4.5.2	Tak.....	28
4.5.3	Grund.....	29
4.5.4	Våtrum.....	30
5	INSTALLATIONER.....	32
5.1	VÄRMESYSTEM	32
5.1.1	Värmepump	32
5.1.2	Golvvärme.....	36
5.2	VATTEN OCH AVLOPP	42
5.2.1	Tappvatten.....	42
5.2.2	Spillvatten.....	46
5.2.3	Dagvatten/Dräneringsvatten.....	49

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

5.3	VENTILATION	51
5.4	EL.....	55
6	EKONOMI.....	56
6.1	FABRIKSPRODUKTION MODULENT	56
6.1.1	Villa Sundborn 185 G	57
6.1.2	Kostnadsjämförelse	60
6.1.3	Intelligenta hus (EIB och LexCom Home)	61
6.1.4	GAR-BO Försäkring	63
6.2	LÖSVIRKESHUS/PLATSBYGGT	63
6.2.1	Prisjämförelse mellan Villa Sundborn 185 G och Villa Nöbbele	63
6.2.2	Livscykelkostnad.....	65
7	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	67
7.1	BYGGMETODVAL.....	67
7.2	UPPVÄRMNINGSSYSTEM.....	68
7.3	KONSTRUKTIONSLÖSNINGAR	69
7.4	PROJEKTERING	69
8	REFERENSLITTERATUR.....	71
9	FIGURLISTA.....	73
10	TABELLISTA	74
11	FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR	75

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Tanken bakom detta examensarbete är att skapa ett sammanhang och en förståelse för hur villor projekteras och utformas. Rapporten ska ge tankar och idéer för oerfarna villaprojektörer.

Orsaken till valet av examensarbetet var från början en tanke om att någon gång i framtiden förverkliga en dröm om att kunna uppföra en egen projekterad villa.

1.2 Omfattning och avgränsning

Som huvudspår projekteras en 2-plans villa med trästomme och träfasad. Projekteringen innefattar både dimensionering och utformning av den fysiska byggnaden och dimensionering och utformning av installationer. Fördelen med att som projektör både kunna behandla den fysiska byggnaden såväl som installationerna är att man bör få en bättre samverkan mellan de olika beståndsdelarna och byggnaden kan behandlas mer som en enhet, där samma mål och krav kan eftersträvas på hela byggnaden. Projekteringen utgår från en befintlig tomt.

Om man väljer att bygga den projekterade villan, vem ska utföra entreprenaden? Ett större entreprenadföretag eller ett mindre. Vilka fördelar/risiker finns det med att välja ett stort resp. litet företag?

En undersökning görs av hur krav och val som ställs upp vid en projektering kan komma att uppfyllas om man istället skulle vända sig till en husfabrik ex. Modulent, som tillverkar hela moduler på fabrik som sedan monteras på plats. Kommer man att ha samma möjligheter att påverka utformningen av ett hus byggt av dem, så att det till stora delar blir ett hus motsvarande det projekterade? Har de ett så stort utbud av valmöjligheter i utformningen så att de kan uppfylla kraven från en egen projekterad villa? Om de kan erbjuda detta, vad kommer då att skilja den projekterade villan från deras. Vad skulle fördelarna vara med att välja en villa bestående av moduler typ Modulent? Hur ser kostnadsbilden ut för en förtillverkad villa jämfört med ett lösvirkeshus? För att få en någorlunda rättvis jämförelse av kostnaderna görs en kostnadskalkyl av den projekterade villan via Wikells sektionfakta, [1].

Installationerna dimensioneras till viss del för hand, men en del tas även fram med hjälp av försäljare/tillverkare. Ledningsdragning och komponenter redovisas och diskuteras.

Rapporten ska behandla de olika valen som görs i utformningen. Valen beskrivs, kommenteras och jämförs i viss mån med andra alternativ.

2 Byggnormer

2.1 Lufttätthet

Luft rörelser i och kring en byggnad påverkar byggnadens ventilation, värme- och fuktbalans samt fuktillståndet i byggnadsdelar. Effekterna kan vara:

- lokala luftläckage genom väggar, som orsakar drag, nedsmutsning, värmeförluster och fuktskador.
- luft rörelser i spalter och porösa material, som nedsätter värmeisoleringsförmågan.
- luft rörelser utefter väggytor som påverkar väggens värmeisoleringsförmåga och nedsmutsning.
- luft rörelser som kan störa ventilationssystemets funktion.

På grund av dessa och andra orsaker ställs följande krav på byggnaders lufttätthet i Boverkets Byggregler 9:212, [4].

- Vid bostäder gäller att byggnadens klimatskärm skall vara så tät att det genomsnittliga luftläckaget vid ± 50 Pa tryckskillnad inte överstiger $0,8 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$. Lufttättheten bestäms genom provtryckning. Lämplig metod för mindre byggnader beskrivs i svensk standard SS 02 15 51.

Täta hus påstås ibland orsaka fuktskador. Om luftomsättningen är för låg beror detta emellertid på att ventilationssystemet inte fungerar på avsett sätt. Ju tätare huset är, desto bättre fungerar det mekaniska ventilationssystemet, [2].

2.2 Effektiv värmeanvändning

BBR 9:3 Effektiv värmeanvändning

- Byggnader vars energibehov för uppvärmning av ventilationsluft överstiger 2 MWh/år, skall förses med särskilda anordningar som begränsar energiförlusterna om värmeenergiebehovet
 - i huvudsak tillgodoses med olja, kol, gas eller torv eller
 - tillgodoses med el helt eller delvis under perioden november t o m mars.
- Anordningarna skall medföra att byggnadens behov av energi minskas med minst 50 % av den energimängd som behövs för uppvärmning av ventilationsluften.
- Råd: Föreskriftens krav är uppfyllt om byggnaden förses med lämpligt dimensionerad, med hänsyn tagen till distributionsförluster och förekommande drivenergi,
 - ventilationsvärmväxlare,
 - värmepump eller
 - solvärmeinstallationeller om annan byggnadsteknisk åtgärd vidtas, som ger motsvarande minskning av värmeenergiebehovet.

Kommentar: Föreskrifterna blir således uppfyllda vid uppvärmning via bergvärmepump (se vidare avsnitt 5.1.1 s. 32).

2.3 Klimatskärmens värmeisolering

I BBR 9:211 Värmeisolering ställs krav på den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten U_m för bostäder. U_m som bestäms enligt formel (II) får för de byggnadsdelar som omsluter bostaden inte överskrida de värden som beräknas enligt följande formel (I):

$$U_{m,krav} \text{ för bostäder} = 0,18 + 0,95 \frac{A_f}{A_{om}}, \quad (W / m^2 K) \quad (I)$$

Areal A_f får därvid medräknas med högst $0,18A_{upp}$.

Beteckningar

- A_f sammanlagd area (m^2) för fönster, dörrar, portar o.d., beräknat med karmyttermått.
 A_{om} sammanlagd area (m^2) för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft. Med omslutande byggnadsdel avses sådan byggnadsdel som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmt eller icke uppvärmt utrymme.
 A_{upp} uppvärmd bruksarea (m^2) enligt SS 02 10 52 (1).

U_m skall beräknas för den sammanlagda yta som gränsar mot uppvärmd inneluft för de byggnadsdelar som begränsar ett utrymme mot det fria, mot mark och mot delvis uppvärmt eller icke uppvärmt utrymme.

$$U_m = \sum_{i=1}^n \frac{U_i A_i}{A_{om}}, \quad (W / m^2 K) \quad (II)$$

där U_i är värmegenomgångskoefficienten för varje omslutande byggnadsdels yta.

$$U_i = \alpha_1 \alpha_2 (U_p - \alpha_3), \quad (W / m^2 K) \quad (III)$$

$$U_p = \frac{1}{R_p} + \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_k + \Delta U_w, \quad (W / m^2 K) \quad (IV)$$

Beteckningar

- U_p praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient för en byggnadsdel, bestämd enligt (IV).
 A_i arean (m^2) för byggnadsdelens yta mot uppvärmd inneluft. För fönster, dörrar, portar o.d. beräknas A_i med karmyttermått.
 α_1 reduktionsfaktor avseende markens värmelagring.
 α_2 temperaturfaktor för korrigering till innetemperaturen $+20 \text{ }^\circ\text{C}$.
 α_3 avdrag från fönsters mörker-U-värde med hänsyn till solinstrålning. Avdrag medges endast för fönsterareor $\leq 15 \%$ av A_{upp} .
 R_p praktiskt tillämpbart värmemotstånd ($m^2 K/W$).
 ΔU_f korrektion för köldbryggor i form av fästanordningar o.d.
 ΔU_g korrektion för ofullkomligheter vid montering av byggnadsdelens komponenter som t.ex. värmeisolering och regler med hänsyn till aktuell produktionsförutsättning och kontroll.

- ΔU_k korrektion för ofullkomligheter vid montering av byggnadsdelens komponenter som t.ex. värmeisolering och regler beroende på byggnadsdelens konstruktiva utformning.
- ΔU_w korrektion för nederbörd och vind vid omvända tak.

Kontrollen av ovanstående krav sker via Isover/Gullfibers program GF-Norm (se Bilaga 1).

2.4 Dimensionering

2.4.1 Stomme

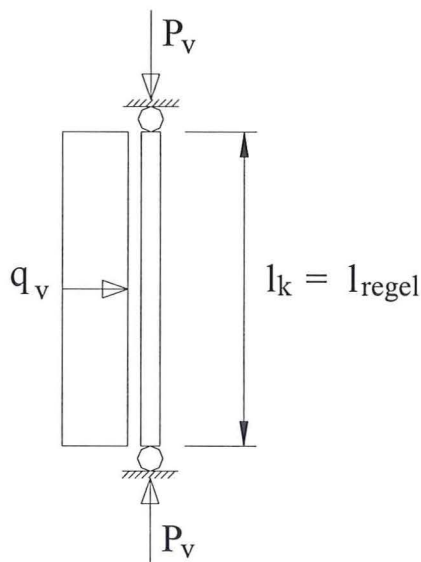
Dimensionering av bärande konstruktioner sker i brottgränstillstånd och bruksgränstillstånd. Vid dimensionering i brottgränstillståndet krävs att den bärande konstruktionen skall ha betryggande säkerhet mot brott vid avsedd användning. Det finns tre säkerhetsklasser. Säkerhetsklass 3 omfattar byggnadsdelar som vid ett brott ger de allvarligaste brottkonsekvenserna och säkerhetsklass 1 innebär de minst allvarliga konsekvenserna. För dimensionering i bruksgränstillstånd anger normerna i princip endast vilka lastkombinationer som skall kontrolleras och vad kontrollen skall avse:

- permanent skada som inte innebär brott
- tillfällig olägenhet

Väggar

Normalt belastningsfall för träregelväggar (se Figur 1)

- reglarna beräknas uppta hela lasten
- skivor endast avstyvande
- knäcklängd $l_k = \text{vägghöjd } l_{\text{regel}}$
- ingen inspänning i anslutande konstruktionsdelar
- dimensionerande belastning = vindlast q_{vind} + max vertikal last P_v



Figur 1. Belastningsfall väggregel

Vid dimensionering i *brottgränstillståndet* är normalt lastkombination 1 avgörande. Dimensionerande lasteffekt S_d av lastkombination 1 beräknas enligt följande:

$$S_d = \sum 1,0G_k + 1,3Q_{k1} + \sum_{i=2}^n 1,0\psi Q_{ki}$$

där G_k = lasteffekter av permanenta laster
 Q_{k1} = lasteffekt av huvudlasten
 Q_{ki} = lasteffekter av övriga variabla laster

Tre alternativ av huvudlast kan vara aktuella i lastkombination 1:

- snölasten
- nyttig last på bjälklag
- vindlasten

Dimensionerande hållfasthetsvärden R_d vilka jämförs med dimensionerande lasteffekt S_d , bestäms med hänsyn till kortvarigaste lasttyp i lastkombinationen och klimatklass. Lasterna delas in efter varaktighet i olika lasttyper P, A, B och C. Lasttyp P (permanent last) har längst varaktighet och lasttyp C (t ex vindlast) har kortast varaktighet. Klimatklasserna 0, 1, 2 och 3 betecknar hur den relativa fuktigheten i konstruktionen är. Klimatklass 0 är den klass med minst relativ fuktighet (t ex innerväggar i varaktigt uppvärmda byggnader) och klimatklass 3 betecknar konstruktioner som är utsatta för den högsta relativa fuktigheten (t ex väggar i byggnader som bara tidvis är uppvärmda).

För dimensionering i *bruksgränstillstånd* görs kontroll av dels permanent skada som inte innebär brott (lastkombination 8) och dels tillfällig olägenhet (lastkombination 9).

Lastkombination 8:

$$S_d = \sum 1,0G_k + 1,0Q_{k1} + \sum_{i=2}^n 1,0\psi Q_{ki}$$

där G_k = lasteffekter av permanenta laster
 Q_{k1} = lasteffekt av huvudlasten
 Q_{ki} = lasteffekter av övriga variabla laster

Lastkombination 9:

$$S_d = \sum 1,0G_k + \sum_{i=1}^n 1,0\psi Q_{ki}$$

där G_k = lasteffekter av permanenta laster
 Q_{ki} = lasteffekter av alla variabla laster

Vilka funktionskriterier som ska gälla får bedömas från fall till fall. Ytterväggar kan t ex dimensioneras så att utböjningen för lastkombination 9 begränsas till 1/150-del av våningshöjden. Avväxlingsbalkar över fönster och dörrar dimensioneras så att inte nedböjningen av lastkombination 8 ger upphov till permanent skada, t ex att en fönsterruta spräcks. I praktiken innebär detta en nedböjning på högst 10-15 mm.

Bjälklag

Vid dimensionering i *brottgränstillståndet* är alternativet med nyttig last som huvudlast det enda förekommande. Nyttig last delas dock upp i en fri och en bunden del. Dessa kan placeras ut på två olika sätt för att åstadkomma max fältmoment respektive max stödmoment (se Bilaga 3). Även för bjälklag blir lastkombination 1 avgörande i brottgränstillstånd. I övrigt gäller samma beräkningsprincip som för väggar.

Vid dimensionering i *bruksgränstillståndet* beräknas deformationerna till följd av moment i balken. Egentligen bör även deformationerna till följd av skjuvkraften i balken adderas till den totala deformationskontrollen, men då balken är förhållandevis lång i förhållande till balkhöjden kan skjuvdeformationens bidrag uppskattas till mindre än 5 % när $l/h = 20$, [45]. Balken kontrolleras för tillfällig olägenhet enligt lastkombination 9 och för svikt i bjälklag (se Bilaga 3).

2.4.2 VVS

Tappvatten

Tappvatteninstallationen dimensioneras enligt *Förenklad dimensionering av tappvatteninstallationer* beskriven i [41]. Förenklad dimensionering är avsedd att enkelt och snabbt ge resultat enbart med hjälp av tabeller och så långt som möjligt utan beräkningar samt att ge enhetliga längder och dimensioner med minsta möjliga variantantal. Förenklad dimensionering ger inte någon beräkningsmässigt exakt dimensionering. Metoden ger alltid avvikelser uppåt eller nedåt, men fördelarna och möjligheterna till standardisering måste beaktas i valet mellan denna metod och en exakt beräkningsmetod, som blir mycket mer komplicerad.

Spillvatten

Spillvatteninstallationen dimensioneras enligt *Förenklad dimensionering av spillvattenledning* beskriven i [41]. Denna metod ger på ett enkelt sätt så gott som helt utan särskilda beräkningar funktionsenliga ledningsdimensioner och ledningsfall. Målsättningen med dimensioneringen är att åstadkomma att det sannolika flödet utan olägenheter och med betryggande säkerhet kan avledas, att tryckförändringar som bryter luktlås undviks samt att kapacitetsminskande slamavlagring inte uppstår.

Dagvatten

Avvattningsledningarna dimensioneras enligt en förenklad metod som anges i *Installationsteknik AK för V*, [43], som är hämtad ur VA-handboken. Beräkningsgången för taklutningar $>4^\circ$ används.

Ventilation

Ventilationssystemen dimensioneras enligt beräkningsgången för mekaniskt ventilationssystem med metoden konstant friktionstryckfall vid kanaldimensionering beskriven i *Installationsteknik AK för V*, [43]. Det konstanta friktionstryckfallet per meter kanallängd, R väljs till 1 Pa/m, vilket ger låg hastighet nära frånluftsdonen. Metoden är särskilt vanlig vid dimensionering av frånluftskanaler.

2.4.3 Brand

Brandskyddsregler syftar till att:

- förebygga uppkomst av brand,
- möjliggöra trygg utrymning vid brand,
- upprätthålla byggnadsdelars bärförmåga vid brand,
- minska risken för spridning av brand,
- underlätta släckning av brand.

Brandteknisk klassindelning av byggnader, BBR 5:21

Byggnader klassificeras brandtekniskt med hjälp av tre klasser:

- Br 1 - Byggnad där brand medför stor risk för personskador
- Br 2 - Byggnad där brand kan medföra måttlig risk för personskador
- Br 3 - Övriga byggnader

Brandteknisk klassindelning av byggnadsdelar, BBR 5:221

Byggnadsdelar klassificeras beroende på funktionerna:

- R (bärförmåga),
- E (integritet),
- I (isolering).

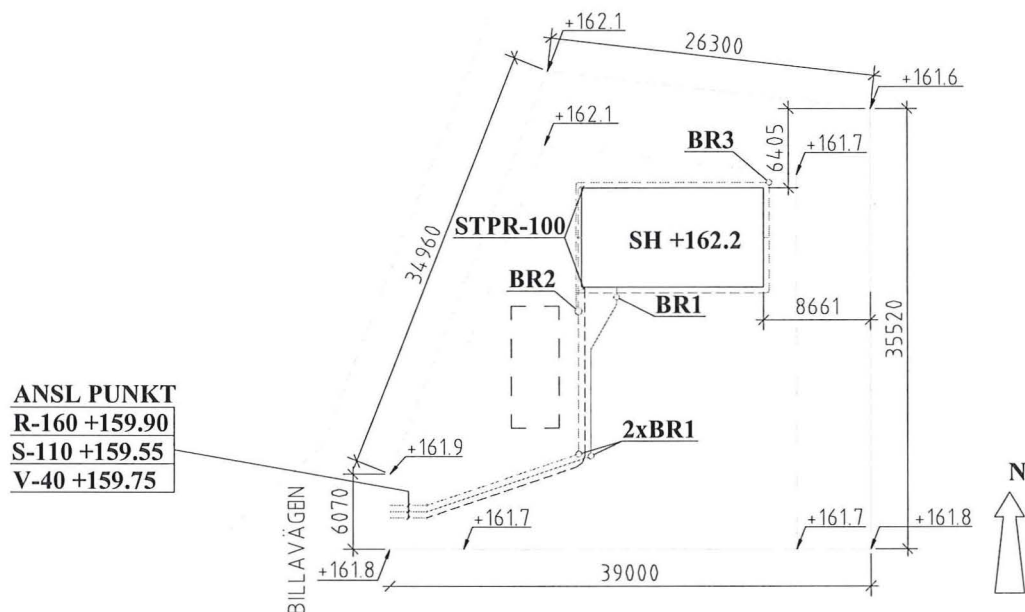
Beteckningarna R, RE, E, EI och REI åtföljs sedan av ett tidskrav, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 eller 360 minuter. Klassificeringen kan kombineras med olika beteckningar för material, beklädnad och ytskikt.

Träväggar klarar normalt brandskyddskrav avseende bärande och avskiljande förmåga i byggnader i klass Br 2 och Br 3.

3 Förutsättningar

3.1 Placering

Projekteringen utgår från en befintlig tomt belägen i Värends Nöbbele, 3 mil sydost om Växjö med gatuadress Billavägen 16. Tomtarean är 1255 m² och angränsar mot blandskog åt öster. Tomtytan är förhållandevis plan med en största nivåskillnad på 50 cm (se Figur 2).



Figur 2. Situationsplan.

3.2 Storlek

Vid upprättande av planlösning och val av storlek på Villa Nöbbele har följande tagits i beaktande:

- Enfamiljsvilla för 4-5 personer.
- Separata sovrum ska finnas för alla familjemedlemmar på ovanvåning (föräldrar + ev. 3 barn ger 4 rum på ovanvåning).
- Ett rum i bottenvåning som kan fungera som gästrum/kontor.
- En familjetoalett på ovanvåning och en gästtoalett på bottenvåning.
- Kök bottenvåning innehållande diskmaskin, bra utrymme för förvaring och arbetsmöjligheter och matplats.
- Minst ett förrådsutrymme antingen på botten- eller ovanvåning.
- Inga snedtak i ovanvåning vilket ger förutsättningen för 2-plansvilla.
- Möjlighet till inplanering av öppen spis i framtiden.
- Tvättstuga med tvättmaskin, torkskåp och ev. torktumlare.
- Uteplats i anslutning till vardagsrum, balkong ej nödvändig.
- Önskemål om valmat mansardtak.

Vid utformningen av planlösningen används även kapitlen *utrymmesmått* B04:4 och *bostadens planlösning och utrustning* B11:3 i Handboken Bygg, Byggnadsplanering, [3]. Kapitlet *utrymmesmått* tar upp måttkrav för olika funktioner och dess kombinationsprinciper.

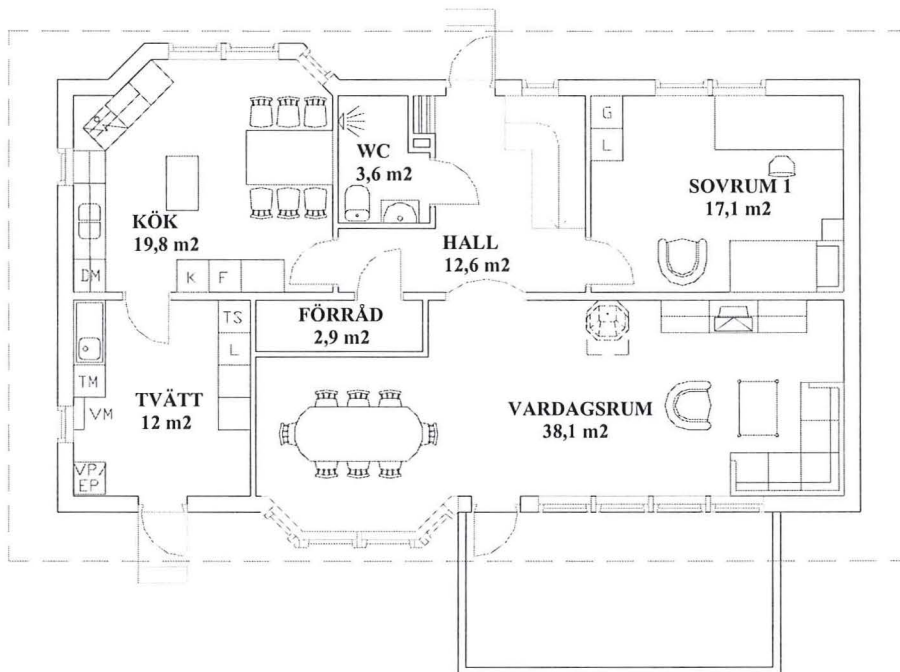
Kapitlet *bostadens planlösning och utrustning* behandlar utrymmes- och utrustningskrav för boendets funktioner och aktiviteter.

Utformningen av bostaden regleras även i BBR 3:21. Där föreskrivs bl. a att det ska finnas:

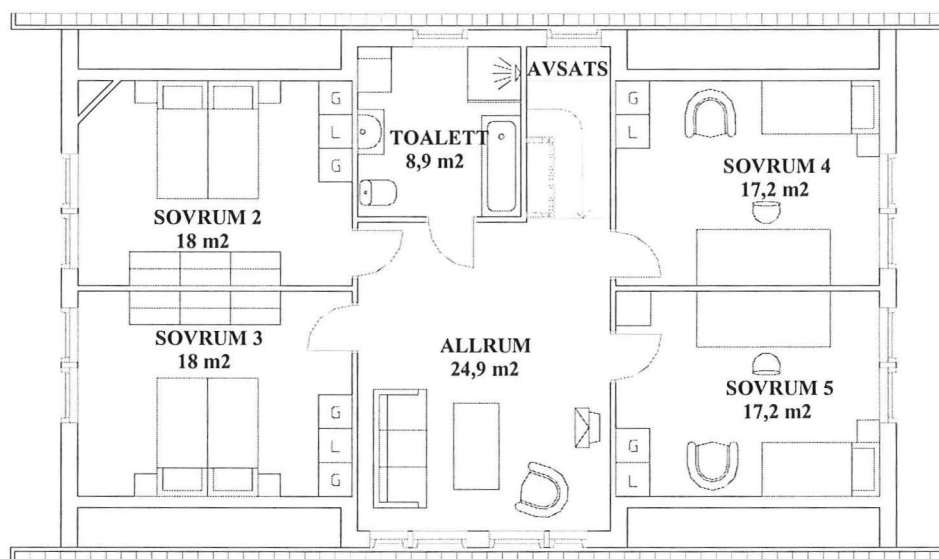
- minst ett rum med inredning och utrustning för personhygien,
- rum eller avskiljbar del av rum för daglig samvaro,
- rum eller avskiljbar del av rum för sömn och vila,
- rum eller avskiljbar del av rum med inredning och utrustning för matlagning och förvaring av livsmedel (kök),
- utrymme för måltider i eller i närheten av köket,
- utrymme för hemarbete,
- entréutrymme som ger plats för ytterkläder o.d. samt
- utrymmen för förvaring.

Rumshöjden föreskrivs i BBR 3:11. I bostäder skall rumshöjden vara minst 2,40 m, men i småhus får dock rumshöjden i vindsvåning vara 2,30 m.

Resultatet av ovanstående kriterier formade planlösningarna (se Figur 3 och Figur 4).

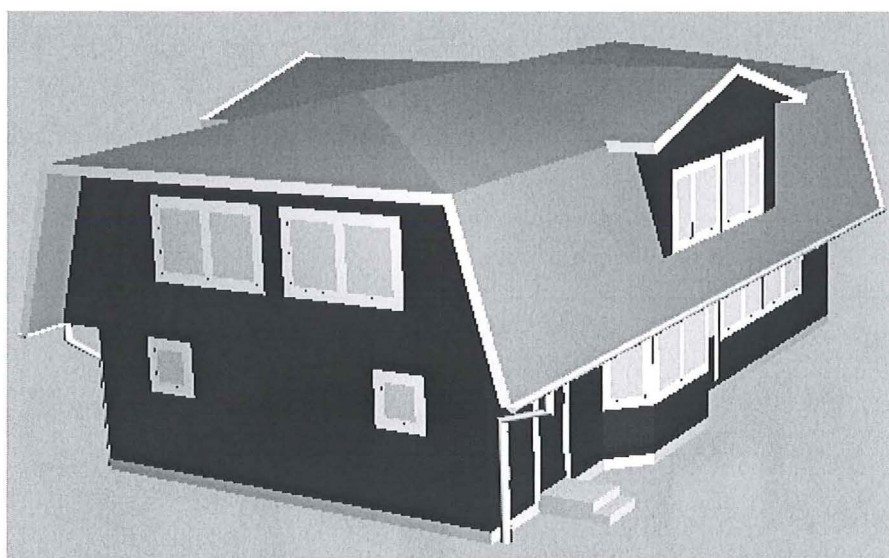


Figur 3. Planlösning Villa Nöbbele bottenvåning.



Figur 4. Planlösning Villa Nöbbele ovanvåning.

Villans BRA¹ är 222 m² varav 110 m² på bottenplanet och resterande 112 m² på ovanplanet. BTA² är 248 m² varav hälften på var plan. I Figur 5 visas en parallellperspektivvy på villan.



Figur 5. 3D-modell av Villa Nöbbele i parallellperspektiv.

3.3 Stomme och fasad

Villan projekteras under förutsättningen att den bärande stommen utförs i träregelverk. Anledningen till detta är bl.a. att virke skall kunna utvinnas ur egen skog. Stommen ska utformas för att rymma den isoleringsmängd som rekommenderas enligt Svenska hus och Energianvändning, [5]. Denna rekommendation innebär minst 300 mm mineralull i ytterväggskonstruktionen och en eftersträvan av 500 mm lösfillnadsisolering i vindsbjälklaget. Grundläggningsmetod väljs under projekteringen och redovisas i avsnitt 4.4. Villan ska förses med träfasad i form av stående panel med lockbräder enligt HusAMA 98 HSD.162, [6].

¹ BRA - bruksarea, begränsas av ytterväggens insida.

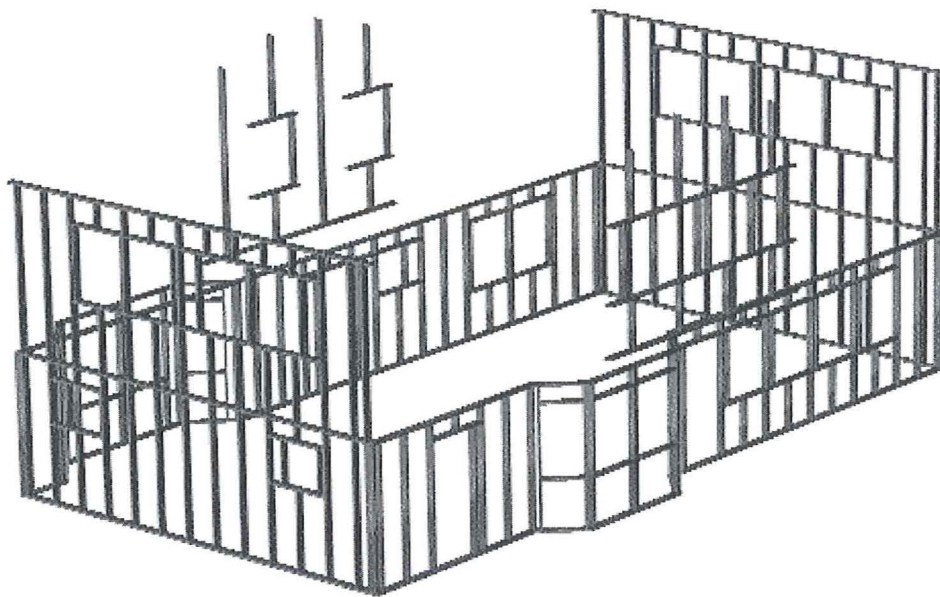
² BTA - bruttoarea, begränsas av ytterväggens utsida.

4 Byggnad

4.1 Stomsystem

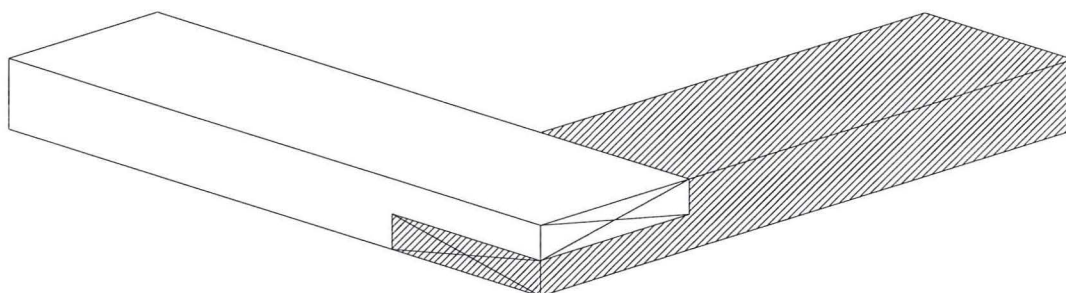
4.1.1 Väggar

I projekteringsförutsättningarna föreskrivs träregelverk. I de bärande väggarna väljs därför ett träregelverk med dimensionen 45 x 145, K12 c/c 600 (enligt konstruktionsberäkningar, Bilaga 3), bestående av hammarband, syll och stående regler (se Figur 6, där hjärtväggen i nedre plan ej är inritad).

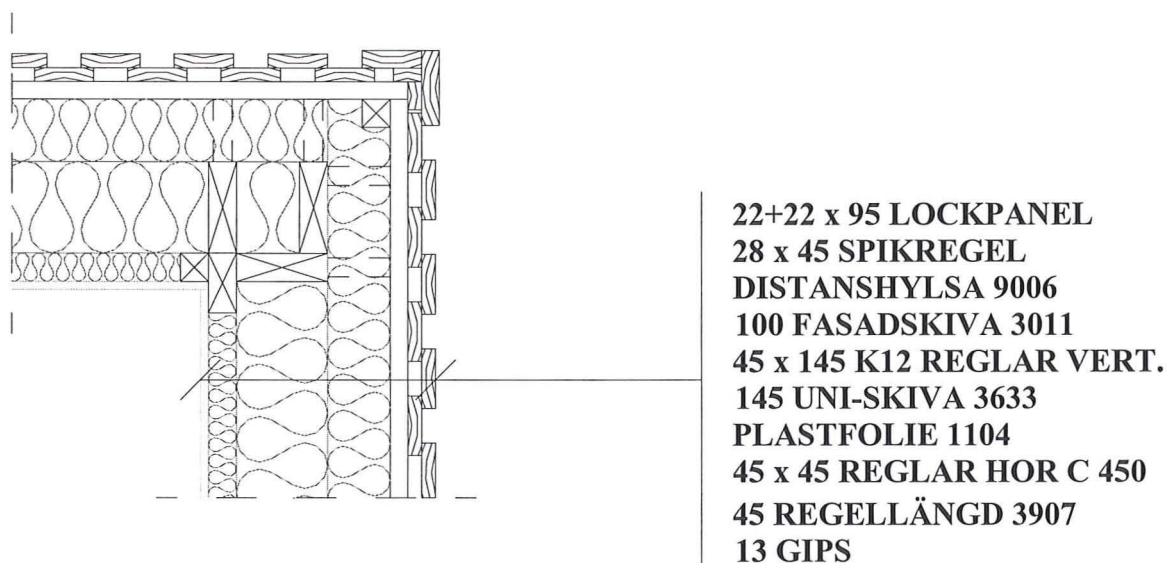


Figur 6. Regelstomme

Ur isolersynpunkt krävs, förutom den bärande stommen, en uppregling antingen innanför eller utanpå bärande väggreglar eller både och, för att få mer utrymme för isolering. Här väljs en uppregling på insidan bestående av liggande regler 45 x 45 med mellanliggande isolering. Utvändigt sätts ett obrutet isolerskikt med distanshylsor, som spikläkten för panelen fästs i (se vidare avsnitt 4.2). Observera att det endast förekommer gips på insida yttervägg. Utvändigt skyddas väggen endast av panelen med bakomvarande luftspalt och en vindpapp på den utvändiga isoleringens insida. Anslutningen mellan väggarna i hörnen sker enligt Figur 8. Syllarna förläggs i hörnen halvt i halvt och hammarbanden likaså (se Figur 7).



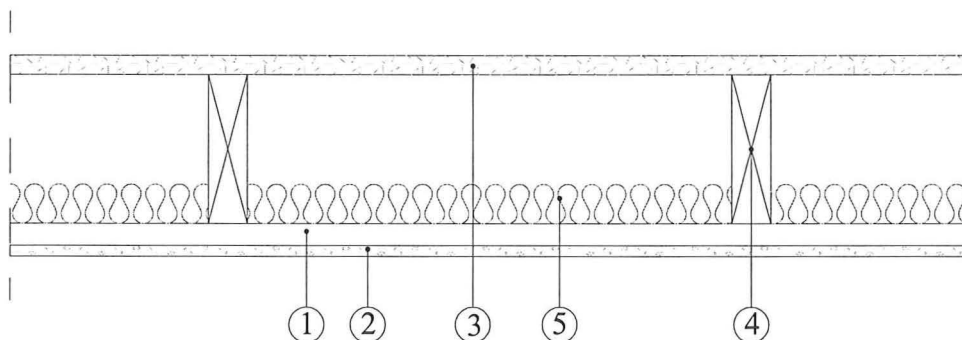
Figur 7. Syllanslutning i hörn



Figur 8. Hörnanslutning

4.1.2 Mellanbjälklag

Mellanbjälklaget byggs upp av bjälkar (45 x 220, K24 c/c 600, se Bilaga 3), varav varannan utgör underarm i takstolen. Ovanpå bjälkarna spiklimmas 22 mm spånskivor som ingår i golvvärmesystemet (se avsnitt 5.1.2). Under bjälkarna spikas glespanel och på glespanelen läggs minst 50 mm stegljudsisolering. Typkonstruktionen som valts visas i Figur 9. Den motsvarar brandklass REI 15³ och är hämtad på Gyprocs hemsida, [7].



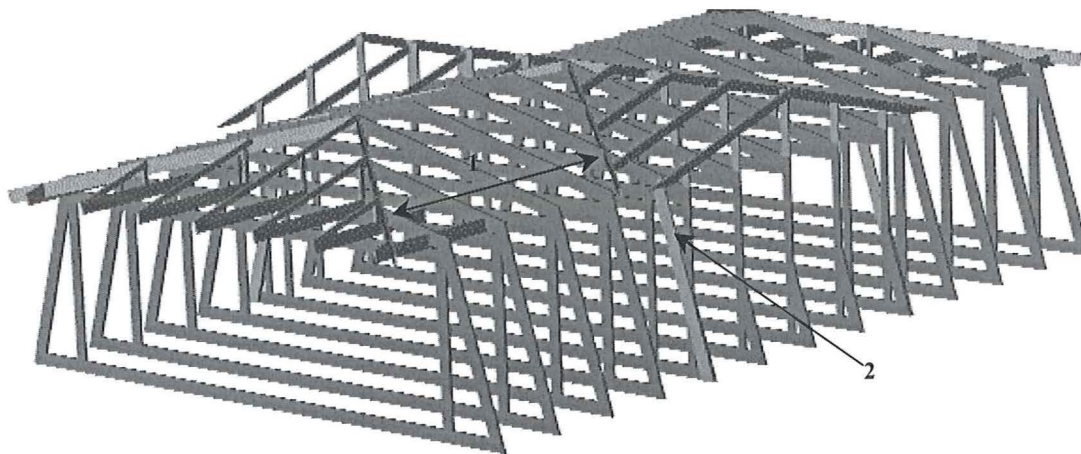
1. Glespanel av trä, c max 400 mm
2. 12,5 mm Gyproc Normal Ergo, alt Gyproc Kortplank
3. Min 22 mm spontad beklädnadsskiva
4. Bärande bjälkar, min 45 x 170, c max 600 mm
5. Min 45 mm mineralull vid ljudisoleringskrav

Figur 9. Mellanbjälklag REI 15

³ REI 15 betecknar att konstruktionens bärförmåga, integritet och isolering ska klara en brandbelastning under 15 minuter, BBR 98 5:221.

4.1.3 Tak

Taket bärs upp av dels färdigtillverkade takstolar (se bilaga 9) och dels platsbyggda. Takstolarna ställs på den bärande ytterväggens hammarband och fästs in med vinkeljärn och plåtband. De färdigtillverkade takstolarna placeras två stycken vid varje sida om kuporna. De fem takstolarna vid takkuporna är platsbyggda, liksom de vid valmningen. Hela takstommen visas i Figur 10. De två kuporna är uppstolpade liksom valmningen vid gavlarna. Ett litet problem som uppstår vid övergången mellan valmning/tak långsida och takkupa/tak långsida är att råsponten ska fästas in i denna skarv. Därför har bärlinor placerats i dessa skarvar (markerat med 1 i figuren). Samma problem uppstår på bägge sidor om takkuporna vid övergången mellan tak långsida/kupväggsidorna (markerat med 2 i figuren). Även här har en bärlina placerats som råsponten kan fästas in i.



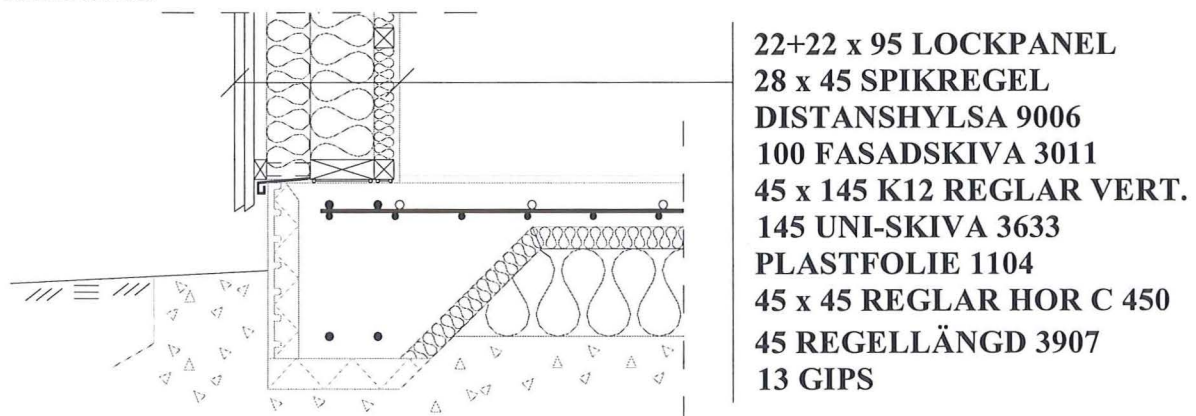
Figur 10. Takstomme

Yttertaket består av 22 mm råspont, takpapp (YAP 2500), 25 x 25 mm ströläkt, 25 x 38 mm bärläkt och tvåkupiga betongtakpannor.

4.1.4 Anslutningar

Platta/vägg

Anslutningen mellan platta och vägg visas i Figur 11. Syllen och trä i övrigt som ligger direkt på betongplattan skyddas av mellanlägg av EPDM-gummilist med polyetenfilm, och vatten som tränger igenom fasadpanelen leds ut över sockelkanten via ett droppbleck (se vidare avsnitt 4.5.1). De vertikala krafterna förs ner genom ytterväggen och vidare ner genom kantbalken.

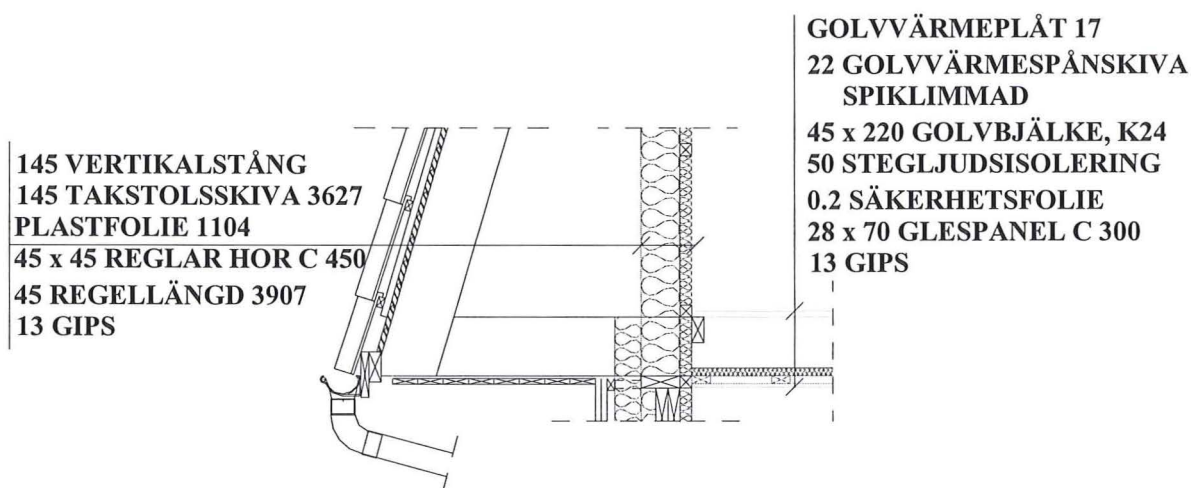


Figur 11. Anslutning platta/vägg

Vägg/mellanbjälklag

Anslutningen mellan vägg och mellanbjälklag visas i Figur 12. En viktig notis vad gäller anslutningen mellan vägg/mellanbjälklag är att ångspärren i stödbensväggen måste anslutas tätt till ångspärren, som kommer upp genom bjälklaget från ytterväggen. Detta krävs för att uppnå tillräcklig lufttätning. Ett överlapp på minst 200 mm rekommenderas enligt [12]. Viktigt är även att genomföring för ventilationskanaler etc. i ångspärren görs täta.

Golvvärmespånskivan på mellanbjälklaget behöver stöd utmed dess kanter, därav den tvärgående regeln under spånskivan mellan underramarna. Takstolarna och golvbjälkarna ställs på hammarbandet och krafterna från takstolarna och golvbjälkarna fördelas jämnt mellan de vertikala reglarna i ytterväggen med hjälp av en balk (45 x 145, K18) under hammarbandet. I Figur 12 skymtar dock istället två balkar (45 x 220, K12) under hammarbandet. Dessa behövs för att föra ner krafterna från takstolarna över dörr och fönsteröppningar.



Figur 12. Anslutning vägg/mellanbjälklag

Stödbensvägg/hanbjälklag

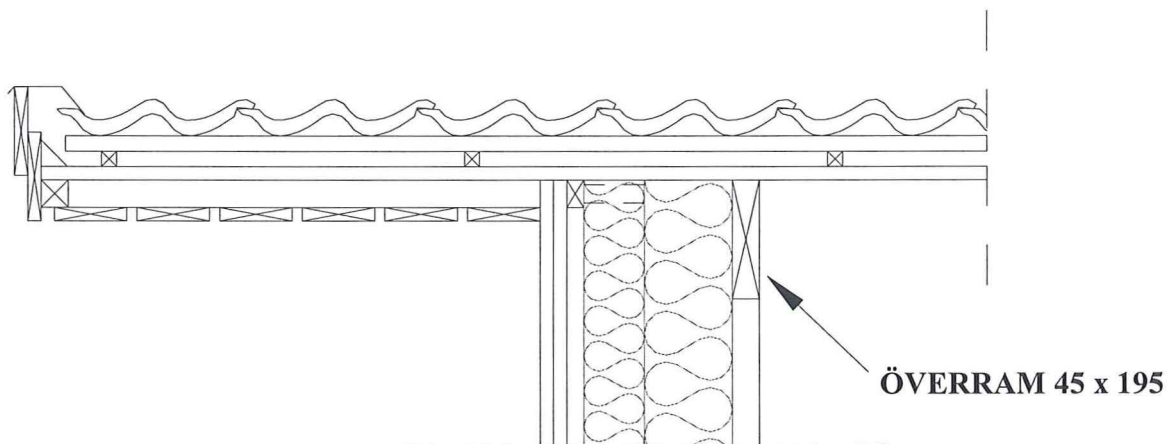
Anslutningen mellan stödbensvägg och hanbjälklag visas i Figur 13. På samma sätt som vid anslutning vägg/mellanbjälklag måste ångspärren i hanbjälklaget anslutas tätt mot ångspärren i stödbensväggen. Isovers "Takfotssystem 1113" placeras någon centimeter under råsponten vid hanbjälklaget för att förhindra att luft strömmar in i hanbjälklagsisoleringen och försämrar dess isolerande egenskaper. Denna lösning ser också till att luft som strömmar in vid takfoten kan passera förbi hanbjälklaget upp i det fria utrymmet över hanbjälklaget.



Figur 13. Anslutning stödbensvägg/hanbjälklag

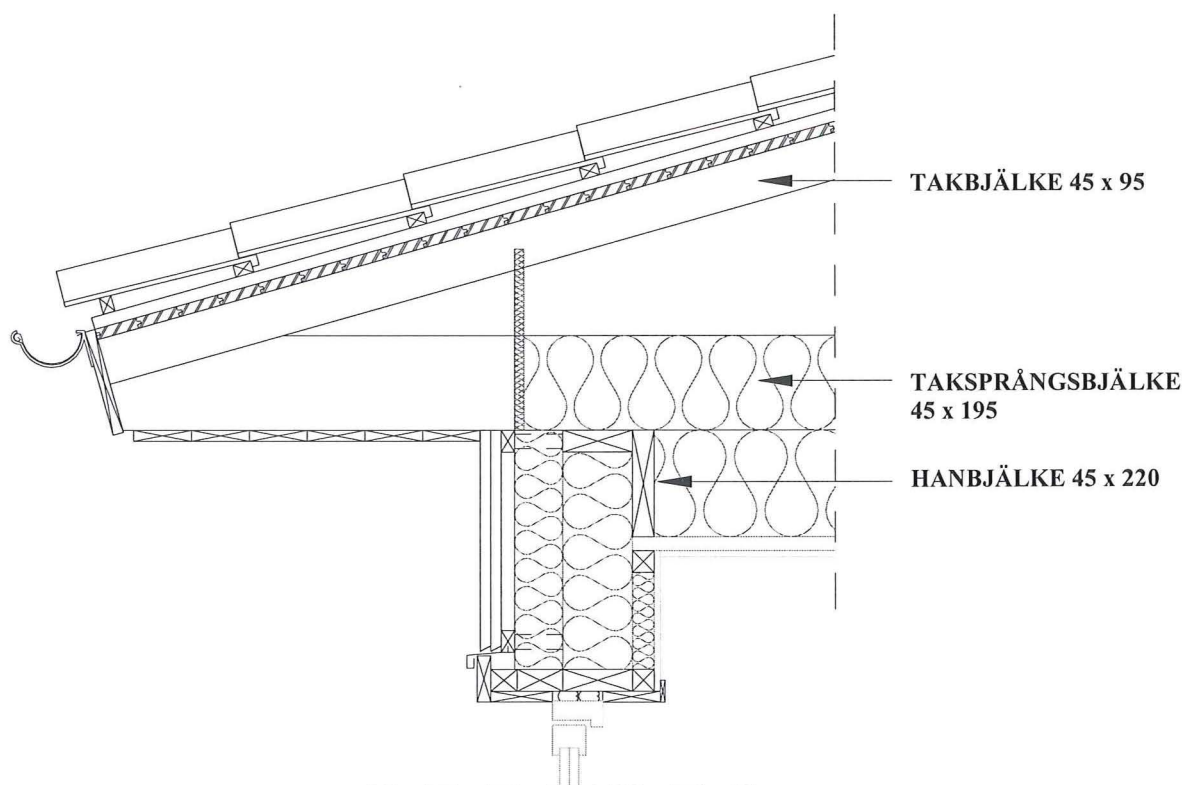
Vägg/tak

Anslutningen mellan gavelyttervägg och tak visas i Figur 14 och Figur 15. Figur 14 visar anslutningen mellan vägg och det nedre höglutande taket. Figur 15 visar anslutningen mellan vägg och det låglutande taket vid valmningen. Det relativt stora taksprånget (≈ 1 m) antas uppnå tillräcklig bärlighet genom en samverkan mellan råspont, strö- och bärläkt och infästningsreglar för vindskivorna. Det kan eventuellt krävas en hållfasthetsberäkning för att verifiera detta antagande.



Figur 14. Anslutning gavelvägg/tak

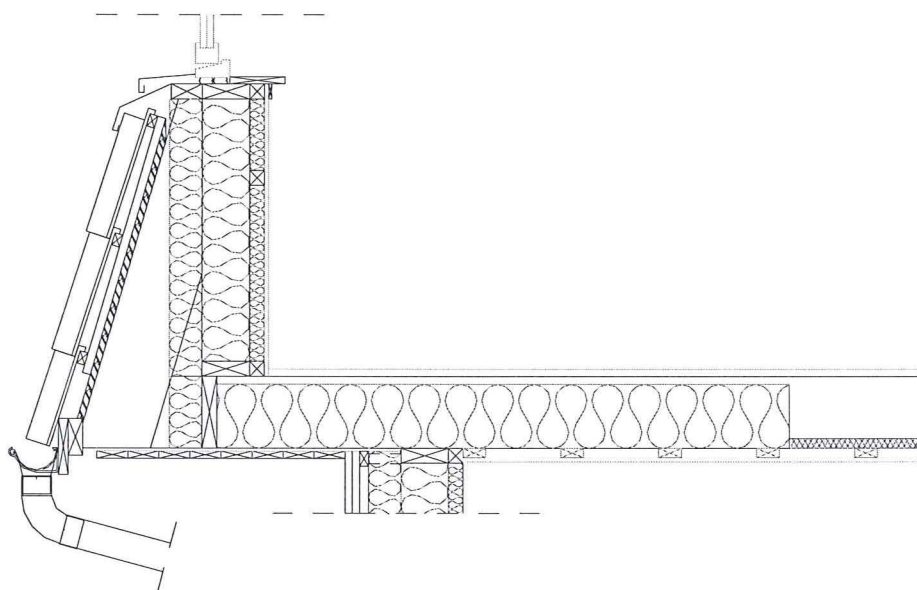
Vid valmning sker en förbättrad bärlighet med hjälp av taksprångsbjälkar som fästs in uppe på de två första takstolarnas hanbjälkar (se även Figur 10 s. 13). I förlängning av fasadskivans yttersida placeras Isovers "takfotssystem 1113" för att förhindra genomblåsning av översta hanbjälklagsisoleringen.



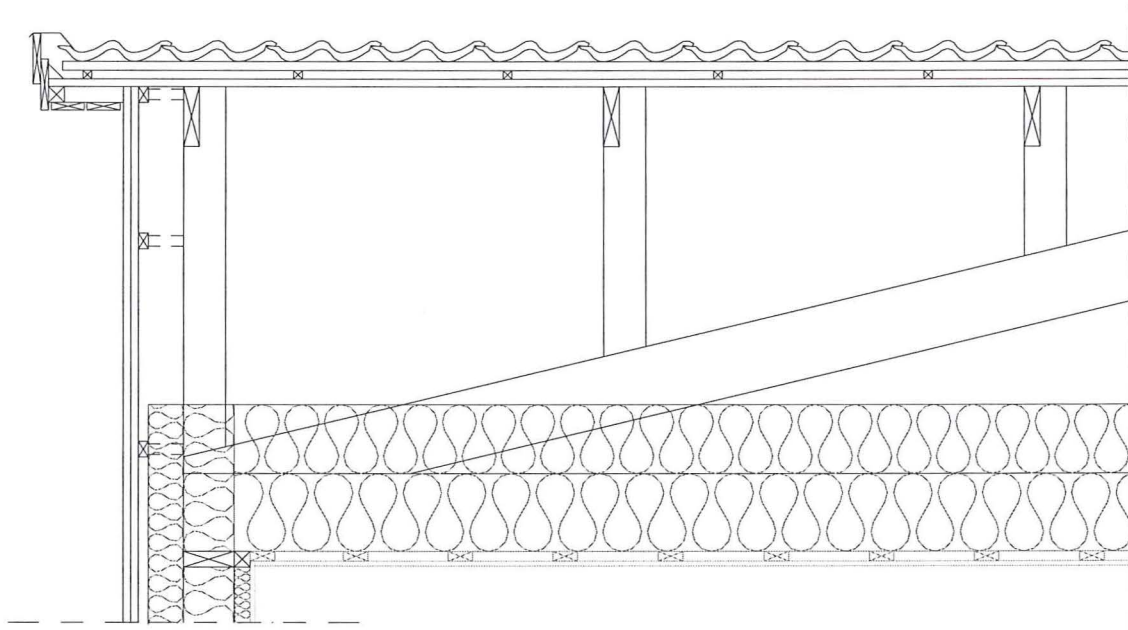
Figur 15. Anslutning gavelvägg/takvalmning

Takkupor

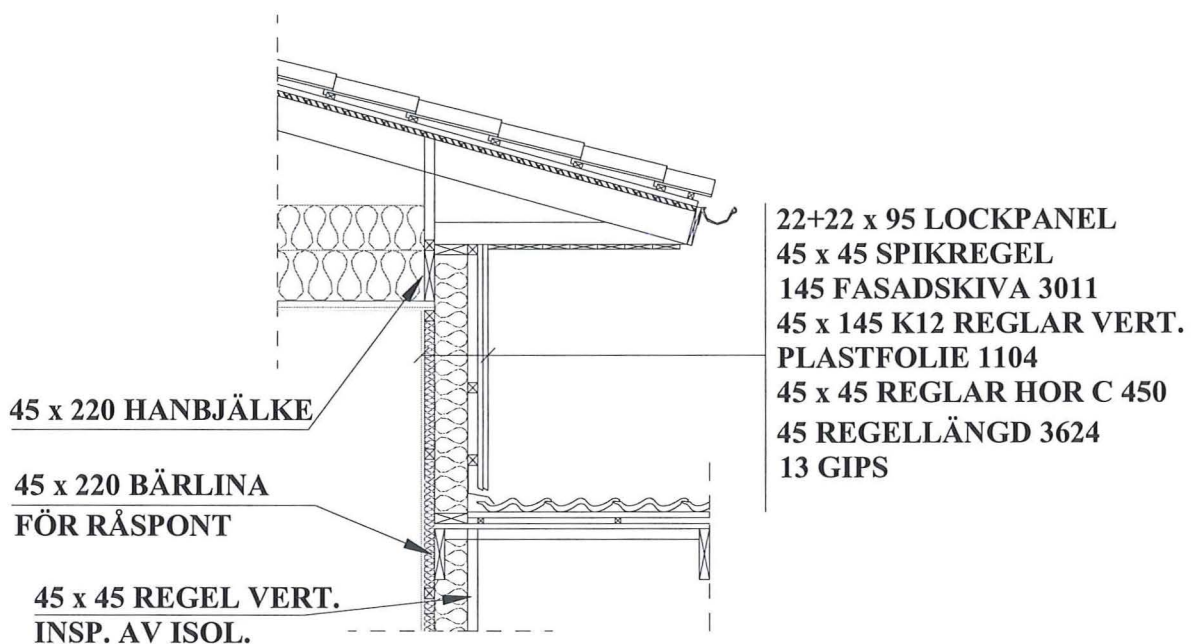
Anslutningen mellan yttervägg, mellanbjälklag och kupfront visas i Figur 16 och anslutningen mellan kupfront och kuptak visas i Figur 17. Figur 18 visar en sektion på kupan framifrån. Isoleringen i mellanbjälklaget bör sträcka sig minst 1 m innanför yttervägg för att få maximal isolerande förmåga. Isoleringen i kupfrontens yttervägg dras upp förbi hanbjälklaget för att på så sätt hindra luft från att strömma in i isoleringen i hanbjälklaget. Taksprånget på kuporna sträcker sig lika långt ut som underliggande taksprång. Detta resulterar i ett taksprång som endast är ≈ 300 mm på kuporna.



Figur 16. Anslutning kupa



Figur 17. Anslutning kupvägg/kuptak



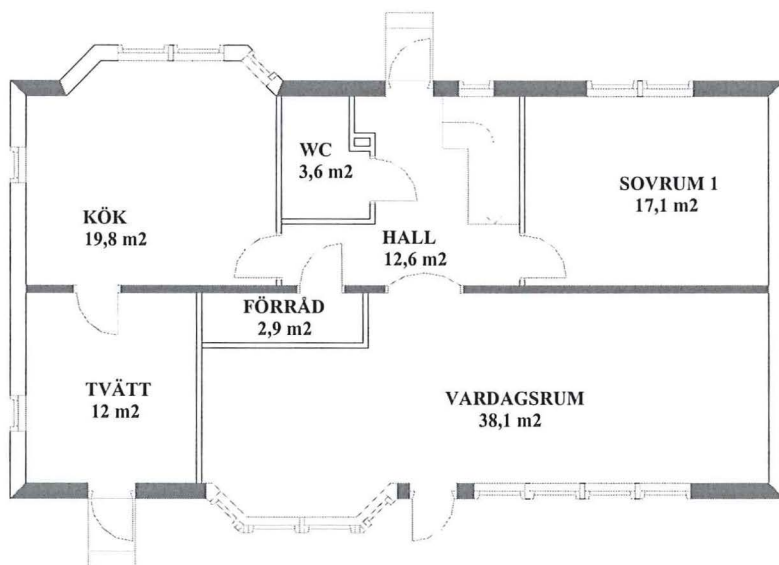
Figur 18. Anslutning kupa längsnitt

4.1.5 Stomstabilisering

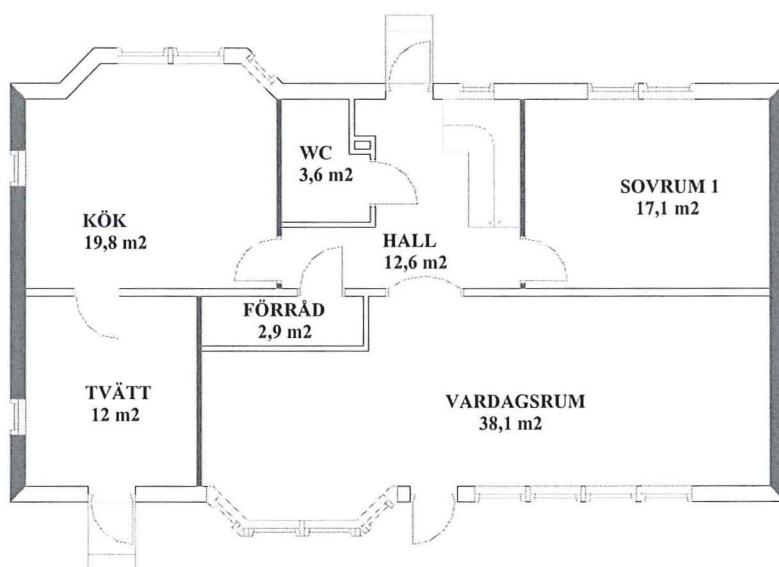
Stabilisering av byggnaden sker via skivverkan, dels via råsponten (med förskjutna skarvar) i taket och dels via gipsskivorna i väggarna. De väggar som verkar stabiliserande för vind mot gaveln visas i Figur 19, och de för fallet vind mot långsidan visas i Figur 20. Man vet av erfarenhet att stabiliteten för småhus är tillräcklig om samtliga yttreväggar har skivbeklädning på åtminstone ena sidan, [17].

Vindlasten kan också ge upphov till uppåtriktade krafter s k lyftkrafter. Dessa motverkas i de flesta fall av egenvikten på konstruktionen. Detta kontrolleras ej i beräkningarna. Därför är

det viktigt att taket förankras väl i hammarbanden via plåtbånd och vinkeljärn och att syllarna förankras i grunden.



Figur 19. Väggar som verkar stabiliserande vid vind mot gavel



Figur 20. Väggar som verkar stabiliserande vid vind mot långsida

4.2 Isolering

Allmänt

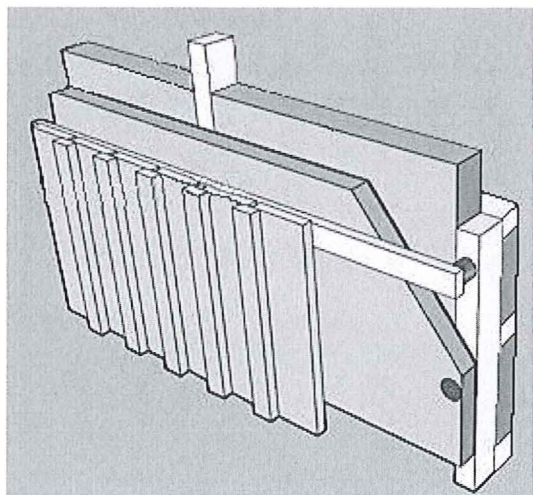
BBR:s krav på värmeisolering kontrolleras enligt metoden beskriven i avsnitt 2.3 via Isover/Gullfibers program GF-norm (se Bilaga 1).

All isolering som nämns nedan är hämtad ur Isover/Gullfibers sortiment, [13] [14], utom isoleringen under avsnitt 4.2.5, som är hämtad ur Paroc/Rockwools sortiment, [15] [16].

4.2.1 Ytterväggar

Isoleringen i ytterväggarna ska följa rekommendationerna i Svenska hus och Energianvändning, [5], som förespråkar minst 300 mm. Konstruktionen består inifrån av:

- 45 mm Regellängd 3907 mellan horisontella reglar.
- 145 mm UNI-skiva 3633 mellan bärande reglar.
- 100 mm Fasadskiva 3011 vilken täcker hela fasaden utan köldbryggor. Utanpåliggande spikläkt fästs med distanshylsa 9006.



Figur 21. Uppbyggnad isolering yttervägg. Jämför Figur 11 s. 13

Mellan UNI-skivan och regellängden placeras en indragen ångspärr (plastfolie 1104), vilket gör att denna film ej behöver brytas när man placerar ut installationerna i väggen. Något man bör tänka på när man drar in ångspärren i väggen är att isolerskiktet innanför denna inte får vara för tjock i förhållande till hela isolertjockleken. Detta kan medföra för låg temperatur på ångspärren vilket i sin tur kan medföra fuktcondensation. En tumregel, enligt [12], är att ångspärren ej ska förläggas längre in i den isolerade delen av väggkonstruktionen än $1/3$ från insidan. I det aktuella fallet $45/290 < 1/3$. En annan grov uppskattning är att värmemotståndet utanför ångspärren bör vara minst dubbelt så stort som det innanför, [17].

Fasadskivan är försedd med vindskyddande papp på ena sidan. Denna sida bör placeras in mot regelstommen för att bäst uppnå täta skarvar mellan de olika skivorna. De olika skivorna kan då fästas dikt mot varandra och mot fast underlag (bärande reglar). Detta isolerskikt kan alltså placeras bakom panelen utan förekomst av typ utegips.

Möjligen kan det tyckas en aning tidskrävande med den korslagda regelstommen då varje gipsskiva på insidan behöver fästas dikt mot ett fast underlag runt kanterna, vilket medför att stående kortlingar måste placeras vid varje vertikal skivskarv. Denna typ av konstruktion krävs dock för att uppnå tillräckligt god isolertjocklek. Alternativet skulle vara att använda lättreglar med motsvarande dimension som väggjockleken. Detta alternativ är dock inte aktuellt i detta fall då förutsättningarna kräver vanliga träreglar.

4.2.2 Stödbensvägg

Stödbensväggen (se Figur 12 s. 14) isoleras med takstolsskiva 3627 då denna passar in på c/c avståndet 1200 mm mellan stödbenen. Takstolsskivan är försedd med vindskyddspapp på bägge sidor varav pappen på insidan sticker ut så att infästning kan ske mot takstolen.

Innanför takstolskivan placeras den indragna ångspärren (jfr ytterväggar) och sedan regellängd 3907 mellan de horisontella reglarna.

4.2.3 Mellanbjälklag

I mellanbjälklaget placeras en 50 mm stegljudsisolering (se Figur 12 s. 14). Stegljudsisoleringen har till uppgift att minska fortplantningen av stegljuden från ovanvåningen. Med tanke på valt uppvärmningssystem krävs också denna isolering för att inte alltför mycket värme från värmeslingorna ska söka sig genom bjälklaget ner till bottenvåningen. Möjligen krävs mer än 50 mm isolering med hänsyn till detta fenomen (se vidare avsnitt 5.1.2).

4.2.4 Hanbjälklag

Hanbjälklaget eftersträvas liksom ytterväggarna att följa rekommendationerna om isolertjocklekar i [5]. Där rekommenderar man som tidigare nämnt 500 mm lösfallnadsisolering. Istället för lösfallnadsisolering har här valts två isolerskikt (se Figur 13 s. 15). Ett skikt bestående av 220 mm UNI-skiva 3633 mellan hanbjälkarna och 195 mm Bjälklagsskiva 3621 ovanpå i ett obrutet skikt. Det sistnämnda har en vindskyddande papp på ovansidan så att inte isoleringen ska genomströmmas av den ventilationsluft som rör sig i utrymmet mellan isoleringen och taket.

På hanbjälkarnas undersida fästs ångspärren upp innan glespanel slås upp.

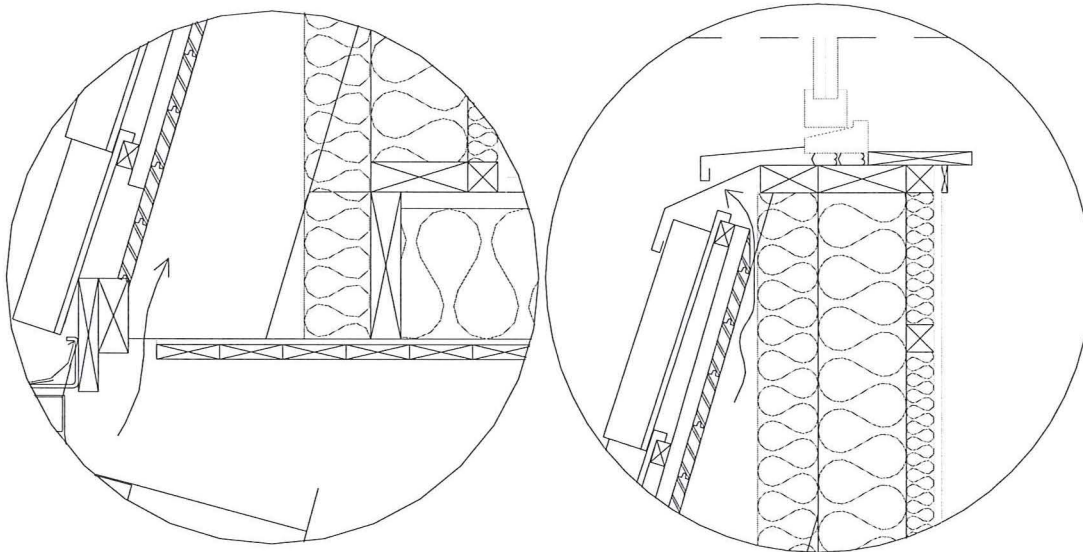
4.2.5 Mark

Kantbalken (se Figur 27 s.25) har isolerats utvändigt med 400 x 2000 mm sockelelement 920-00 och undertill med 70 mm Ecoprimskiva 955-00. Sockelelementet utgör även form vid gjutning och kan monteras på tillhörande montagestöd 922-00. Vid utåtgående hörn kompletteras grundkonstruktionen med horisontell isolering (50 mm Ecoprim) 0,6 m ut från husliv och 1 m in på väggen åt vardera hållet, [16]. Detta minskar grundläggningsdjupet med hänsyn till tjälen som annars skulle bli ganska stort med tanke på den stora isolertjockleken under plattan.

Betongplattan isoleras undertill med 50 + 200 mm stenullsskiva typ Markskiva 389-00. Dessa båda skikt placeras med förskjutna skarvar, så att inga skarvar blir genomgående mellan kapillärbrytande skikt och betongplattan. Minst denna isolertjocklek rekommenderas vid installation av golvvärme i platta på mark enligt skriften "Grundtips för golvvärme", [18]. Uppgifterna om mängden isolering under platta på mark med golvvärme har länge omtvistats (se vidare 5.1.2).

4.2.6 Takfot

För att få erforderlig ventilation i yttertaket lämnas en 50 mm bred springa längst ut vid inbrädningen av taksprånget (markerat med pil i Figur 22 t.v.). Springan som bildas måste förses med insektsnät, vilket kläms mellan takfotsbrädan och yttersta taksprångsbrädan. Luften som kan röra sig under yttertaket måste hindras från att ta sig in i bjälklagsisoleringen. Därför dras fasadskivan i kupfronten ned förbi änden på bjälklagsskivan vid takkuporna. För att säkerställa ventilationen under yttertaket krävs även en springa under fönsterpartiet på kuporna (se pil i Figur 22 t.h.).



Figur 22. T.v. Takfot vid kupor. T.h. Ventilation överkant bröstning vid kupor

4.3 Fönster

Fönsterplaceringen bör ur teknisk synvinkel noga övervägas, med anledning av ökade krav på energihushållning och därmed ökade väggjocklekar. Fönstret bör placeras så långt indraget i ytterväggen som möjligt. Fördelarna med denna placering är bland annat att:

- fönstrets placering i ett skyddat läge förlänger ytbehandlings livslängd och minskar behovet av rengöring,
- en yttre nisch minskar luftrörelserna kring fönstret och förbättrar fönstrets värmeisolering,
- fönstrets placering i ett varmare parti av väggsektionen höjer fönsterkarmens och glasytans temperatur och så kallras och kallstrålning motverkas,
- fönstrets placering nära väggens insida ger den varma inneluften möjlighet att nå och värma glasytan, vilket är väsentligt för att undvika ytkondensproblem.

Nackdelarna med placering av fönstret långt in i ytterväggen är främst av estetisk karaktär, men även ljusinsläppet minskar. Placeras fönstret långt in i väggen krävs också montering av lös fönsterbänk på insida av vägg, vilket kan undvikas om fönstret placeras en bit ut i väggen.

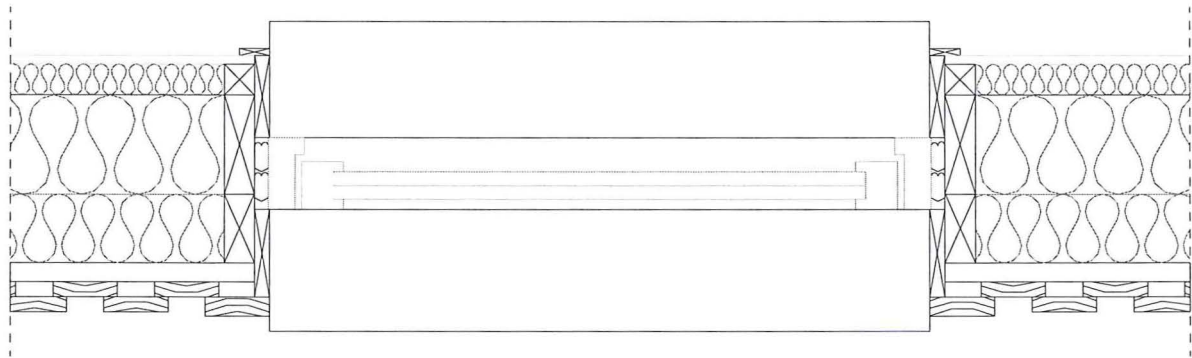
Fönstret har valts att placeras ungefär mitt i väggen (se Figur 23). På detta sätt fås en tillräckligt bred fönsterbänk på insidan och en inte alltför djup nisch som kan avskärma solljuset på utsidan. I det yttre isolerskiktet spikas en sarg runt fönsterhålet, som fästs i den bärande regelstommen. Detta underlättar infästningen av smygbrädor, foder och fönsterbleck.

Ett problem vid uppvärmning via golvvärme, istället för konventionell radiatoruppvärmning, kan vara ökad tendens för kallras vid fönstren. Kallras uppstår när den varma rumsluften kyls ner vid den kalla rutan. Den kalla luften är tyngre än den varma och faller således ned mot golvet och drag kan uppstå. Vid nybyggnation bör man därför se till att fönstren har ett lågt U-värde kring $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ för hela konstruktionen, dvs. både glas, båge och karm. Väljer man dessa fönster bör det inte behövas radiatorer under fönstren för att motverka kallras.

Tätskikten i väggen kan innebära en koncentration av fukttransport till fönsteröppningen beroende på den fukttransport som uppstår mellan den varma och den kalla ytan hos väggen och fönstret. Fogen mellan fönsterkarmen och den omgivande väggen bör tätas inåt rummet.

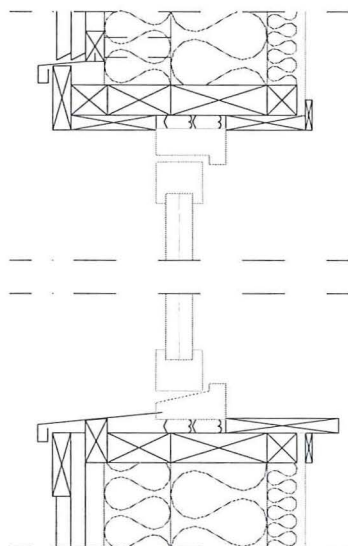
För att göra det möjligt för fukt, som ändå kommit in i fönsterkonstruktionen eller i fogen, att luftas ut och avgå ur fönsterkarm, fog och omgivande vägg bör fogen mellan karm och vägg på utsidan vara så tät att regn och annan nederbörd hindras från att komma in i fogen. Men fogen bör vara utformad så att den ändå medger luftning ut mot det fria.

Ångspärren kläms mellan fönsterkarm och sidostycke eller med hjälp av bottningslist av EPDM-gummi. Drevning sker utifrån mot bottningslistan. Fönsterfoder spikas så att smygbrädans kant döljs (se Figur 23).



Figur 23. Fönsterinfästning horisontalsnitt

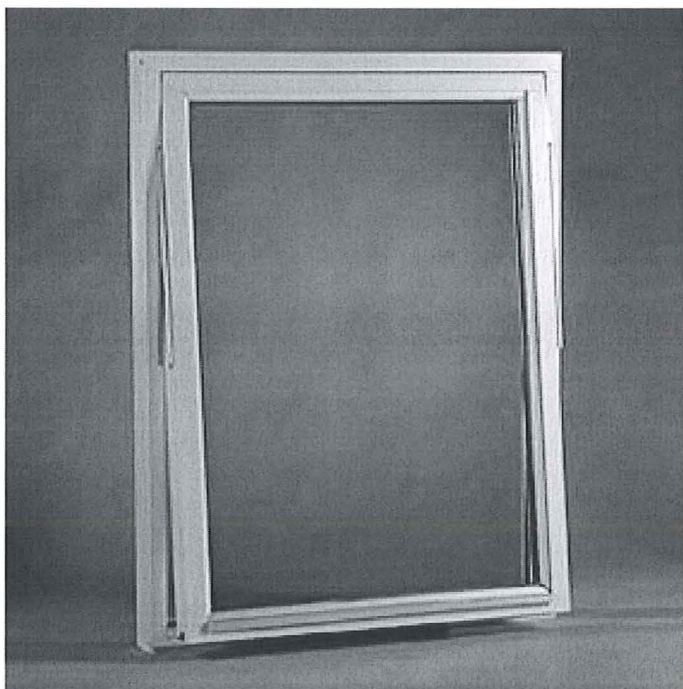
Droppbleck monteras så att fönsterkarm och båge skyddas mot regn. Fönsterbleck monteras så att luftning av ytterväggspanelen medges. Fönsterblecket monteras i karmunderstycket genom att driva in det i det utfrästa spåret. Spikläkt under karmbottenstycket placeras så att god lutning av fönsterblecket erhålls (rekommenderad lutning större än 1:8 enligt HusAMA JT-.521, [6]). Över fönsterfoder placeras ett avrinningsbleck med funktion att avleda vatten som strömmar ner utmed och i förekommande fall bakom fasadpanelen (se Figur 24).



Figur 24. Fönsterinfästning vertikalsnitt

Valt fönster är ett 3-glasfönster av typen vridfönster med vertikalt glidskenebeslag, vilket är hämtat ur Elits sortiment (se Figur 25). Värmegenomgångskoefficienten (U-värdet) för

aktuellt fönster uppges enligt tillverkaren vara 1,2-1,3 W/m²·°K. Detta bör räcka för att motverka kallras under fönster, utan att behöva installera radiatorer.



Figur 25. Fönstertyp Elit EFH, [11].

4.4 Grundläggning

De tre förekommande grundkonstruktionerna är platta på mark, kryprum och källare. I det här fallet är inte källare aktuellt. Därför tas inte det upp i det här avsnittet. Alternativet platta på mark är mest kostnadseffektivt, men i fallet av kuperad terräng och volymbyggda hus är krypgrunden konkurrenskraftig, dels som uteluftsventilerad och dels i förekommande fall som inneluftsventilerad.

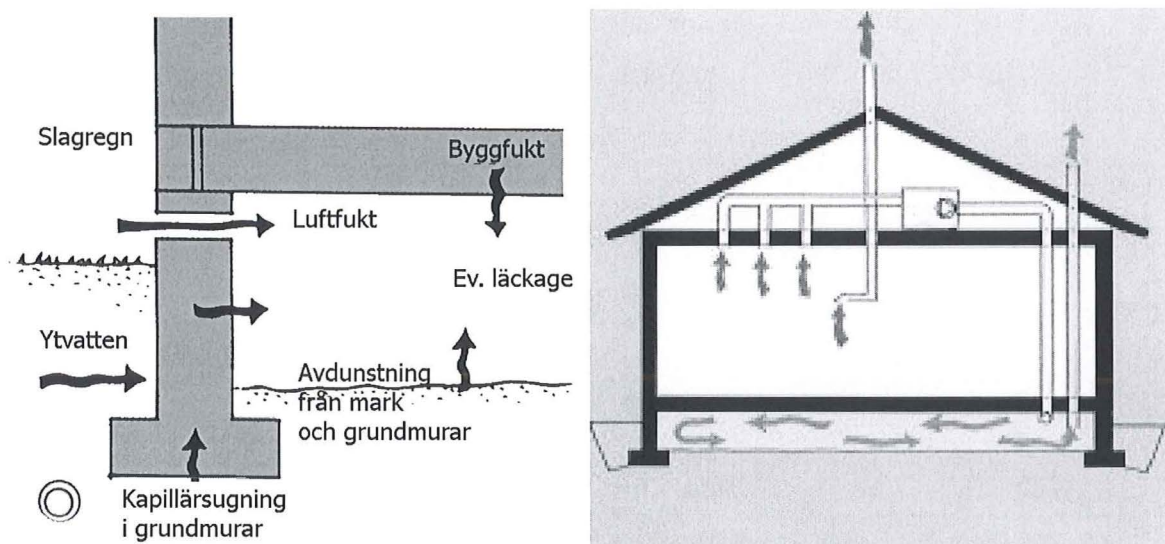
Markens grundläggningsdjup anpassas efter markens bärighet, tjälfarlighet och terrängens höjdförhållanden.

Krypgrund

Grunden är en vidareutveckling av den gamla "torpargrunden". Den byggs upp av grundmurar under bärande väggar med underliggande grundsulor. Murarna ges en sådan höjd att det bildas ett krypbart utrymme under bottenbjälklaget om cirka 0,6 m. Fördelarna med detta grundläggningssätt är som nämnt dels lämpligheten vid byggande i kuperad terräng och dels den torra byggmetoden. Grundläggningen kan utföras relativt oberoende av väder och vind med förtillverkade element.

Ventilationen av kryputrymmet är mycket viktig och kan antingen ske via uteluft eller inneluft. Vid uteluftsventilerad krypgrund sker ventileringen via ventiler placerade i grundmuren på ett sätt som ger god genomluftning (se Figur 26 t.v.). Kravet på luftväxling är 1 m³ luft per m² golvyta och timme. Vid inneluftsventilerad krypgrund sker ventileringen genom att varm inneluft styrs ner i kryprummet med hjälp av fläktar som evakuerar förhållandevis "torra" bostadsutrymmen, ej kök och badrum (se Figur 26 t.h.). Notera dock att principen för inneluftsventilerad krypgrund ej bör utformas enligt figuren, då inneluften och avluften är placerad precis bredvid varandra. Vid inneluftsventilerad krypgrund höjs

kryprummets minimitemperatur med 10-15 °C vilket kan ha flera fördelar. Bland annat erhålls varmare golv, fuktsäkrare byggnad (mindre kondensrisk) och mindre grundläggningsdjup jämfört med uteluftsventilerad kryppgrund. Isoleringen i inneluftsventilerade kryppgrundar kan fördelas lite olika. Antingen förläggs all isolering i bottenbjälklaget precis som vid uteluftsventilerad kryppgrund eller placeras en del i bottenbjälklaget och en del på marken eller all isolering på marken.



Figur 26. T.v: Uteluftsventilerad kryppgrund, [24]. T.h: Inneluftsventilerad kryppgrund, [25].

Väldigt viktigt i båda alternativen av kryppgrund är att konstruktionen blir tillräckligt lufttät. I det uteluftsventilerade alternativet måste bjälklaget vara lufttätt och i alternativet med inneluftsventilation måste bjälklaget, marken och anslutningarna vara lufttäta.

Åtskilliga problem har uppstått när det gäller uteluftsventilerad kryppgrund. Några av dessa problem tas upp av småhuskadenämnden, [26]. För att slippa problemen som tas upp finns en rad saker man måste vara noggrann med.

- Dränerande, kapillärbrytande material på grundbotten, under sulor och vid återfyllning mot grundmurar.
- Dräneringens högpunkt skall ligga under färdig grundbotten.
- Stuprör skall anslutas till dagvattenledning eller till stenkista placerad på betryggande avstånd från grunden.
- Rätt höjdsättning av huset. Marken skall lutas från huset 1:20 minst 3 m från husgrunden.
- Hela ytan i kryputrymmet skall täckas med åldringsbetständig plastfolie som punkteras i lågpunkterna.
- Väl ventilerad grund med fri ventilarea minst $0,10 \text{ m}^2 / 100 \text{ m}^2$ bjälklagsarea. Ventilerna placeras så att luften passerar fritt genom hela grunden.
- Grundmurarna skall vara isolerade med motsvarande 20 cm lecablock.
- Kryputrymmet städas noga. Det får inte förekomma något organiskt material i utrymmet.
- Hela bjälklagsundersidan täckes med slät hård träfiberskiva som är fukt och smutsavstötande.
- Bjälklag och skarvar utföres med hög täthet som förhindrar ev. markradon att tränga in i bostaden.
- Isoleringen under syllerna skall vara kraftig och åldringsbeständig.
- Ingen matjord eller växter närmast husgrunden.

- Lättåtkomligt tillträde för årlig besiktning av utrymmet.
- En markisolering med 5 cm cellplast minskar risken för kondensbildning på undersidan av bjälklaget pga. höjd temperatur. Uppskattningsvis till en kostnad av 5-8000 kr.

Det är alltså av stor vikt att arbetet genomförs utan fusk och fel.

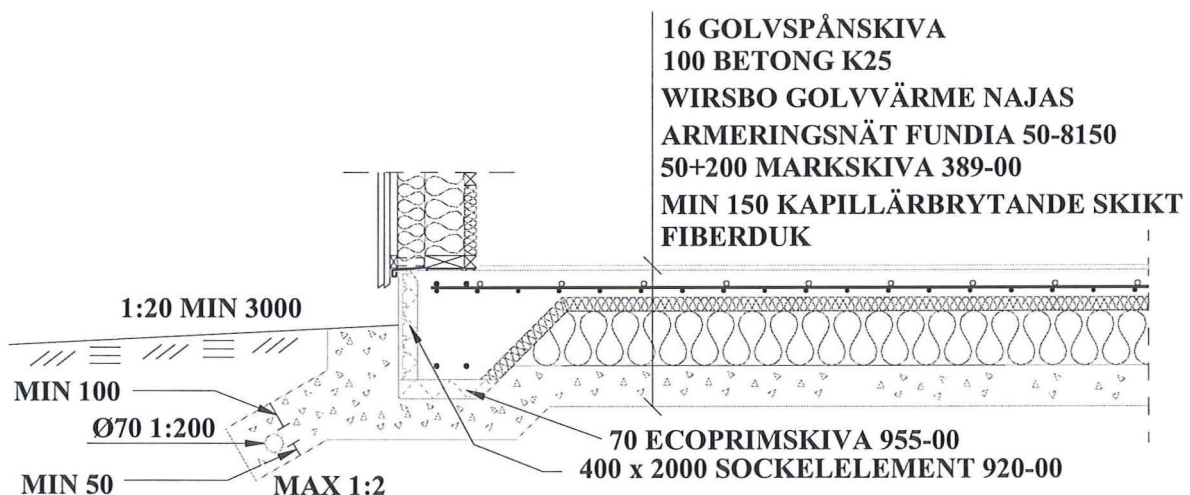
Platta på mark

Platta på mark har länge varit en vanlig grundläggningsform främst för dess produktionsmässiga fördelar och kostnadseffektiviteten. Många skadefall har dock uppstått pga. bristande fuktdimensionering. Ett grundläggande problem är den höga halten av byggfukt i den platsgjutna betongplattan och hög fukthalt i marken under. Plattan utgör en del av byggnadens klimatskärm och därför måste den också värmeisoleras och göras luft- och radontät.

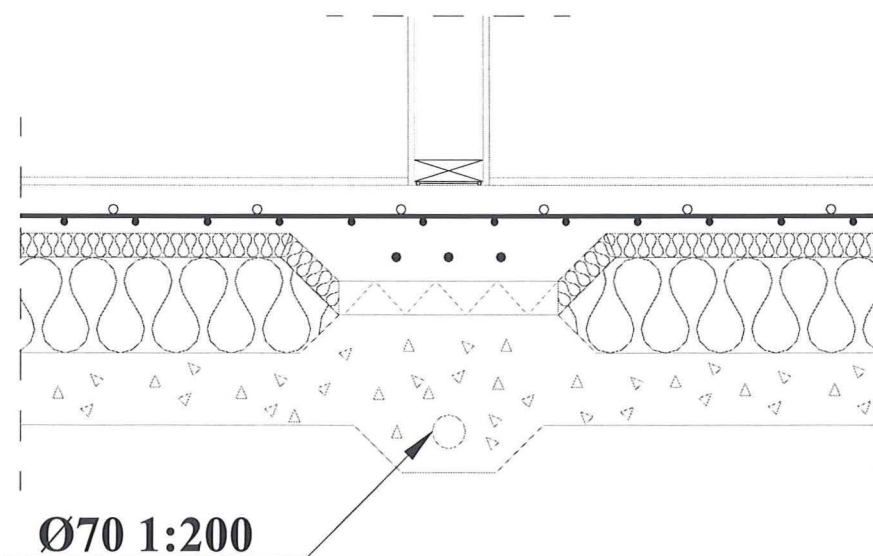
Plattan förses med förstyvande balkar under bärande ytter- och innerväggar. Plattans överkant bör ligga 200-300 mm över omgivande mark och kantbalkens underkant 200-300 mm under markytan. Den mest fuktsäkra lösningen enligt [12] är platta på mark med underliggande isolering framför den med överliggande isolering. I fallet med underliggande isolering måste isolermaterialet klara långtidsbelastningarna som uppstår, påverkan av marksyror och vatten under lång tid utan att förlora i bärighet eller dess övriga egenskaper. Någon form av kantbalksisolering krävs också för att bemästra den köldbrygga som uppstår vid underliggande isolering. Ofta används här förtillverkade sockelelement som också kan utgöra form vid gjutning av plattan. Under plattan ska finnas ett dränerande och kapillärbrytande lager om minst 100 mm.

Val av grundläggningsmetod

Den grundläggningsmetod som valts till Villa Nöbbele är platta på mark med underliggande isolering och ingjutna värmeslingor (se Figur 27 och Figur 28). Valet beror främst på de plana markförutsättningarna och de produktionsmässiga/ekonomiska fördelarna.



Figur 27. Platta på mark



Figur 28. Platta på mark. Sulförtjockning vid hjärtvägg

Plattan gjuts med en tjocklek av 100 mm Betong K25. Den armeras med armeringsnät Fundia 50-8150, [28]. Beteckningen innebär ett nät med diametern 8 mm och c/c 150 mm med stålqualität Nps 500. De ingjutna värmeslingorna najas till armeringsnätet med c/c 300. Förstyvningar gjuts vid plattkant under bärande yttervägg och under bärande innervägg (hjärtvägg). Dessa förstärks med längsgående armeringsjärn i underkant på både sulförtjockning vid hjärtvägg och kantbalk. Kantbalken förstärks ytterligare med två armeringsjärn i överkant. Plattan gjuts med sockelelementet som form runt om.

Som kapillärbrytande och dränerande skikt läggs 150 mm tvättad makadam. För att hindra att finpartiklar från jorden tränger in och förstör makadamens egenskaper läggs en fiberduk mellan jorden och makadammen.

Grundläggningsdjupet vid platta på mark kan sättas till 0,35 m, förutsatt att:

- den horisontella konstruktionens värmemotstånd är $\leq 3,8 \text{ m}^2\text{K/W}$,
- månadsmedeltemperaturen ovanför den horisontella isoleringen är $\geq 17 \text{ }^\circ\text{C}$. (Vid motsvarande temperatur mellan 10 och $17 \text{ }^\circ\text{C}$ ökas grundläggningsdjupet till 0,5 m)
- byggnadens bredd är $\geq 4 \text{ m}$
- kantbalk eller grundbalk har värmemotståndet $\geq 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ i temperaturzon I och $\geq 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ i temperaturzon II

Dessa förutsättningar gäller ej då den horisontella konstruktionens värmemotstånd är $> 3,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ (se Bilaga 1). Erforderligt grundläggningsdjup borde därför studeras mer och eventuellt beräknas med datorprogram.

Plattans överkant förläggs 200 mm över omgivande mark vilket innebär en plushöjd på 162,2. Denna höjd ger fasadpanelen ett skydd mot stänkvatten vid nederbörd. Det skulle dock vara önskvärt med ytterligare 100 mm skydd i det hänseendet (se 4.5.1).

4.5 Fukt

4.5.1 Yttervägg

Den fukt som påverkar en yttervägg är:

- luftfukt
- markfukt
- byggfukt
- slagregn

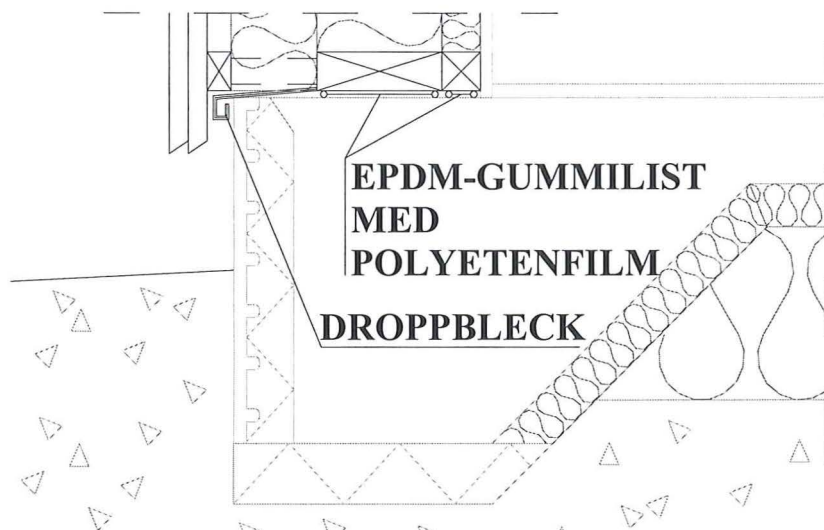
En vägg ska klara av en kortvarig uppfuktning via regn eller kondens. Däremot får inte skadlig kondens i form av fuktkonvektion eller fuktdiffusion förekomma. Fuktkonvektion kan uppstå då lufttrycket är olika på in- och utsidan av väggen. Luften försöker då pressa sig genom otätheter och hål i väggen och kan då föra med sig luftfukt. Denna typ av fuktvandring kan ge upphov till allvarliga skador. Fuktdiffusion kan uppstå då ångtrycket är olika på väggens båda sidor.

Dessa båda farliga fuktvandringar hindras med ett luft- och ångtätande skikt. Skiktet måste utformas omsorgsfullt med väl tilltagna överlapp i skarvarna både mellan våderna och vid anslutningar mellan golv/vägg, vägg/tak och vägg/karm. Detta skikt placeras på insidan av väggen eller som i aktuellt fall indraget (jfr ångspärr avsnitt 4.2.1).

Fasadmaterialet ska förutom att skapa en vacker yta ge väggkonstruktionen ett skydd mot väder och vind. Bakom fasadskiktet bör finnas en kapillärbrytande och tryckutjämnande luftspalt. Lufttrycket bör vara detsamma på båda sidor om fasadskiktet, så att inte vatten kan sugas in bakom fasadskiktet. Luftspalten bör vara 25 mm bred för att uppnå god funktion. När det gäller fasadbeklädnaden tas här upp några grundregler, [17]:

- Vid sockel och över fönster behövs särskild vattenavledning av t ex plåt.
- Uppåtvända ändträytor bör täckas eller om möjligt lutas så att vattnet rinner av.
- Nedåtvända ändträytor skall utformas så att de kan ytbehandlas.
- Panelen avslutas lämpligen 300 mm över mark för att slippa skadligt stänkvatten från nederbörd.
- Skarvning av panelbräder bör om möjligt undvikas.
- Man bör spika så att virket inte spricker och man bör inte spika genom två bräder som måste kunna röra sig i förhållande till varandra. Spikhuvudet slås in till brädans yta, men inte längre.
- Träpanel bör efter uppsättning kontrolleras så att den är fri från sprickor och hål.

Känsligaste delen av en yttervägg är dess nedersta del i anslutning till grunden. Där bör man se till att inträngande vatten och fukt leds ut och luftas ut, och man bör hindra kapillärsugning och fuktdiffusion från grunden. Kapillärsugningen och fuktdiffusionen hindras dels via syllunderlägget och dels via plåten som sträcker sig ut över kantbalken (se Figur 29).



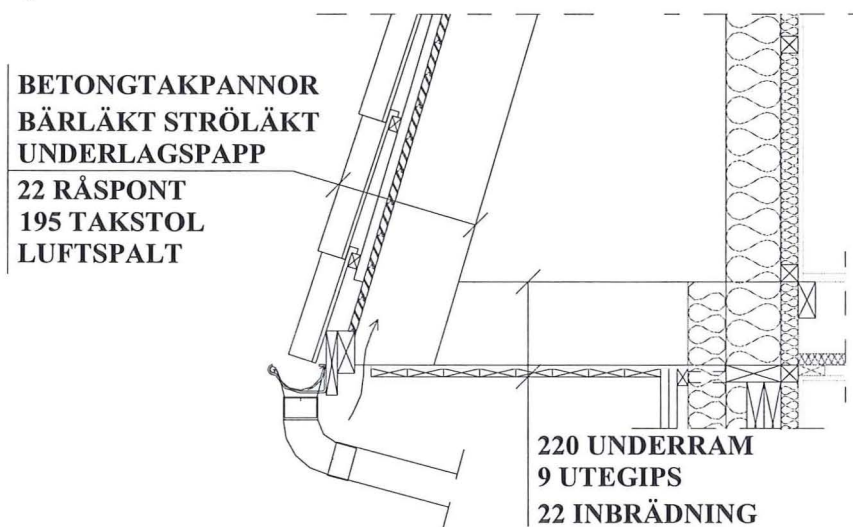
Figur 29. Fuktskydd anslutning platta/vägg

4.5.2 Tak

Taket har som funktion att skydda mot nederbörd och andra klimatiska påfrestningar. Till taket räknas här även stödbensväggen och hanbjälklaget. Då taket är klimatskiljande ställs krav på värmeisolering, lufttätet och fuktskydd.

Yttertaket avleder vattnet via takpannor och vidare ner till hängrännor (se Figur 30). Inbrädning av taket sker med 22 mm råspont med överliggande takpapp (typ YAP 2500). Takpannorna läggs på horisontell bärläkt, vilken i sin tur ligger på vertikala ströläkt. Ströläkten behövs då eventuellt vatten som tränger genom takpannorna måste kunna ledas ner mot rännorna via underlagspappen.

Taksprånget skapar ett bra väderskydd för fasaden. För att inte yrsnö ska kunna blåsa in i det ventilerade utrymmet under yttertaket kläs taksprånget in med en 9 mm utegips, som sträcker sig ända in till isolerskiktet i ytterväggen, och utanpå gipsen en inbrädning med 22 mm träpanel.



Figur 30. Tak

Under råsponten krävs det en tillfredsställande luftning i händelse av att kondens eller rimfrost bildas (luftning se 4.2.6). Detta kan uppstå på undersidan av råsponten vid t ex kraftig utstrålning nattetid eller vid snösmältning pga. att utomhusluften ofta är i fuktjämvikt med luften under det oisolerade, luftade yttertaket. Fukt kan även tillföras ett yttertak från underliggande uppvärmda utrymmen, främst genom fuktkonvektion (luftströmning), men även en mindre del via diffusion. Därför krävs ett inre tätskikt, som är luft- och ångtätt, precis som i ytterväggen. Detta skikt fästs in mot stödbenen respektive hanbjälkarna med väl tilltagna överlapp.

4.5.3 Grund

Grundläggningsform är platta på mark med ingjutna värmeslingor och underliggande isolering.

Tre påverkningar som måste beaktas för att undvika fuktskador är:

- Kapillärsugning.
- Fuktdiffusion från marken.
- Byggfukt.

Genom ett lager av 150 mm makadam erhålls normalt erforderlig kapillärbrytning under plattan. Inget kapillärbrytande skikt leder till att betongplattan, vid kontakt med vatten i vätskefas, väldigt lätt uppnår 100 % relativ fuktighet i överytan. Ytterligare säkerhet mot kapillärstigning fås genom den underliggande värmeisoleringen. Värmeisoleringen bör därför läggas ut med väl hopskjutna fogar och vid två skikt bör man se till att fogarna är förskjutna.

Det kapillärbrytande skiktet av makadam fungerar också som dränerande skikt och skall ha förbindelse med dräneringsledningar.

Med underliggande isolering och värmeslingor kommer betongplattan att vara uppvärmd. Det är i detta fall av stor vikt att isoleringen är tillräckligt tjock, så att inte marken blir varmare än golvet när värmen är avstängd. I annat fall kan det uppstå ett fuktflöde uppåt som kan leda till kondens under golvbeläggningen. För att undvika detta måste man alltså se till att ha så tjock isolering, att temperaturen i marken även sommartid är så många grader lägre än i betongplattan, så att inte den relativa fuktigheten under golvbeläggningen överstiger tillåtet värde. Ur komfort och energisynpunkt är det viktigast att isolera plattan utefter byggnadens kanter, men ur fuktsynpunkt är det oftast viktigast att isolera i golvets mitt. Därför används jämnt tjock isolering i hela golvet.

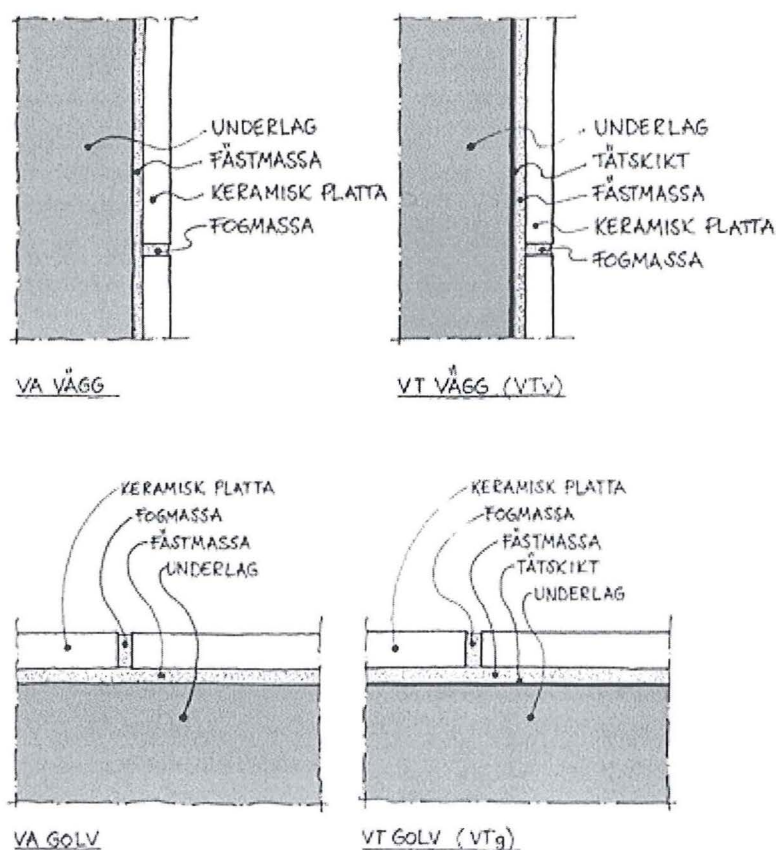
Trägolvet behöver i regel skyddas med en ångspärr på betongplattan. Plastmattor kan klistras direkt på betongen om inte materialet under längre tid utsätts för mer än 80-95 % RF, beroende på materialval. Även keramiska plattor eller natursten sätts i bruk direkt mot betongplattan.

Byggfukten måste få tillfälle att torka ut inom rimlig tid. Man kan genom att välja en högre betongkvalitet minska ner mängden byggfukt i plattan. För att korta av uttorkningstiden för plattan kan de ingjutna värmeslingorna användas. Högsta tillåtna framledningstemperatur innan betongen härdat, vilket normalt tar ca 17 dagar, är 30 °C. Därefter kan vattentemperaturen höjas, dock till högst 40 °C, [32].

4.5.4 Våtrum

Vattentäta skikt krävs för väggar, golv och tak inom 1,0 m från badkar och duschplats. Vattenavvisande skikt krävs för väggar, golv och tak som kan utsättas för vattenstänk, våtrengöring, kondensvatten eller hög luftfuktighet. T ex väggar i tvättstugor, väggar inom 1,5 m över diskbänk och tvättbänk, väggar i bad- och duschrum på mer än 1,0 m avstånd från badkar och duschplats eller väggar inom 0,5 m från tvättställ och toalett.

Väggbeklädnad i våtrum kan exempelvis vara fogplattor (t ex kakel och klinker) eller väggplastmatta. En kakelbeklädnad är dock inte vattentät pga. att fogarna mellan plattorna släpper igenom vatten. Vattentätheten åstadkoms dels med hjälp av fästmassan för kakelbeklädnaden, och dels med ett kompletterande tätskikt bakom fästmassan (se Figur 31 överst t.h.). Fästmassan utgörs av en akryldispersion. För god vattentäthet krävs tvåskiktets fästmassa, där det första lagret tar upp rörelser i väggkonstruktionen och det andra utgör fästmassa för kakelbeklädnaden. Beklädnaden med kakel ska sättas med elastiska fogar i hörn och mot foderlister, genomföringar och infästningar. Under fästmassan görs två strykningar med ett tätskikt av plastdispersion av typen PVA, typ CC Höganäs FB 9 Fuktskydd (syntetgummidispersion). För att väggen ska vara tillräckligt stabil, så att inte tätskiktet skadas, krävs också dubbla gipsskivor med förskjutna skarvar. Skarvarna tätas med fogtejp.



Figur 31. Typkonstruktioner, [21].

Används väggplastmatta bör man i möjligaste mån undvika fogar i duschutrymmen eller invid badkar. Vattentätheten åstadkoms i detta fallet endast av plastmattan och dess fogförslutningar.

Golvet i våtrum kan utföras antingen med PVC-matta som svetsas i fogarna eller med beläggning av keramiska plattor med särskilt tätskikt (se Figur 31 nederst t.h.). Tätskiktet kan utgöras av membranisolering som klistras med varmasfalt eller av självhäftande polymerasfaltmatta. Viktigt är att både golvbeläggningen och tätskiktet anordnas med fall mot golvbrunnen. I träbjälklag måste dessutom golvbrunnen fästas med speciella regler så att den fixeras tillräckligt för att inte rörelser ska kunna uppstå mellan brunnen och tätskiktet.

Rekommendationer för plattsättning respektive mattläggning i våtutrymmen har utarbetats av "Plattsättningsentreprenörernas Riksförening" (PER), och "Golvbranschens Våtrumskontroll" (GVK), [22].

5 Installationer

5.1 Värmesystem

5.1.1 Värmepump

En värmepump tar värme från berg, jord, luft eller vatten och avger den till huset. Det fina med värmepumpen är att den ger billig värme. För varje kWh el som värmepumpen behöver för att arbeta får man ut ca 3 kWh värme till huset. Detta förhållande mellan avgiven och tillförd energi kallas för värmepumpens värmefaktor (effektivitet) och den varierar med temperaturen. Där värmepumpen ingår i ett helt nytt system som vid nybyggnation väljs ofta en värmepump där även varmvattenberedare för tappvarmvattnet och elkassett ingår. Elkassetten ger automatiskt tillskottsvärme när värmepumpen inte räcker till under kalla dagar.

Det finns en rad olika typer av värmepumpar. Nedan diskuteras de olikas funktion.

Uteluftsvärmepump

Det finns två olika typer av uteluftsvärmepumpar, nämligen luft-luftvärmepump eller komfortvärmepump som den också kallas och luft-vattenvärmepump.

Luft-luftvärmepumpen består av en utomhusdel som tar värme ur uteluften. Värmen avges sedan till inomhusluften med hjälp av en fläkt via inomhusdelen. Denna typ är ett komplement till andra uppvärmningssystem. Denna värmepump kan inte värma tappvarmvattnet. Luft-vattenvärmepumpen tar också värme från uteluften, men överför istället värmen till ett vattenburet system. Denna pump kan alltså både värma tappvattnet och ge värme åt huset.

Frånluftsvärmepump

Denna värmepump återvinner värme ur ventilationsluften och återför den till husets värmesystem. Detta kräver således mekanisk frånluftsventilation. Frånluftsvärmepumpen kan ge både värme och varmvatten.

Berg- ytjord och sjövärmepump

Bergvärmepumpen tar gratisvärme från berget genom en kollektorslang, fylld med en frostskyddsvätska. Kollektorslangen är nedsänkt i borrhål, vanligtvis 60-170 m djupa. Vätskan pumpas runt i slangen och fångar upp värmen ur berget. Fördelen med denna värmepump är att effekten är hög under hela året. Berget får dock inte ligga för långt ned från dagen, då kan borrhållnaderna skjuta i höjden.

Ytjordvärmepumpen hämtar värmen ur ytjorden genom en vanligtvis 200-400 m lång kollektorslang som grävs ned på ca 1 m djup. Slangen läggs fram och tillbaka på tomten med ca 1 m mellanrum, och kräver alltså att man har en tillräckligt stor tomt där slangen kan grävas ned.

Sjövärme fungerar i princip som ytjordvärmepumpen med den skillnaden att kollektorslangen här istället läggs ut med tyngder på botten av en sjö eller ett vattendrag.

Val av värmepump

Ett intressant alternativ verkar vara bergvärmepump då markförhållandena för detta är goda på aktuell tomt. Vanligtvis väljs dock frånluftsvärmepump vid nybyggnation. Totalpriset för komplett installation för frånluftsvärmepumpsalternativet ligger cirka 30 000 kr under det för alternativet bergvärmepump. Bergvärmepumpen kräver dock inget underhåll och är mycket driftsäker. Dessutom blir behovet av tillskottsvärme mindre pga. den högre energitäckningsgraden. Energin i frånluften räcker bara till en mindre del av uppvärmningen. Rekommendationen vid val mellan bergvärmepump och frånluftsvärmepump är att vid större hus än ca 200 m² lönar det sig ofta med bergvärmepump, [29].

En bergvärmepump dimensionerar man efter ungefär 50 % av max effektbehov, vilket motsvarar en energitäckning på ca 90 %. Resterande 10 % av energibehovet täcks via en inbyggd elkassett. På detta sätt fås den mest ekonomiska lönsamheten när man tittar på kapitalinsats, livslängd och pay-off tid. En pay-off tid som motsvarar halva livslängden anses ge god ekonomi åt anläggningen.

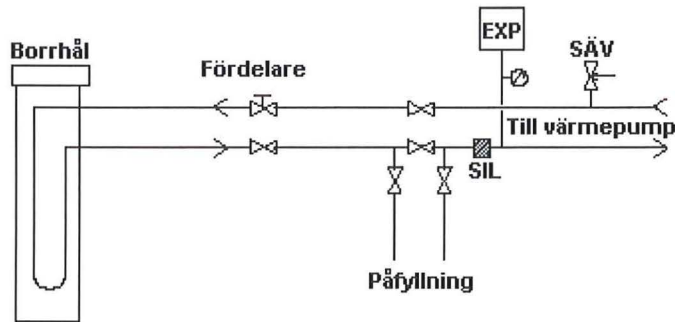
Hur djupt man måste borra styrs av:

- Byggnadens effekt- och energibehov
- Värmepumpens effekt
- Byggnadens geografiska läge
- Bergart (värmeledningsförmåga)
- Närhet till andra värmepumpanläggningar
- Jorddjup ovanför berg
- Grundvattennivå och vattenföring i borrhål. Ett aktivt borrhål⁴ ger bättre värmeutbyte än ett torrt borrhål utan vattenföring

Efter samtal med Lasse Andersson, försäljare på IVT Center- Team PTL AB bestämdes, via deras dimensioneringsprogram VPW2000, en lämplig bergvärmepump. Valet hamnade på en IVT Greenline C4 Bergvärmepump. Det är en värmepump med måtten 600 x 600 x 1770 mm. Den rymms alltså lätt som en enhet i tvättstugan. Alla anslutningar sker på ovansidan (se Bilaga 11). Värmepumpen är försedd med elkassett och varmvattenberedare. Elkassetten ger ett tillskott när effekten, som värmepumpen ger, inte räcker till. När värmepumpen värmer varmvattenberedaren kopplas tillfälligt värmesystemet bort via en växelventil. En givare i beredaren prioriterar varmvattenuppvärmning så du aldrig blir utan varmvatten. Värmepumpen styrs av den inbyggda reglercentralen Rego600 via en utegivare och en returgivare efter en utekompenserad reglerkurva.

Kollektorslangen, som består av en tunnväggig plastslang av typ PEM 40 x2,4 DN 6,3, bör förläggas med konstant stigning mot värmepumpen för att undvika luftfickor. Återfyllningen närmast markslingan bör inte innehålla stenar eller andra föremål som kan skada slingan. Den slutliga återfyllnaden rekommenderas man att göra efter provtryckning av markkollektorn. Installation och återfyllning runt kollektorslangen skall följa Mark AMA, [30].

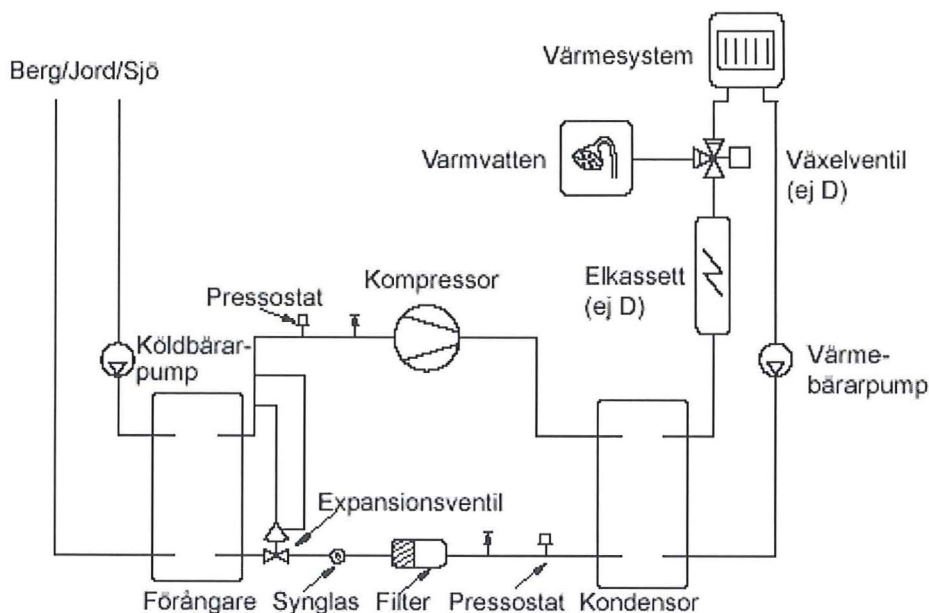
⁴ Den del av borrhålet som är vattenfyllt i berget.



Figur 32. Systemlösning bergvärmepump

I Figur 32 visas systemlösningen för anslutningen av kollektorslangen till värmepumpen. I den gemensamma samlingsledningen till värmepumpen ansluts en påfyllnadssats, smutsfilter (SIL) och expansionskärl (EXP). På utgående ledning ansluts en säkerhetsventil (SÄV).

I Figur 33 visas hur bergvärmepumpen fungerar. Kompressorn som drivs av en elmotor komprimerar köldmediet till ca 100-gradig gas in i kondensorn. I kondensorn, som är en värmeväxlare, möter gasen det kallare vattnet från värmesystemet och gasen kondenserar och avger energi ut till värmesystemet eller varmvattnet. Expansionsventilen har till uppgift att släppa in rätt mängd vätska (köldmedia) i nästa värmeväxlare som kallas förångare. I förångaren förångas köldmediet under lågt tryck och då åtgår värme. Denna värme hämtas gratis ur borrhålet. Efter förångaren har köldmediet återigen övergått i gasform. Avkännaren till expansionsventilen ser hela tiden till att förångaren tar till vara på så mycket gratisenergi som möjligt. Köldmediet fortsätter nu i gasform in till kompressorns sug sida för att återigen komprimeras.



Figur 33. Värmepumpens kretslopp, [30].

Anslutningen av värmesystemet kräver separat expansionskärl och cirkulationspump, vilka placeras utanför värmepumpen.

En ekonomisk kalkyl för vald värmepump i jämförelse med elvärme genomfördes under förutsättningen att merkostnaden för bergvärmepump skulle vara 65 000 kr (kostnad bergvärme: 95 000 kr, kostnad elvärme: 30 000 kr). Inga fasta kostnader för el etc. är medräknade i kalkylen, då dessa förekommer i båda fallen. Se Tabell 1-Tabell 4.

Tabell 1. Kalkylförutsättningar

<i>Förutsättningar</i>		
Ort		Växjö
Typ av berg		Poröst berg
Uppvärmad area	m ²	222
Effekt per m ²	W	28,4
Rumstemperatur	°C	20
Antal lägenheter		1
Tappvarmvatten	kWh	4500
Aktivt borrhål	meter	85
Antal hål		1
Medeltemp. framledning	°C	35
Medeltemp. köldbärare	°C	-2
Husets toppeffekt ⁵	kW	6,3
Rek. tillskottseffekt	kW	2,7
Energitäckning ⁶	%	93
Max framledningstemp.	°C	55

Tabell 2. Energiförbrukning

<i>Energiförbrukning</i>		
Fastighetens nettoenergibehov	kWh	18600
Energibehovet fås genom		
Avgiven energi från värmepump	kWh	17200
samt tillsatsenergi, netto	kWh	1410
Energiförbrukning med värmepump		
Elförbrukning	kWh	5200
Tillskott som el (kWh/år)		1430

⁵ Husets effektbehov årets kallaste dag.

⁶ Anger hur stor del av husets energibehov som produceras av värmepumpen.

Tabell 3. Låneupplägg

<i>Låneupplägg vid installation av värmepump</i>		
Lån	kr	65000
Lånetyp		Annuitetslån
Ränta	%	6,50
Amorteringstid	år	10
Skattereduktion	%	30
Energiprishöjning	%	5
Förbrukningspris elvärme	kr	6300
Elförbrukning		
Pris högtariff	kr/kWh	0,70
Pris lågtariff	kr/kWh	0,70
Drift- och lånekostnader första året		
Driftskostnad	kronor	4641
Lånekostnad	kronor	7774

Tabell 4. Lånekalkyl

<i>Lånekalkyl</i>				
År	Drift med elvärme	Drift med värmepump	Lånekostnad	Besparing
1	13020	4641	7774	605
2	13671	4873	7868	930
3	14355	5117	7968	1270
4	15072	5373	8075	1625
5	15826	5641	8188	1996
7	18320	6530	8575	3215
9	20198	7200	8876	4122
<i>Tot. 10 år</i>	<i>163764</i>	<i>58374</i>	<i>82793</i>	<i>22598</i>
År 11	21208	7560	0	13649

Kalkylen visar alltså att stora besparingar görs vid installation av bergvärme jämfört med elvärme. Redan under de 10 första åren görs en besparing på 22 598 kr. Följande år blir det en väsentlig besparing varje år då lånekostnaden försvinner. Räkna därtill att uppskattad livslängd på anläggningen är 20 år.

5.1.2 Golvvärme

Golvvärme fungerar utmärkt i kombination med värmepump då golvvärme är ett lågtemperatursystem. Ju lägre temperatur i värmesystemet desto högre verkningsgrad får värmepumpen. Om utgående vattentemperatur från värmepumpen sänks med 1 °C, ökar dess värmeeffekt med cirka en procent och dess elbehov minskar med cirka två procent. I motsats till detta resonemang kan det dock krävas djupare borrhål ju lägre utgående vattentemperatur man har. Har man för kort borrhål tenderar hålet att frysa då värmeuttaget per meter kollektorslang blir större då effektiviteten på värmepumpen ökar. Detta scenario kan inträffa om inte vattenföringen och bergets värmeledningsförmåga är så god att det högre värmeuttaget klaras av utan en successivt sjunkande temperatur i borrhålet.

Golvvärmesystemet

Varje golvvärmeslinga börjar och slutar i golvvärmefördelaren. Matarledningen förbinder fördelaren med värmekällan. Fördelarna har till uppgift att på ett smidigt och utrymmesbesparande sätt fördela vattnet från värmekällan ut till de olika slingorna och att balansera tryckfallet i de olika golvvärmeslingorna, så att golvvärmeslingorna kan fördelas till samtliga rum. Styrdonet kontrollerar avstängningsventilen på fördelarens tillloppsror. Styrdonet kontrolleras av rumstermostaten och är öppen kortare eller längre perioder beroende på rummets aktuella värmebehov. Golvet fungerar på detta sätt som en värmeackumulator, som laddas och töms. Hur snabbt detta sker beror på rummets/husets termiska tröghet, dvs. hur mycket värmeenergi som kan lagras i byggnadsstommen. Ett trähus har förhållandevis liten termisk tröghet. En av fördelarna i huset måste förses med en bypassventil, som ansluts mellan fördelarens tilllopps- och returrör. Bypassventilen har till uppgift att förse anläggningen med ett ständigt cirkulerande vatten. Detta är viktigt i system, som kombineras med värmepump, då värmepumpen kräver cirkulerande vatten.

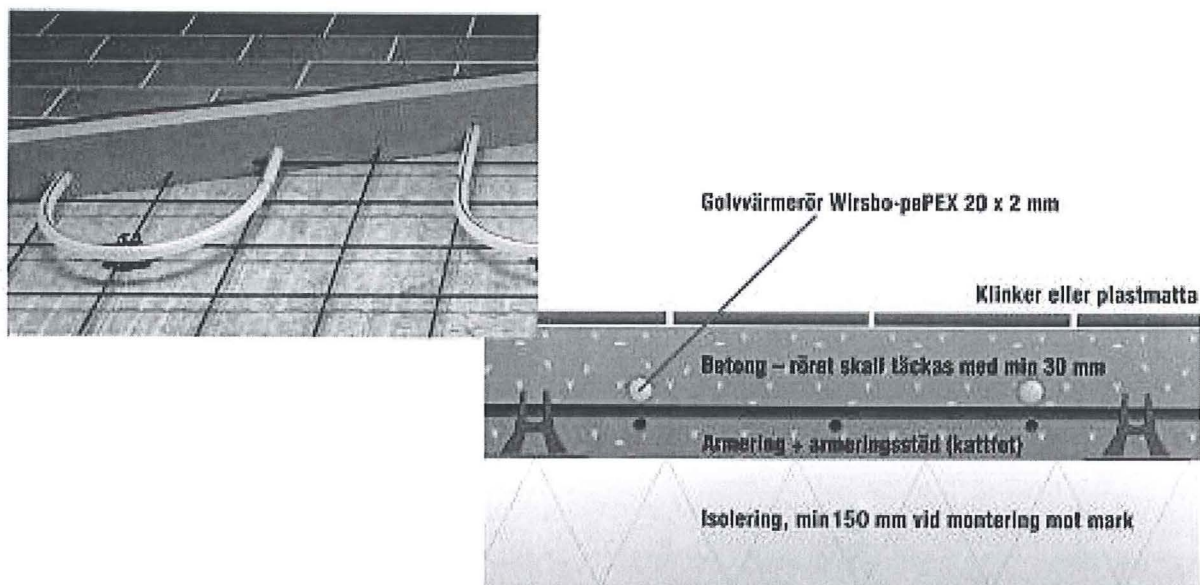
Vid projektering av golvvärmesystem är principen den att man drar en slinga till varje rum. Större rum kan kräva mer än 1 slinga, för att inte slingan ska bli för lång. Framledningen till slingan bör alltid dras utefter ytterväggen för att ge optimal värmeavgivning från golvet. Fördelaren bör om möjligt placeras så centralt som möjligt för att få korta matarledningar till de olika slingorna.

Golvvärmefabrikant som valts är Uponor Wirsbo. Dimensionering av golvvärmesystemet har gjorts av Mikael Söderström Uponor Wirsbo AB (se Bilaga 10). Nedanstående anvisningar är hämtade ur Uponor Wirsbos produktkataloger online, [31].

För golvvärmesystem i kombination med värmepump (lågtemperatursystem), är det viktigt att skapa så god värmeledning som möjligt mellan vattnet i rören och golvytan. Ett betonggolv leder och sprider värme bra. Ett trägolv med parkett eller spånskiva har däremot sämre värmeledning och kräver golvvärmepåläggning för att ge jämn temperatur på golvytan. Högsta tillåtna golvyttemperatur är enligt BBR 6:41 27°C. Vid högre golvyttemperatur kan trämaterial, som lamellparkett och liknande, skadas genom uttorkning.

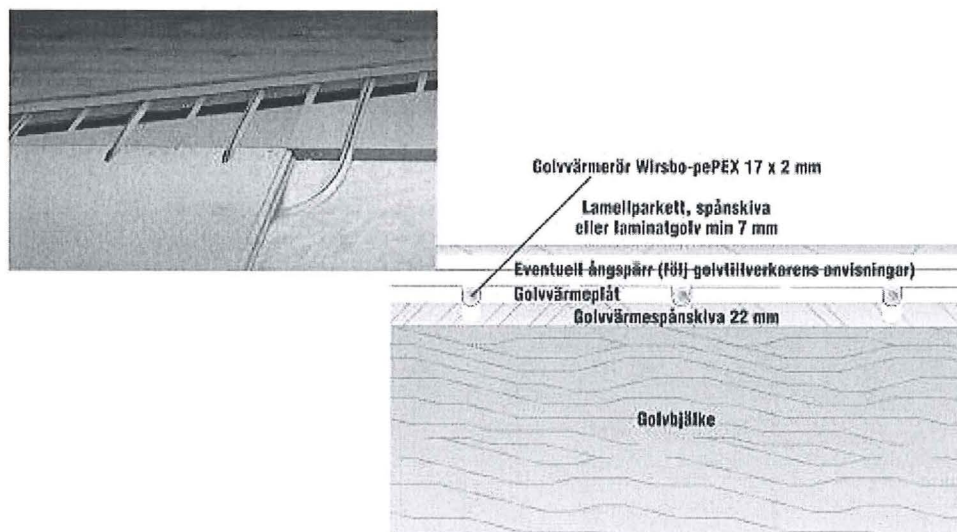
Golvvärmesystem Villa Nöbbele

I bottenbjälklaget placeras golvvärmeslingorna i platta på mark (se Figur 34). Golvvärmepåläggningar finns i Bilaga 9. Golvvärmerören (Wirsbo pePEX 20 x 2 mm) najas fast mot armeringsnätet med för ändamålet speciell najningstråd, som Wirsbo tillhandahåller. Rören ska täckas med minst 30 mm och max 90 mm betong. Blir täcksjiktet för stort kan det inverka på rumsregleringstiden. Beträffande ångspärr och stegljudsisolering (typ lumppapp) följs respektive golvtilverkares anvisningar.



Figur 34. Golvvärmesystem, platta på mark, [9].

I mellanbjälklaget används Wirsbo Golvvärm 17, som är består av tre basartiklar: 22 mm golvvärmespånskiva med spår för golvvärmörören, Wirsbo pePEX-rör 17 x 2 mm samt golvvärmepåskiva (se Figur 35). Golvvärmespånskivan ger bäring på träbjälklag med c/c avstånd 600 mm tillsammans med övergolv typ parkett- eller laminatgolv. Golvvärmepåskivan placeras på golvvärmespånskivan och ser till att värmen sprids jämnt över golvet. Plastmattor behöver ett slätare underlag t ex 12 mm spånskiva. För keramiska plattor skall en golvqipsskiva läggas direkt på golvvärmespånskivan. Plattorna läggs sedan på någon typ av tätskikt (gäller i våtrum) enligt byggkeramikrådets anvisningar.



Figur 35. Golvvärmesystem, mellanbjälklag, [8].

Med laminat- eller parkettgolv som övergolv skall golvmaterialleverantörens anvisningar följas beträffande ångspärr. Vanligast är att denna placeras ovanpå golvvärmesystemet innan övergolvet slutligen läggs flytande. Om man vill ha extra stegljudsisolering läggs lumpapp som mellanlägg. Mellanlägget skall då läggas ovanpå ångspärren och skyddar då också ångspärren mot nötning. Används plastmatta fungerar denna i sig själv som ångspärr.

Det är viktigt att bjälklagsfacken är täta så att inte värmen ventileras bort. Bjälklaget bör dessutom fyllas med isolering för bästa funktion enligt rekommendationer från LK Golvvärme, [33]. Wirsbo rekommenderar dock att bjälklaget isoleras med minst 50 mm. Isoleras inte mellanbjälklaget tillräckligt kan den okontrollerade värmeavgivningen nedåt bli för stor. Jämför beräkning av isolerverkningsgraden i avsnitt nedan.

Golvvärmeteori

När golvvärme började vinna marknadsandelar i början av 90-talet marknadsfördes den som energibesparande, behaglig och estetiskt tilltalande (pga. att man slapp skrymmande radiatorer under fönsterna). Men fler och fler rapporter släpptes där golvvärme visade sig vara både mer energikrävande och mindre behagligt än konventionell radiatoruppvärmning. Värmetrögheten är stor i traditionell golvvärme ingjuten i platta på mark. I vissa fall kan det, t ex vid snabba väderomslag, ta upp till 12 timmar innan värmesystemet har påverkat rumstemperaturen. Därför bör värmestyrningen vara utetemperaturstyrd och begränsas med rumstermostat. Dessutom bör värmemotståndet mellan värmeslingorna och inneluften vara så litet som möjligt i förhållande till värmemotståndet under värmeslingorna. Detta förhållande beskrivs genom den s k isolerverkningsgraden, [19], som alltså anger hur stor del andel av värmeeffekten från golvvärmeslingorna som verkligen avges till inomhusluften.

Isolerverkningsgraden, η kan beräknas på följande sätt:

$$\eta = 1 - U_p \cdot R_{in}$$

där
 U_p = grundens praktiska U-värde
 R_{in} = värmemotstånd mellan
 värmeslingan och inomhusluften

För Villa Nöbbele blir isolerverkningsgraden $\eta \approx 0,96$ då $U_p = 0,132 \text{ W/m}^2\text{K}$ och $R_{in} = R_{si} + R_{betong} + R_{belägg} = 0,13 + 0,08/1,7 + 0,016/0,14 = 0,291 \text{ m}^2\text{K/W}$. Alltså avges hela 96 % av värmeeffekten i värmeslingorna till inomhusluften. Det finns en metod beskriven i (Roots, P 1999) [49], som tar hänsyn till den ökade värmeförlust som sker i grunden på grund av de ändrade termiska förhållandena gentemot en grund utan golvvärme. Då värmeslingorna ligger ingjutna i plattan kommer alltså ungefär 4 % av värmeeffekten aldrig till användning. Metoden tar hänsyn till de ökade värmeförlusterna genom att ersätta det "vanliga" U-värdet för golvkonstruktionen med ett U_{eff} -värde, som på ett mer realistiskt sätt tar hänsyn till värmeförlusterna vid golvvärme i platta på mark. Genom att använda sig av denna metod blir den relativa förbättringen, som en ökning av isolertjockleken ger gentemot ett ursprungsfall, större på grund av det korrigerade U_{eff} -värdet. En ökning av isolertjockleken betalar sig alltså snabbare om man använder sig av denna metod vid beräkning av U-värdet. U_{eff} -värdet är dock inte uträknat för golvkonstruktionen i Villa Nöbbele.

Isolerverkningsgraden kan också beräknas för värmeslingorna i mellanbjälklaget. Där kan isolerverkningsgraden istället användas för att kontrollera hur mycket av avgiven värme som verkligen avges till rummet ovanför golvet. Finns inget eller för litet värmemotstånd under värmeslingorna avges ju för mycket av värmen ner till underliggande rum istället. I detta fall motsvarar då U_p värmemotståndet för hela mellanbjälklaget och R_{in} värmemotståndet mellan värmeslingan och luften ovanför bjälklaget. För att beräkna U_p och R_{in} måste

värmeövergångsmotstånden för dels ytan mellan mellanbjälklaget och luften ovanför, och dels för ytan mellan mellanbjälklaget och luften nedanför beräknas enligt nedan.

$$R = \frac{1}{\alpha_s + \alpha_k}, \text{ m}^2\text{K/W}$$

α_s – värmeöverföringskoefficient p.g.a. strålning

α_k – värmeöverföringskoefficient p.g.a. konvektion

Värmeövergångsmotstånd ovasida, enligt [50]:

$\alpha_s = 4,5 - 5$ Gäller för alla normala situationer.

$$\alpha_k = 2 \cdot |T_l - T_0|^{\frac{1}{4}} = 2 \cdot |20 - 25|^{\frac{1}{4}} = 3$$

T_l – lufttemperatur

T_0 – yttemperatur

$$R_{so} = \frac{1}{4,75 + 3} \approx 0,13$$

Värmeövergångsmotstånd undersida, enligt [43]:

$\alpha_s = 4,5 - 5$ Gäller för alla normala situationer.

$$\alpha_k = 0,9 \cdot |T_l - T_0|^{\frac{1}{4}} = 0,9 \cdot |20 - 22|^{\frac{1}{4}} = 1,0$$

$$R_{su} = \frac{1}{4,75 + 1} \approx 0,17$$

Övriga värmemotstånd:

$$R = \frac{l}{\lambda}, \text{ m}^2\text{K/W}$$

l – skiktets tjocklek

λ – värmekonduktivitet

Tabell 5. Värmemotstånd mellanbjälklag

Skikt	Tjocklek, mm	Värmekonduktivitet, W/mK	Värmemotstånd, m ² K/W
Ytövergångsmotstånd	-	-	0,13
Golvbeläggning	9	0,14	0,06
Spånskiva	22	0,14	0,16
Isolering	50	0,036	1,39
Gips	13	0,22	0,06
Ytövergångsmotstånd	-	-	0,17
Totalt:	-	-	1,97

Värmeegenomgångskoefficient:

$$U_p = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{1,97} = 0,508 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_{IN} = R_{SO} + R_{Golvbeläggning} = 0,13 + 0,06 = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Isolerverkningsgrad för mellanbjälklag:

$$\eta = 1 - 0,508 \cdot 0,19 = 0,903$$

90,3 % av tillförd värme i golvvärmslingan avges alltså till luften ovanför mellanbjälklaget och endast 9,7 % avges till luften i rummet under mellanbjälklaget. Frågan är då om det lönar sig att öka på isolertjockleken i mellanbjälklaget för att se till att ännu större del av avgiven värme tillförs luften ovanför mellanbjälklaget. Om isolertjockleken i mellanbjälklaget skulle ökas på till 200 mm ökar isolerverkningsgraden, η till 0,969. Denna ökning av isolertjockleken i mellanbjälklaget torde inte vara nödvändig om man ser till att ha ett väl fungerande reglersystem som styr golvvärmen. Reglersystemet kan då ta hänsyn till den värmen som "läcker" ner till bottenplanet. Ökad isolertjocklek hade dock varit önskvärd vid fallet då villan hade varit uppdelad i mer än en lägenhet.

De egenskaper som golvvärmen har kan medföra att lufttemperaturen inomhus kan sänkas och då erhålls en energibesparing under förutsättning att inte uppvärmningssäsongen ökar. Den upplevda temperaturen kan då vara lika hög som i fallet med radiatorvärme och högre innetemperatur. Detta åstadkoms genom att golvet är varmare och det upplevs som god komfort, fast att innetemperaturen i själva verket är lägre än vad som krävs för god komfort.

Enligt [19] ges följande råd i samband med platta på mark som utföres med golvvärme:

- Grunderna bör vara välisolerade och långa uppvärmningssäsonger bör undvikas för att uppvärmningskostnader inte skall bli högre jämfört med radiator.
- Reglersystemet skall vara väl injusterat för att uppvärmningsbehovet inte skall öka.
- Fuktförhållandena bör undersökas i grunder som utföres med golvvärme innan golvvärme installeras. För tjock värmeisolering minskar risken för att fuktskador uppträder i grundkonstruktionen.

Kommentarer till ovanstående råd:

- I en undersökning gjord av professor tekn. dr Christer Harrysson, Bygg och Energiteknik, [20], framkommer det att för att få samma energianvändning för ett hus med golvvärme som för ett med radiatorer krävs 300 mm underliggande isolering och värmefördelande plåtar. Detta till en merkostnad av ca 55 000 kr jämfört med alternativet platta på mark med 100 mm isolering och vattenradiatorer. Uppvärmningssäsongen ökar ofta i hus med golvbeläggningar som klinker, då golven kan kännas kalla om inte golvvärmen är igång.
- Ett bristfälligt injusterat reglersystem kan ibland medföra att inomhustemperaturen blir hög, vilket medför en högre värmeförlust.
- Flera fuktförhållanden i grunden påverkas av golvvärmsystemet. Grundkonstruktionen och underliggande mark värms upp under uppvärmningssäsongen. Detta kan få till följd att trämaterial, t ex parkett, torkar ut vilket kan innebära sprickor pga. uppstående

längdförändringar i trä. En annan följd kan vara att omvänd fukttransport från marken till plattan uppstår, när golvvärmen stängs av och plattan kyls ner (i fallen då isolertjockleken är för tunn).

Rekommendation från Bygg och Energiteknik, [20], vid nybyggnation:

- Använd radiatorer som basvärme under uppvärmningssäsongen för ekonomins och komfortens skull i alla utrymmen. Golv på betongplatta upplevs ofta som hårda och kalla. Välj därför golvmaterial som brädgolv och ett extra isolerskikt ovanpå betongplattan. Utrymmen med stenmaterial, t ex badrum och hall, kan dessutom förses med elektroniskt tidsstyrd golvvärme att vid behov hela året användas som komfortvärme och för att snabbt torka upp fukt på golvet.

5.2 Vatten och avlopp

5.2.1 Tappvatten

Föreskrifter

BBR 9:232 Varmvattenberedning

- Installationer för tappvarmvatten skall utformas så att tillförd värme så långt som möjligt kan nyttiggöras vid tappställena. Rörledningar bör isoleras så att värmeavgivningen inte överstiger vad som anges för värmeinstallationer i avsnitt 9:324. Härvid kan bortses från ledningar utan cirkulation, med en inre diameter som är mindre än 20 mm, om de är förlagda i uppvärmt utrymme.

BBR 6:613 Tappvattenflöde

- Råd: Vattenvärmare med ackumulering för ett enbostadshus bör vara så dimensionerad att den kan värma kallvatten av 10 °C under en tid av högst sex timmar så att två tappningar om vardera 140 l vatten av 40 °C, blandat kall- och varmvatten, kan erhållas inom en timme.

BBR 6:615 Material, utförande m m:

- Tappvatteninstallationer skall utföras av sådant material och utformas så att de har tillräcklig beständighet mot de yttre och inre mekaniska, kemiska och mikrobiella processer som de kan förväntas bli utsatta för. Risk för skador på omgivande byggnadsdelar eller andra olägenheter på grund av frysning kondensering eller till följd av utströmmande vatten skall begränsas. Om installationen utförs som dolt montage, skall installationens anslutningar, kopplingar och lödningar ha samma motståndsförmåga mot skador som omgivande rörledningsmaterial. (*BFS 1995:17*).

Inte bara BBR:s föreskrifter ska följas utan även BVL⁷ måste följas. För att uppfylla kraven i 2 § BVL samt för att föreskriftens krav på tillräcklig beständighet hos vattenledningar skall uppfyllas, måste stor uppmärksamhet ägnas åt val av material, fogmetoder, avstängningsmöjligheter, skydd mot skador på byggnader m m. Vid val av material och fogmetod måste hänsyn tas till hur ledningen avses förläggas, [41].

Vattenledningar ska förläggas så att skador på byggnadsdelar och andra installationsdelar inte uppstår. Sådana åtgärder ska vidtas att utläckande vatten orsakar så liten skada som möjligt och utströmmande vatten snabbt upptäcks. En ledning får förläggas så att den blir icke

⁷ Byggnadsverkslagen

utbytbar endast om materialet ger säkerhet mot korrosion och den är lika tät som motsvarande ledning utan fogar (jfr BBR 6:615 ovan). En ingjuten ledning är exempel på icke utbytbar. Med utbytbar förläggning avses ledningsdel som utan förstörande ingrepp i byggnadsstomme och ytskikt kan nås för reparation eller utbyte. I Tabell 6 ges exempel på förläggning av tappvattenledning.

Tabell 6. Förläggning av tappvattenledning, [41].

Utförande av fog	Rör-material	Förläggning av ledningsdel			
		I mark		I byggnad	
		Ej utbytbar	Utbytbar	Ej utbytbar	Utbytbar
Ingen fog (heldraget)	Koppar	vv, kv	vv, kv	vv, kv	vv, kv
	PEX, PB PE, PVC	kv kv	vv, kv kv	kv kv	vv, kv kv
Fabriksmässigt utförd fog med hård- eller mjuklödning och kontroll ⁸	Koppar	vv, kv	vv, kv	vv, kv	vv, kv
Lödfog utan fabriksmässig kontroll	Koppar	-	vv, kv	-	vv, kv
Mekanisk koppling	Koppar	-	vv, kv	-	vv, kv
	PEX, PB PE, PVC	- -	vv, kv kv	- -	vv, kv kv

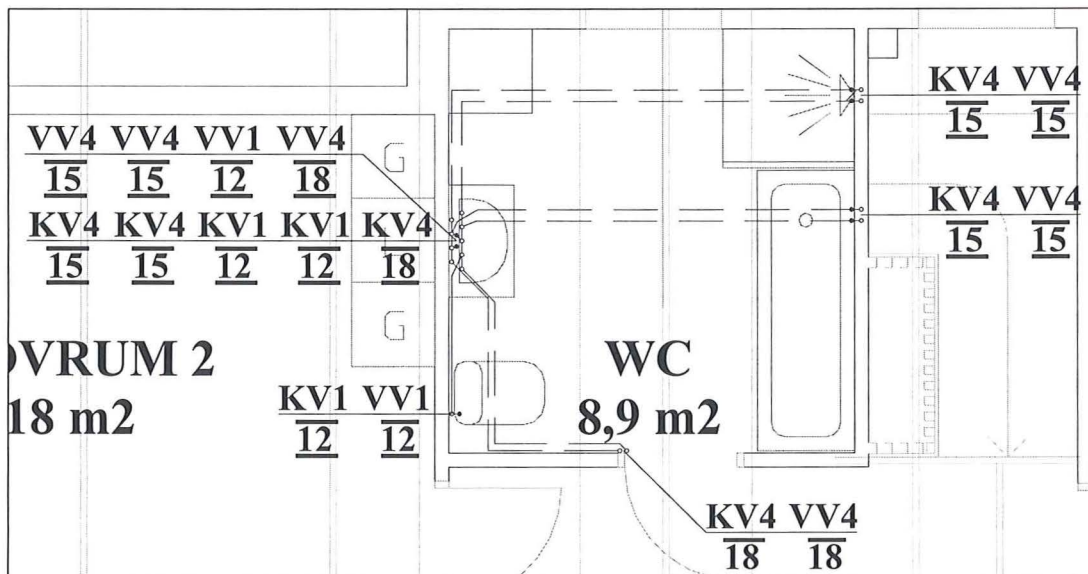
Tappvatten Villa Nöbböle

Tappvatteninstallationerna är dimensionerade i Bilaga 4 enligt metoden i avsnitt 2.4.2. Som ingångsvärden till Bilaga 4 krävs uppgift om lägsta normala tryck i förbindelsepunkten, tryckfall över vattenmätare, vilket tillhandahålls av Kommunen, men också tryckfall över vattenvärmare samt vilket tryck som krävs över fullt öppen tappventil (ogynnsammast belägna tappventil) för att denna ska ge normflöde. De sistnämnda tillhandahålls av tillverkaren. Värdena framgår av Bilaga 4. Lägsta normala vattentryck före högst belägna tappventil ska, enligt [44], vara större än 30 kPa för att inte tryckstegring ska behöva tillämpas. I beräkningen framgår att detta tryck uppgår till 72 kPa, vilket skulle räcka för att ge normflöde på den beräknade tappventilen (dusch ovanvåning).

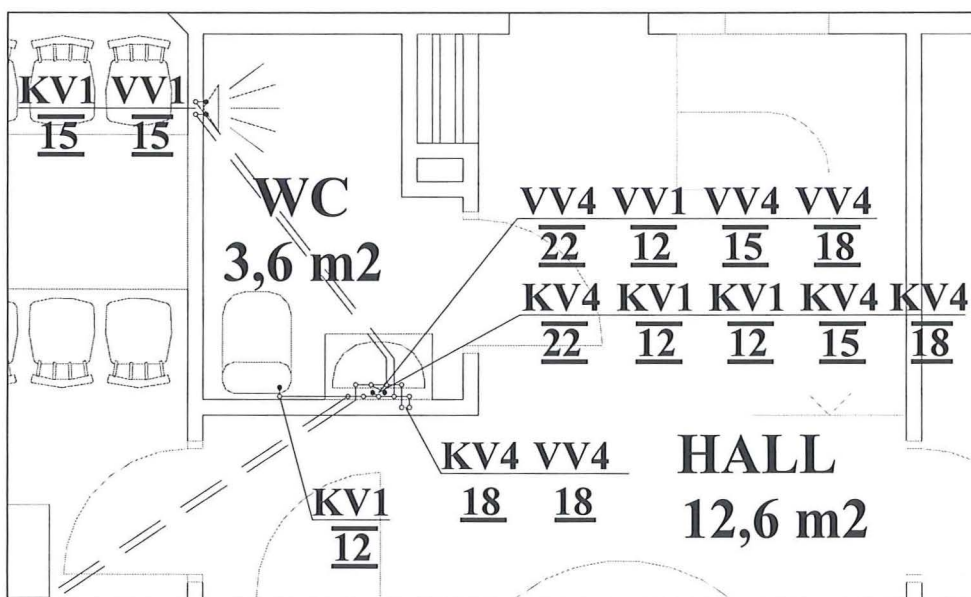
Fördelningen av tappvattnet sker först vid vattenmätaren, där kallvattnet respektive varmvattnet kopplas ovanför golvet och leds sedan ner i plattan och ut till de olika tappställena på bottenvåningen (se Figur 38). I badrummet på bottenplanet fördelas vattnet via kopplingen under tvättstället (se Figur 37), och därifrån kopplas också matningen till badrummet på våningen över och leds in i väggen och upp genom bjälklaget och vidare fram till tvättstället genom bjälklaget. Vid tvättstället dras fördelningsledningen upp ur bjälklaget och fördelningen av badrummets tappvatten sker även här under tvättstället (se Figur 36). Både i WC bottenplan och WC övre plan krävs att tvättställena är av typ kommoder så att

⁸ Fabriksmässigt utförd fog som kontrollerats anses i fråga om täthet och beständighet likvärdig med heldragen ledning.

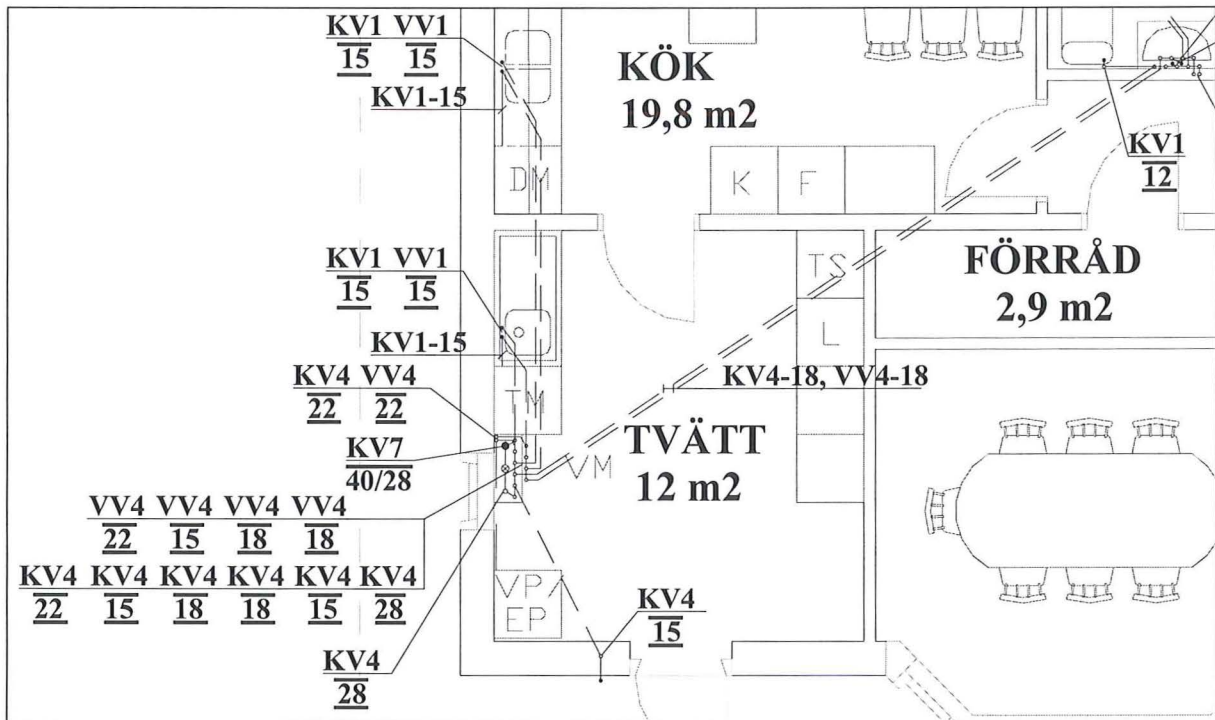
fördelningsrören under kan döljas. På ovannämnda sätt kan alla ledningar i bjälklag och väggar dras okopplade utan fogar och därmed utan risk för fogläckage.



Figur 36. Tappvatten WC övre plan



Figur 37. Tappvatten WC bottenplan



Figur 38. Tappvatten bottenplan

Alla ledningar fram till tappställena dras i bjälklaget, betongplattan eller vägg utom kopplingsledningarna till tvättställen, vattenklosetterna, diskmaskin och tvättmaskin.

KV1, VV1 och KV4 är mjuka kopparrör av typen prisol, vilket innebär att rören är inneslutna i ett diffusionstätt hölje av cellpolyeten. Denna mantel förhindrar att vatten från omgivande luft kondenserar på de kalla rören, vilket skulle kunna skada konstruktionen som rören ligger i. VV4 är mjuka kopparrör av typen plus prisol, vilket innebär att de är isolerade för att förhindra värmeläckage. För rör vars ytterdiameter är upp till 20 mm ska isolertjockleken vara 30 mm och för rör med ytterdiameter 20-50 mm ska isolertjockleken vara 40 mm. Alla VV4 och KV4 förläggs utbytbara i bjälklag. KV7 (servisledning) är av typen PEM PN10 och förläggs skarvfri från anslutningspunkt till vattenmätare.

Vanligare och vanligare är tappvatteninstallationer med plaströr av typen PEX (polyeten) istället för kopparrör. Exempel på system är WITAPEX med Wirsbo PEX-rör från Wirsbo. Fördelarna verkar vara många med dessa system. Installeringen blir flexibel och enkel då rören är lätta att bocka. Rören kan fås i längder upp till 200 m, vilket ger förutsättningar för säkra, skarvfria system, som i stor utsträckning kan byggas in. Rören är energiåtervinningsbara och därmed skonsamma mot miljön. Rören släpper inte ifrån sig metaller eller andra föroreningar. Rören dämpar också ljuden från uppstående så kallade tryckstötter och susningar. Med andra ord ett system som bör studeras och beaktas vid projektering. Valet hamnade för Villa Nöbbele ändå på kopparrör då dimensioneringen av systemet är mer väldokumenterat.

5.2.2 Spillvatten

Föreskrifter

BBR 6:621 Spillvatten

- Spillvatteninstallationer skall utformas så att spillvattnet kan avledas utan att installationen eller avloppsanläggningen skadas samt så att deras funktioner inte påverkas.
- Tappställen för tappvatten skall förses med avloppsenheter, såvida inte spillvattnet utan olägenhet kan avledas på annat sätt. Säkerhetsanordningar såsom sprinkler, nödduschar och brandposter, får anordnas utan sådana avloppsenheter.
- Elak lukt får inte spridas från avloppsnätet. Avloppsenheter skall anslutas till spillvatteninstallationen så att spillvatten från en avloppsenhet med vattenlås inte kan tränga in i annan avloppsenhets vattenlås. Avloppsenheter där spillvattnet kan orsaka olägenheter till följd av elak lukt får inte anslutas till golvavlopp.

BBR 6:6212 Avledning av spillvattenflöde

- Spillvatteninstallationer skall utföras så att de kontinuerligt kan avleda ett spillvattenflöde på 150 % av de tillhörande tappställen rekommenderade normflöden. Spillvattenflödet får dock inte vara mindre än att det kan föra bort sådana föroreningar för vilka installationen är avsedd.
- Råd: Vid dimensionering av spillvattenledningar bör beaktas att
 - ledningarnas dimension inte bör minska i strömningsriktningen,
 - ledningar från vattenklosetter bör ha minst dimension 100 mm (rörbeteckning),
 - ledning i mark bör ha minst dimension 75 mm (rörbeteckning).

Kommentarer:

Kontrollera att ingen avloppsenhet ligger under uppdämningsnivån i förbindelsepunkten.

Golvbrunn bör anordnas i följande utrymmen:

- för disk- eller tvättmaskin (disk- eller tvättmaskin för hushållsbruk får dock anordnas i utrymme utan golvavlopp, om maskinen är placerad på vattentätt underlag, som är så anordnat att utläckande vatten blir synligt),
- för badkar eller dusch,
- som skall användas för eller rengöras med spolning,
- med anordning som vid reparation o d kräver avtappning av stora vattenmängder, såvida inte vattnet utan olägenhet kan avledas till annan avloppsenhet,
- där det för föreligger stor risk för okontrollerad utströmning av vatten.

För att förhindra att elak lukt sprids från avloppsnätet måste avloppsenheten förses med luktlås (vattenlås) samt spillvatteninstallationerna luftas och luftningsledningarna placeras så att de inte förorsakar olägenheter (jfr BBR 6:6213). Syftet med luftningen är att utjämna tryckförändringar som annars uppstår, då systemet belastas genom tömning av avloppsenheter. Om tryckförändringarna blir för stora finns risk att vattenlås sugas ur med olägenheter i form av elak lukt som följd. Luftningen åstadkoms genom att spillvatteninstallationen står i direkt förbindelse med uteluften eller med hjälp av automatiska luftningsventiler. Vid direkt förbindelse med uteluften förs luftningsledningen upp över byggnadens yttertak med iakttagande av begränsningar med hänsyn till besvärande lukt som kan uppstå vid för nära liggande fönster eller luftintag för fläkt.

Disk- och tvättmaskiner för hushållsbruk kan anslutas till spillvatteninstallationen antingen via luftgap eller genom en särskild anslutning till någon annan avloppsenhets vattenlås (se vidare [41]).

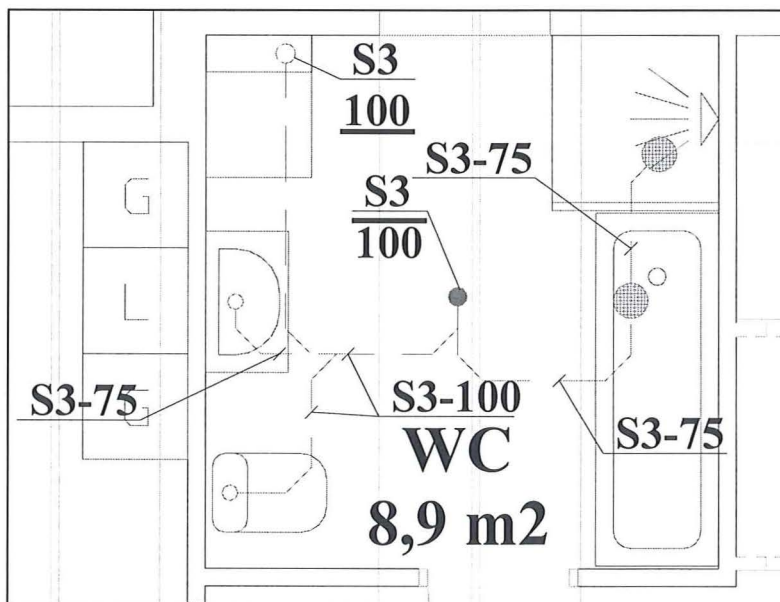
Spillvatten Villa Nöbbele

Spillvatteninstallationerna är dimensionerade i Bilaga 5 enligt metoden i avsnitt 2.4.2. Som ingångsvärden till Bilaga 5 krävs uppgift om plushöjden vid förbindelsepunkten som för Villa Nöbbele är +159,55 (se Figur 2 s. 8).

Vid dragning av spillvattenledning tvärs bjälkar bör håltagningen göras i fältmitt där böjmomenten är störst och tvärkrafterna minst. Alternativt måste särskild förstärkning av bjälkar utföras, vilket kan vara nödvändigt även i fältmitt beroende på hålets storlek i förhållande till hela balkhöjden. Detta har ej kontrollerats i Villa Nöbbele.

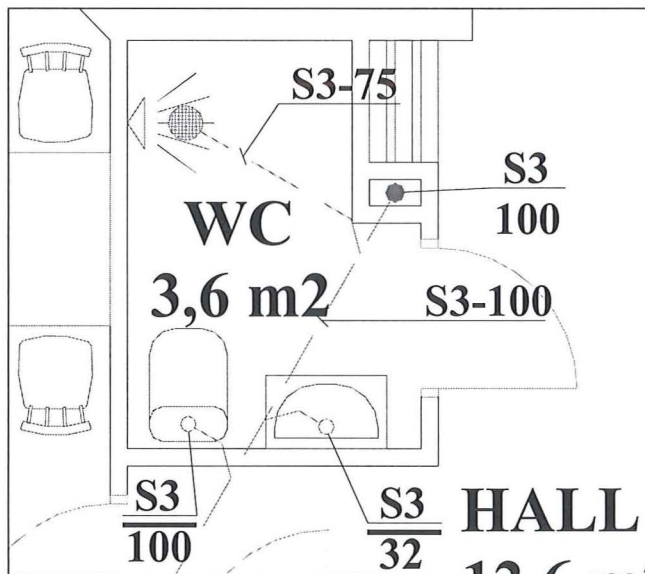
(En alternativ lösning på dragning av spillvattenledningarna på ovanvåning hade varit att flytta över duschen till samma sida som handfat och wc och sedan dra ett synligt avloppsrör utmed vägg från badkar till duschens golvbrunn. På detta sätt kunde problemet med korsning av bärande bjälkar undvikas. Ett problem som dock uppstår vid en sån lösning hade varit dragningen av luftningsledningen och ventilationskanalen för underliggande WC. Den vertikala samlingsledningen hade i detta fall kunnat dras ner i hjärtväggen istället)

Systemet luftas via luftningsledning som leds upp genom kuptaket. Luftningsledningen ansluts mellan handfat och WC (se Figur 39). Den förhindrar att handfatets vattenlås sugts ut när spolning sker på WC.



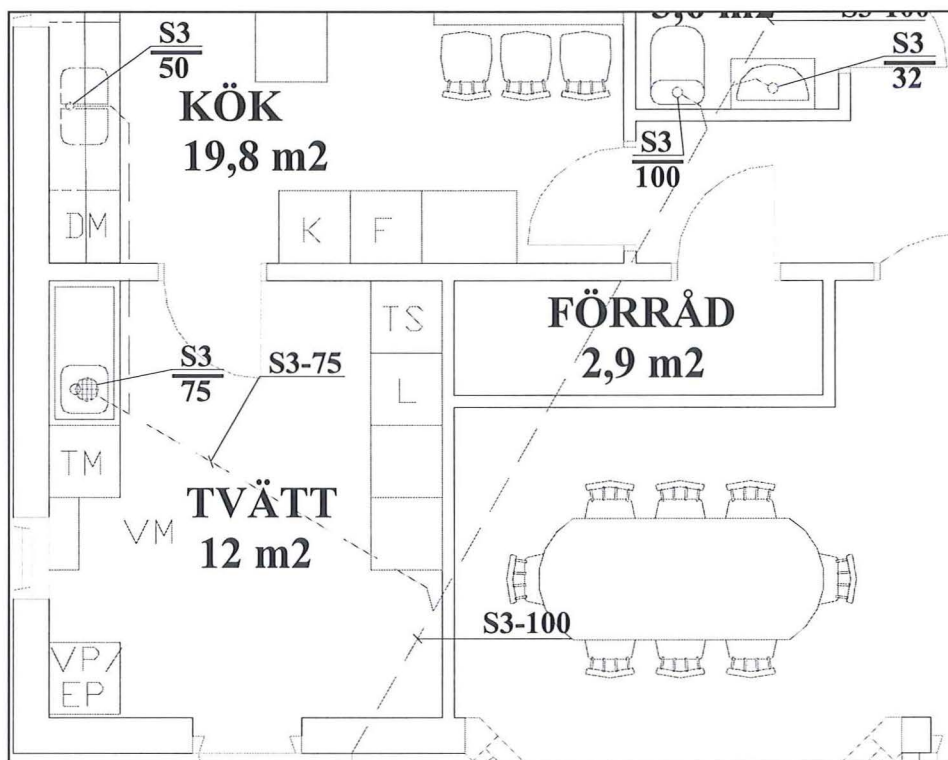
Figur 39. Spillvatteninstallation WC övre plan

Den vertikala samlingsledningen, som dras ända ner till markledningen placeras inbyggd i WC på nedre plan (se Figur 40). Denna stående samlingsledning bör förses med renslucka då den övergår till liggande ledning under betongplattan. Renslucka görs åtkomlig från hall utanför WC. För att undvika igensättning skall riktningförändringar begränsas och grenrör utföras så att slamavsättningar undviks (t.ex. liggande ledning som ansluts till liggande ledning ska anslutas med max 45 ° vinkel).



Figur 40. Spillvatteninstallation WC bottenplan

Horisontella ledningar i bottenplan förläggs under betongplattan. Ledningar under betongplatta ska utrustas med rensanordning var tjugonde meter, vilket dock inte blir aktuellt i det här fallet. I mark utanför byggnadens grundmur insätts dock en rensanordning (se BR1 Figur 42 s.50). Sedan gäller att avståndet mellan varje rensanordning ska uppgå till högst 40 m.



Figur 41. Spillvatteninstallation bottenplan

Alla avloppsrör inomhus med beteckningen S3 är av typen PEH och avloppsrör förlagda i mark är av typen PVC.

5.2.3 Dagvatten/Dräneringsvatten

Föreskrifter

BBR 6:622 Dagvatten

- Dagvatteninstallationer skall kunna avleda regnvatten och smältvatten så att risken för översvämning, olycksfall eller skador på byggnader och mark begränsas. Dagvatteninstallationer skall ha anordningar för avskiljning eller behandling av sådana ämnen som kan störa funktionen eller medföra skada på installationen, avloppsanläggningen eller recipienten.
- Råd: Avskiljare bör anordnas, om dagvattnet kan innehålla mer än obetydliga mängder av petroleumprodukter eller mer än obetydliga mängder av slam eller fasta partiklar.

BBR 6:623 Dräneringsvatten

- Dräneringsvatten skall avledas med självfall direkt till mark, om detta kan ske utan att dräneringens funktion försämras, eller till dagvattenförande ledningar. Ledningar för dräneringsvatten skall förses med brunn med slamsamlingsanordning före ledningens anslutning till dagvattenledningen.

I samband med att tomter bebyggs uppstår behov av att omhänderta och avleda dagvatten och ibland även dräneringsvatten. Inom detaljplanlagt område är huvudman för allmän avloppsanläggning skyldig att se till att det är möjligt att genom den allmänna anläggningen avleda dagvatten, om inte dagvattnet från tomten kan avledas på annat fördelaktigt sätt.

Avledning av dagvatten kan ske på tre sätt:

- Direkt till allmän avloppsanläggning.
- Till omgivande marklager.
- Till såväl omgivande marklager som till allmän avloppsanläggning.

Normalt får inte dagvattnet avledas till spillvattenledningen. Detta får endast ske i särskilda fall efter prövning av huvudman för avloppsanläggning, [41]. Den dominerande formen för avledning av dagvatten är direkt avledning till allmän ledning, kombinerad ledning eller dagvattenledning i duplikatsystem. En annan form som idag ofta eftersträvas är LOD⁹. Aktuell kommun bestämmer i vilken grad tomten måste förses med LOD. Allt vanligare vid villabyggnation är avledning till såväl mark som allmän ledning. Dagvattnet leds i denna metod först till ett fördröjningsmagasin bestående av en stenkista. Där infiltrerar den mängd vatten som omgivande mark klarar av att ta upp och resten leds tillbaka till avledningssystemet via ett bräddavlopp. Inte bara markens genomsläpplighet måste beaktas vid LOD-anläggningar, utan även grundvattenytans läge. Endast om fuktbelastningen på grundkonstruktionen inte blir onödigt hög eller omkringliggande bebyggelse och tomter inte skadas, kan dagvattnet släppas ut direkt på marken.

Dräneringen består av en uppsamlade del, som utgörs av dränerande skikt vid väggar och under golv, samt en avledande del som utgörs av själva ledningen. Hur dräneringen ansluts beror på praxis i den enskilda kommunen.

⁹ Lokalt Omhändertagande av Dagvatten. Hantering av dagvattnet inom det område där det bildats, och som därmed onödiggör eller minimerar dess bortledning.

Avledningen av dränvatten kan ske på följande fyra sätt:

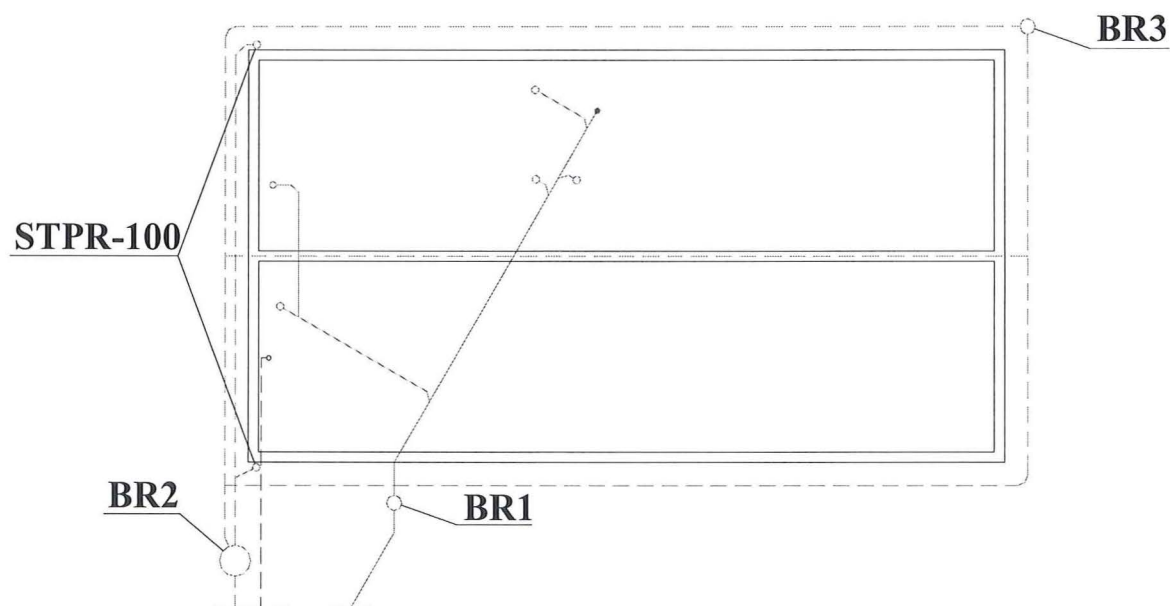
- Till egen LOD-anläggning.
- Med självfall till allmän dagvattenledning.
- Med självfall till allmän spillvattenförande ledning.
- Med självfall till allmän särskild dränvattenledning.
- Pumpning till allmän dagvattenförande ledning eller särskild allmän dränvattenledning.

Avledning till spillvattenförande ledning kan i vissa fall godkännas om dämpningsrisken vid avledning till allmän dagvattenledning blir för stor. Orsaken är att spillvattenledningen vanligtvis ligger lägre än dagvattenledningen och uppdamningsnivån för spillvatten ligger oftast avsevärt lägre än motsvarande nivå för dagvatten.

När det gäller nederbörd runt huset bör marken närmast huset ges en lutning av minst 1:20 inom 3 meter från huset, d v s marknivån skall befinna sig 15 cm lägre på ett avstånd av 3 meter från huset.

Dagvatten/Dränering Villa Nöbbele

Dagvattenavledningen för Villa Nöbbele är dimensionerad i Bilaga 6 enligt metoden i avsnitt 2.4.2. Minsta dimension för dagvattenledning i mark är 75 mm, den får dessutom inte ha mindre dimension än det anslutna stupröret. För enbostadshus krävs dessutom minst 2 stuprör. Alla dagvattenledningar är markavloppsrör av typen PVC.



Figur 42. VA-Grundplan

Figur 42 visar VA-Grundplan. Beteckningarna enligt ritning står för följande:

BR1 - RENSANORDNING SPILLVATTEN

BR2 - DAGVATTENBRUNN MED LÅSBART LOCK ϕ 400 MED VATTENLÅS
OCH 600 MM DJUP SLAMBRUNN

BR3 - INSPEKTIONSBRUNN DRÄNERING

STPR - STUPRÖRSANSLUTNING ϕ 100

Fastigheten Nöbbele 1:50 ansluts till ett duplikatsystem med separat dagvattenledning. Dagvattnet och dränering leds båda till rensbrunnen med slamavskiljning (BR2) för att

därifrån sedan ledas ut till allmän dagvattenledning via ytterligare en rensanordning (BR1, se Figur 2 s. 8). Eventuellt kan ett fördröjningsmagasin placeras väster om byggnaden för att ta hand om den största delen av dagvattnet. Fördröjningsmagasinet ansluts sedan till BR2 via ett bräddavlopp.

5.3 Ventilation

Föreskrifter

BBR 6:232 Luftväxling

- Rum skall ha kontinuerlig luftväxling då de används. Uteluftsflödet skall vara lägst 0,35 l/s per m² golvarea. När rummen inte används får luftflödet reduceras, dock inte så att hälsorisker uppstår eller så att skador på byggnaden eller dess installationer riskeras. Reduktionen får ske steglöst, i flera steg eller som intermittert drift.
- Uteluft till bostäder skall i första hand tillföras i rum eller del av rum för daglig samvaro och för sömn och vila.
- Råd: Uteluftsflödet till rum eller del av rum bör anordnas med en lägsta kapacitet (se Bilaga 7). Frånluftflödet vid mekanisk ventilation bör anordnas med en lägsta kapacitet (se Bilaga 7).

Kravet att uteluftsflödet skall vara lägst 0,35 l/s per m² golvarea motsvarar ungefär 0,5 oms/h, vilket har använts vid bestämning av värmeförluster på grund av ventilationen i Bilaga 1 (en m² golvarea med innetakhöjden 2,4 m motsvarar alltså omsättningen 1200 l/h per m² = 1200/3600 l/s per m² = 0,33 l/s per m²). 0,5 oms/h motsvarar för huset ett totalt uteluftsflöde på 74 l/s vilket väl motsvarar det framtagna uteluftsflödet på 79 l/s i Bilaga 7.

Ventilation Villa Nöbbele

Ventilationssystemet för Villa Nöbbele är dimensionerat i Bilaga 7 enligt metoden i avsnitt 2.4.2. Systemet är av typen mekanisk frånluft. Uteluften sugas in via reglerbara friskluftsventiler över fönster (SPVa) placerade i de rum som anges i föreskrifterna (sovrums- och vardags- och allrum).

Vid dimensioneringen av systemet framkom att det totala uteluftsflödet blir 79 l/s. Skulle huset förutom friskluftsventilerna vara helt tätt skulle alltså hela detta flöde passera genom friskluftsventilerna och ett undertryck inomhus på 7 Pa skulle uppstå. Mer realistiskt vore att anta att huset precis uppfyller täthetskravet enligt BBR och detta skulle innebära att ett läckflöde uppstår förutom flödet genom friskluftsventilerna. Detta skulle innebära att tryckfallet över friskluftsventilerna (undertrycket inomhus) skulle sjunka något då tryckfallet genom ventilerna sjunker då flödet minskar. Flödet genom ventilerna kan antas vara turbulent (kvadratiska förluster), vilket skulle innebära att om flödet minskar med hälften så minskar tryckförlusten med 4 gånger. Förlusterna vid läckage genom klimatskalet beskrivs bäst av en blandning mellan kvadratiska och linjära (laminära) förhållanden. Minskar flödet med hälften så minskar tryckförlusten med $2^{1.5} \approx 2,83$ gånger. Det i realiteten uppstående undertrycket i huset (tryckfallet över friskluftsventilerna) uppskattas enligt nedan.

$$q_{\text{frisk}} + q_{\text{läck}} = 79 \text{ l/s} \quad (\text{I})$$

Kvadratiska förluster genom friskluftsventiler ger:

$$q_{\text{frisk}} = q_{\text{vent}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta p_{\text{vent}}}} = 79 \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{7}} \quad (\text{II})$$

Mellanting av kvadratiska och linjära förluster vid läckage ger:

$$q_{\text{läck}} = q_{\text{normläck}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_{\text{normläck}}} \right)^{1,5} = 272,4 \cdot \left(\frac{\Delta p}{50} \right)^{1,5} \quad \text{(III)}$$

varav

$q_{\text{normläck}} = 0,8 \cdot A_{om} = 0,8 \cdot 340,5 = 272,4 \text{ l/s}$ då läckaget uppskattas till $0,8 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ vid tryckskillnaden 50 Pa.

Sambanden (I)-(III) ger:

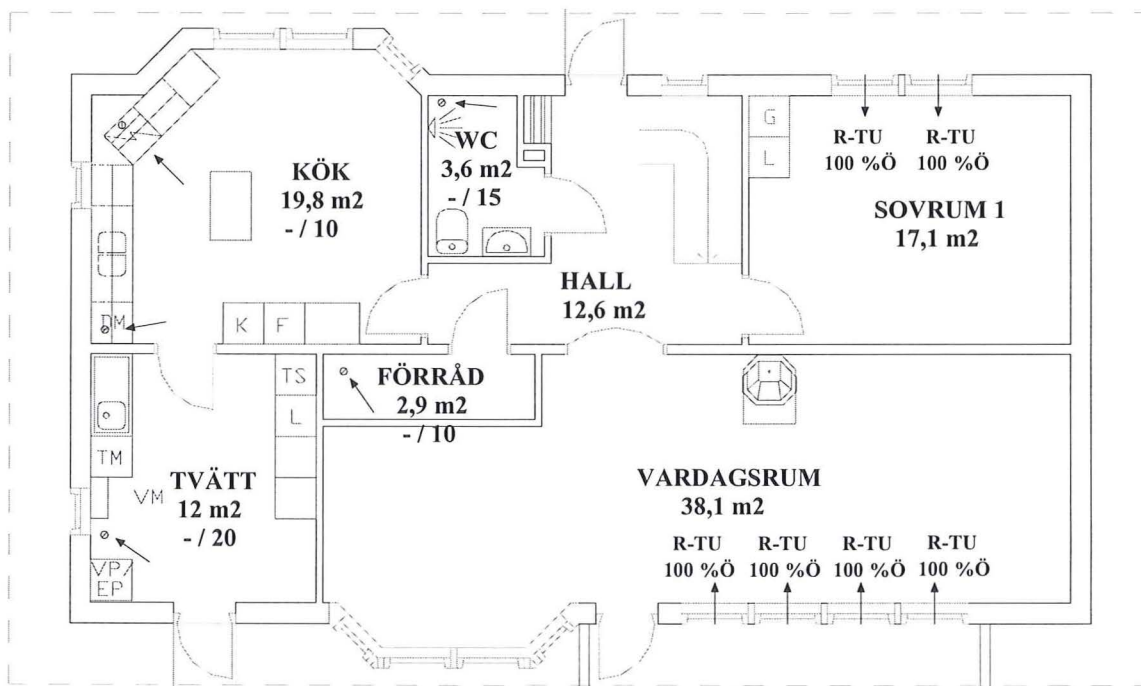
$$79 \cdot \left(\frac{\Delta p}{7} \right)^{\frac{1}{2}} + 272,4 \cdot \left(\frac{\Delta p}{50} \right)^{1,5} = 79 \quad \longleftrightarrow \quad \Delta p = 2,24 \text{ Pa}$$

Kontentan av genomförd beräkning blir att det totala flödet på 79 l/s tillförs byggnaden på följande sätt:

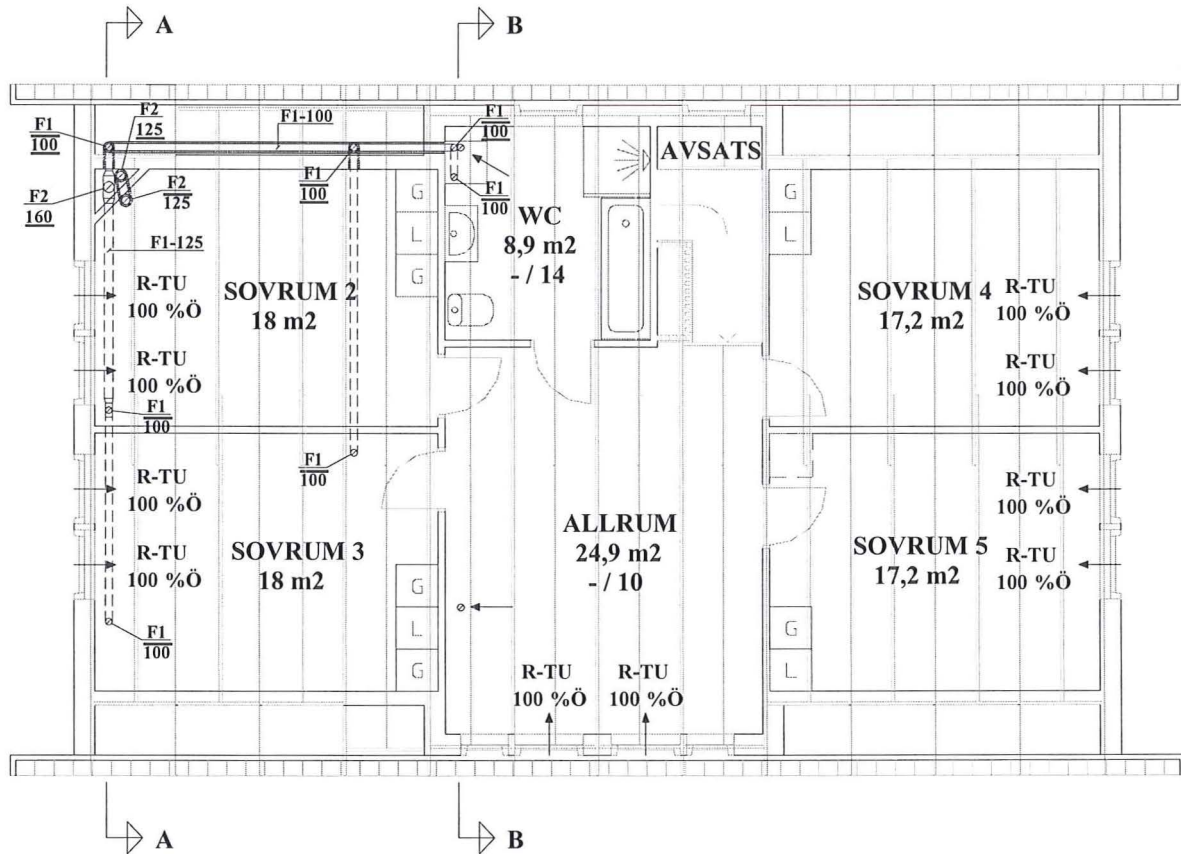
$$q_{\text{frisk}} = 79 \cdot \sqrt{\frac{2,24}{7}} \approx 44,7 \text{ l/s} \quad 44,7 \text{ l/s tillförs genom friskluftsventilerna}$$

$$q_{\text{läck}} = 272,4 \cdot \left(\frac{2,24}{50} \right)^{1,5} \approx 34,4 \text{ l/s} \quad 33,4 \text{ l/s tillförs genom otätheter}$$

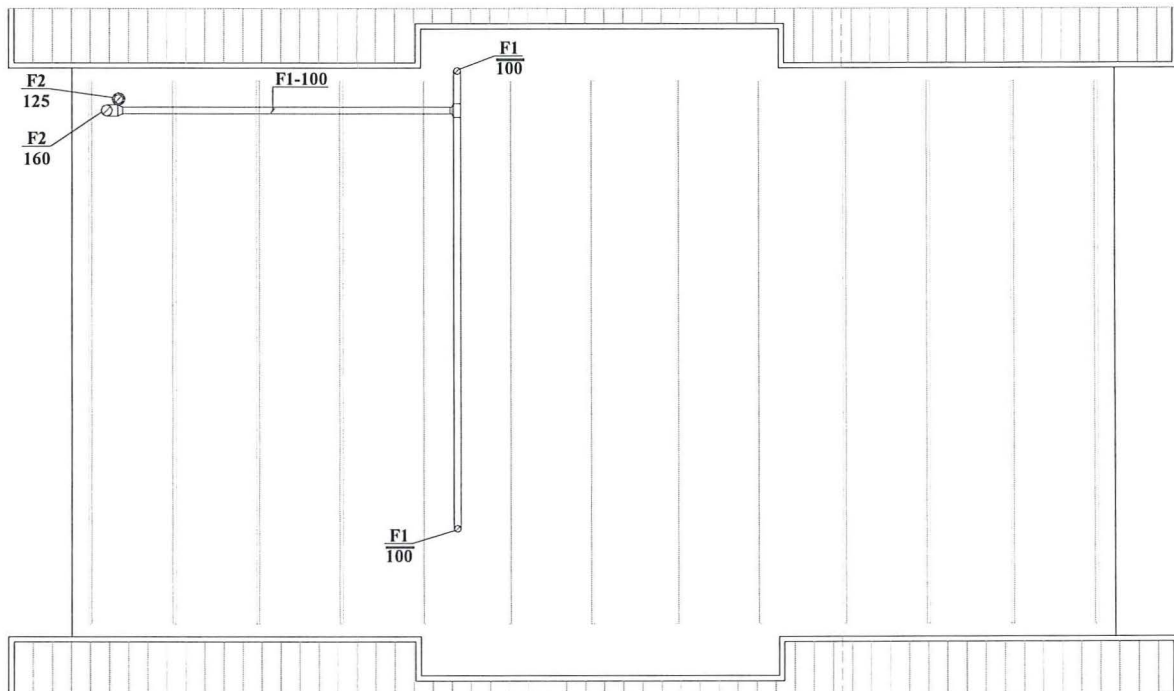
Frånluftsdonen placeras i kök, tvättstuga, förråd, wc och allrum, och frånluftsflödet fördelas på dessa don enligt föreskrifter (se Figur 43 - Figur 44).



Figur 43. Ventilationsplan bottenvåning

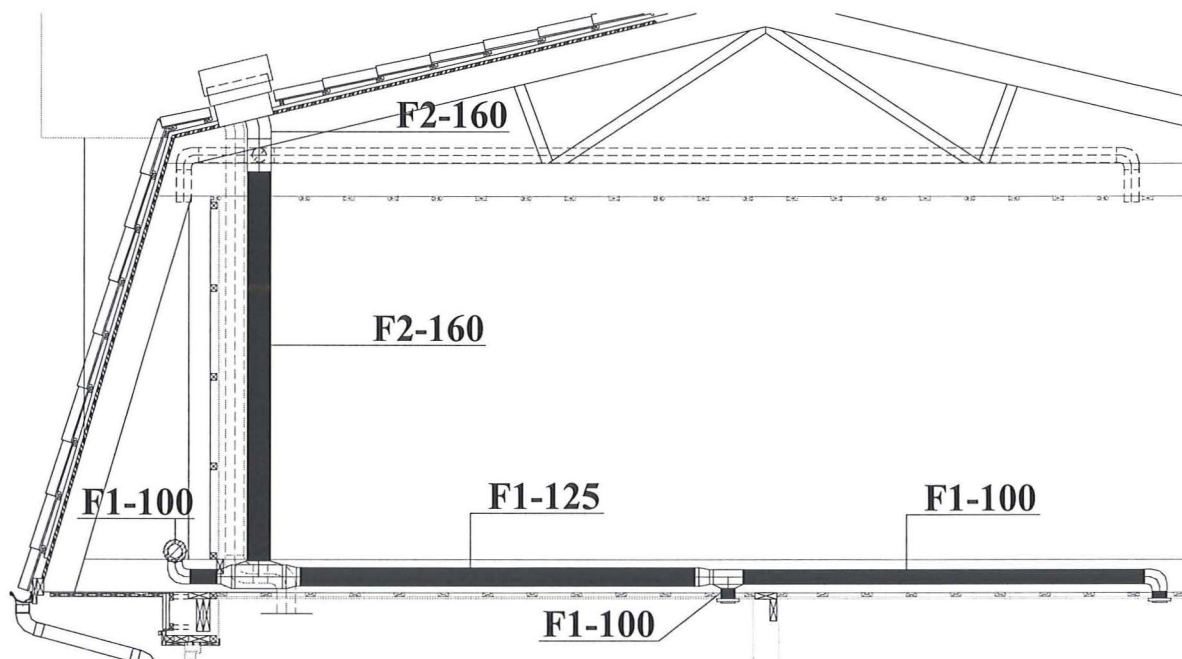


Figur 44. Ventilationsplan mellanbjälklag

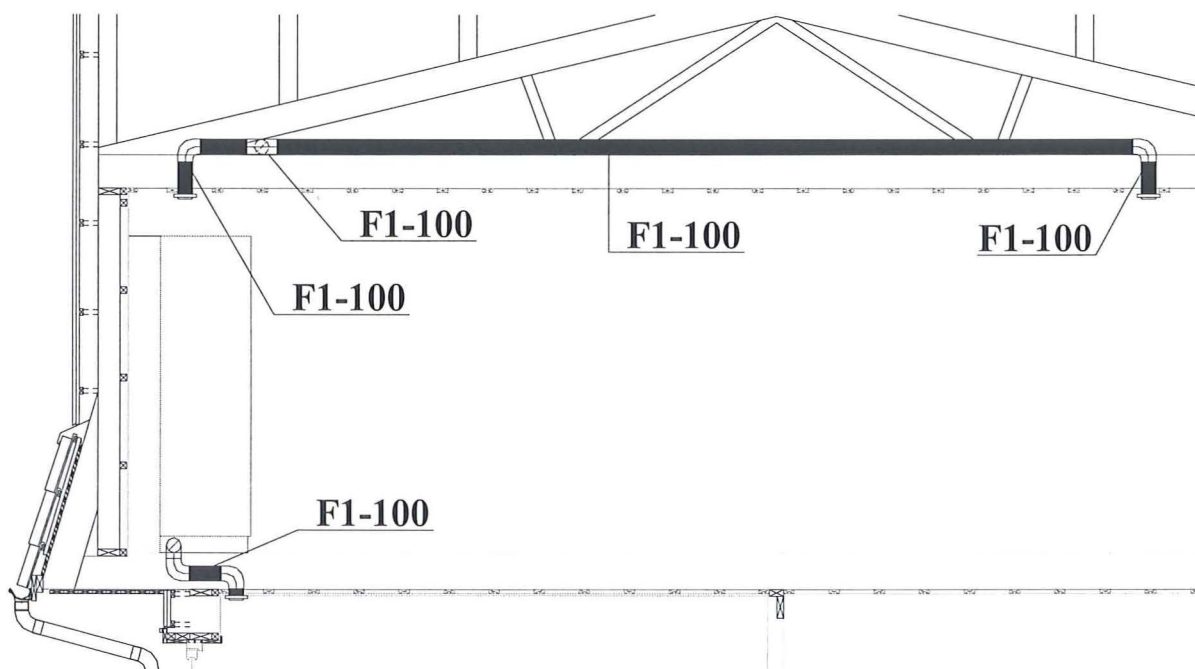


Figur 45. Ventilationsplan hanbjälklag

Frånluftskanalerna leds till den vertikala kanalen som leds upp till takhuven och fläkten via ventilationsschaktet i sovrum 2. Kanalerna är av typen rund stålplåtkanal. Spisfläkten förses med separat imkanal (ϕ 125), som dras upp bredvid frånluftskanalen i schaktet. Imkanalen brandisolereras med 30 mm nätmatta. Även kanalen som leds upp utanför stödbensväggen bör isoleras för att förhindra kondensutfällning (se Figur 46). Varm inneluft passerar ju genom kanalen som befinner sig i ett ouppvämt utrymme. Sektion A-A och sektion B-B visar kanalernas förläggning i bjälklagen (se Figur 46 - Figur 47). Notera dragningen av ventilationskanalen från WC i bottenplan. Denna leds upp över mellanbjälklaget i sockelutrymmet under högskåpet i badrummet (se Figur 47).



Figur 46. Sektion A-A Ventilation



Figur 47. Sektion B-B Ventilation

5.4 EI

El och teleinstallationerna har ej projekterats. För att kunna behandla helheten av konstruktionen har dock nedanstående uppgifter tagits i beaktande.

- El- och teleledning dras i tomrör av plast. Dessa ges olika dimension beroende på hur många ledare som ska dras genom röret. Tomrören placeras ut vid uppbyggande av väggar och bjälklag. I tomrören placeras dragtråd ut med vilken ledningarna sedan dras in i tomrören efter att väggsnivorna är monterade.
- Väggar i Villa Nöbbele är anpassade för installationen med dess installationsspalt bakom gipsen. Denna spalt med isolering gör att ångspärren kan dras obruten innanför mot den vertikala regelstommen.
- Fasadmätarskåpet placeras inbyggt i gavelyttervägg utanför värmepumpen.
- Undercentralen placeras i hjärtväggen i förrådsutrymmet.
- Alla uttag skyddsjordas.

6 Ekonomi

6.1 Fabriksproduktion Modulent

Fabriksproduktion kan te sig på lite olika sätt. Antingen producerar man färdiga ytelement, i form av väggar, tak och bjälklag, som sedan monteras på plats. Därefter sker färdigställandet av inredningen. Ett exempel på hustillverkare som använder denna metod är KarlsonHus, [40]. En annan metod är att man producerar färdiga volymelement där i princip hela huset tillverkas färdigt i ett par volymelement, som sedan monteras på plats. Denna produktionsmetod använder sig exempelvis Modulent av.

Modulent levererar sina hustyper i form av ett antal stora rumselement, som är i det närmaste helt färdiga med inredning, utrustning, målning, golvbeläggningar och tapeter samt utvändigt målade paneler. Till systemet hör vissa kompletterande stora ytelement för yttertakets och vindens eller övervåningens uppbyggnad. Allt monteras och färdigställs inomhus på fabrik. Vid transporter av de stora rumselementen som kan ske med 2-3 lastbilar krävs, då elementbredden är cirka 4 m, dispens för själva transporten och eskorterande följevilar. På byggnadsplatsen krävs kranutrustning för att lyfta rumselementen och placera dem på den i förväg iordningställda krypprunden (se Figur 48).



Figur 48. Montering av Modulentvilla, [35].

Hus byggda inomhus såsom Modulents ger många fördelar. Framför allt elimineras risken för fukt från regn och snö vid den torra byggmetoden. Husen färdigställs ända fram till monterade köksinredningar, uppsatta tapeter och kompletta värme- och ventilationssystem. Detta innebär att passformen blir mycket bra, vilket tillsammans med husens P-märkning¹⁰ ger en hög och jämn kvalitet. Riskerna för skador eller bristande funktioner minimeras på detta sätt.

Vid köp av färdigt hus av Modulent elimineras risken för tråkiga överraskningar i efterhand. Köpet görs till fast pris på hela huset med exakt vetskap om vad huset kommer att innehålla via en "Leverans och byggnadsbeskrivning". Grundläggning och markarbeten utförs av godkända grundläggare och även på dessa lämnas ett fast pris. Kontrollen över byggprocessen gör att en garanterad inflyttningdag kan ges vid beställning (leveransavrop).

¹⁰ P-märkningen utförs under kontroll av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Enligt Modulents broschyr Idéboken, [36], skapar Modulent hus med låg energiförbrukning, friskt inomhusklimat med enkla och beprövade metoder. Enligt genomförda mätningar är den genomsnittliga energiförbrukningen cirka 12 200 kWh/år. Husets konstruktion i kombination med att husen byggs inomhus gör att de kan byggas tätare, med följden att en kontrollerad luftväxling fås, som krävs för ett friskt och sunt inomhusklimat. Husen byggs på uteluftventilerad kryppgrund och är utrustade med NIBE FIGHTER frånluftsvärmepump med inbyggd varmvattenberedare och elpatron, som förser villan med varmvatten och det vattenburna radiatorsystemet med värme.

Ventilationssystemets uppbyggnad:

- Tilluften tas in via tilluftsventiler placerade ovanför fönstren. Tilluftsventilerna är utrustade med ett filter.
- Via frånluftsdonen som bland annat är placerade i kök och hygienutrymmen leds luften genom frånluftskanalerna till värmepumpen för återvinning.
- När rumsluften passerat värmepumpen släpps den ut. Temperaturen är då ner mot 0 °C. Dessförinnan har värmepumpen tagit tillvara energin i rumsluften.
- Den återvunna energin leds tillbaks som värme och varmvatten.

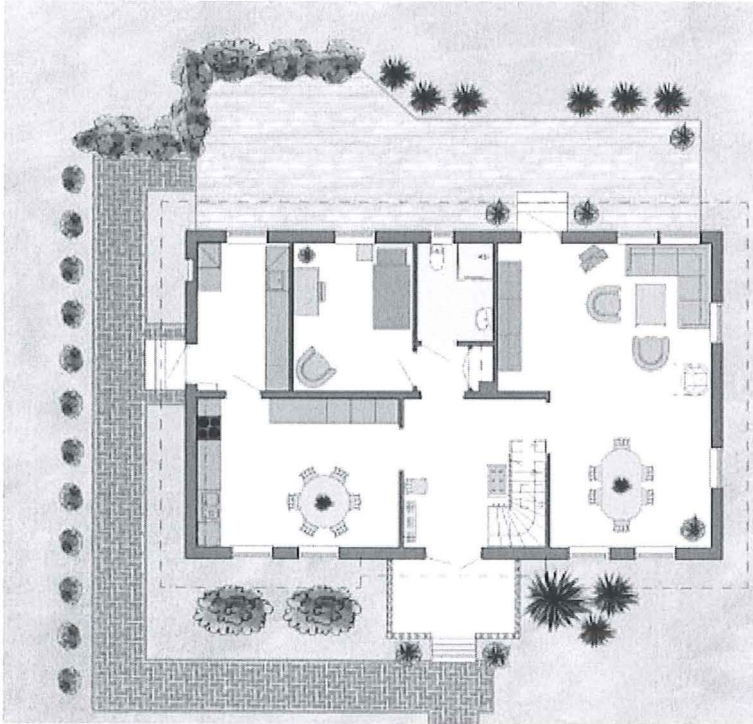
Kombinationen av uteluftventilerad kryppgrund och radiatorer spar enligt Idéboken, [36], cirka 30 % energi i förhållande till golvvärme och platta på mark. Detta resonemang har man hämtat från vetenskapliga mätningar utförda av bland andra professor tekn. dr Christer Harrysson (jfr avsnitt 5.1.2 Golvvärme).

6.1.1 Villa Sundborn 185 G

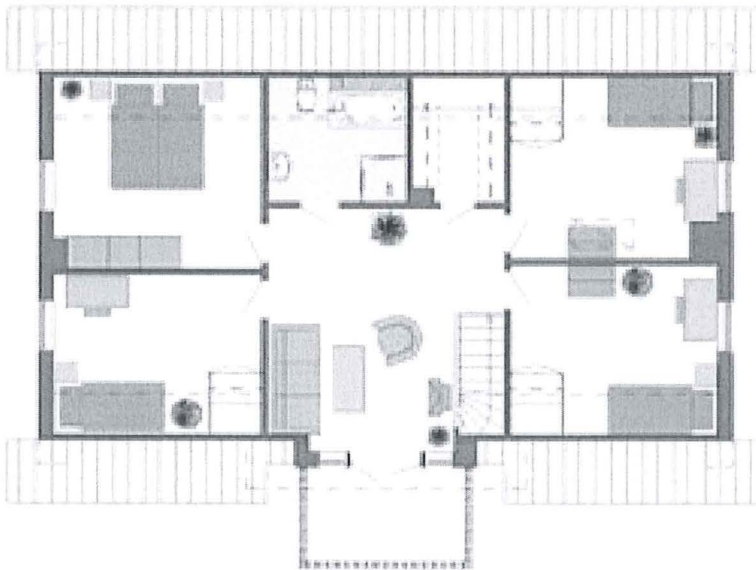
Efter en studie av de hus Modulent erbjuder väljs Villa Sundborn 185 G som jämförelseobjekt till Villa Nöbbele i denna rapport. Villa Sundborn 185 G motsvarar bäst Villa Nöbbele vad gäller arkitektur och planlösning (se Figur 49-Figur 51).



Figur 49. Villa Sundborn 185 G, [10].

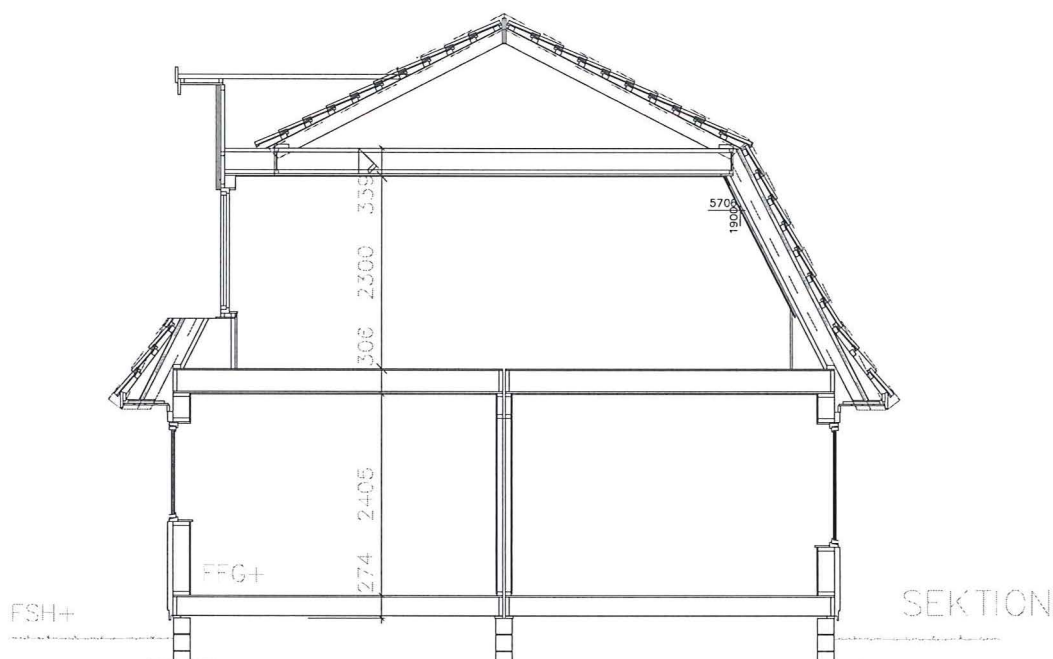


Figur 50. Bottenplan Villa Sundborn 185 G, [10].



Figur 51. Överplan Villa Sundborn 185 G, [10].

Villa Sundborn 185 G är en villa med 7 rum och kök precis som Villa Nöbbele. En liten skillnad råder dock i storleken på de båda villorna. Villa Sundborn har som beteckningen antyder en bruksarea på 185 m², vilket alltså är 35 m² mindre än Villa Nöbbele. Själva storleksskillnaden torde dock vara av mindre betydelse vid en ekonomisk jämförelse objekten emellan. Viktigare antas istället skillnaden i standarden och utformningen av fasad, tak och grundläggning etc. vara. I Figur 52 visas en sektionsritning på villans stomme.



Figur 52. Stomme Villa Sundborn 185 G

Stommens uppbyggnad

Ytterväggar	20 x 45 + 21 x 145 lockläktpanel 21 x 70 c/c 600 spikläkt 6,4 träfiberskiva 200 mineralullsskiva A 47 x 200 c/c 600 lättregelstomme 0,15 luft- och ångspärr av typgodkänd byggfilm 13 gipsskiva
Innerväggar	13 gipsskiva 45 x 70 c/c 600 regelstomme (hjärtvägg dubbel stomme med spalt) 13 gipsskiva
Bottenbjälklag	22 spiklimmade spånskivor 45 x 220 c/c 600 balkar 220 mineralullsskiva A Blindbotten
Mellanbjälklag	22 spiklimmade spånskivor 45 x 250 c/c 600 balkar 250 mineralullsskiva A 0,15 luft- och ångspärr av typgodkänd byggfilm 21 x 70 glespanel c/c 300
Vindsbjälklag	12 spånskiva 47 x 300 lättbalkar 300 mineralullsskiva A 0,20 luft- och ångspärr av typgodkänd byggfilm 21 x 70 glespanel c/c 300

Yttertak, Övre vind	Dubbelfalsade betongtakpannor 47 x 75 bärläkt Underlagstak av armerad plastfolie 45 x 220 c/c 1200 balkar Ventilerat vindsutrymme
Yttertak, Snedtak	Dubbelfalsade betongtakpannor 47 x 75 bärläkt Diffusionsöppet underlagstak 47 x 300 c/c 1200 lättbalkar 300 mineralullsskiva A 0,20 luft- och ångspärr av typgodkänd byggfilm som monteras färdigtätad i överplanet 21 x 70 glespanel c/c 300

Bottenvåningen görs helt färdig på fabrik. Takkassetterna reses mot varandra efter att bottenvåningens volymmoduler placerats på grunden och därefter kan övervåningen färdigställas på plats. Övervåningen är med andra ord mer flexibel än bottenvåningen. Övervåningen kan man köpa oinredd och köpa färdiga materialpaket. Installationerna dras då fram och pluggas. Det som styr planlösningen vid en eventuell önskad förändring är våtrummens och kökets fasta placering.

6.1.2 Kostnadsjämförelse

Som kostnadsjämförelsebas har valts ett färdigproducerat Modulenthus av typen Villa Sundborn 185 G. Totala leveransbeloppet på villan var 1 746 568 kr inkl. moms (exkl. mark/grundarbeten, vilket hamnade på cirka 111 000 kr inkl. moms). I leveransbeloppet ingår även en garagebyggnad till en kostnad av cirka 125 000 kr inkl. moms. Garagebyggnaden tas ej med i jämförelsen och mark/grundarbetet adderas till leveransbeloppet, vilket ger en jämförelsekostnad på 1 732 568 kr inkl. moms. Detta belopp kan, efter undersökning av kostnadsskillnaderna, jämföras med totalkostnaden för Villa Nöbbele (avsnitt 6.2).

En större skillnad mellan de båda objekten är dels grundläggningsmetoden och dels uppvärmningssystemet. Villa Sundborn byggs på uteluftventilerad kryppgrund med vattenburen radiatoruppvärmning via frånluftsvärmepump och Villa Nöbbele på platta på mark med vattenburen golvvärme via bergvärmepump. Kostnadsskillnaden mellan dessa båda lösningar uppskattas i Tabell 7.

Tabell 7. Kostnadsskillnad lösningar Villa Sundborn och Villa Nöbbele.

<i>Villa Sundborn 185 G</i>	<i>Villa Nöbbele</i>	<i>Kostnadsskillnad¹¹</i>
Vattenradiatorer	Golvvärme	+55000
Uteluftventilerad kryppgrund	Platta på mark	-21741
Frånluftsvärmepump inkl. kanalsats + fläkt	Bergvärmepump	+35000

¹¹ Villa Sundborn 185 G lösningar sätts som referenspris.

Kostnadsskillnaden mellan vattenradiatorer och golvvärme antas vara cirka 55 000 kr enligt avsnitt 5.1.2 Golvvärme.

Uteluftventilerad kryppgrund kräver, till skillnad från platta på mark, ett träbjälklag med isolering, grundmurar och djupare schaktning för krypputrymmet. Kostnaden för träbjälklaget uppskattas via Wikells Sektionsfakta till 664,34 kr/m² exkl. moms för torparbjälklag med masonitebalkar (9:047). Priset för mark/grundarbete för Villa Sundborn är cirka 111 000 kr inkl. moms enligt Modulents prislista. Totalt uppskattas kostnaden för mark/grund och bottenbjälklag för Villa Sundborn till 111 000 + 664,34 x 1,25 x 110 = 202 347 kr inkl. moms. Detta ska jämföras med kostnaden för mark/grund för Villa Nöbbele som enligt kostnadskalkylen Bygg-Marks poster 1-5, 40-46 och 75-79 (se Bilaga 7) uppskattas till 144 484,6 x 1,25 = 180 605,75 kr inkl. moms.

Kostnadsskillnaden för den uteluftventilerade kryppgrunden i Villa Sundborn och platta på mark i Villa Nöbbele blir 202 347 - 180 606 = 21 741 kr.

Villa Sundborn är försedd med frånluftsvärmepump och Villa Nöbbele planeras för bergvärmepump. Kostnadsskillnaden mellan dessa båda alternativ uppskattas till 35 000 kr enligt prisförslag IVT Center- Team PTL AB (jämförelse sker dock med frånluftsvärmepump IVT ES 490 och inte med den aktuella frånluftsvärmepumpen NIBE FIGHTER som installeras i Villa Sundborn).

I Tabell 8 tas en del saker upp som ingår i det jämförande priset för Villa Sundborn, men som saknas i Villa Nöbbele. Uppgifter om kostnaderna för dessa tillägg är dock svårare att få tag i. De tas ändå upp för att ge en komplett bild vid den totala kostnadsjämförelsen i avsnitt 6.2.

Tabell 8. Avvikande standard och utformning i Villa Sundborn.

<i>Villa Sundborn 185 G</i>	<i>Kostnad</i>
Bastu	15000
Kontrollsystem Lexel EIB (European Installation Bus)	-
Nätverk LexCom Home	-
Gar-Bo/Försäkring	25000
Besiktning Gar-Bo	5000
Finare golvmaterial som Ekparkett i fler rum	-

6.1.3 Intelligent hus (EIB och LexCom Home)

EIB

Lexel EIB Kontrollsystem knyter samman fastighetens tekniska funktioner såsom belysning, värme/kyla, ventilation, larm/övervakning, solskydd och andra funktioner. EIB står för European Installation Bus och är ett öppet standardiserat system avsett för och utvecklat av installationsbranschen, [37].

EIB-systemet består i huvudsak av sensorer och aktorer som kommunicerar med varandra via en tvåledarkabel (bussen). Exempel på sensorer är tryckknappar, rörelsedetektorer, IR-mottagare för fjärrkontroll, ljussensorer, binära och analoga ingångar. Exempel på aktorer är reläer, dimmeraktorer, displayer, analoga utgångar och ställdon. Intelligensen finns ute i varje apparat.

Styrningen och kontrollen av de olika funktionerna sköts med hjälp av husnyckeln (ytterdörrens lås), mobiltelefon eller en dator med Internetuppkoppling.

Fördelar med kopplingssystemet EIB:

- förenklad ledningsprojektering
- färre ledningar
- kortare installationstider
- kortare om- och utbyggnadstider
- reducerar energikostnader genom behovsanpassad styrning av belysning, värme/kyla och ventilation.
- reducerar energikostnader genom energi- och belastningsstyrning
- loggning och insamling av driftsdata
- enkel utbyggnad, kräver ingen ändring i befintlig elinstallation.
- flexibel anpassning till lokalförändring, kräver ingen ändring av befintlig kabelförläggning
- ökad komfort och högre säkerhet
- övervakning/styrning av fastighetsfunktionerna med PC

LexCom Home

LexCom Home är ett flexibelt hemnätverk med TV, Tele och Data i samma kabel. Hemnätverket både framtidsäkrar bostaden för bredbandskommunikation och fungerar tillsammans med äldre system. Systemet distribuerar alla typer av inkommande signaler i ett generellt kabelsystem. Det spelar ingen roll hur signalerna kommer till huset – via optisk kabel, koaxialkabel, telekabel, antenn eller parabol, [38].

När familjens behov förändras så är det mycket enkelt att flytta om telefoner, faxar, TV, datorer och skrivare. I varje rum finns minst ett uttag med två jack. Alla jack är lika. Deras funktion ändras lätt i distributionscentralen.

Standardintelligens i Modulenthus

- Brandvarnare som känner av rök och värme. Den aktiverar också en siren och tänder belysning vid entrédörrar.
- Fuktlarm under diskbänk och diskmaskin.
- Värmepump som varnar vid fel.
- Inbrottsövervakning av dörrar och fönster, samt rörelsesensorer inne i huset. Siren och styrd belysning aktiveras vid inbrott.
- Skalskydd. En knapptryckning aktiverar övervakning av fönster och dörrar.
- Säkra eluttag som görs strömlösa när du låser ytterdörren.
- Dörrlås som aktiverar eller avaktiverar flera funktioner i ditt hus när du vrider om nyckeln. Övervakning, säkra eluttag och styrd belysning aktiveras via din husnyckel.
- Medianätverk som gör att du har en mängd valmöjligheter när du ska placera TV, datorer och telefoner i huset.
- Programvara för att du enkelt ska kunna styra vem eller vilka som ska få meddelanden från ditt hus, om något händer när du inte är hemma. Du kan också styra funktioner via dator eller WAP-telefon.
- Extern övervakning av ditt hus. Du får omedelbart ett meddelande via e-post och/eller SMS om något händer i huset när du är borta. En display placerad bredvid entrédörren ger dig information om olika funktioner i huset.

6.1.4 GAR-BO Försäkring

Alla som bygger ett nytt hus för permanentboende, är idag skyldiga att ha byggförsäkring eller tioårsgaranti. Tioårsgarantin är alltså ett lagstadgat konsumentskydd för all nyproduktion av småhus.

Modulenthus tioårsgaranti förmedlas av GAR-BO Försäkring AB där tioårsgarantin får formen av två försäkringar. Konsumentskyddet består av *Färdigställandeförsäkring* och *Byggförsäkring* och tecknas av Modulent till förmån för husköparen.

Färdigställandeförsäkringen, gäller om den som köpt försäkringen går i konkurs under byggtiden. Under de förutsättningar som anges i försäkringsbrevet ser GAR-BO till att huset blir i det skick som kontraktet anger. Om Färdigställandeförsäkringen är tillämplig krävs ingen självrisk.

Byggförsäkringen, gäller tio år från slutbesiktningdagen. Den skyddar mot väsentliga skador som kan uppstå av olika anledningar. När Byggförsäkringen är tillämplig gäller en självrisk på 50% av gällande basbelopp.

GAR-BO kräver för sin kontroll, men framför allt för beställarens skull, att alla avtal är skriftliga och följer en viss form. Allmänna bestämmelser ABS 95¹², skall gälla för entreprenaderna. *I fallet med Modulent skrivs avtalen i enlighet med deras egen skrift "Allmänna bestämmelser för leverans och montering av småhus där konsument är beställare". De bestämmelserna gäller då som komplement till ABS 95.* GAR-BO kräver också att det skall göras en slutbesiktning före inflyttning, där besiktningsmannen skall vara godkänd av GAR-BO.

6.2 Lösvirkeshus/platsbyggt

6.2.1 Prisjämförelse mellan Villa Sundborn 185 G och Villa Nöbbele

Priset för Villa Nöbbele uppskattas i kalkylen enligt Bilaga 7 till 1 790 632 kr inkl. moms (se sammanställning nedan). För att få en någorlunda rättvis jämförelse objekten emellan måste skillnaderna i standard och utformning tas med i beräkningarna. Dessa behandlades i avsnitt 6.1.2. Totalpriset för Villa Sundborn, som enligt avsnitt 6.1.2. blir 1 732 568 kr inkl. moms, bör alltså justeras med kostnaden för vald uppvärmning och grundläggning enligt Tabell 7 och en uppskattning för merkostnaden för den avvikande standarden och utformningen enligt Tabell 8 bör dras bort. Jämförelsepriset för Villa Sundborn skulle då sluta på $1\,732\,568 + 55\,000 - 21\,741 + 35\,000 - 15\,000 - 25\,000 - 5\,000 = 1\,755\,827$ kr inkl. moms. Då skulle det fortfarande vara befogat med ett bortdrag för systemet för intelligent hus. Men då kostnaden för detta är okänd så lämnas det för läsarens eget omdöme.

Villa Nöbbele blir alltså ca 35 000 kr dyrare vid en kostnadsjämförelse med Villa Sundborn 185 G med i princip samma standard och utformning.

¹² Allmänna bestämmelser för småhusentreprenader där enskild konsument är beställare.

Kalkylsammanställning

Bygg-Mark

Material:		
Summa (materialkostnad/enhet x mängd):	471 873 kr	
Arbetslön:		
Summa (arbetslön/enhet x mängd):	148 041 kr	
UE:		
Summa (UE/enhet x mängd):	189 218 kr	
Omkostn. Arbetslön:		
Summa (omkostn./enhet x mängd):	346 416 kr	
Omkostn. UE:		
Summa (omkostn./enhet x mängd):	11 353 kr	
Summa (exklusive moms):	1 166 901 kr	
Summa (inklusive moms):		1 458 627 kr

VVS

Material:		
Summa (materialkostnad/enhet x mängd):	189 604 kr	
Tid:		
Summa (normtid/enhet x mängd):	100 h	
Arbetslön:		
Summa (Tid x 360 kr/h):	36 000 kr	
Summa (exklusive moms):	225 604 kr	
Summa (inklusive moms):		282 005 kr

Totalsammanställning

Summa Bygg (inklusive moms):	1 458 627 kr	
Summa VVS-Installationer (inklusive moms):	282 005 kr	
Summa EI-Installation (inklusive moms):	50 000 kr	
Totalsumma (inklusive moms):		1 790 632 kr

Priset hamnar alltså några tusenlappar högre för Villa Nöbbele. Men då jämförelsen skulle kunna ligga till grund för ett framtida val av byggnadssätt, skulle även en jämförelse av priset vara intressant, då en del av arbetskostnaden i kalkylen för Villa Nöbbele stryks, i händelse av att beställaren själv skulle kunna utföra detta arbete. Denna kalkyl redovisas ej men den skiljer sig endast genom att arbetskostnaden har tagits bort på vissa poster. Arbetskostnaden stryks för montering av garderober och linneskåp, alla laminatgolv, alla sockel- och taklister, inredning i badrum och gardinbeslag. De poster som berörs är markerade med grönt i kalkylen Bygg-Mark. Totalkostnaden för Villa Nöbbele skulle då istället hamna på 1 748 395 kr inkl. moms. På detta sätt kan alltså ungefär 42 000 kr sparas och de båda villorna hamnar då nästan exakt på samma totalpris.

Observera att i alla totalpriser i kalkylerna ovan är inte någon tomtkostnad eller andra avgifter i samband med kommuninblandning medräknade.

6.2.2 Livscykelkostnad

I Tabell 9 visas ett exempel på olika byggnadsdelars andel av livscykelkostnaden. Tabellen visar att en betydande del, nämligen 56 % av den totala livscykelkostnaden, skulle härstamma från byggnadens underhåll. Alltså bara 44 % av den totala livscykelkostnaden utgörs av byggnadens investeringskostnad.

Tabell 9. Exempel på livscykelkostnader för olika byggnadsdelar och installationer. Olika kostnader uttryckta som andel av den totala livscykelkostnaden under 60 år, [34].

<i>Byggnadsdel</i>	<i>Total livscykelkostnad. Andel i % av totalkostnad</i>	<i>Investeringens andel i % av totalkostnad</i>	<i>Underhållets andel i % av totalkostnad</i>
Yttertak	4	3	1
Ytterväggar	20	9	11
Bjälklag	20	8	12
Innerväggar	12	6	6
Grundkonstruktion	4	4	-
Stomkomplettering	4	3	1
Installationer	36	11	25
Summa	100	44	56

Om man skulle tillämpa uppgifterna i Tabell 9 på Villa Nöbbele skulle det innebära att den uppskattade totala livscykelkostnaden under 60 år skulle hamna på $1\,790\,632 / 0,44 = 4\,069\,618$ kr. För att jämföra siffrorna kan exempelvis grundkonstruktionens investeringskostnad uppskattas till $4\,069\,618 \times 0,04 = 162\,785$ kr, vilket kan jämföras med kalkylerad kostnad som hamnar på 180 605,75 kr (se 6.1.2). Denna uppskattade investeringskostnad enligt Tabell 9 visar sig alltså ganska väl spegla den kalkylerade kostnaden för grundkonstruktionen. Om man istället jämför den kalkylerade kostnaden för installationer ($282\,005 + 50\,000 = 332\,005$ kr inkl. moms), med uppskattningen av investeringens andel av totalkostnaden ($4\,069\,618 \times 0,11 = 447\,658$ kr inkl. moms) ser man en liten differens, men siffrorna visar ändå att modellen i tabellen ovan verkar ge en bra uppskattning vid livscykelanalys.

Studier av energianvändningen med livscykelanalyser har visat att av en byggnads energiåtgång under hela livscykeln (tillverkning, brukande, rivning) används så mycket som 85 % av energin under brukarskedet. Ca 15 % åtgår under tillverkningskedet, [42]. Bruksskedet, dvs. förvaltningsskedet, är alltså centralt från energi- och miljösynpunkt. Redan i de tidiga planerings- och projekteringskedena grundläggs viktiga förutsättningar för energieffektiva och resurseffektiva byggnader. Målet i [42] att minska energianvändningen med 30 % till senast år 2025 åskådliggörs för småhus i Tabell 10.

Tabell 10. Användning av köpt energi i småhus per år, [42].

<i>Småhus (120 m²)</i>		<i>Elenergi kWh/m²</i>	<i>Värme kWh/m²</i>	<i>Totalt kWh/m²</i>
Idag	Genomsnitt ¹³	35	115-155	150-190
	Nya hus	35	70-115	105-150
År 2005	Genomsnitt	35	125	160
	Nya hus	30	60	90
År 2025	Genomsnitt	20	90	110
	Nya hus	20	30	50

Miljöinvesteringar, t.ex. i form av alternativ teknik, får ofta stå tillbaka till förmån för billigare och mer energikrävande lösningar. I ett livscykelperspektiv är dock investeringskostnaden för en byggnad låg i förhållande till driftskostnaderna. Genom att redan vid upphandling välja det system och de material som har lägst livscykelkostnad istället för lägsta investeringskostnad kommer flera energieffektiva lösningar att visa sig lönsamma. Samordning av hela bygg- och förvaltningsprocessen behövs för att få en ökad helhetssyn på byggnaden, tydligare fokus på förvaltningskostnader av den färdiga produkten och en systematisk erfarenhetsåterföring.

¹³ Den lägre siffran avser hus byggda efter 1986 och den högre hus byggda före 1986. Källa: Bengt Dahlgren AB

7 Diskussion och slutsatser

7.1 Byggmetodval

Med utgångspunkt från det underlag jag kommit fram till bör valet av en framtida byggnadsmetod diskuteras. På grund av den beprövade metoden och erfarenheten från tidigare objekt skulle ett förhållandevis säkert alternativ vara att välja en fabriksproducerad villa av typen Sundborn 185 G från Modulent. Nackdelen med det valet skulle ju vara dels avsaknad av originalitet, även om man kan välja en hustyp som inte framstår som vanlig i Modulents sortiment, och dels sämre flexibilitet främst i produktionsfasen, men även i valet av villatyp och dess utformning. Kan man leva med dessa två nackdelar skulle valet stanna vid Modulents Villa Sundborn 185 G. Kostnaden skiljer sig heller inte nämnvärt mellan Villa Nöbbele och Villa Sundborn. Jag lovordar dock möjligheterna till flexibilitet under produktionsfasen. Framkommer en önskan om förändring från beställaren när bygget väl satts igång, finns möjligheterna att relativt enkelt utföra dessa förändringar i förhållande till projekteringsunderlaget, om man väljer en platsbyggd villa. I frågan om originalitet har jag fått en uppfattning om att folk i allmänhet har vissa förutfattade meningar om fabriksproducerade hus, typ Modulent. Känslan är att dessa hus är lite tråkiga i den mening att de saknar originalitet, den typen av hus är helt enkelt för vanliga. Men att dessa typer av hus är så pass vanliga torde vara en indikation på att när man väl är i fasen att bygga hus väljer man gärna ett fabriksproducerat hus på grund av dess fördelar när det gäller bekvämligheten med snabb och säker produktion och enkelheten för konsumenten i byggprocessen. Man upplever nog att man vet vad man får till skillnad från platsbyggnation, där jag är övertygad om att dagens lite skamfilade rykte med alla uppmärksammade byggfel och kvalitetsbrister i byggbranschen skapar en i många fall välgrundad osäkerhet. Jag tror många människor helt enkelt känner att de har för lite kunskaper för att ge sig in i en process för att bygga en platsbyggd villa, vilket jag tycker är synd.

Om en framtida byggnation av Villa Nöbbele skulle ske, vilken typ av företag skulle kunna vara aktuellt som byggentreprenör? Väljer man en mindre entreprenör finns ju både för- och nackdelar. Fördelen är ju mindre omkostnader i organisationen vilket bör ge billigare produktionskostnad, medan nackdelarna kan vara osäkerhet när det gäller företagets ekonomiska möjlighet att slutföra bygget. Nackdelarnas omfattning bör kunna överskådas för att våga genomföra bygget med ett litet fåmansföretag. Väljer man istället att vända sig till en större entreprenör kan det bli problem med intresset från deras sida att genomföra jobbet. Nackdelarna blir höga omkostnader för organisationen etc. men fördelen bör vara att förmågan av att slutföra arbetet bör vara högre ju större företag.

7.2 Uppvärmningssystem

Alldeles för stor osäkerhet råder idag i fråga om isolertjocklekar i platta på mark i samband med installation av golvvärme med ekonomiskt godtagbart resultat. Ytterligare forskning vore önskvärd för att säkerställa dagens råd om minst 250-300 mm isolering under platta på mark vid golvvärme i plattan.

En inom området okunnig huskonsument kan omöjligt överskåda ekonomisk rimlighet i valet mellan radiatordrift och golvvärme. Villa Nöbbele har projekterats med golvvärme i bottenbjälklag såväl som i mellanbjälklag. Egentligen är detta varken ekonomiskt rimligt eller nödvändigt ur komfortsynpunkt. Däremot kan det ses som en komfortmässig lyx att installera golvvärme i mellanbjälklaget, då komforten trots allt kan öka då golven aldrig blir kalla. Dessutom kan innetemperaturen sänkas då de varma golven gör att den upplevda temperaturen fortfarande hålls lika hög som utan sänkning. En viktig förutsättning för att möjligheterna ska finnas att åstadkomma en energibesparing med golvvärme istället för radiatorvärme är att uppvärmningssäsongen minskas. Genom att sänka innetemperaturen en eller ett par grader sjunker den gränstemperatur över vilken villan inte behöver tillskottsvärmas, vilket med andra ord innebär kortare uppvärmningssäsong.

Främsta syftet med golvvärme får ändå anses vara att undvika kalla golv. Skulle man se till detta resonemang skulle det mest ekonomiska för det första vara att behålla golvvärmen i betongplattan, om man ser till att inte ha golvbeläggningar som hindrar värmen från slingorna att värma upp rumsluften ovanför plattan, och för det andra ersätta golvvärmen i mellanbjälklaget med vattenburna radiatorer på ovanvåningen. En shunt skulle då behövas för att styra temperaturen till golvvärmesystem i betongplattan och radiatorkretsen på ovanvåning. Det bör dock också tilläggas att värmepump i kombination med golvvärme, vilket är ett lågtemperatursystem, är ur värmepumpsperspektiv en lönsam kombination, eftersom ju lägre temperatur som hålls på sekundärsystemet (golvvärmeslingorna), desto effektivare jobbar värmepumpen.

Expertis (Bygg och Energiteknik, [20]) råder till användning av radiatorer som basvärme under uppvärmningssäsongen för ekonomins och komfortens skull i alla utrymmen. För att undvika problem med golv på betongplatta, som upplevs som hårda och kalla bör man välja golvmaterial som brädgolv och ett extra isolerskikt ovanpå betongplattan. Utrymmen med stenmaterial, t ex badrum och hall, kan dessutom förses med elektroniskt tidsstyrd golvvärme, som vid behov hela året kan användas som komfortvärme och för att snabbt torka upp fukt på golvet.

Vid valet av typ av värmepump eller panna måste noggrann undersökning av förutsättningarna vara grund för beslutsfattandet. Ofta är det försäljare som styr dessa val i alltför stor utsträckning på grundval av alltför knapphändiga beslutsunderlag. Genomförandet av nya eller förhållandevis nya metoder som bergvärmepump kombinerat med golvvärme bör projekteras efter den senaste tekniken och enligt de senaste forskningsresultaten. Görs inte detta skapas en grogrund för mer eller mindre misslyckade projekt, som skapar misstro på marknaden.

7.3 Konstruktionslösningar

En i efterhand rådande skepsis gäller utformningen av ytterväggskonstruktionen när det gäller vindskyddet på den utanpåliggande fasadisoleringskivån. Arbetet måste utföras väl för att inte isolerskiktet mellan de vertikala reglarna ska få försämrade isolerande förmåga på grund av genomblåsning. Dessutom råder en viss tvekan om verkligen fasadskivån håller värmegenomgångsmotståndet $0,030 \text{ W/m}^2\text{K}$, då detta skikt alltså saknar vindskydd. Men trots dessa frågetecken har denna uppbyggnad sin fördel genom att konstruktionen får ett obrutet isolerskikt utvändigt, vilket innebär avsaknad av köldbryggor i väggkonstruktionen. Undersökningar av hur denna konstruktionstyp fungerar i praktiken vore önskvärt.

Det merarbete som uppstår på grund av den relativt komplexa ytterväggskonstruktionen hos Villa Nöbbele borde övervägas vid en nyproduktion av en liknande trävilla. Istället för det tidskrävande arbetet med korslagda regler och distanshylsor för utvändigt isolering bör ett ekonomiskt rimligt alternativ vara en enkel träregelstomme med ur isoleringssynpunkt samma bredd, men med lättreglar istället för homogena träreglar. På detta sätt skapas en dokumenterat bättre ekonomi. Det har visat sig vid beräknade optimeringar av isoleringens tjocklek i en konstruktion att lönsamheten för konstruktionen är väldigt beroende av antalet skikt som behövs för att uppnå den givna tjockleken, [48]. Insparade pengar på grund av energibesparingen, som åstadkoms genom sänkning av konstruktionens U-värde, äts upp av merkostnaden för arbetet att montera fler skikt av isolering.

När det gäller grundläggningsmetod kan konstateras att ingen av de båda metoderna uteluftsventilerad kryppgrund respektive platta på mark kan anses bättre eller sämre än den andra. Båda metoderna kan fungera alldeles utmärkt bara de utformas på "rätt" sätt. "Rätt" sätt har under de sista åren varit föremål för många olika studier och man kan ju inte göra så mycket annat än att följa de senaste råden som gäller för respektive metod. Sedan kan man bara hoppas att de senaste råden är korrekta, så att man genom dessa åstadkommer en fuktsäker och funktionsduglig grundläggning.

7.4 Projektering

När det gäller svårigheter jämt över under projekteringen kan nämnas att de största bekymren som uppstod ofta var av erfarenhetskaraktär. Vilka mått eller standardstorlekar gäller för fönster och dörrar. På vilken höjd placeras fönstren normalt. I vilka tjocklekar tillverkas olika material t ex gips, spånskivor och isolering. Vilka dimensioner är standard på olika träreglar, läkt, panel etc. Alla dessa uppgifter finns att tillgå men oftast på olika ställen, vilket självklart tar tid. I detta avseende har internet varit till stor hjälp. Antingen direkt via företag/tillverkarens hemsidor eller indirekt genom möjligheterna att beställa produktinformation.

Som oerfaren konstruktör har jag insett de stora fördelarna med att skapa visst ritningsunderlag i 3D. Framför allt underlättas projektering av den bärande stommen, men metoden kan även vara till stor nytta vid samordning av alla installationer. Uppförande av ritningar i 3D blir givetvis ganska tidskrävande, men kan detta genomföras i ett tidigt stadium av byggprocessen kan stora vinster göras längre fram under projektet. Framför allt måste denna metod skapa fina förutsättningar för att arbeta bort de kvalitetsbrister och byggfel som ofta uppstår på byggmarknaden idag. Ritningar och modeller i 3D kan också vara en möjlighet att på ett snabbt och enkelt sätt kunna informera tillkommande personal eller utomstående om ett pågående projekt.

Arbetsgången vid projektering av hela byggnaden med en och samma projektör, som i fallet med Villa Nöbbele, skapar en relativt enkel och direkt väg till korrekt genomförda ändringar som genomsyrar hela byggnaden. Däremot har avsaknaden av gemensam lagerstruktur varit en stor nackdel under arbetets gång, men då detta hade tagit alldeles för stor tid i anspråk för ett enda projekt, genomgicks ej proceduren för upprättande av lagerstruktur enligt Bygghandlingar 90, [47]. Dessutom hade någon typ av plan för filhantering underlättat väsentligt på grund av det stora antal filer som hanterats under projektet.

En tidskrävande och mödosam uppgift skapades vid utformningen av takkuporna. Förutsättningen som rådde var att inga snedtak fick förekomma i det övre planet. Detta kan väl snarare anses som ett önskemål än ett krav från framtida villaägare. Detta önskemål förutsätter i princip taktypen mansardtak, såvida man inte kan tänka sig att ett låglutande tak istället hade placerats över andra våningen, vilket knappast skulle betraktas som attraktiv arkitektur. Svårigheterna som uppstod vid utformning av takkuporna, berodde på valet av taktyp och den stora lutningen på det nedre takpartiet. För att få fritt ljusinsläpp och för att nederkanten på fönstren skulle hamna över yttertaket, krävdes att kupfronterna förpassades ut en bit utanför underliggande yttervägg, med den följd att ytterligare konstruktionsberäkningar skulle behöva genomföras för att säkerställa att underramarna/mellanbjälklaget klarar de konsolkrafter som förs ner via kupfrontväggen.

8 Referenslitteratur

- [1] *Wikells Sektionsfakta-NYB 02/03*, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar.
- [2] Sandin, Kenneth (1990), *Effekt- och energibehov luftströmning*, Kompendium i byggnadsfysik, Avdelningen för byggnadsfysik LTH.
- [3] *Handboken Bygg, Byggnadsplanering*. LiberFörlag Stockholm (1981).
- [4] *Boverkets byggregler BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 1998:38*. Boverket (1998)
- [5] Elmroth, Arne (1996), *Svenska hus och Energianvändning*. Artikel i Väg- och vattenbyggaren nr 1/96.
- [6] *HusAMA 98*, Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten.
- [7] Gyproc, *Gyprocs handbok*, Ritningsbeteckning 3:31:101, Typ 1 REI 15
<http://www.gyproc.se/ritningar/>. 2002-07-18
- [8] Wirsbo/Uponor, *Golvvärme i träbjälklag*,
<http://www.wirsbo.se/ifs/files/Wirsbo/swe/Presentation/Website/Produkter/Golvvrme/page1000300161187.jsp> 2002-07-23
- [9] Wirsbo/Uponor, *Golvvärme i betong*,
<http://www.wirsbo.se/ifs/files/Wirsbo/swe/Presentation/Website/Produkter/Golvvrme/page1000300150468.jsp> 2002-07-23
- [10] Modulent, http://www.modulent.se/fakta/vara_hus/sundborn.asp 2002-07-24
- [11] Elitfönster, http://www.elitfonster.se/ark_produkter.html 2002-07-25
- [12] Avdelningen för byggnadsteknik, KTH (1996), *Byggnadsteknikens grunder*, Kompendium i byggnadsteknik, grundkurs för V.
- [13] Isover Gullfiber, *Produktkatalog Byggisolering*, 2001-09.
- [14] Isover Gullfiber, *Gula Boken*, Gullfibers isolerguide för arkitekter, konstruktörer och entreprenörer, 1997-03.
- [15] Paroc/Rockwool, *Byggboken Konstruktioner*, 2000-01.
- [16] Paroc/Rockwool, *Byggboken Projekteringsanvisningar*, 2000-01.
- [17] Johannesson C M (1992). *Träbyggnadshandbok, Del 3 Väggar*. Träinformation och Träteck.
- [18] Formas, *Grundtips för golvvärme*,
<http://www.bfr.se/docs/bokhandel/golvvarme%20b.pdf> 2002-05-31.
- [19] STR Teknikergruppen, Informationsblad Nr 2001:1, *Golvvärme i platta på mark*.
- [20] Bygg och Energiteknik informerar, Nr 1 Hösten 2001, Artikel: *Banbrytande forskning bär riklig frukt*. <http://home.swipnet.se/byggochenergiteknik/> 2002-08-01.
- [21] Byggkeramikrådet, <http://www.bkr.se/> 2002-08-14.
- [22] Golvbranschens våtrumskontroll, <http://www.gvk.se/> 2002-08-14.
- [23] Nevander, L E. Elmarsson B. (1994). *Fukthandbok, Praktik och teori*. AB Svensk Byggtjänst.
- [24] http://www.indoorair.se/kunskaps_torget/torpargrund/ 2002-08-14.
- [25] <http://www.skovde.se/mhk/H-SKYDD/mhkhsr11.htm> 2002-08-14.
- [26] Småhusskadenämnden, <http://www.smahusskadenamnden.se/kryppgrundshus.html> 2002-08-14.
- [27] Byggforskningsrådet, *Bygg fuktsäkert G9:1995*.
- [28] Fundia Bygg AB, *Plattor på mark* (Maj 1991).
- [29] IVT Värmepumpar, *Din Nya Värme 2001, IVT Värmepumpar för bättre värmeekonomi*.
- [30] IVT Värmepumpar, (Maj 2001). *Greenline C, D och E, Handledning i montage drifttagning skötsel*.

- [31] Uponor Wirsbo, http://www.wirsbo.se/ifs/files/Wirsbo/swe/Presentation/Website/Broschyror/Onlinex_Golvvarme/brochurelist.jsp 2002-08-19.
- [32] Uponor Wirsbo, (Juni 1997), *Wirsbo golvvärme, Uttorkning av fukt i bjälklag*. Flik 5:35.
- [33] LK Golvvärme, *Monteringsanvisning, På golvbjälkar med LK Trä 22*. http://www.lagerstedt-krantz.se/PDF/33_C_8_1-3_0108.pdf 2002-05-29.
- [34] Gross H, Hansson T (1993). *Träbyggnadshandbok, Del 8 Drift och underhåll*. Träinformation och trätek.
- [35] Modulent, *Byggmetoden, På byggplatsen*, <http://www.modulent.se/fakta/byggmetod/metod2.asp> 2002-08-22.
- [36] Modulent, *Idéboken, Ett hus byggt inomhus*.
- [37] Lexel Electric AB, *Lexel EIB Kontrollsystem*, <http://www.lexel.se/> 2002-09-03.
- [38] Lexel Electric AB, *LexCom Home Hemnätverk*, <http://www.lexel.se/> 2002-09-03.
- [39] Gar-Bo Försäkring AB, *Försäkringar*, <http://www.gar-bo.se/forsakring.html> 2002-09-03.
- [40] Karlson Hus AB, <http://www.karlsonhus.com/> 2002-09-04.
- [41] Lindblad N, Lindström B (1996). *Vatten och avlopp, En handbok i anslutning till Boverkets byggregler, Byggvägledning 10 Andra reviderade utgåvan*. AB svensk Byggtjänst.
- [42] En rapport från Miljövårdsberedningens dialog Bygga/Bo (2000). *Tänk nytt, tänk hållbart! - att bygga och förvalta för framtiden*. <http://www.sou.gov.se/mvb/rapporter.htm> 2002-09-09.
- [43] Warfvinge, Catarina (1999), *Installationsteknik AK för V*, Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för Installationsteknik.
- [44] *Handboken Bygg, Husbyggnader och installationer*. LiberFörlag Stockholm (1982).
- [45] Carling, Olle et al (1992). *Dimensionering av träkonstruktioner*. AB Svensk Byggtjänst och Trätek.
- [46] Munther, Karl (1996). *Energihushållning, En handbok i anslutning till Boverkets byggregler, Byggvägledning 12*. AB Svensk Byggtjänst.
- [47] Bygghandlingar 90, Byggsektorns rekommendationer för redovisning av byggprojekt, *Del 8 Redovisning med CAD*. BST och SIS (1996).
- [48] Larsson J, Svensson M (2000). *Energioptimering av en byggnad, Är det lönt att investera i energibesparande åtgärder - kan minskade driftskostnader motivera ökade investeringskostnader?* Institutionen för byggande och arkitektur Lunds Tekniska Högskola.
- [49] Roots, P (1999). *Värmeförlust från en grund som utförs med golvvärme (Rev. uppl. april 1999)*, Working Paper No 52, University College Gävle-Sandviken, Gävle.
- [50] Sandin, K (1996). *Värme och Fukt. Kompendium i Byggnadsfysik Lund 1996*. Lunds tekniska högskola, Institutionen för byggnadsteknik.

9 Figurlista

Figur 1. Belastningsfall väggregel	4
Figur 2. Situationsplan.	8
Figur 3. Planlösning Villa Nöbbele bottenvåning.....	9
Figur 4. Planlösning Villa Nöbbele ovanvåning.	10
Figur 5. 3D-modell av Villa Nöbbele i parallellperspektiv.....	10
Figur 6. Regelstomme	11
Figur 7. Syllanslutning i hörn.....	11
Figur 8. Hörnanslutning	12
Figur 9. Mellanbjälklag REI 15.....	12
Figur 10. Takstomme	13
Figur 11. Anslutning platta/vägg.....	13
Figur 12. Anslutning vägg/mellanbjälklag.....	14
Figur 13. Anslutning stödbensvägg/hanbjälklag.....	15
Figur 14. Anslutning gavelvägg/tak.....	15
Figur 15. Anslutning gavelvägg/takvalmning.....	16
Figur 16. Anslutning kupa.....	16
Figur 17. Anslutning kupvägg/kuptak.....	17
Figur 18. Anslutning kupa längsnitt.....	17
Figur 19. Väggar som verkar stabiliserande vid vind mot gavel	18
Figur 20. Väggar som verkar stabiliserande vid vind mot långsida.....	18
Figur 21. Uppbyggnad isolering yttervägg. Jämför Figur 11 s. 13	19
Figur 22. T.v. Takfot vid kupor. T.h. Ventilation överkant bröstning vid kupor.....	21
Figur 23. Fönsterinfästning horisontalsnitt	22
Figur 24. Fönsterinfästning vertikalsnitt	22
Figur 25. Fönstertyp Elit EFH, [11].	23
Figur 26. T.v: Uteluftsventilerad kryppgrund, [24]. T.h: Inneluftsventilerad kryppgrund, [25].	24
Figur 27. Platta på mark	25
Figur 28. Platta på mark. Sulförtjockning vid hjärtvägg.....	26
Figur 29. Fuktskydd anslutning platta/vägg.....	28
Figur 30. Tak	28
Figur 31. Typkonstruktioner, [21].....	30
Figur 32. Systemlösning bergvärmepump	34
Figur 33. Värmepumpens kretslopp, [30].	34
Figur 34. Golvvärmesystem, platta på mark, [9].....	38
Figur 35. Golvvärmesystem, mellanbjälklag, [8].....	38
Figur 36. Tappvatten WC övre plan.....	44
Figur 37. Tappvatten WC bottenplan.....	44
Figur 38. Tappvatten bottenplan	45
Figur 39. Spillvatteninstallation WC övre plan.....	47
Figur 40. Spillvatteninstallation WC bottenplan.....	48
Figur 41. Spillvatteninstallation bottenplan	48
Figur 42. VA-Grundplan	50
Figur 43. Ventilationsplan bottenvåning.....	52
Figur 44. Ventilationsplan mellanbjälklag.....	53
Figur 45. Ventilationsplan hanbjälklag	53
Figur 46. Sektion A-A Ventilation.....	54
Figur 47. Sektion B-B Ventilation	54
Figur 48. Montering av Modulentvilla, [35].	56

Figur 49. Villa Sundborn 185 G, [10].	57
Figur 50. Bottenplan Villa Sundborn 185 G, [10].	58
Figur 51. Överplan Villa Sundborn 185 G, [10].	58
Figur 52. Stomme Villa Sundborn 185 G	59

10 Tabellista

Tabell 1. Kalkylförutsättningar	35
Tabell 2. Energiförbrukning	35
Tabell 3. Låneupplägg	36
Tabell 4. Lånekalkyl	36
Tabell 5. Värmemotstånd mellanbjälklag	40
Tabell 6. Förläggning av tappvattenledning, [41].	43
Tabell 7. Kostnadsskillnad lösningar Villa Sundborn och Villa Nöbbele.	60
Tabell 8. Avvikande standard och utformning i Villa Sundborn.	61
Tabell 9. Exempel på livscykelkostnader för olika byggnadsdelar och installationer. Olika kostnader uttryckta som andel av den totala livscykelkostnaden under 60 år, [34].	65
Tabell 10. Användning av köpt energi i småhus per år, [42].	66

11 Förteckning över bilagor

1. U-värdesberäkning GF-norm
2. Värmeenergibehov, Dimensionerande effekt
3. Konstruktionsberäkningar
4. Tappvatten
5. Spillvatten
6. Dagvatten
7. Ventilation
8. Kostnadskalkyl
9. Ritningar
10. Golvvärme
11. Värmepump

Bilaga 1: U-värdesberäkning GF-Norm

Nöbbele 1:50

Golvarea, B = 222,0

Antal gradtimmar = 111 500

Bygghet		Area B/L m ² -	Up W/m ² °C	Ti °C	Tu °C	Mark Sol - W/m ² °C	Ui*A W/°C	Kt kWh	
Golv	0-1m	40,5 B	0,142	20,0	6,0	0,75	3,35	374	
Golv	1-6m	69,6 B	0,123	20,0	6,0	0,75	4,99	557	
Tak	Hanbjälkla	111,9 B	0,126	20,0	6,0	1,00	10,97	1 223	
Tak	Väggar	51,4 B	0,225	20,0	6,0	1,00	9,00	1 003	
Tak	Kupsidor	5,6 B	0,207	20,0	6,0	1,00	0,91	101	
Golv	Kupor	5,4 B	0,211	20,0	6,0	1,00	0,88	98	
Vägg	Yttervägg	115,9 B	0,149	20,0	6,0	1,00	13,43	1 498	
Fönster(area<=0.15)	Väst	5,6 B	1,300	20,0	6,0	1,00	0,70	2,59	289
Fönster(area<=0.15)	Öst	4,6 B	1,300	20,0	6,0	1,00	0,70	2,16	241
Fönster(area<=0.15)	Norr	8,2 B	1,300	20,0	6,0	1,00	0,40	5,74	640
Fönster(area<=0.15)	Söder	13,2 B	1,300	20,0	6,0	1,00	1,20	1,02	114
Dörr		5,5 B	1,300	20,0	6,0	1,00	5,60	625	

Summering: Area = 437,4

Ui*A = 60,65

Kt = 6 763

Bostäder		
Aom	437,4 m ²	Beräknat Um-värde enligt NR 0,139 W/m ² , °C
Af	37,1 m ²	Beräknat Um, krav-värde 0,261 W/m ² , °C
Afmax	40,0 m ²	Skillnad i energiförbrukning Ca 5 945kWh bättre än baskraven

Byggnadsdel(Golv) : 0-1m
1:1 Betongplatta BERG Zon 1 0-1 berg

Konstruktionsskikt	Tjockl mm	Lambda	Procent	Regel	Lambda 2	Orient(1,2)
Spånskiva	16	0,140	100			
Betong	100	1,700	100			
Markskiva 3669	250	0,036	100			

Korrektion värmemotstånd = 1,070 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd = 0,170 m², °C/W

Yttre beklädnad = m², °C/W

Motstånd i mark = 0,700 m², °C/W

Dräneringsskikt = 0,200 m², °C/W

Korrektion, mark = m², °C/W

Korrektion Up-värde = 0,020 W/m², °C

Generell = 0,020 W/m², °C

Konstruktiv = W/m², °C

Fästansordningar = W/m², °C

Nederbörd, vind = W/m², °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 0,142 W/m², °C

Byggnadsdel(Golv) : 1-6m

1:2 Betongplatta BERG Zon 1 0-1 BERG

Konstruktionsskikt	Tjockl mm	Lambda Procent	Regel	Lambda 2	Orient(1,2)
Spånskivor	16	0,140	100		
Betong	100	1,700	100		
Markskiva 3669	250	0,036	100		

Korrektion värmemotstånd = 2,570 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd = 0,170 m², °C/W
Yttre beklädnad = m², °C/W
Motstånd i mark = 2,200 m², °C/W
Dräneringsskikt = 0,200 m², °C/W
Korrektion, mark = m², °C/W

Korrektion Up-värde = 0,020 W/m², °C
Generell = 0,020 W/m², °C
Konstruktiv = W/m², °C
Fästnanordningar = W/m², °C
Nederbörd, vind = W/m², °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 0,123 W/m², °C

**Byggnadsdel(Tak) : Hanbjälklag
4:2 Vindbjälklag med skivor**

Konstruktionsskikt	Tjockl mm	Lambda	Procent	Regel	Lambda 2	Orient(1,2)
Betongpannor			100			
Papp	3		100			
Panel	22		100			
Vindsutrymme	100		100			
Bjälklagsskiva 3621	195	0,036	100			
Miljöskiva 3655	170	0,036	95	Träregel	0,140	1
Plastfolie 1104			100			
Gles panel	28	0,137	23			
Gips	13	0,220	100			

Korrektion värmemotstånd = 0,470 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd = 0,170 m², °C/W
 Yttre beklädnad = 0,300 m², °C/W
 Motstånd i mark = m², °C/W
 Dräneringsskikt = m², °C/W
 Korrektion, mark = m², °C/W

Korrektion Up-värde = 0,030 W/m², °C
 Generell = 0,020 W/m², °C
 Konstruktiv = 0,010 W/m², °C
 Fästånordningar = W/m², °C
 Nederbörd, vind = W/m², °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 0,126 W/m², °C

Byggnadsdel(Tak) : Väggar
4:3 Snedtak med Takstolsskiva

Konstruktionsskikt	Tjockl mm	Lambda	Procent	Regel	Lambda 2	Orient(1,2)
Betongpannor			100			
Papp	3		100			
Panel	22	0,140	100			
Luftspalt	100		100			
Takstolsskiva 3627	145	0,036	96	Träregel	0,140	1
Plastfolie 1104			100			
Uni-skiva 3633	45	0,036	93	Träregel	0,140	1
Gips	13	0,220	100			

Korrektion värmemotstånd = 0,470 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd = 0,170 m², °C/W

Yttre beklädnad = 0,300 m², °C/W

Motstånd i mark = m², °C/W

Dräneringsskikt = m², °C/W

Korrektion, mark = m², °C/W

Korrektion Up-värde = 0,040 W/m², °C

Generell = 0,020 W/m², °C

Konstruktiv = 0,020 W/m², °C

Fästanordningar = W/m², °C

Nederbörd, vind = W/m², °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 0,225 W/m², °C

Byggnadsdel(Tak) : Kupsidor
4:3 Snedtak med Takstolsskiva

Konstruktionsskikt	Tjockl mm	Lambda	Procent	Regel	Lambda 2	Orient(1,2)
Betongpannor			100			
Papp	3		100			
Panel	22	0,140	100			
Luftspalt	100		100			
Fasadskiva 3011	145	0,030	93	Träregel	0,140	1
Plastfolie 1104			100			
Regellängd 3624	45	0,036	93	Träregel	0,140	1
Gips	13	0,220	100			

Korrektion värmemotstånd = 0,470 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd = 0,170 m², °C/W

Yttre beklädnad = 0,300 m², °C/W

Motstånd i mark = m², °C/W

Dräneringsskikt = m², °C/W

Korrektion, mark = m², °C/W

Korrektion Up-värde = 0,030 W/m², °C

Generell = 0,020 W/m², °C

Konstruktiv = 0,010 W/m², °C

Fästanordningar = W/m², °C

Nederbörd, vind = W/m², °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 0,207 W/m², °C

**Byggnadsdel(Golv) : Kupor
2:1 Krypgrund. Fasadskiva 3010**

Konstruktionsskikt	Tjockl mm	Lambda	Procent	Regel	Lambda 2	Orient(1,2)
Spånskiva	22	0,140	100			
Plastfolie 1104	0		100			
Uni-skiva 3633	220	0,036	93	Träregel	0,140	1
Gips	9	0,220	100			
Trä	22	0,140	80			

Korrektion värmemotstånd = 0,370 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd = 0,170 m², °C/W
Yttre beklädnad = 0,200 m², °C/W
Motstånd i mark = m², °C/W
Dräneringsskikt = m², °C/W
Korrektion, mark = m², °C/W

Korrektion Up-värde = 0,040 W/m², °C
Generell = 0,020 W/m², °C
Konstruktiv = 0,020 W/m², °C
Fästanordningar = W/m², °C
Nederbörd, vind = W/m², °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 0,211 W/m², °C

Byggnadsdel(Vägg) : Yttervägg
3:6 Korslagda träreglar med Fasadskiva 3011

Konstruktionsskikt	Tjockl mm	Lambda	Procent	Regel	Lambda 2	Orient(1,2)
Träpanel, utvändigt	45		100			
Lufthspalt ventilerad	25		100			
Fasadskiva 3011	100	0,030	100			
Uni-skiva 3633	145	0,036	93	Träregel	0,140	1
Plastfolie 1104	0		100			
Uni-skiva 3633	45	0,036	93	Träregel	0,140	2
Gips	13	0,220	100			

Korrektion värmemotstånd = 0,370 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd = 0,170 m², °C/W

Yttre beklädnad = 0,200 m², °C/W

Motstånd i mark = m², °C/W

Dräneringsskikt = m², °C/W

Korrektion, mark = m², °C/W

Korrektion Up-värde = 0,030 W/m², °C

Generell = 0,020 W/m², °C

Konstruktiv = 0,010 W/m², °C

Fästanordningar = W/m², °C

Nederbörd, vind = W/m², °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 0,149 W/m², °C

Byggnadsdel(Fönster(area<=0.15)) : Väst

Fönster med karmar och bågar av trä	Valt värde	Enligt NR	Glastyp
Karmyttermått, m ²			Fasta eller i båge monterade förseglade rutor
Glasarea, m ²			med 1 lågemmissionsskikt
Karmens djup, mm			3 glas. Argonfylld, Glasavstånd: 9 mm
Bågens djup, mm			
U-värde Ug för glasdelen, W/m ² , °C	1,650	1,650	
U-värde Ut för trädelen, W/m ² , °C			

Korrektion värmemotstånd = 0,170 m², °C/W

Värmeövergångsmotstånd =	0,170	m ² , °C/W
Yttre beklädnad =		m ² , °C/W
Motstånd i mark =		m ² , °C/W
Dräneringsskikt =		m ² , °C/W
Korrektion, mark =		m ² , °C/W

Korrektion Up-värde =	0,150	W/m², °C
Generell =	0,150	W/m ² , °C
Konstruktiv =		W/m ² , °C
Fästanordningar =		W/m ² , °C
Nederbörd, vind =		W/m ² , °C

Praktiskt tillämpbar värmegenomgångskoefficient Up = 1,300 W/m², °C

□

Värmeenergibehov

Transmissionsförluster

A_{om}	U_m	Q_t
437,4	0,139	61
m ²	W/m ² °C	W/°C

$$Q_t = A_{om} \cdot U_m$$

Ventilationsförluster

Volym	q (0,5 oms/h)	Densitet luft	c_p	Q_v
532,8	0,074	1,2	1000	89
m ³	m ³ /s	kg/m ³	J/kg°C	W/°C

$$Q_v = q \cdot c_p \cdot \rho$$

Totala förluster

$$Q_{tot} = Q_t + Q_v$$

150	W/°C
-----	------

Gratisvärme

E_{gratis}	P_{gratis}
4500	514
kWh	W

Gränstemperatur

T_i	T_g
20	16,6
°C	°C

$$T_g = T_i - \frac{P_g}{Q_{tot}}$$

Gradtimmar

T_g	T_{un}	G_t
16,6	6	96500
°C	°C	°Ch

Värmeenergibehov

$$E = Q_{tot} \cdot G_t = 14436 \text{ kWh} \quad (\text{exkl. varmvatten } E=5000 \text{ kWh/år})$$

Dimensionerande effekt

$$P_{dim} = Q_{tot} \cdot (T_i - DUT) = 6,3 \text{ kW} \quad (DUT = -22 \text{ °C})$$

varav

$$P_t = 2,6 \text{ kW}$$

$$P_v = 3,7 \text{ kW}$$

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

Belastningar

Tak

	kN/m ²	
Betongtakpannor	0,4	
Läkt+Råspont	0,1	
Takstol	0,07	
Mineralull	0,16	
Gips+Glespanel	0,14	
Totalt, q_{tak}	0,87	kN/m ² Sned yta

Snölast

Grundvärde, S_0	1,5	kN/m ²	
Lastreduktionsfaktor, ψ	0,7		
Formfaktorer, $\mu_1 = \mu_2$	0,8		
Karakteristiskt värde	1,2	kN/m ²	Horisontell yta
Vanligt värde	0,84	kN/m ²	Horisontell yta

Vindlast

v_{ref}	24	m/s	} Karakteristiskt vindtryck, q_k
Terrängtyp III			
höjd	7	m	
Karakteristiskt vindtryck, q_k	0,53	kN/m ²	
Lastreduktionsfaktor, ψ	0,25		
Formfaktorer			
$\mu_{\text{lovert,långsida}}$	0,85		
$\mu_{\text{lå,långsida}}$	0,25		
$\mu_{\text{lovert,gavel}}$	0,9		
$\mu_{\text{lå,gavel}}$	0,3		
Karakteristiskt värde, w_k			
$w_{k,\text{lovert,långsida}}$	0,45	kN/m ²	
$w_{k,\text{lå,långsida}}$	0,13	kN/m ²	
$w_{k,\text{lovert,gavel}}$	0,48	kN/m ²	
$w_{k,\text{lå,gavel}}$	0,16	kN/m ²	
Vanligt värde, w			
$w_{\text{lovert,långsida}}$	0,11	kN/m ²	
$w_{\text{lå,långsida}}$	0,03	kN/m ²	
$w_{\text{lovert,gavel}}$	0,12	kN/m ²	
$w_{\text{lå,gavel}}$	0,04	kN/m ²	

Bjälklag

	kN/m ²	
22 spånskiva	0,18	
45x200 bjälkar c/c 600	0,07	
50 Mineralull	0,02	
Gips+Glespanel	0,14	
Innerväggar	0,1	
Totalt, $q_{\text{bjälklag}}$	0,51	kN/m ²

Nyttig last

Bunden

Karakteristisk, $q_{k,nyttig,b}$	0,5 kN/m ²
Lastreduktionsfaktor, ψ	1
Vanlig, $q_{nyttig,b}$	0,5 kN/m ²

Fri

Karakteristisk, $q_{k,nyttig,f}$	1,5 kN/m ²
Lastreduktionsfaktor, ψ	0,33
Vanlig, $q_{nyttig,f}$	0,50 kN/m ²

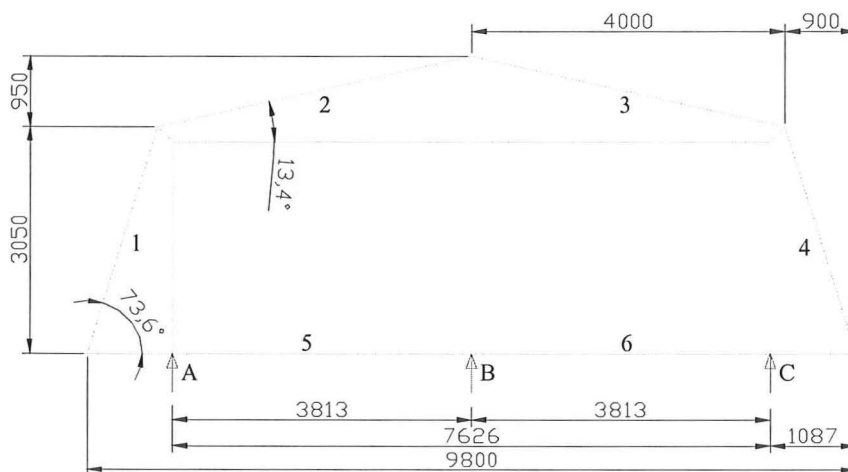


Fig 1.

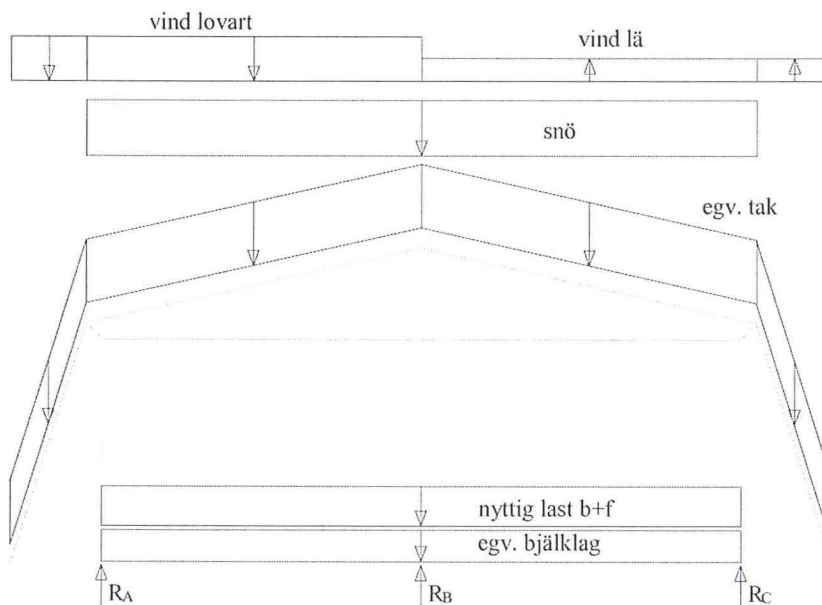


Fig 2

Väggdimensionering

Lastfall 3, Vindlast - Huvudlast

	kN/m ²	
Nyttig last, q_n	1,00	
Snö, $q_{snö}$	0,84	
Vind långsida		
$W_{lovert,långsida}$	0,59	
$W_{lä,långsida}$	-0,17	
Egenvikt tak, $q_{tak,\alpha 1}$	0,89	Horisontell yta
Egenvikt tak, $q_{tak,\alpha 2}$	3,08	Horisontell yta
Egenvikt bjälklag, $q_{bjälklag}$	0,51	

Vertikal belastning på delar i fig 1

	kN/m ²	Bet. nedan
Del 1: $W_{lovert,långsida} + q_{tak,\alpha 2}$	3,67	q_1
Del 2: $W_{lovert,långsida} + q_{tak,\alpha 1} + q_{snö}$	2,32	q_2
Del 3: $q_{tak,\alpha 1} + q_{snö} + w_{lä,långsida}$	1,56	q_3
Del 4: $q_{tak,\alpha 2} + w_{lä,långsida}$	2,91	q_4
Del 5: $q_{bjälklag} + q_n$	1,51	q_5
Del 6: $q_{bjälklag} + q_n$	1,51	q_6

Nedräkning av lasterna från taket antas endast ske genom ytterväggarna. Mellanbjälklagets laster förs dock ner även i hjärtväggen.

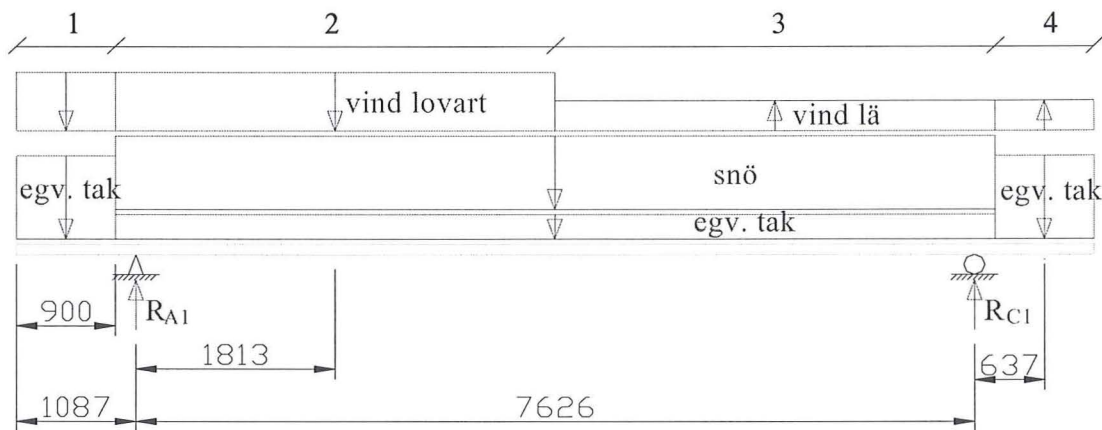
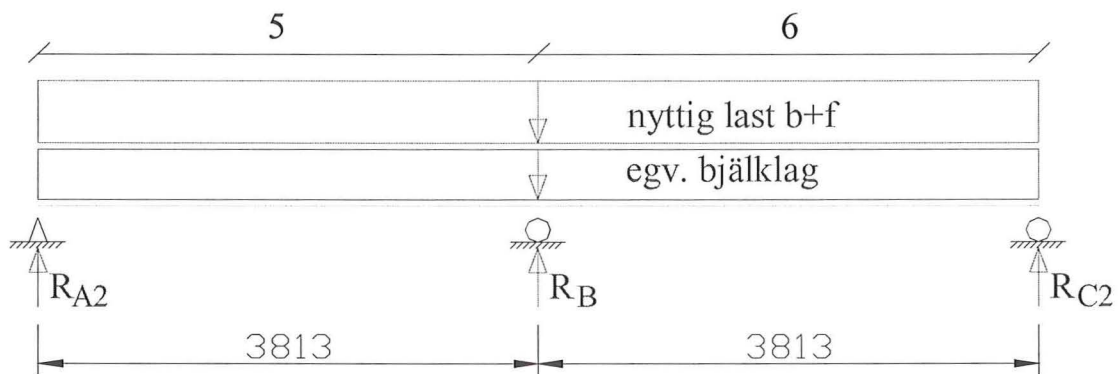


Fig 3 Modell av takstol, överramar

$$R_{A1} = \frac{q_1 \times 0,9 \times (7,626 + 0,637) + q_2 \times 4 \times (7,626 - 1,813) + q_3 \times 4 \times 1,813 - q_4 \times 0,9 \times 0,637}{7,626} = 11,92 \text{ kN/m}$$

$$R_{C1} = \frac{q_4 \times 0,9 \times (7,626 + 0,637) + q_3 \times 4 \times (7,626 - 1,813) + q_2 \times 4 \times 1,813 - q_1 \times 0,9 \times 0,637}{7,626} = 9,53 \text{ kN/m}$$



$$R_{A2} = 0,375 \times q_5 \times 3,813 = \boxed{2,15} \text{ kN/m}$$

$$R_B = 2 \times 0,625 \times q_6 \times 3,813 = \boxed{7,17} \text{ kN/m}$$

$$R_{C2} = 0,375 \times q_6 \times 3,813 = \boxed{2,15} \text{ kN/m}$$

Total normalbelastning på väggar

	kN/m
$R_A = R_{A1} + R_{A2} =$	14,07
$R_B =$	7,17
$R_C = R_{C1} + R_{C2} =$	11,68
P_{\max}	14,07

Transversallast på vägg

$w_{\text{lovert, långsida}}$	0,59 kN/m ²
-------------------------------	------------------------

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

Lastfall 2, Snölast - Huvudlast

	kN/m ²	
Nyttig last, q_n	1,00	
Snö, $q_{snö}$	1,56	
Vind längsida		
$W_{lovert,längsida}$	0,11	
$W_{lä,längsida}$	-0,03	
Egenvikt tak, $q_{tak,\alpha 1}$	0,89	Horisontell yta
Egenvikt tak, $q_{tak,\alpha 2}$	3,08	Horisontell yta
Egenvikt bjälklag, $q_{bjälklag}$	0,51	

Vertikal belastning på delar i fig 1

Del	Beskrivning	kN/m ²	Bet. nedan
Del 1:	$W_{lovert,längsida} + q_{tak,\alpha 2}$	3,19	q_1
Del 2:	$W_{lovert,längsida} + q_{tak,\alpha 1} + q_{snö}$	2,57	q_2
Del 3:	$q_{tak,\alpha 1} + q_{snö} + w_{lä,längsida}$	2,42	q_3
Del 4:	$q_{tak,\alpha 2} + w_{lä,längsida}$	3,05	q_4
Del 5:	$q_{bjälklag} + q_n$	1,51	q_5
Del 6:	$q_{bjälklag} + q_n$	1,51	q_6

Nedräkning av lasterna från taket antas endast ske genom ytterväggarna. Mellanbjälklagets laster förs dock ner även i hjärtväggen.

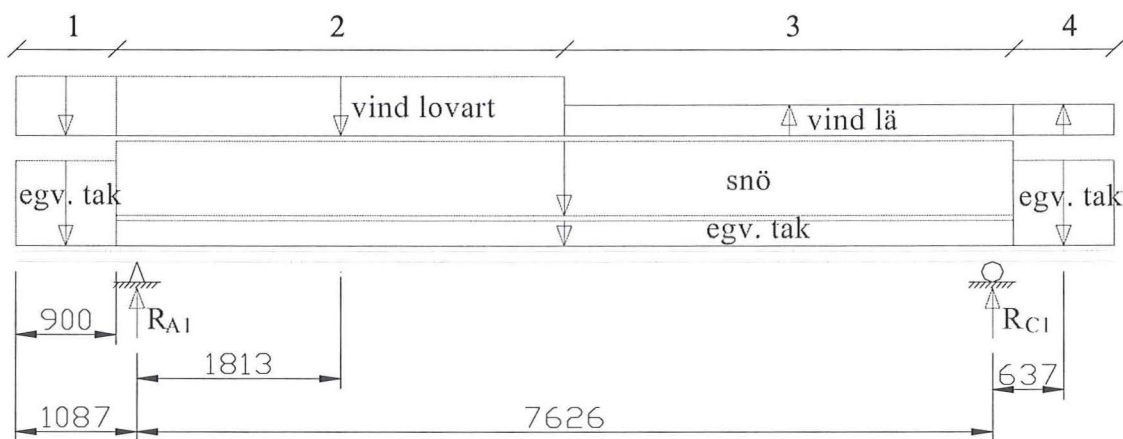


Fig 3 Modell av takstol, överramar

$$R_{A1} = \frac{q_1 \times 0,9 \times (7,626 + 0,637) + q_2 \times 4 \times (7,626 - 1,813) + q_3 \times 4 \times 1,813 - q_4 \times 0,9 \times 0,637}{7,626} = \boxed{13,01} \text{ kN/m}$$

$$R_{C1} = \frac{q_4 \times 0,9 \times (7,626 + 0,637) + q_3 \times 4 \times (7,626 - 1,813) + q_2 \times 4 \times 1,813 - q_1 \times 0,9 \times 0,637}{7,626} = \boxed{12,56} \text{ kN/m}$$

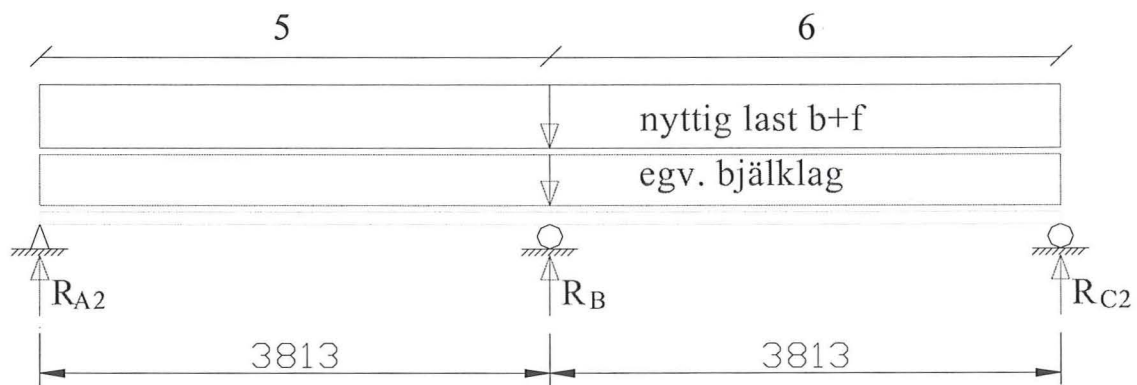


Fig 4 Modell av mellanbjälklag

$$R_{A2} = 0,375 \times q_5 \times 3,813 = \boxed{2,15} \text{ kN/m}$$

$$R_B = 2 \times 0,625 \times q_6 \times 3,813 = \boxed{7,17} \text{ kN/m}$$

$$R_{C2} = 0,375 \times q_6 \times 3,813 = \boxed{2,15} \text{ kN/m}$$

Total normalbelastning på väggar

	kN/m
$R_A = R_{A1} + R_{A2} =$	15,17
$R_B =$	7,17
$R_C = R_{C1} + R_{C2} =$	14,71
P_{\max}	15,17

Transversallast på vägg

$W_{\text{lovert, långsida}}$	0,11 kN/m ²
-------------------------------	------------------------

Lastfall 1, Nyttig last - Huvudlast

	kN/m ²	
Nyttig last, q_n	2,60	
Snö, $q_{snö}$	0,84	
Vind långsida		
$W_{lovert,långsida}$	0,11	
$W_{lä,långsida}$	-0,03	
Egenvikt tak, $q_{tak,\alpha 1}$	0,89	Horisontell yta
Egenvikt tak, $q_{tak,\alpha 2}$	3,08	Horisontell yta
Egenvikt bjälklag, $q_{bjälklag}$	0,51	

Vertikal belastning på delar i fig 1

	kN/m ²	Bet. nedan
Del 1: $W_{lovert,långsida} + q_{tak,\alpha 2}$	3,19	q_1
Del 2: $W_{lovert,långsida} + q_{tak,\alpha 1} + q_{snö}$	1,85	q_2
Del 3: $q_{tak,\alpha 1} + q_{snö} + w_{lä,långsida}$	1,70	q_3
Del 4: $q_{tak,\alpha 2} + w_{lä,långsida}$	3,05	q_4
Del 5: $q_{bjälklag} + q_n$	3,11	q_5
Del 6: $q_{bjälklag} + q_n$	3,11	q_6

Nedräkning av lasterna från taket antas endast ske genom ytterväggarna. Mellanbjälklagets laster förs dock ner även i hjärtväggen.

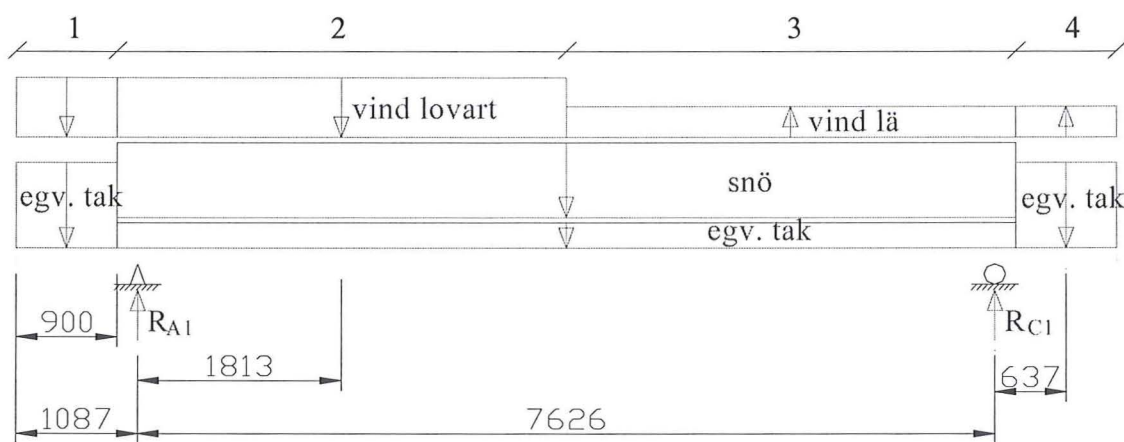


Fig 3 Modell av takstol, överramar

$$R_{A1} = \frac{q_1 \times 0,9 \times (7,626 + 0,637) + q_2 \times 4 \times (7,626 - 1,813) + q_3 \times 4 \times 1,813 - q_4 \times 0,9 \times 0,637}{7,626} = \boxed{10,13} \text{ kN/m}$$

$$R_{C1} = \frac{q_4 \times 0,9 \times (7,626 + 0,637) + q_3 \times 4 \times (7,626 - 1,813) + q_2 \times 4 \times 1,813 - q_1 \times 0,9 \times 0,637}{7,626} = \boxed{9,68} \text{ kN/m}$$

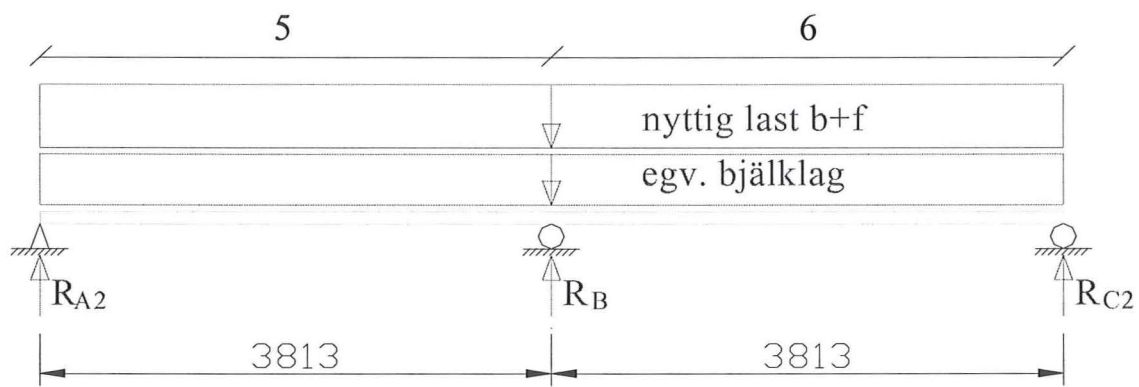


Fig 4 Modell av mellanbjälklag

$$R_{A2} = 0,375 \times q_5 \times 3,813 = 4,45 \text{ kN/m}$$

$$R_B = 2 \times 0,625 \times q_6 \times 3,813 = 14,82 \text{ kN/m}$$

$$R_{C2} = 0,375 \times q_6 \times 3,813 = 4,45 \text{ kN/m}$$

Total normalbelastning på väggar

	kN/m
$R_A = R_{A1} + R_{A2} =$	14,58
$R_B =$	14,82
$R_C = R_{C1} + R_{C2} =$	14,12
P_{\max}	14,82

Transversallast på vägg

$w_{\text{lovert,längsida}}$	0,00 kN/m ²
------------------------------	------------------------

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

Väggregel

Vindlast-Huvudlast

Tak och bjälklagsbelastning jämnt utbredd mha längsgående balk (45x145, K18)

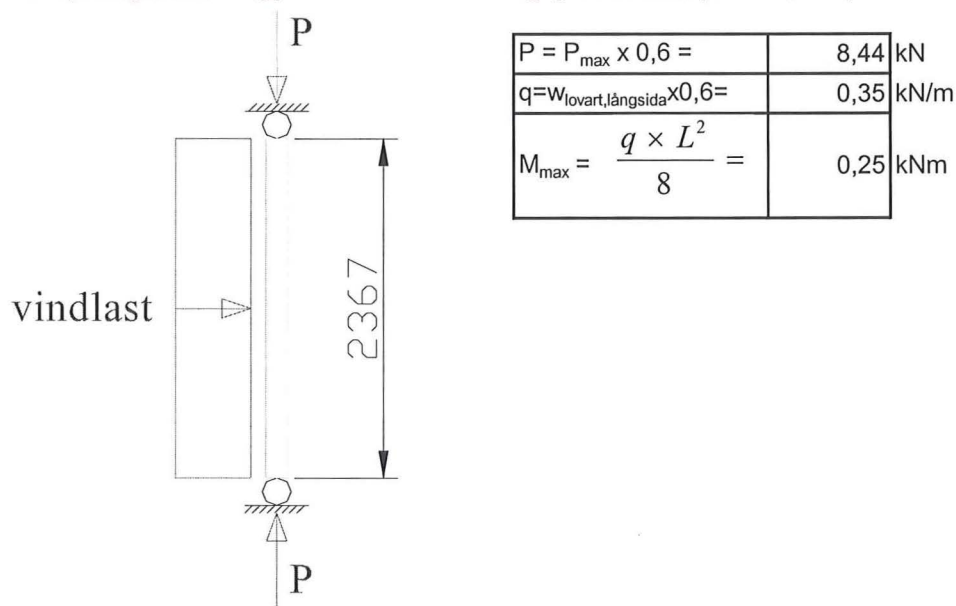


Fig 5 Modell av väggregel, c/c 600

Dimension 45x145:

$$\lambda = l/i = 2367 / 41,8 = 57 \quad \Rightarrow \quad \chi_{\lambda} = 0,67$$

$$W = b \times h^2 / 6 = 1,58E-04 \quad \text{m}^3$$

$$A = 6,53E-03 \text{ m}^2$$

K12, Lasttyp C

$$\chi_r = 1,00$$

$$f_{cd} = \frac{\chi_r \times f_{ck}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{\chi_r \times 14 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 9,3E+03 \text{ kPa}$$

$$f_{md} = \frac{\chi_r \times f_{mk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{\chi_r \times 12 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 8,0E+03 \text{ kPa}$$

Kontroll:

$$\frac{\sigma_m}{f_{md}} + \frac{\sigma_c}{f_{cd} \times \chi_{\lambda}} \leq 1 \quad \Leftrightarrow$$

$$\frac{M_{\max}}{f_{md} \times W} + \frac{P}{f_{cd} \times \chi_{\lambda} \times A} = 0,40 \leq 1 \quad \text{Ok!}$$

Välj 45 x 145, K12 Lastfall 3

Kontroll av väggregel mellan fönster

Vindlast-Huvudlast

$P = P_{\max} \times 1,2 =$	16,88 kN
$q = W_{\text{lovert,längsida}} \times 1,2 =$	0,70 kN/m
$M_{\max} = \frac{q \times L^2}{8} =$	0,49 kNm

$$\frac{M_{\max}}{f_{md} \times W} + \frac{P}{f_{cd} \times \chi_{\lambda} \times A} = 0,80 \leq 1 \quad \text{Ok! (Lastfall 3)}$$

Balk för takstol över dörr/fönster

Snölast-Huvudlast

$\lambda = l/i = 2367 / 41,8 = 57 \quad \Rightarrow \quad \chi_{\lambda} = 0,67$

$W = b \times h^2 / 6 = 1,58E-04 \quad \text{m}^3$

$A = 6,53E-03 \quad \text{m}^2$

K12, Lasttyp B

$\chi_r = 0,90$

$$f_{cd} = \frac{\chi_r \times f_{ck}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{\chi_r \times 14 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 8,4E+03 \text{ kPa}$$

$$f_{md} = \frac{\chi_r \times f_{mk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{\chi_r \times 12 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 7,2E+03 \text{ kPa}$$

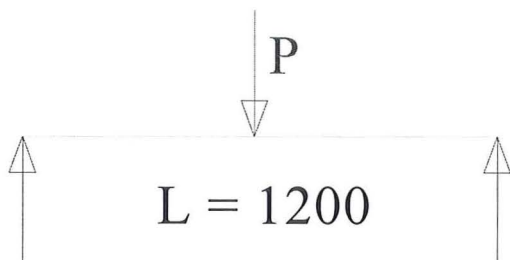


Fig 6 Modell av balk över dörr/fönster

$P = P_{\max} \times 1,2 =$	18,20 kN
$M_{\max} = P \times L / 4$	5,46 kNm
$W_{\text{erf}} = M_{\max} / f_{md} =$	7,6E-04 m ³

Inspänning över stöd minskar momentet med c:a 15%

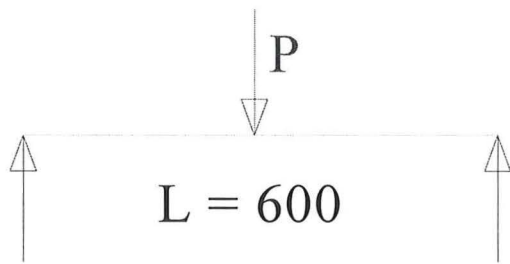
$W_{\text{erf}} =$	6,4E-04
--------------------	---------

Välj 2 st 45 x 220, K12, $W = 7,3E-04 \text{ m}^3$ Lastfall 2

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

Balk för godtycklig placering av takstol mellan reglar, Dim 45 x 145, K18

Snölast-Huvudlast



$P = P_{\max} \times 0,6 =$	9,10	kN
$M_{\max} = P \times L / 4$	1,37	kNm
$W_{\text{erf}} = M_{\max} / f_{\text{md}} =$	1,3E-04	m^3
(K18 --> $f_{\text{md}} \times 1,5$)		

Fig 7 Modell av balk mellan reglar

Välj 45 x 145, K18, $W = 1,6\text{E-}04 \text{ m}^3$ Lastfall 2

Balk för bjälkar över dörr i hjärtvägg

Nyttig last-Huvudlast

$$\lambda = l/i = 2367 / 41,8 = 57 \quad \Rightarrow \quad \chi_{\lambda} = 0,67$$

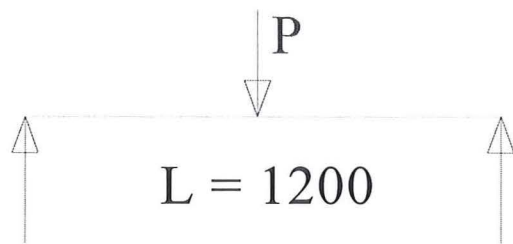
$$W = b \times h^2 / 6 = 1,58\text{E-}04 \quad \text{m}^3$$

$$A = 6,53\text{E-}03 \text{ m}^2$$

K12, Lasttyp B
 $\chi_r = 0,90$

$$f_{cd} = \frac{\chi_r \times f_{ck}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{\chi_r \times 14 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 8,4\text{E+}03 \text{ kPa}$$

$$f_{md} = \frac{\chi_r \times f_{mk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{\chi_r \times 12 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 7,2\text{E+}03 \text{ kPa}$$



$P = R_B \times 1,2 =$	17,79	kN
$M_{\max} = P \times L / 4$	5,34	kNm
$W_{\text{erf}} = M_{\max} / f_{\text{md}} =$	4,9E-04	m^3
(K18 --> $f_{\text{md}} \times 1,5$)		

Fig 8 Modell av balk över dörr i hjärtvägg

Välj 2 st 45 x 195, K18, $W = 5,7\text{E-}04 \text{ m}^3$ Lastfall 1

Balk över valv i hjärtvägg

Nyttig last-Huvudlast

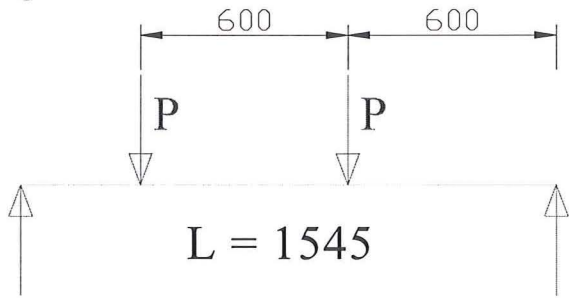


Fig 9 Modell av balk över valv

$P = R_B \times 0,6 =$	8,89	kN
$M_{max} = R_2 \times 0,6 =$	4,46	kNm
$W_{erf} = M_{max} / f_{md} =$	4,1E-04	m ³
(K18 --> $f_{md} \times 1,5$)		

$R_1 =$	10,36	kN
$R_2 =$	7,43	kN

Välj 2 st 45 x 170, K18, $W = 4,3E-04$ m³ Lastfall 1

Balk för godtycklig placering av bjälkar mellan reglar

Nyttig last-Huvudlast

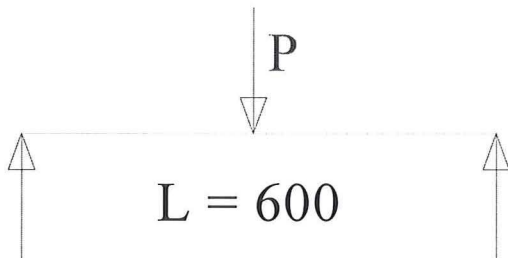


Fig 10 Modell av balk mellan reglar

$P = R_B \times 0,6 =$	8,89	kN
$M_{max} = P \times L / 4 =$	1,33	kNm
$W_{erf} = M_{max} / f_{md} =$	1,2E-04	m ³
(K18 --> $f_{md} \times 1,5$)		

Välj 45 x 145, K18, $W = 1,6E-04$ m³ Lastfall 1

Bjälkdimensionering

Kontinuerlig balk över mittstöd, c/c 600

Max stödmoment, Nyttig last - Huvudlast

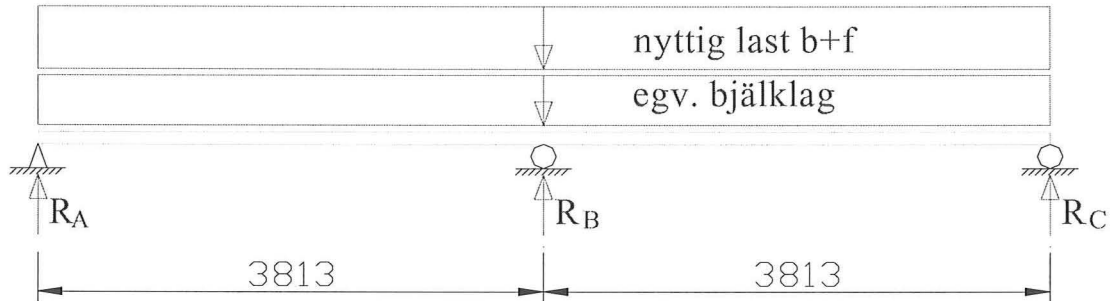


Fig 11 Mellanbjälklag

$$q = 0,6 \times (1,3 \times (q_{k,nyttig,b} + q_{k,nyttig,f}) + q_{bjälklag}) = 0,6 \times (1,3 \times (0,5 + 1,5) + 0,51) = \boxed{1,87} \text{ kN/m}$$

$$R_A = 0,375 \times q \times 3,813 = \boxed{2,67} \text{ kN}$$

$$R_{BV} = 0,625 \times q \times 3,813 = \boxed{4,45} \text{ kN (Max tvärkraft)}$$

$$R_{BH} = 0,625 \times q \times 3,813 = \boxed{4,45} \text{ kN}$$

$$R_C = 0,375 \times q \times 3,813 = \boxed{2,67} \text{ kN}$$

$$M_s = 0,125 \times q \times L^2 = \boxed{3,39} \text{ kNm}$$

Lasttyp B , K18 ,SK 2

$$f_{md} = \frac{\chi_r \times f_{mk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{0,9 \times 18 \times 10^6}{1,1 \times 1,25 \times 1,0} = 1,2E+04 \text{ kPa}$$

$$W_{\text{erf}} = M_s / f_{md} = \boxed{2,9E-04} \text{ m}^3$$

Välj 45 x 200, K18, W = 0,045 x 0,2² / 6 = 3,0E-04 m³

Tvärkraftskontroll

$$\tau_{\max} = \frac{3 V}{2 A} \leq f_{vd}$$

$$V_{\max} = \boxed{4,45} \text{ kN}$$

$$A = 0,009 \text{ m}^2$$

Lasttyp B , K18 ,SK 2

$$f_{vd} = \frac{\chi_r \times f_{vk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{0,75 \times 3 \times 10^6}{1,1 \times 1,25 \times 1,0} = 1,64E+06 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 7,41E+05 \text{ MPa} < f_{vd} \quad \text{Ok}$$

Dimensionering av spikförband

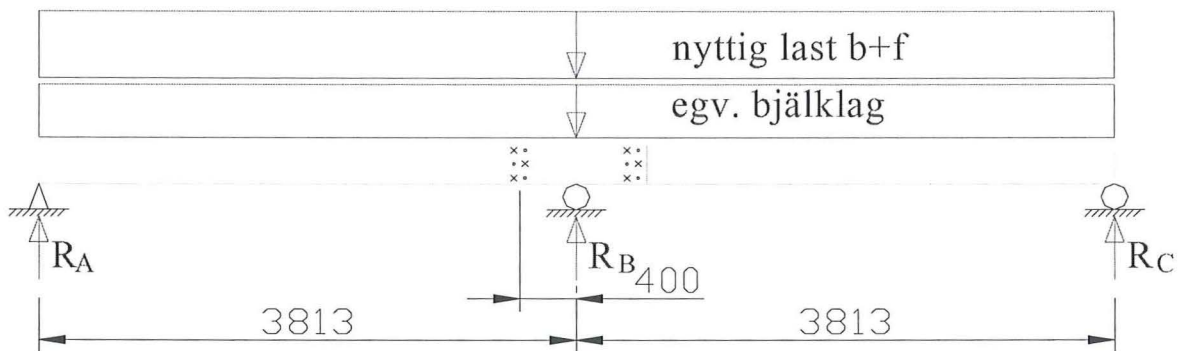
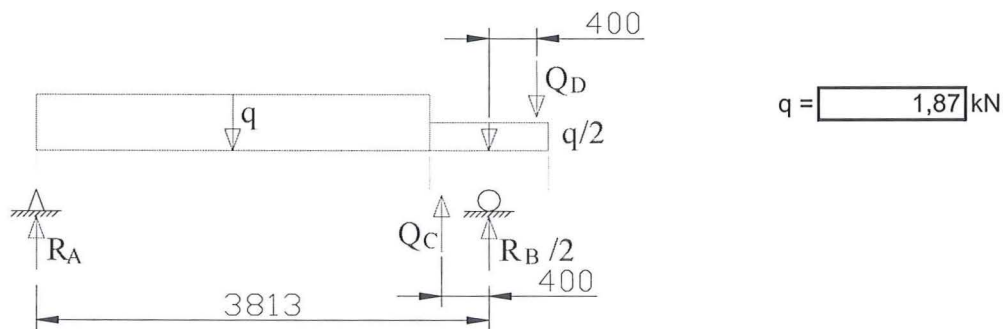


Fig 12 Förband bjälkar

$$R_A = \boxed{2,67} \text{ kN}$$



$$q = \boxed{1,87} \text{ kN}$$

Fig 13 Laster spikförband

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

Q_C och Q_D är resultatant till de enskilda spikkrafterna. Det antas att dessa är vertikala. Beräkning mha plasticitetsteori. $Q_C = Q_D$ pga symmetri.

Moment kring B:

$$1,87 \cdot 3,813 + Q_C \cdot 0,4 + Q_D \cdot 0,4 - (3,813 - 0,4) \cdot 2 \cdot \left(\frac{3,813 - 0,4}{2} + 0,4 \right) = 0$$

$$Q_C = Q_D = 9,06 \text{ kN}$$

Spik 100 x 37, räfflad trådspik

$$F_{vk} = 150d^{1,7} = 150 \times 3,7^{1,7} = 1387 \text{ N}$$

$$\kappa_r = 0,8$$

$$\gamma_n = 1,1$$

$$F_{vd} = \frac{\kappa_r \times F_{vk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{0,8 \times 1387}{1,1 \times 1,25 \times 1,0} = \boxed{0,81} \text{ kN}$$

$$\text{Antal spik, } n = 9,06 / 0,807 = \boxed{11,2}$$

Välj 12 spik 100 x 37 i vardera spikförband

$$\text{Förankringslängd } l_2 = 10d = 10 \times 3,7 = 37$$

dock minst halva spiklängden $100/2 = 50$

$$F_{vd} \text{ reduceras med } 45/50 = 0,9$$

$$F_{vd} = \boxed{0,73} \text{ kN}$$

$$\text{Antal spik, } n = 9,06 / 0,73 = \boxed{12,5}$$

Välj 14 spik 100 x 37 i vardera spikförband. Varannan spik islagen från motsatt sida. 7 rader med 2 spik i varje rad.

Spik- och kantavstånd:

$$\text{Tvärs fiberriktning } 8 \times 5d = 148 < 200 \text{ Ok}$$

$$\text{Längs fiberriktning } \text{Kantavstånd} = 10d = 37 \text{ mm}$$

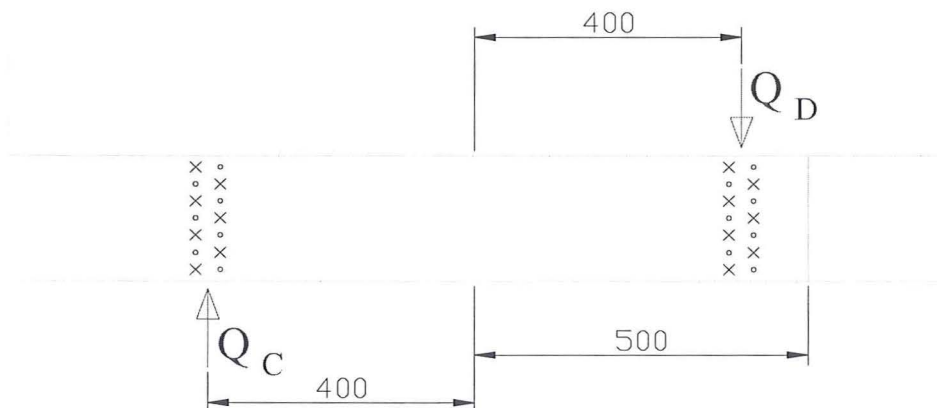


Fig 14 Spikförband bjälklag

Max fältmoment, Nyttig last - Huvudlast

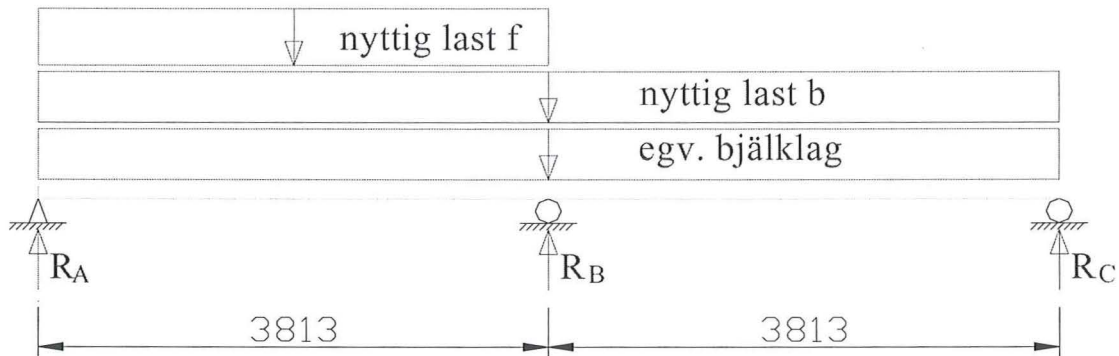


Fig 15 Mellanbjälklag

$$q_1 = 0,6 \times (1,3 \times q_{k,nyttig,b} + q_{bjälklag}) = 0,6 \times (1,3 \times 0,5 + 0,51) = \boxed{0,70} \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 0,6 \times 1,3 \times q_{k,nyttig,f} = 0,6 \times 1,3 \times 1,5 = \boxed{1,17} \text{ kN/m}$$

$$R_A = 0,375 \times q_1 \times 3,813 + 0,4375 \times q_2 \times 3,813 = \boxed{2,95} \text{ kN}$$

$$R_{BV} = 0,625 \times q_1 \times 3,813 + 0,5625 \times q_2 \times 3,813 = \boxed{4,17} \text{ kN}$$

$$R_{BH} = 0,625 \times q_1 \times 3,813 + 0,0625 \times q_2 \times 3,813 = \boxed{1,94} \text{ kN}$$

$$R_C = 0,375 \times q_1 \times 3,813 - 0,0625 \times q_2 \times 3,813 = \boxed{0,72} \text{ kN}$$

$$M_f = 3,813^2 \times (0,0703 \times q_1 + 0,0957 \times q_2) = \boxed{2,34} < M_s$$

Bruksgränstillstånd, Tillfällig olägenhet

$$q_1 = 0,6 \times (q_{nyttig,b} + q_{bjälklag}) = 0,6 \times (0,5 + 0,51) = \boxed{0,61} \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 0,6 \times q_{nyttig,f} = 0,6 \times 0,5 = \boxed{0,30} \text{ kN/m}$$

Max nedböjning:

$$y_{mitt} = (0,921 \times q_1 + 0,521 \times q_2) \times 3,813^4 / (100 \times E \times I)$$

$$I_{max} = 0,045 \times 0,200^3 / 12 = 30,0E-6 \text{ m}^4$$

$$\kappa_s = 0,8 \quad \text{Lasttyp B}$$

$$E_d = \frac{\kappa_s \cdot E_k}{\gamma_n \cdot \gamma_m \cdot \eta} = \frac{0,8 \cdot 9 \cdot 10^9}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0} = 7,2 \text{ GPa}$$

$$y_{mitt} = \boxed{7,0} \text{ mm} < L/300 \quad \text{Ok}$$

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

Svikt

Punktlastkriteriet, $P=1\text{kN}$ LT C, $\kappa_s=1$ $E_d = 9,0$ GPa

$$y_{\text{mitt}} = P \cdot L^3 / (48 \cdot E \cdot I) \leq 1,5 \text{ mm}$$

$$y_{\text{mitt}} = \boxed{4,3} \text{ mm}$$

Kontroll med K24

$$E_d = 10,5 \text{ GPa}$$

$$y_{\text{mitt}} = \boxed{3,7} \text{ mm}$$

Kontroll med K24 och 45 x 220

$$I_{\text{max}} = 0,045 \times 0,220^3 / 12 = 39,93\text{E-6} \text{ m}^4$$

$$y_{\text{mitt}} = \boxed{2,8} \text{ mm} \quad \text{Räcker ej?}$$

Välj 45 x 220, K24 enligt takdimensionering av Takstolsfabriken (Mellanåsar)

Dimensionering av takkupa

Yttersta takstolen. Influensyta = c/c = 1,2 m

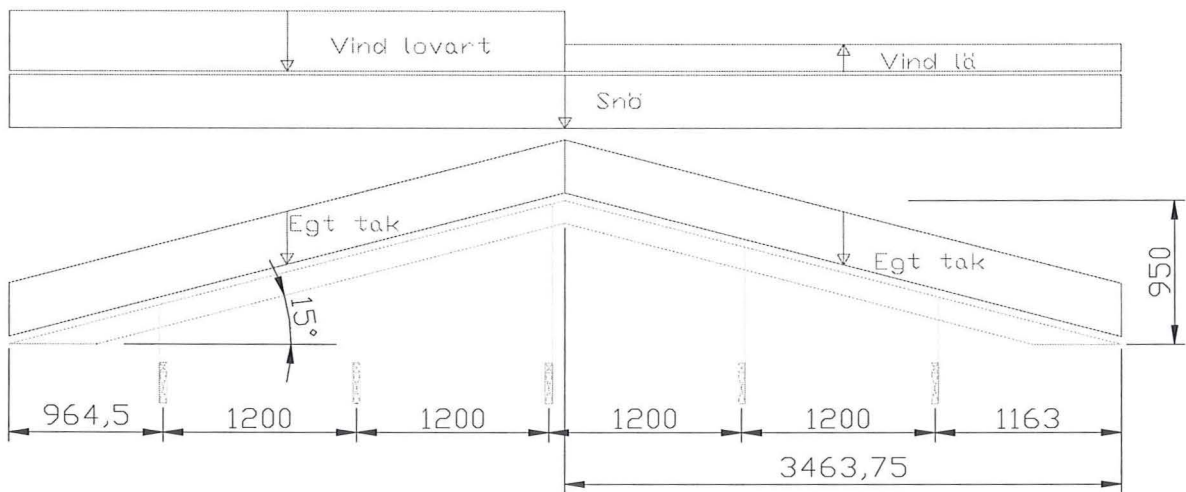


Fig 16 Takkupa

Moment och tvärkraft tas fram via MATLAB med toolboxen CALFEM, där följande modell används. Pga förenklad beräkning används vind lovart över hela taket.

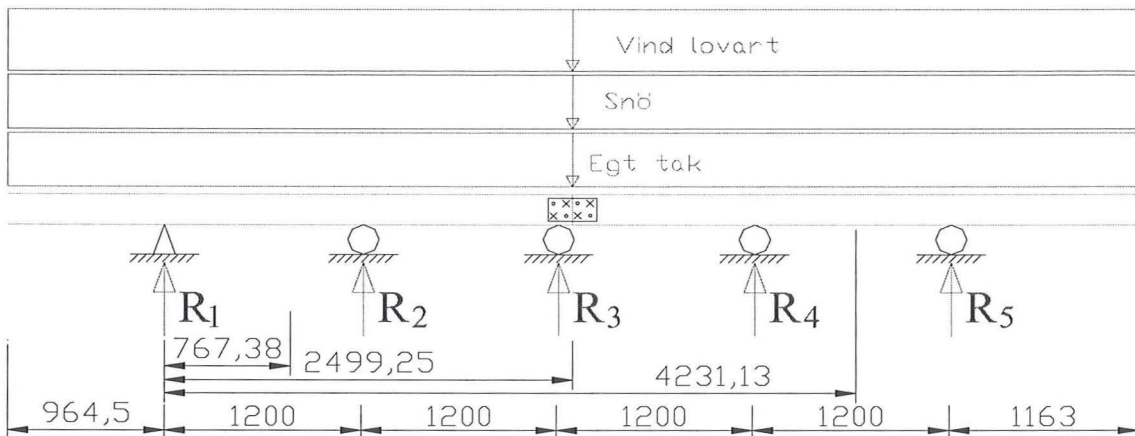


Fig 17 Modell av takstol

Laster

Egt tak	q_{tak}	0,87	kN/m ²	Sned yta
Snö				
Karakteristiskt värde	$q_{k,\text{snö}}$	1,2	kN/m ²	Horisontell yta
Vanligt värde	$q_{\text{snö}}$	0,84	kN/m ²	Horisontell yta
Vind, karakteristiskt värde				
lovart	$w_{k,\text{lovart,gavel}}$	0,48	kN/m ²	
lä	$w_{k,\text{lä,gavel}}$	0,16	kN/m ²	
Vind, vanligt värde				
lovart	$w_{\text{lovart,gavel}}$	0,12	kN/m ²	
lä	$w_{\text{lä,gavel}}$	0,04	kN/m ²	

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

Snö - Huvudlast

$$q_v = 1,2 \times (w_{\text{lovert,gavel}} + 1,3 \times q_{k,\text{snö}} + q_{\text{tak}}/\cos 15) = \boxed{3,10} \text{ kN/m}$$
$$q_h = 1,2 \times (-w_{\text{övre,gavel}} + 1,3 \times q_{k,\text{snö}} + q_{\text{tak}}/\cos 15) = \boxed{2,91} \text{ kN/m}$$

Upplagsreaktioner, tvärkraft och moment via CALFEM. Programkod se bilaga "Matlab"

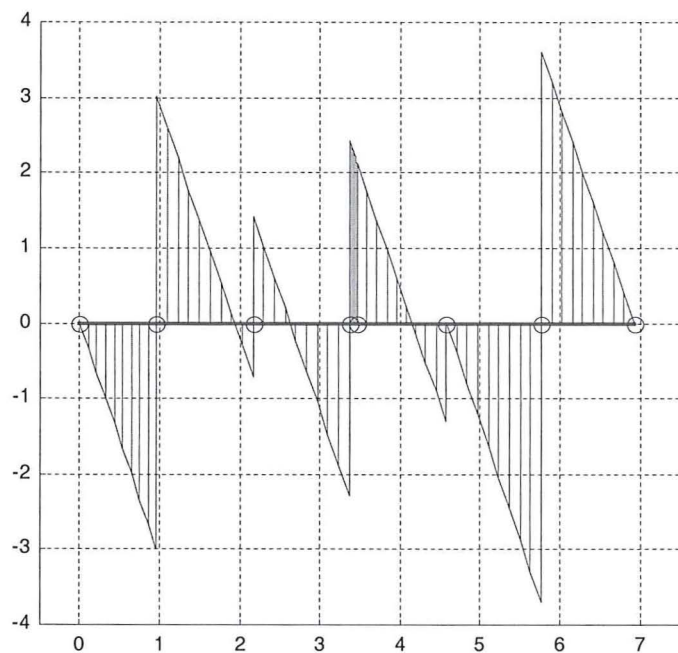


Fig 18 Tvärkraftsdiagram

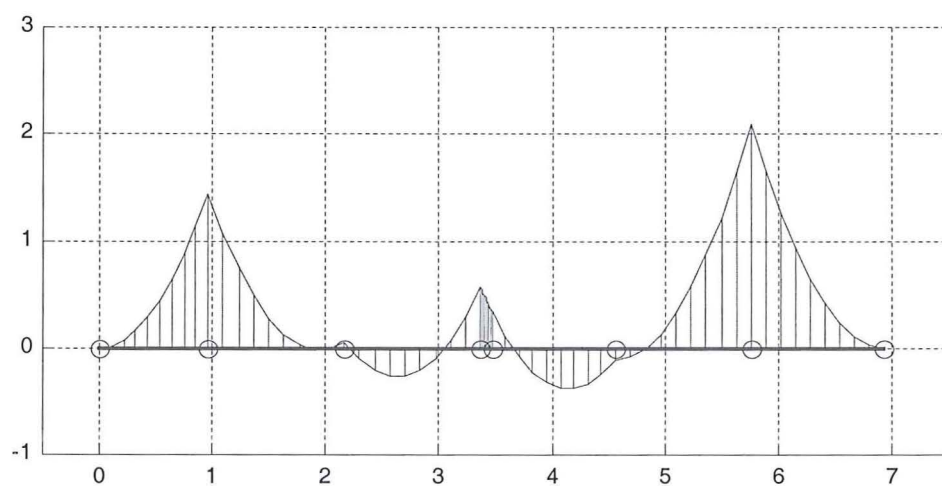


Fig 19 Momentdiagram

Resultat Matlabkörning

R ₁ =	6,01	kN
R ₂ =	2,13	kN
R ₃ =	4,72	kN
R ₄ =	1,31	kN
R ₅ =	7,30	kN
V _{max} =	3,70	kN
V _{min} =	-3,61	kN
M _{max} =	0,37	kNm
M _{min} =	-2,10	kNm
Vskarvv =	2,29	kN
Vskarvh =	-2,43	kN
Mskarv =	-0,57	kNm

Lasttyp B , K18 ,SK 3

$$f_{md} = \frac{\chi_r \times f_{mk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{0,9 \times 18 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 1,08E+04 \text{ kPa}$$

$$W_{\text{erf}} = M_{\text{max}} / f_{md} = 1,9E-04 \text{ m}^3$$

Välj 45 x 170, K18, W = 2,2E-04 m³

Tvärkraftskontroll

$$\tau_{\text{max}} = \frac{3 V}{2 A} \leq f_{vd}$$

$$V_{\text{max}} = 3,70 \text{ kN}$$

$$A = 0,00765 \text{ m}^2$$

Lasttyp B , K18 ,SK 3

$$f_{vd} = \frac{\chi_r \times f_{vk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{0,75 \times 3 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 1,50E+06 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{max}} = 7,25E+05 \text{ MPa} < f_{vd} \quad \text{Ok}$$

Dimensionering av spikförband

Spikplåtar på bägge sidor, spikar kamspik 40 / 40, plåt t = 2 mm

Kontroll av spiklängd

$$l_2 \geq 8d$$

$$8d = 32$$

$$l_2 = 40 - 2 = 38$$

$$F_{vk} = 150d^{1.7} = 150 \times 4^{1.7} = 1583 \text{ N}$$

$$\kappa_r = 0,8$$

$$\gamma_n = 1,1$$

$$F_{vd} = \frac{\chi_r \times F_{vk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{0,8 \times 1583}{1,1 \times 1,25 \times 1,0} = \boxed{921} \text{ N}$$

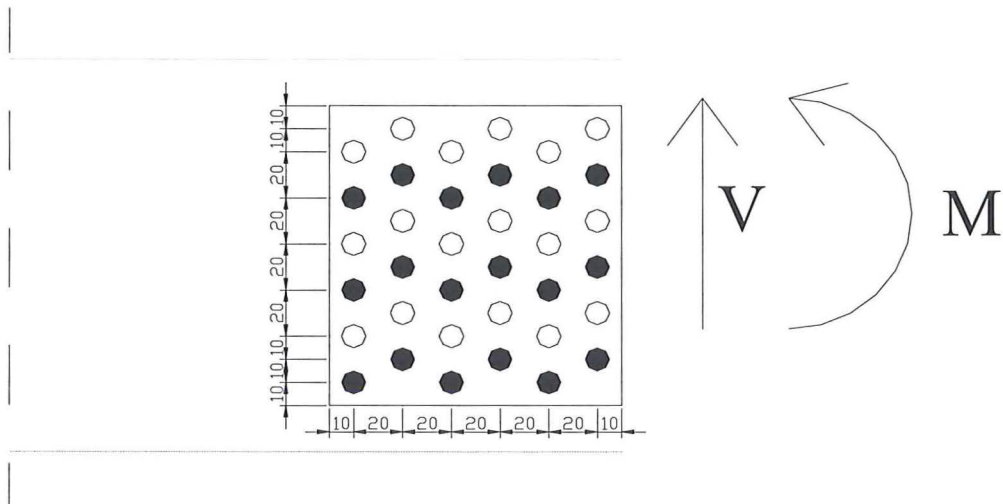


Fig 20 Spikplåtförband

$$V = V_{\text{mitt}} = \boxed{-2,427} \text{ kN}$$

$$M = M_{\text{mitt}} = \boxed{-0,572} \text{ kNm}$$

Centrum av förband:

$$M_c = (M + 0,06V) / 2 = \boxed{-0,36} \text{ kNm}$$

$$F_v = V / 36 = \boxed{-0,067} \text{ kN}$$

Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

$$F_{MX} = \frac{M_C \cdot y_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_{MY} = \frac{M_C \cdot x_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_i = \sqrt{((F_{MY_i} + F_V)^2 + F_{MX_i}^2)}$$

i	x_i	x_i^2	y_i	y_i^2	$x_i^2 + y_i^2$
1	50	2500	-35	1225	3725
2	30	900	-45	2025	2925
3	10	100	-35	1225	1325
4	-10	100	-45	2025	2125
5	-30	900	-35	1225	2125
6	-50	2500	-45	2025	4525
7	50	2500	-35	1225	3725
8	30	900	-45	2025	2925
9	10	100	5	25	125
10	-10	100	-5	25	125
11	-30	900	5	25	925
12	-50	2500	-5	25	2525
13	50	2500	5	25	2525
14	30	900	-5	25	925
15	10	100	5	25	125
16	-10	100	-5	25	125
17	-30	900	45	2025	2925
18	-50	2500	35	1225	3725

$$\sum r_i^2 = \sum (x_i^2 + y_i^2) = 0,03745$$

i	F_{MX_i} / kN	F_{MY_i} / kN	F_i / kN
1	0,34	-0,48	0,64
2	0,43	-0,29	0,56
3	0,34	-0,10	0,37
4	0,43	0,10	0,43
5	0,34	0,29	0,40
6	0,43	0,48	0,60
7	0,34	-0,48	0,64
8	0,43	-0,29	0,56
9	-0,05	-0,10	0,17
10	0,05	0,10	0,06
11	-0,05	0,29	0,23
12	0,05	0,48	0,41
13	-0,05	-0,48	0,55
14	0,05	-0,29	0,36
15	-0,05	-0,10	0,17
16	0,05	0,10	0,06
17	-0,43	0,29	0,48
18	-0,34	0,48	0,53

$$F_{\max} = \boxed{0,64} \text{ kN} \leq F_{vd} \quad \text{Ok}$$

Stödben för takbalkar

Dimensioneras för max reaktionskraft.

$$R_{\max} = \boxed{7,30} \text{ kN}$$

Dimension 45x70:

$$\lambda = l/i = 1051 / 20,2 = 52 \quad \Rightarrow \quad \chi_{\lambda} = 0,78$$

$$A = 3,15E-03 \text{ m}^2$$

K12, Lasttyp B

$$\chi_r = 0,90$$

$$f_{cd} = \frac{\chi_r \times f_{ck}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{\chi_r \times 14 \times 10^6}{1,2 \times 1,25 \times 1,0} = 8,4E+03 \text{ kPa}$$

Kontroll:

$$\frac{R_B}{f_{cd} \times \chi_{\lambda} \times A} = 0,35 \leq 1 \quad \text{Ok!}$$

Välj 45 x 120, K12 Pga spiklängd i spikförband enligt nedan

Spikförband

Spik 125 x 40, räfflad trådspik

$$F_{vk} = 150d^{1,7} = 150 \times 4,0^{1,7} = 1583 \text{ N}$$

$$\kappa_r = 0,8$$

$$\gamma_n = 1,1$$

$$F_{vd} = \frac{\chi_r \times F_{vk}}{\gamma_n \times \gamma_m \times \eta} = \frac{0,8 \times 1583}{1,1 \times 1,25 \times 1,0} = \boxed{0,92} \text{ kN}$$

$$\text{Antal spik, } n = 7,30/0,92 = \boxed{7,9}$$

Välj 8 spik 125 x 40

Förankringslängd $l_2 = 10d = 40$

Spikavstånd: $10d = 40$

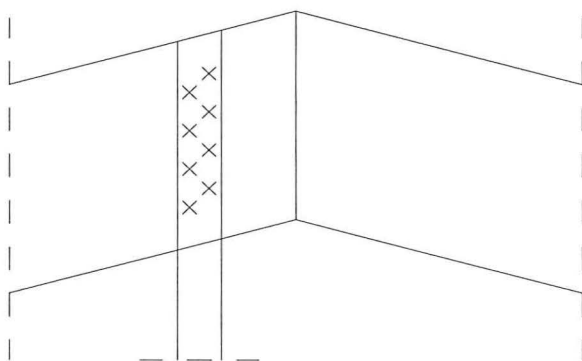


Fig 21 Spikförband

Körning i Matlab 5

```

%Takstol kupa
%Materialparametrar
E=5.1e9; q=3.1e3; A=0.17*0.045; I=18.42e-6;
I1=0.9645; I2=1.2; I3=0.09925; I4=1.163;

K=zeros(24);
f=zeros(24,1);
Coord=[0 0;
  I1 0;
  I1+I2 0;
  I1+2*I2 0;
  I1+2*I2+I3 0;
  I1+3*I2 0;
  I1+4*I2 0;
  I1+4*I2+I4 0;];
Dof=[1 2 3;
  4 5 6;
  7 8 9;
  10 11 12;
  13 14 15;
  16 17 18;
  19 20 21;
  22 23 24;];
ep=[E A I];
eq=[0 -q];
Edof=[1 1 2 3 4 5 6;
      2 4 5 6 7 8 9;
      3 7 8 9 10 11 12;
      4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18;
      6 16 17 18 19 20 21;
      7 19 20 21 22 23 24;];
[Ex,Ey]=coordxtr(Edof,Coord,Dof,2);
%Figurer med modeller av takstol
figure(1)
eldraw2(Ex,Ey,[1 4 1]);
figure(2)
eldraw2(Ex,Ey,[1 4 1]);
for i=1:7
  [Ke,fe]=beam2e(Ex(i,:),Ey(i,:),ep,eq);
  [K,f]=assem(Edof(i,:),K,Ke,f,fe);
end
bc=[4 0; 5 0; 8 0; 11 0; 17 0; 20 0;];
[r,Q]=solveq(K,f,bc);
R1=Q(5)
R2=Q(8)
R3=Q(11)
R4=Q(17)
R5=Q(20)
Ed=extract(Edof,r);

```


Bilaga 3: Konstruktionsberäkningar

```
for i=1:7
    [es,edi,eci]=beam2s(Ex(i,:),Ey(i,:),ep,Ed(i,:),eq,10);
    M=es(:,3);
    Mmaxi(i)=max(M);
    Mmini(i)=min(M);
    V=es(:,2);
    Vmaxi(i)=max(V);
    Vmini(i)=min(V);
    figure(1)
    eldia2(Ex(i,:),Ey(i,:),es(:,3),eci,1000);
    figure(2)
    eldia2(Ex(i,:),Ey(i,:),es(:,2),eci,1000);
    if i==3
        Vskarvv=es(10,2)
    else if i==4
        Vskarvh=es(1,2)
        Mskarv=es(1,3)
    end
end
end

figure(1)
axis([-0.5 7.5 -1 3])
grid
title('Momentdiagram')
xlabel('x/m')
ylabel('M/kNm')

figure(2)
axis([-0.5 7.5 -4 4])
grid
title('Tvärkraftsdiagram')
xlabel('x/m')
ylabel('V/kN')

Vmax=max(Vmaxi)
Vmin=min(Vmini)
Mmax=max(Mmaxi)
Mmin=min(Mmini)
```

Tappvattensystem

Lägsta normala tryck i förbindelsepunkten:

300 kPa

Normflöde (BBR)

Tappställe	Normflöde l/s	Varm/Kall
Badkar	0,3	V/K
Diskbänk	0,2	V/K
Dusch	0,2	V/K
Tvättlåda	0,2	V/K
Tvättställ	0,1	V/K
Tvättmaskin	0,2	-/K
Toalett	0,1	-/K
Diskmaskin	0,2	(V)/(K)
Tappventil	0,2	-/K

Summerade normflöden l/s

	KV	VV
F1	0,2	0,2
F2	0,3	0,3
F3	0,7	0,6
F4	0,2	0,2
F5	1,1	0,9
F6	0,4	0,2
F7	0,4	0,2
F8	0,2	-
F9	1,3	1,3
Service	3,4	-

Beteckningar se Fig. 1-Fig. 3.

Godtas att summerat normflöde
i servis sätts till 1,6 l/s

Sannolikt flöde i servisledning

0,65 l/s

Dimension servisledning

d_i 26,2 mm
 $d_y \times t$ 32 x 2,9

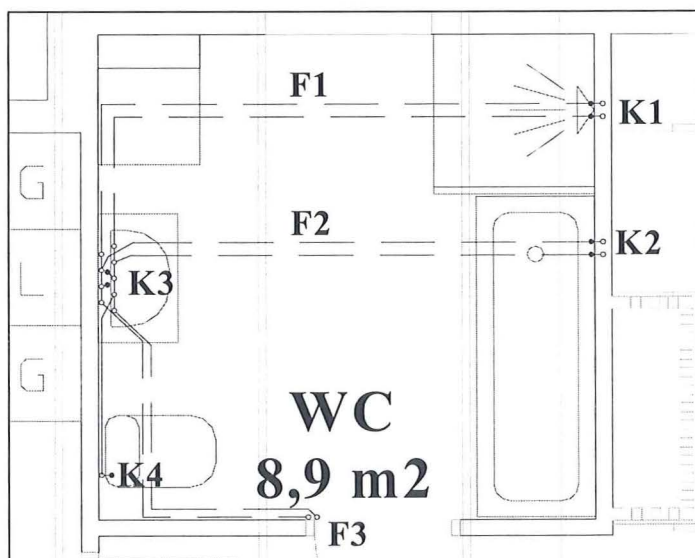


Fig 1. Tappvatten WC övre plan

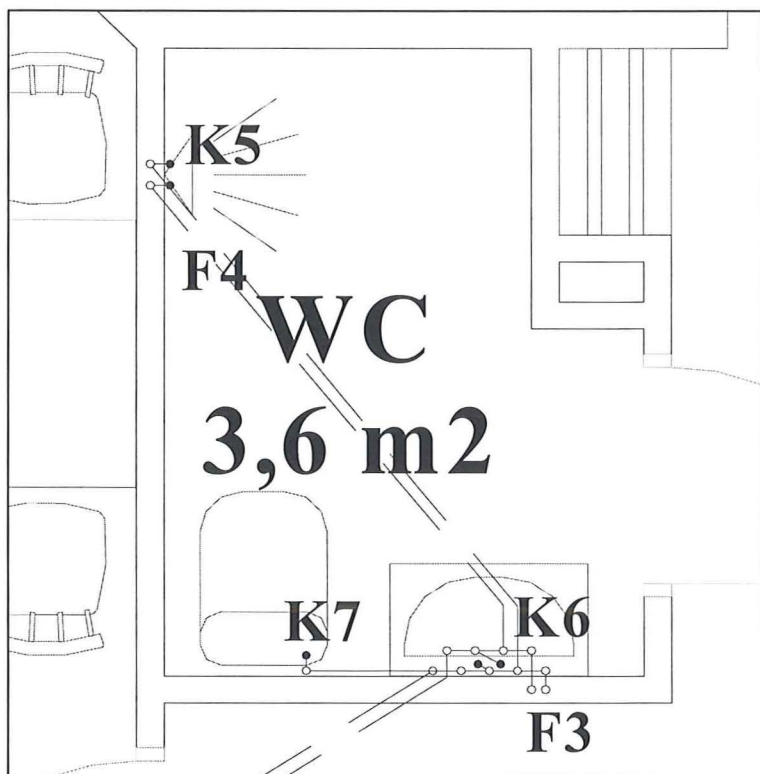


Fig 2. WC bottenplan.

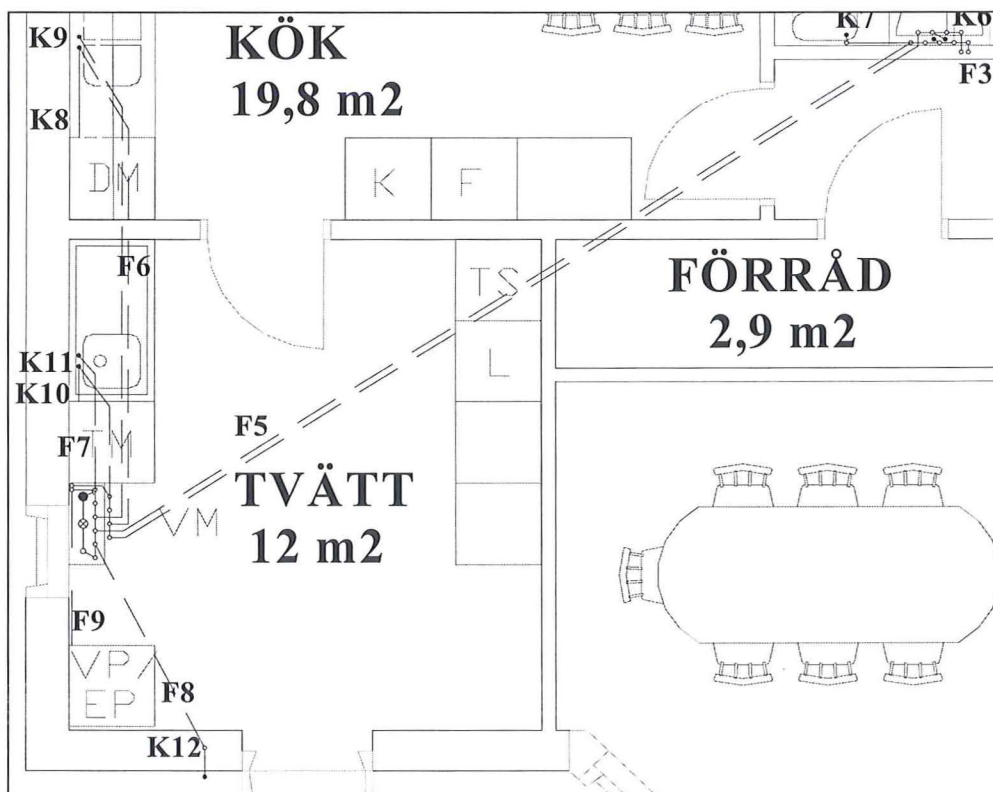


Fig 3. Tappvatten bottenplan

Dimensioner fördelningsledningar KV

Fördelningsl.	Normflöde	Dim d _y x t	Sannolikt flöde
FK1	0,2	15 x 1	0,2
FK2	0,3	15 x 1	0,3
FK3	0,7	18 x 1	0,42
FK4	0,2	15 x 1	0,2
FK5	1,1	22 x 1	0,46
FK6	0,4	18 x 1	0,28
FK7	0,4	15 x 1	0,28
FK8	0,2	15 x 1	0,2
FK9	1,3	22 x 1	0,5

Dimensioner kopplingsledningar KV

Kopplingsl.	Tappventil	Normflöde	Dim d _y x t	
KK1	Dusch	0,2	15 x 1	(FK3 18 x1 <3,5 m)
KK2	Badkar	0,3	15 x 1	(FK3 18 x1 <3,5 m)
KK3	Tvättställ	0,1	12 x 1	(FK3 18 x1 <3,5 m)
KK4	Toalett	0,1	12 x 1	(FK3 18 x1 <3,5 m)
KK5	Dusch	0,2	15 x 1	(FK5 22x1 <3,5 m)
KK6	Tvättställ	0,1	12 x 1	(FK5 22 x1 <5 m)
KK7	Toalett	0,1	12 x 1	(FK5 22 x1 <5 m)
KK8	Diskm	0,2	15 x 1	(FK6 18 x 1 Ingen begr.)
KK9	Diskbänk	0,2	15 x 1	(FK6 18 x 1 Ingen begr.)
KK10	Tvättm	0,2	15 x 1	(Servis <3,5 m)
KK11	Tvättlåda	0,2	15 x 1	(Servis <3,5 m)
KK12	Tappventil	0,2	15 x 1	(Servis <3,5 m)

Dimensioner fördelningsledningar VV

Fördelningsl.	Normflöde	Dim d _y x t	Sannolikt flöde
FV1	0,2	15 x 1	0,2
FV2	0,3	15 x 1	0,3
FV3	0,6	18 x 1	0,42
FV4	0,2	15 x 1	0,2
FV5	0,9	22 x 1	0,45
FV6	0,2	18 x 1	0,2
FV7	0,2	15 x 1	0,2
FV9	1,3	22 x 1	0,5

Dimensioner kopplingsledningar VV

Kopplingsl.	Tappventil	Normflöde	Dim d _y x t	
KV1	Dusch	0,2	15 x 1	(FV3 18 x1 <3,5 m)
KV2	Badkar	0,3	15 x 1	(FV3 18 x1 <3,5 m)
KV3	Tvättställ	0,1	12 x 1	(FV3 18 x1 <4 m)
KV5	Dusch	0,2	15 x 1	(FV5 22 x1 <3,5 m)
KV6	Tvättställ	0,1	12 x 1	(FV5 22 x1 <5 m)
KV9	Diskbänk	0,2	15 x 1	(FV6 18 x 1 Ingen begr.)
KV11	Tvättlåda	0,2	15 x 1	(Servis <3,5 m)

Bilaga 4: Tappvatten

Ledningstryckfallsberäkning för KV dusch ovanvåning

Ledn.Bet.	Normflöde (l/s)	Sannolikt flöde (l/s)	d _{inner} (mm)	längd, l (m)	R (Pa/m)	P _d (Pa)	z	R x l + P _d x z (Pa)
KK1	0,2	-	13	0,1	3 800	120	0	380
FK1	0,2	0,2	13	4,8	3 800	120	6	19 040
FK3	0,7	0,42	16	4,7	5 700	240	6	28 333
FK5	1,1	0,46	20	6,7	2 100	110	5,5	14 675
Servis	1,6	0,65	26,2	30,3	700	70	6	21 649
Summa tryckfall:								84 077

Ledningstryckfallsberäkning för VV dusch ovanvåning

Ledn.Bet.	Normflöde (l/s)	Sannolikt flöde (l/s)	d _{inner} (mm)	längd, l (m)	R (Pa/m)	P _d (Pa)	z	R x l + P _d x z (Pa)
KV1	0,2	-	13	0,1	3 800	120	0	380
FV1	0,2	0,2	13	4,8	3 800	120	6	19 040
FV3	0,6	0,42	16	4,7	5 700	240	6	28 333
FV5	0,9	0,45	20	6,7	2 100	110	5,5	14 675
FK9	1,3	0,5	20	3,7	2 300	120	6	9 253
FV9	1,3	0,5	20	3,7	2 300	120	6	9 253
Servis	1,6	0,65	26,2	30,3	700	70	6	21 649
Summa tryckfall:								102 583

Max tryckförluster (VV)

Typ	Δ P (kPa)
Ledningstryckfall:	102,6
Tryckförlust vattenmätare:	50,0
Tryckförlust varmvattenberedare	25,0
Statisk tryckskillnad H x ρ x g:	50,5
Summa tryckförluster:	228,1

Lägsta normala tryck i förbindelsepunkt: kPa

Tillgängligt tryck tappställe = Tryck i förbindelsepunkt - Tryckförluster : (kPa)

Jämför tillgängligt tryck med tryck som krävs för att tappventil ska ge normflöde. Tvårats duschblandare med handdusch (FM-Mattsson) skulle ge flödet 0,19 l/s vid tillgängligt tryck 72kPa. Krävs ungefär 80 kPa tillgängligt tryck för att ge normalflöde 0,2 l/s. Enligt Handboken Bygg Husbyggnader och installationer krävs ingen tryckstegring så länge lägsta normala tryck före högst belägna tappventil är högre än 30 kPa.

Spillvatten

Avloppsenheters normflöde

Avloppsenhet	Normflöde (l/s)
Tvättställ	0,3
Diskbänk, disklåda	0,6
Tvättmaskin ≤ 5kg	0,6
Diskmaskin	0,6
WC	1,8
Badkar	0,9
Golvbrunn	1,5

Plushöjd förbindelsepunkt: 159,55

Dämningshöjd huvudledning: 160,1

Dimension anslutningsledningar

Bet.	Normflöde (l/s)	Dim rörbet.
S1	1,5	75
S3	1,8	100
S4	0,3	32
S7	1,5	75
S9	0,3	32
S11	1,8	100
S13	1,5	75
S14	1,2	50

Beteckningar se Fig. 1-Fig. 3

Bilaga 5: Spillvatten

Dimension samlingsledningarna luftade

Bet.	Normflöde (l/s)	Sannolikt (l/s)	Min.dim rörbet.
S2	3	0,95	75
S5	2,1	0,8	75
S6	5,1	1,2	75
S8	6,6	1,35	100
S10	6,9	1,38	100
S12	8,7	1,5	100
S15	2,7	0,9	75
S16	11,4	1,7	100

Slutlig dimension spillvattenledningar

Bet.	Dim rörbet.	Minfall ‰
S1	75	-
S2	75	15
S3	100	-
S4	32	-
S5	100	16
S6	100	14
S7	75	-
S8	100	13
S9	32	-
S10	100	13
S11	100	-
S12	100	12
S13	75	-
S14	50	-
S15	75	15
S16	100	12

Dimension (rörbet.) luftningsledning

100 (kallt utrymme)

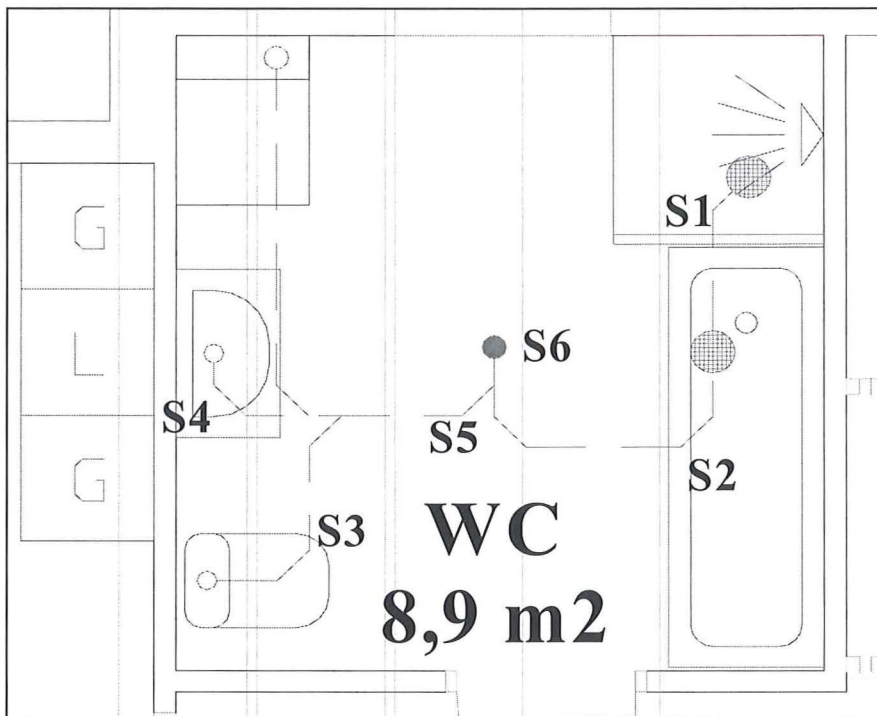


Fig 1. Spillvatten WC övre plan.

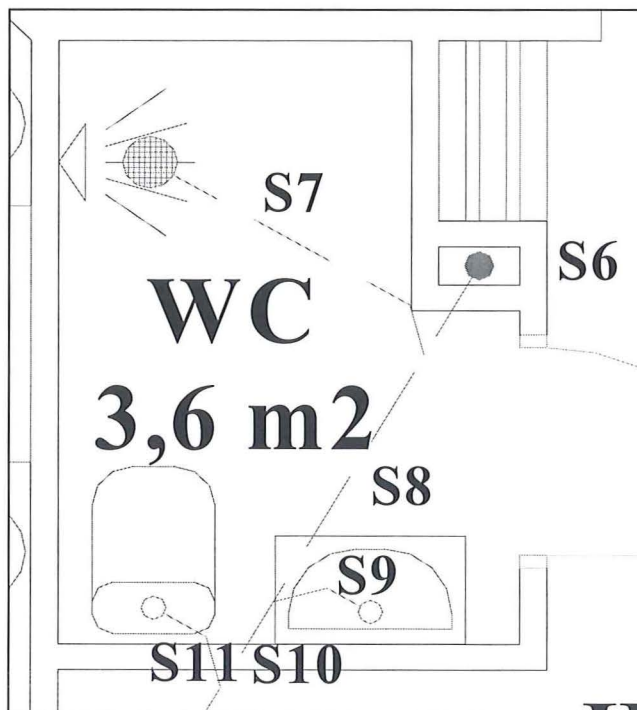


Fig 2. Spillvatten WC bottenplan.

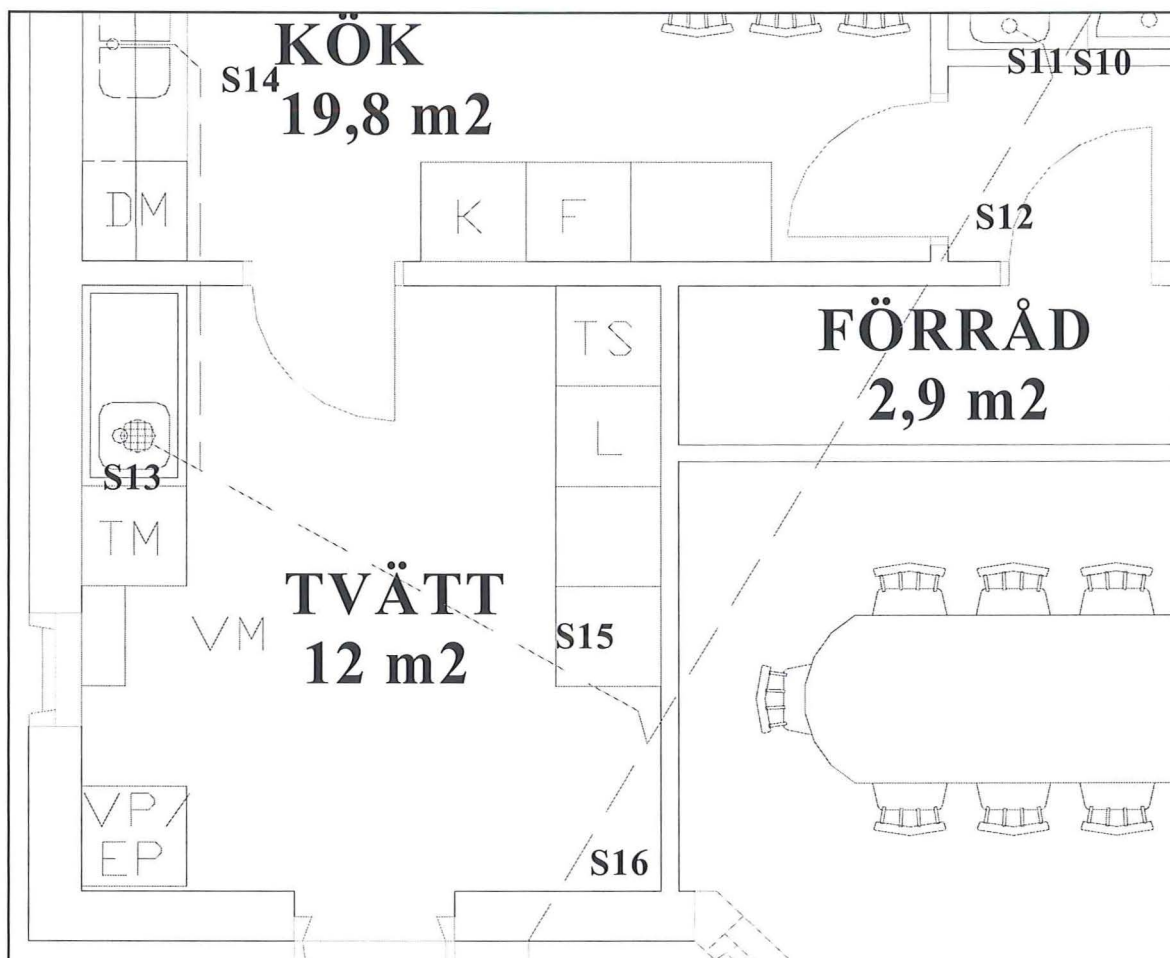


Fig 3. Spillvatten bottenplan.

Dagvatten

A_p - Horisontellt projicerad yta

A - Verklig takyta

Y - Ytkoefficient

i_s - Sannolik regnintensitet

L1 - Avstånd från ena vägghörn till stuprör

L2 - Avstånd från andra vägghörn till stuprör

$$L1 / (L1+L2) = 1 \quad - \quad (\text{stuprör placeras i ena vägghörnet})$$

$$A = 121,13 \quad \text{m}^2 \quad (\text{enligt sektionsfakta})$$

$$A_p = 81,97 \quad \text{m}^2$$

$$Y = 1 \quad (\text{enligt tabell 5.1})$$

$$i_s = 0,013 \quad \text{l/s,m}^2 \quad (\text{vid ytor mindre än } 10000 \text{ m}^2)$$

Dimensioner hängrännor/stuprör

Typ	Inv. diam. (mm)	Vald Inv. diam. (mm)
Halvrund hängränna	127,5	150
Stuprör	67,5	100

Eg. 75

Dimensioner dagvattenledningar i mark

Halva takytan:

$$q = i_s \times Y \times A_p = 1,07 \text{ l/s}$$

Dimension: 100 mm
Ledningsfall: 25 ‰

Eg. 50 men minst 75 i mark och inte mindre än stuprör.

Hela takytan:

$$q = i_s \times Y \times A_p = 2,13 \text{ l/s}$$

Dimension: 100 mm
Ledningsfall: 18 ‰

Eg. 75 dock inte mindre än stuprör eller ansluten ledning.

Förutsättningar

Frånluftsflöde, BBR 6:232

Kök	Grundflöde 10 l/s forcering med spisfläkt
Badrum med öppningsbart fönster	10 l/s +1 l/s för varje m ² golv utöver 5 m ² .
Badrum utan öppningsbara fönster	15 l/s +1 l/s för varje m ² golv utöver 5 m ² .
Tvättstuga	10 l/s +1 l/s för varje m ² golv utöver 5 m ²
Klädkammare	0,35 l/sm ² golvyta, i praktiken minst 3 l/s.

Tilluftsflöde, BBR 6:232

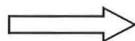
Sovrum	4 l/s och sovplats
Övrig tilluft fördelas på vardagsrum	

Krav på luftväxling, BBR 6:232

Uteluftflödet skall vara det största flödet av 0,35 l/s·m² golvyta eller summerade lägsta godtagbara frånluftsflöde från kök, badrum och klädkammare.

0,35 l/s·m² golvyta

Golvytan, A = 222 m²



Uteluftflödet, q = 222 x 0,35 = **77,7 l/s**

Summa lägsta godtagbara frånluftsflöde

Rum	q (l/s)
Kök	10
Badrum bottenvåning	15
Klädkammare bottenvåning	3
Tvättstuga	17
Badrum ovanvåning	14
Summa flöde:	59 l/s

Totala uteluftflödet skall alltså minst vara 77,7 l/s

Vald fördelning av frånluftsflöden

Rum	q (l/s)
Kök	10
Badrum bottenvåning	15
Klädkammare bottenvåning	10
Tvättstuga	20
Badrum ovanvåning	14
Allrum ovanvåning	10
Summa flöde:	79 l/s

Kravet på tilluftsflöden säkerställs då 16 friskluftsventiler placeras ut i huset, vilket ger 79 l/s / 16 st = 4,9 l/s per friskluftsventil. Två stycken i varje sovrums ger alltså tillräckligt tilluftsflöde i alla sovrum. Resten av friskluftsventilerna placeras i vardagsrum och allrum.

Över spis i kök sätts separat evakueringsfläkt (spisfläkt). Denna ansluts till egen imkanal dragen upp över tak.

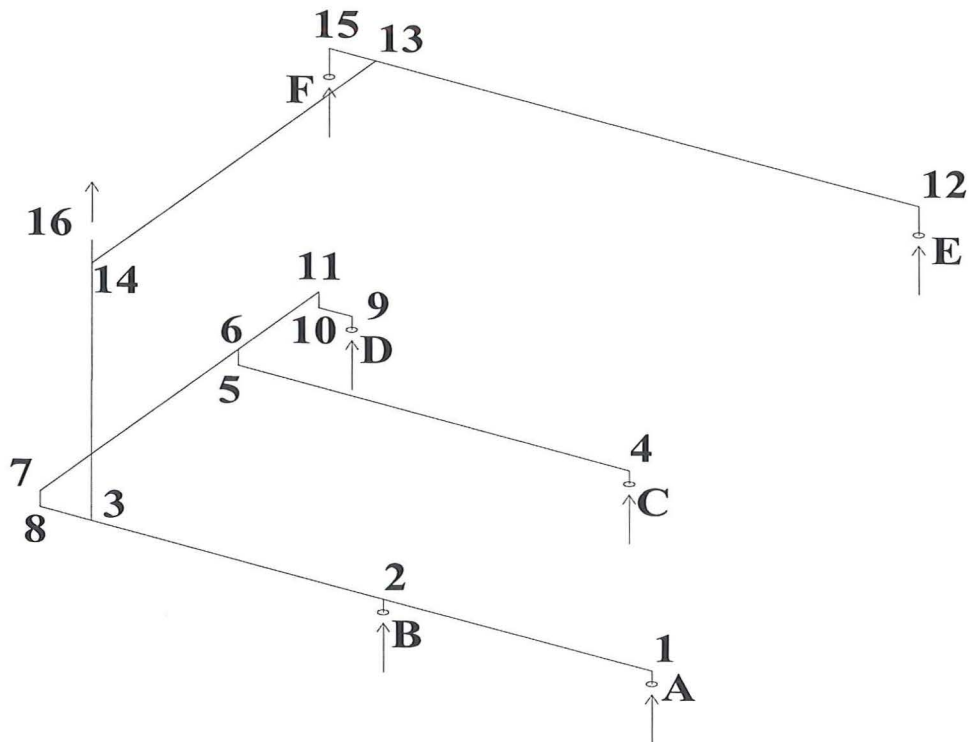
Kanaldimensioner enligt metoden Konstant friktionstryckfall $R = 1 \text{ Pa/m}$ 

Fig 1. Ventilationssystem Parallellperspektiv

Sträcka	q (l/s)	R	Φ	v m/s	kommentar
A-2	20	1	010	2,5	
B-2	10	0,3	010	1	eg. 008 men ej standarddimension
2-3	30	0,7	012	2,4	
C-6	10	0,3	010	1	eg. 008 men ej standarddimension
D-6	15	0,6	010	1,8	
6-3	25	1,4	010	3	
E-13	10	0,3	010	1	eg. 008 men ej standarddimension
F-13	14	0,6	010	1,8	
13-14	24	1,4	010	3	
3-14	55	0,65	016	2,7	
14-16	79	1,2	016	3,8	

R, Φ och v ges av
fig. 7.50 i Inst.tek. AK för V

Tryckfallsberäkning för slingorna A, B och C

Slinga A-16

Sträcka/ engångsmotstånd	q (l/s)	Φ	R (Pa/m)	l (m)	Δp (Pa)
A-2	20	010	1	3,057	3,06
1	20	010	-	-	1,70
2	20/10	-	-	-	1,00
2-3	30	012	0,7	3,171	2,22
3	30/55	-	-	-	4,00
3-14	55	016	0,65	2,831	1,84
14	55/79	-	-	-	1,80
14-16	79	016	1,2	0,25	0,30
Summa Δp (Pa)					15,92

Slinga B-16

Sträcka/ engångsmotstånd	q (l/s)	Φ	R (Pa/m)	l (m)	Δp (Pa)
B-2	10	010	0,3	0,146	0,04
2	10/30	-	-	-	-1,00
2-3	30	012	0,7	3,171	2,22
3	30/55	-	-	-	4,00
3-14	55	016	0,65	2,831	1,84
14	55/79	-	-	-	1,80
14-16	79	016	1,2	0,25	0,30
Summa Δp (Pa)					9,20

Slinga C-16

Sträcka/ engångsmotstånd	q (l/s)	Φ	R (Pa/m)	l (m)	Δp (Pa)
C-6	10	010	0,3	4,5685	1,37
4	10	010	-	-	0,50
5	10	010	-	-	0,50
6	10/25	-	-	-	-2,00
6-3	25	010	1,4	4,234	5,93
7	25	010	-	-	2,30
8	25	010	-	-	2,30
3	25/55	-	-	-	5,80
3-14	55	016	0,65	2,831	1,84
14	55/79	-	-	-	2,30
14-16	79	016	1,2	0,25	0,30
Summa Δp (Pa)					21,14

Tryckfallsberäkning för slingorna D, E och F

Slinga D-16

Sträcka/ engångsmotstånd	q (l/s)	Φ	R (Pa/m)	l (m)	Δp (Pa)
D-6	15	010	0,6	2,1085	1,27
9	15	010	-	-	1,20
10	15	010	-	-	1,20
11	15	010	-	-	1,20
6	15/25	-	-	-	1,70
6-3	25	010	1,4	4,234	5,93
7	25	010	-	-	2,30
8	25	010	-	-	2,30
3	25/55	-	-	-	5,80
3-14	55	016	0,65	2,831	1,84
14	55/79	-	-	-	2,30
14-16	79	016	1,2	0,25	0,30
Summa Δp (Pa)					27,33

Slinga E-16

Sträcka/ engångsmotstånd	q (l/s)	Φ	R (Pa/m)	l (m)	Δp (Pa)
E-13	10	010	0,3	6,217	1,87
12	10	010	-	-	0,50
13	10/24	-	-	-	2,00
13-14	24	010	1,4	5,025	7,04
14	24/79	-	-	-	1,00
14-16	79	016	1,2	0,25	0,30
Summa Δp (Pa)					12,70

Slinga F-16

Sträcka/ engångsmotstånd	q (l/s)	Φ	R (Pa/m)	l (m)	Δp (Pa)
F-13	14	010	0,6	0,825	0,50
15	14	010	-	-	1,20
13	14/24	-	-	-	2,50
13-14	24	010	1,4	5,025	7,04
14	24/79	-	-	-	1,00
14-16	79	016	1,2	0,25	0,30
Summa Δp (Pa)					12,53

Förinställning av frånluftsdon typ KGEB 10

Dimensionerande tryckfall mellan don D och fläkten (16 i Fig. 1). $\Delta p = 92,33 \text{ Pa}$
(inklusive 65 Pa tryckfall över don D med kägelläge 0 mm och flödet 15 l/s.)

Δp_{erf} = dimensionerande tryckfall - slingans tryckfall

Don	q (l/s)	Δp_{erf} (Pa)	Kägelläge (mm)
D	15	65	0
A	20	76	+5
B	10	83	-6
C	10	71	-5
E	10	80	-5,5
F	14	80	-2

För dimensionering av fläkt krävs även beräkning av:

Tryckfall över takhuv	Totalt flöde i villa är 79 l/s vilket ger ett tryckfall på 54 Pa över takhuv.
Tryckfall över friskluftventil SPVa	Totalt flöde i villa 79 l/s ger 79 l/s / 16st = 4,9 l/s per ventil vilket ger ett tryckfall på 7 Pa över friskluftventilerna.

Kalkyl Bygg-Mark

Priser baserade på Wikells Sektionsfakta NYB 02/03

Nr	Byggnadsdel	Mtrl	Arbetslön 130 kr/tim	UE	Omkostn. 234% på arb.- lön	Omkostn. 6% på UE	kr/enhet
1	Schakt för kantbalk, 1:003			203,4	0,00	12,20	215,60
2	Schakt för sula, 1:004			94	0,00	5,64	99,64
3	Kantbalk med Rw-sockelelement 70 ecoprim, 3:009	342,86	91		212,94	0,00	646,80
4	Golv på mark 100 btg + 200 cellplast, 4:019 (150 mak)	295,74	52	101,5	121,68	6,09	577,01
5	Sulförtjockning 400x150, 4:036	123,42	20,8		48,67	0,00	192,89
6	(Prefab fackverkstakstol L=9000, 5:011)	1050,3	189,8		444,13	0,00	1684,23
7	Prefab fackverkstakstol enligt offert	1500			0,00	0,00	1500,00
8	Träregelevägg med lockpanel exkl. 9 gips, 7:050	281,74	237,9		556,69	0,00	1076,33
9	Syll 45 x 145, 7:098	54,1	35,1		82,13	0,00	171,33
10	Innervägg gips 45x70 c 600, 8:045	63,75	79,3		185,56	0,00	328,61
11	Innervägg gips 45x95 c 600, 8:043,8:050	71,63	83,2		194,69	0,00	349,52
12	Innervägg med kakel c 450, 8:053	93,7	101,4	460	237,28	27,60	919,98
13	Stödbensvägg gips 45 isol exkl. stödben, 8:073, 8:072	122,2	79,3		185,56	0,00	387,06
14	Mellanbjälklag exkl golvbeläggning bjälkar 220, 9:043	135,81	105,3		246,40	0,00	487,51
15	Vindsbjälklag 400 lösull, 9:081	49,05	53,3	84	124,72	5,04	316,11
16	Trappa L-svängd, 10:011	9930	1170		2737,80	0,00	13837,80
17	Trappräcke trä, 10:022	6180	390		912,60	0,00	7482,60
18	Handledare trä, 10:024	750	162,5		380,25	0,00	1292,75
19	Entreplan betong 1200x1200 H=400, 10:015	1775,7	565,5		1323,27	0,00	3664,45
20	Yttertak uppstolpat (valmning, kupor) 22 råsp, 11:003	172,55	102,7		240,32	0,00	515,57
21	Yttertak träfackverk (bastak kupor) 22 råsp, btg, 11:013	227,9	105,3		246,40	0,00	579,60
22	Yttertak exkl träfackverk (prefab) 22 råsp, 11:013	135,7	63,7		149,06	0,00	348,46
23	Inklädd takfot, exkl takräcke, 11:060	197,3	113,1	253	264,65	15,18	843,23
24	Ventilerad takfot (hanbjälklag och kupor), 11:067	20,45	16,9		39,55	0,00	76,90
25	Gavelskiva, 11:071	28,5	58,5	85	136,89	5,10	313,99
26	Nock betongpannor, 11:073	246,45	79,3		185,56	0,00	511,31
27	Fönster Elit EFH 6/6, 16:002	1996,7	196,3	72,6	459,34	4,36	2729,34
28	Fönster Elit EFH 10/12, 16:005	3884,7	416	108,9	973,44	6,53	5389,59
29	Fönster Elit EFH 6/12, 16:005	3385,7	416	108,9	973,44	6,53	4890,57
30	Fönsterdörr 9x21 trä, 16:018	4198,9	384,8	346,5	900,43	20,79	5851,43
31	Ytterdörr 10x21 trä, 16:029	5125,1	491,4		1149,88	0,00	6766,34
32	Innerdörr 9x21 målad, 16:038	1371,2	273		638,82	0,00	2283,03
33	Innerdörr 9x21 målad toalet, 16:039	1403,2	260		608,40	0,00	2271,61
34	Öppningskarm valv, 16:054	669,21	188,5		441,09	0,00	1298,80
35	Förvaringsskåp (Garderob, Linneskåp), 16:079	2801,6	341,9		800,05	0,00	3943,55
36	Kapitalvaror kök, 16:086	24109	715		1673,10	0,00	26497,10
37	Köksinredning, 16:085	10797	2233,4		5226,16	0,00	18256,96
38	Tvättstuga, 18:016	15629	721,5		1688,31	0,00	18038,81
39	Förvaringsskåp (2xGarderob, Linneskåp), 16:080	3952,8	496,6		1162,04	0,00	5611,44
40	Jordschakt, platta på mark, CBB.21			60	0,00	3,60	63,60
41	Höjjustering, CBB.21			20	0,00	1,20	21,20
42	Borttransport jordmassor, CBB.21			75	0,00	4,50	79,50
43	Schakt för rörledning, CBB.31			90	0,00	5,40	95,40
44	Schakt+skydd+återfyll elkabel, CBB.32			245	0,00	14,70	259,70
45	Ledningsbädd tillförda grusmassor, CEC.21			62	0,00	3,72	65,72
46	Fyllning för ledningar, tillförda grusmassor, CEC.31			263	0,00	15,78	278,78

Bilaga 8: Kostnads kalkyl

Nr	Byggnadsdel	Mtrl	Arbetslön 130 kr/tim	UE	Omkostn. 234% på arb.- lön	Omkostn. 6% på UE	kr/enhet
47	Takstolsförankring B-järn 1x20 L=1000, HSB.18	4,4	10,4		24,34	0,00	39,14
48	Takåsfäste, HSB.18				0,00	0,00	0,00
49	Spikplåt, HSB.18	8,6	3,9		9,13	0,00	21,63
50	Vinkelbeslag BMF 90, HSB.18	5,15	3,9		9,13	0,00	18,18
51	100 Distanshylsor till isol. HSD.151	1,2	1,3		3,04	0,00	5,54
52	Knutbräda 22x170, HSD.167	9,9	11,7		27,38	0,00	48,98
53	Utv. Smygbräda 22x95, HSD.167	9,3	11,7		27,38	0,00	48,38
54	Brädgång på vind 22 råsp.+träbockar B=600, HSD.184	47	39		91,26	0,00	177,26
55	Ångspärr i golv på mark 0,2 plastfolie, JSF.512	3,15	0,05		0,12	0,00	3,32
56	Stosar, huvar galv-lackad vent.huv H=750, JTB.47			1935	0,00	116,10	2051,10
57	Galv-lackad vinkelränna B=1100, JTB.42			304	0,00	18,24	322,24
58	Stuprör galv-lackat d110, JTB.8211			439	0,00	26,34	465,34
59	Vinkelkapning av btgpannor, JUC.1		32,5		76,05	0,00	108,55
60	Målning akrylat träpanel 66-04408, LCS.21			59,3	0,00	3,56	62,86
61	Målning takskivor våtrum 56-03512 system VA, LCS.22			97	0,00	5,82	102,82
62	Målning takskivor akrylat 56-00010, LCS.22			28	0,00	1,68	29,68
63	Våtrumsspäckling 30 armerat flytspackel i fall, MHJ.12			400	0,00	24,00	424,00
64	Klinkerplattor inkl. fästmassa, MBB.121			500	0,00	30,00	530,00
65	Fuktskydd golvbeläggning Höganäs G12, MBE.1212			195	0,00	11,70	206,70
66	Klinkersockel H=100, MBE.42			126	0,00	7,56	133,56
67	15 eklamellparkett, MDB.33			390	0,00	23,40	413,40
68	8 Laminatgolv, MDD	230	32,5		76,05	0,00	338,55
69	Linoleum 2,0, MFF.1			210	0,00	12,60	222,60
70	Tapet skivor 51-03502			69,1	0,00	4,15	73,25
71	Takstege av stål, NSJ.115	255	32,5		76,05	0,00	363,55
72	Vindslucka med stege 540x1130, NSK.132	1474	195		456,30	0,00	2125,30
73	Sockellist 12x56 fabr.målad, NSM.2	19,3	11,7		27,38	0,00	58,38
74	Taklist 21x33 fabr.målad, NSM.2	16,55	13		30,42	0,00	59,97
75	Spillvatten/Dagvattenledning d110 PP, PBB.421			90	0,00	5,40	95,40
76	Avsättning för stuprör, PBB.421			85	0,00	5,10	90,10
77	Dräneringsrör runt byggnad d110 plaströr+makadam			210	0,00	12,60	222,60
78	Spolbrunn dagvatten d110 H=2000			1750	0,00	105,00	1855,00
79	Vattenledning d40 PEM (Servis)			63	0,00	3,78	66,78
80	Badrum Högskåp B=400, XBD.1	1587	130		304,20	0,00	2021,20
81	Badrum Inbyggnadstvättställ 560x400, XBD.1	1512	65		152,10	0,00	1729,10
82	Badrumsskåp trä +bel. XBD.1	1324	91		212,94	0,00	1627,94
83	Badrum Handdukhängare 5, XBD.5	34	19,5		45,63	0,00	99,13
84	Badrum Torkställ över badkar, XBD.5	213	52		121,68	0,00	386,68
85	Gardinbeslag kombinerat, XBH.8	16,5	13		30,42	0,00	59,92
86	80 Fasadskiva+papp, IBE.23 (eg 100)	74,55	14,3		33,46	0,00	122,31
87					0,00	0,00	0,00
88					0,00	0,00	0,00
89					0,00	0,00	0,00
90					0,00	0,00	0,00
Summa (cell, x mängd):		471 873	148 041	189 218	346 416	11 353	

Bilaga 8: Kostnadskalkyl

Nr	Byggnadsdel	kr/enhet	enhet	mängd	totalkostnad
1	Schakt för kantbalk, 1:003	215,60	m	44,5	9 594,38
2	Schakt för sula, 1:004	99,64	m	14	1 394,96
3	Kantbalk med Rw-socketelement 70 ecoprim, 3:009	646,80	m	44,5	28 782,60
4	Golv på mark 100 btg + 200 cellplast, 4:019 (150 mak)	577,01	m ²	110	63 471,10
5	Sulförtjockning 400x150, 4:036	192,89	m	14	2 700,49
6	(Prefab fackverkstakstol L=9000, 5:011)	1684,23	st	5	8 421,16
7	Prefab fackverkstakstol enligt offert	1500,00	st	4	6 000,00
8	Träregelvägg med lockpanel exkl. 9 gips, 7:050	1076,33	m ²	136,85	147 291,45
9	Syll 45 x 145, 7:098	171,33	m	44,5	7 624,36
10	Innervägg gips 45x70 c 600, 8:045	328,61	m ²	51	16 759,21
11	Innervägg gips 45x95 c 600, 8:043,8:050	349,52	m ²	49	17 126,38
12	Innervägg med kakel c 450, 8:053	919,98	m ²	32	29 439,23
13	Stödbensvägg gips 45 isol exkl. stödben, 8:073, 8:072	387,06	m ²	22	8 515,36
14	Mellanbjälklag exkl golvbeläggning bjälkar 220, 9:043	487,51	m ²	110	53 626,32
15	Vindsbjälklag 400 lösull, 9:081	316,11	m ²	110	34 772,32
16	Trappa L-svängd, 10:011	13837,80	st	1	13 837,80
17	Trappräcke trä, 10:022	7482,60	st	1	7 482,60
18	Handledare trä, 10:024	1292,75	st	1	1 292,75
19	Entreplan betong 1200x1200 H=400, 10:015	3664,45	st	2	7 328,90
20	Yttertak uppstolpat (valmning, kupor) 22 råsp, 11:003	515,57	m ²	70,86	36 533,15
21	Yttertak träfackverk (bastak kupor) 22 råsp, btg, 11:013	579,60	m ²	102,64	59 490,35
22	Yttertak exkl träfackverk (prefab) 22 råsp, 11:013	348,46	m ²	68,76	23 959,97
23	Inklädd takfot, exkl takräcke, 11:060	843,23	m	33	27 826,72
24	Ventilerad takfot (hanbjälklag och kupor), 11:067	76,90	m	33	2 537,57
25	Gavelskiva, 11:071	313,99	m	42	13 187,58
26	Nock betongpannor, 11:073	511,31	m	36,6	18 714,02
27	Fönster Elit EFH 6/6, 16:002	2729,34	st	3	8 188,01
28	Fönster Elit EFH 10/12, 16:005	5389,59	st	22	118 571,07
29	Fönster Elit EFH 6/12, 16:005	4890,57	st	5	24 452,87
30	Fönsterdörr 9x21 trä, 16:018	5851,43	st	1	5 851,43
31	Ytterdörr 10x21 trä, 16:029	6766,34	st	2	13 532,67
32	Innerdörr 9x21 målad, 16:038	2283,03	st	8	18 264,24
33	Innerdörr 9x21 målad toalett, 16:039	2271,61	st	2	4 543,22
34	Öppningskarm valv, 16:054	1298,80	st	1	1 298,80
35	Förvaringsskåp (Garderob, Linneskåp), 16:079	3943,55	st	3	11 830,64
36	Kapitalvaror kök, 16:086	26497,10	st	1	26 497,10
37	Köksinredning, 16:085	18256,96	st	1	18 256,96
38	Tvättstuga, 18:016	18038,81	st	1	18 038,81
39	Förvaringsskåp (2xGarderob, Linneskåp), 16:080	5611,44	st	2	11 222,89
40	Jordschakt, platta på mark, CBB.21	63,60	m ³	55	3 498,00
41	Höjdjustering, CBB.21	21,20	m ²	110	2 332,00
42	Borttransport jordmassor, CBB.21	79,50	m ³	40	3 180,00
43	Schakt för rörledningar, CBB.31	95,40	m ³	25	2 385,00
44	Schakt+skydd+återfyll elkabel, CBB.32	259,70	m	10	2 597,00
45	Ledningsbädd tillförda grusmassor, CEC.21	65,72	m ²	25	1 643,00
46	Fyllning för ledningar, tillförda grusmassor, CEC.31	278,78	m ³	2,5	696,95

Bilaga 8: Kostnads kalkyl

Nr	Byggnadsdel	kr/enhet	enhet	mängd	totalkostnad
47	Takstolsförankring B-järn 1x20 L=1000, HSB.18	39,14	st	20	782,72
48	Takåsfäste, HSB.18	0,00	st		0,00
49	Spikplåt, HSB.18	21,63	st	100	2 162,60
50	Vinkelbeslag BMF 90, HSB.18	18,18	st	30	545,28
51	100 Distanshylsor till isol. HSD.151	5,54	st	547,4	3 033,69
52	Knutbräda 22x170, HSD.167	48,98	m	20	979,56
53	Utv. Smygbräda 22x95, HSD.167	48,38	m	101,2	4 895,85
54	Brädgång på vind 22 råsp.+träbockar B=600, HSD.184	177,26	m	9,6	1 701,70
55	Ångspärr i golv på mark 0,2 plastfolie, JSF.512	3,32	m2	110	364,87
56	Stosar, huvar galv-lackad vent.huv H=750, JTB.47	2051,10	st	1	2 051,10
57	Galv-lackad vinkelränna B=1100, JTB.42	322,24	m	20	6 444,80
58	Stuprör galv-lackat d110, JTB.8211	465,34	m	5	2 326,70
59	Vinkelkapning av btgpannor, JUC.1	108,55	m	58	6 295,90
60	Målning akrylat träpanel 66-04408, LCS.21	62,86	m2	150,8	9 478,99
61	Målning takskivor våtrum 56-03512 system VA, LCS.22	102,82	m2	12,5	1 285,25
62	Målning takskivor akrylat 56-00010, LCS.22	29,68	m2	200	5 936,00
63	Våtrumsspäckling 30 armerat flytspackel i fall, MHJ.12	424,00	m2	2	848,00
64	Klinkerplattor inkl. fästmassa, MBB.121	530,00	m2	12,5	6 625,00
65	Fuktskydd golvbeläggning Höganäs G12, MBE.1212	206,70	m2	12,5	2 583,75
66	Klinkersockel H=100, MBE.42	133,56	m	15	2 003,40
67	15 eklamellparkett, MDB.33	413,40	m2	63	26 044,20
68	8 Laminatgolv, MDD	338,55	m2	87,6	29 656,98
69	Linoleum 2,0, MFF.1	222,60	m2	47,3	10 528,98
70	Tapet skivor 51-03502	73,25	m2	290,85	21 303,34
71	Takstege av stål, NSJ.115	363,55	m	8	2 908,40
72	Vindslucka med stege 540x1130, NSK.132	2125,30	st	1	2 125,30
73	Sockellist 12x56 fabr.målad, NSM.2	58,38	m	181	10 566,42
74	Taklist 21x33 fabr.målad, NSM.2	59,97	m	181	10 854,57
75	Spillvatten/Dagvattenledning d110 PP, PBB.421	95,40	m	57	5 437,80
76	Avsättning för stuprör, PBB.421	90,10	st	2	180,20
77	Dräneringsrör runt byggnad d110 plaströr+makadam	222,60	m	58,1	12 933,06
78	Spolbrunn dagvatten d110 H=2000	1855,00	st	1	1 855,00
79	Vattenledning d40 PEM (Servis)	66,78	m	27	1 803,06
80	Badrum Högskåp B=400, XBD.1	2021,20	st	1	2 021,20
81	Badrum Inbyggnadstvättställ 560x400, XBD.1	1729,10	st	1	1 729,10
82	Badrumsskåp trä +bel. XBD.1	1627,94	st	2	3 255,88
83	Badrum Handdukhängare 5, XBD.5	99,13	st	2	198,26
84	Badrum Torkställ över badkar, XBD.5	386,68	st	1	386,68
85	Gardinbeslag kombinerat, XBH.8	59,92	st	24	1 438,08
86	80 Fasadskiva+papp, IBE.23 (eg 100)	122,31	m2	136,85	16 738,40
87		0,00			0,00
88		0,00			0,00
89		0,00			0,00
90		0,00			0,00

Summa exklusive moms: **1 166 901** kr
Summa inklusive moms: **1 458 627** kr

Kalkyl VVS-Installationer

Priser VS genom Lennart Nilsson Kalkyl, Oscar Hanson VVS 02-10-03

Nr	Material/Arbete	Mtrl-kostn./enhet	enhet	mängd	normtid/enhet	Arbetslön 360 kr/tim inkl. omkostn.	total-kostnad
1	110 PP rör i platta	45	m	12	0,12	518,4	1 058
2	75 PP rör i platta	36	m	12	0,12	518,4	950
3	110 PP rör stam	45	m	3	0,25	270	405
4	110 PP rör stam	45	m	5	0,25	450	675
5	110 PP rör i trossbotten	45	m	7	0,12	302,4	617
6	75 PP rör i trossbotten	36	m	4	0,12	172,8	317
7	*Tillägg d,f,p,s mtrl (120 % på nr 1-6)	2149,2	st	1		0	2 149
8	Avsättning i platta		m	6	0,25	540	540
9	Avsättning i trossbotten		m	5	0,25	450	450
10	Ansl. bef.	50	st	1	0,6	216	266
11						0	0
12	40 x 3,7 PEM slang	10	m	4	0,11	158,4	198
13	*Tillägg d,f,p,s mtrl (150 % på nr 12)	60	st	1		0	60
14	110 PP rör Skyddsror	150	m	3	0,12	129,6	580
15						0	0
16	22 kopparrör KV VV	20	m	6	0,3	648	768
17	*Tillägg d,f,p,s mtrl (100 % på nr 16)	120	st	1		0	120
18						0	0
19	22 Prisol kopparrör KV4	48	m	8	0,12	345,6	730
20	22 Plusprisol kopparrör VV4	52	m	8	0,12	345,6	762
21	18 Prisol KV4	42	m	6	0,14	302,4	554
22	18 Plusprisol VV4	42	m	6	0,14	302,4	554
23	15 Prisol KV4	32	m	22	0,12	950,4	1 654
24	15 Plusprisol VV4	34	m	22	0,12	950,4	1 698
25	12 Prisol KV4, VV4	25	m	14	0,12	604,8	955
26	*Tillägg d,f,p,s mtrl (60 % på nr 19-25)	1863,6	st	1		0	1 864
27						0	0
28	Golvvärme Wirsbo mtrl.	64254	st	1		0	64 254
29	20 Golvvärme platta näjning		m	480	0,015	2592	2 592
30	17 Golvvärme trossbotten plåtar		m	640	0,03	6912	6 912
31						0	0
32	Bergvärmepump IVT Greenline C4	72000	st	1		0	72 000
33	Inkoppling VVB+Elpanna komplett		st	1	4,5	1620	1 620
34	Inkoppling Vattenmätarkonsol		st	1	1,5	540	540
35	Golvbrunn platta	1120	st	2		0	2 240
36	Golvbrunn trossbotten	1120	st	2		0	2 240
37	Inkoppling diskbänk+blandare		st	1	0,9	324	324
38	Inkoppling diskmaskin		st	1	0,7	252	252
39	Inkoppling tvättbänk+blandare		st	1	1,4	504	504
40	Inkoppling tvättmaskin		st	1	0,7	252	252
41	Badkar+blandare	4400	st	1	1,9	684	5 084
42	Duschar+duschstång	1440	st	2	1	720	3 600
43	Tvättställ	2080	st	1	1,4	504	2 584
44	Inkoppling inbyggnadstvättställ		st	1	1,4	504	504
45	Vattenklosett	2880	st	2	0,9	648	6 408

Bilaga 8: Kostnads kalkyl

Nr		Mtrl- kostn./e nhet	enhet	mängd	normtid/ enhet	Arbetslön 360 kr/tim inkl. omkostn.	total- kostnad
46	Påfyllning urluftning provning		st	1	8,69	3128,4	3 128
47	Förberedelse avslutningsarbete		st	1	16	5760	5 760
48	Etablering för 4-6		st	1	8	2880	2 880
49						0	0
50	Isolering av kopparrör (inkl. arbete)	2000	st	1		0	2 000
51	Drift och underhållsinst. (inkl. arbete)	1000	st	1		0	1 000
52	Injustering golvvärme	1000	st	1		0	1 000
53						0	0
54	Ventilation komplett installation	20000	st	1		0	20 000
55						0	0
56						0	0
57						0	0
58						0	0
59						0	0
60						0	0
61						0	0
62						0	0
63						0	0
64						0	0
65						0	0
66						0	0
67						0	0
68						0	0
69						0	0
70						0	0

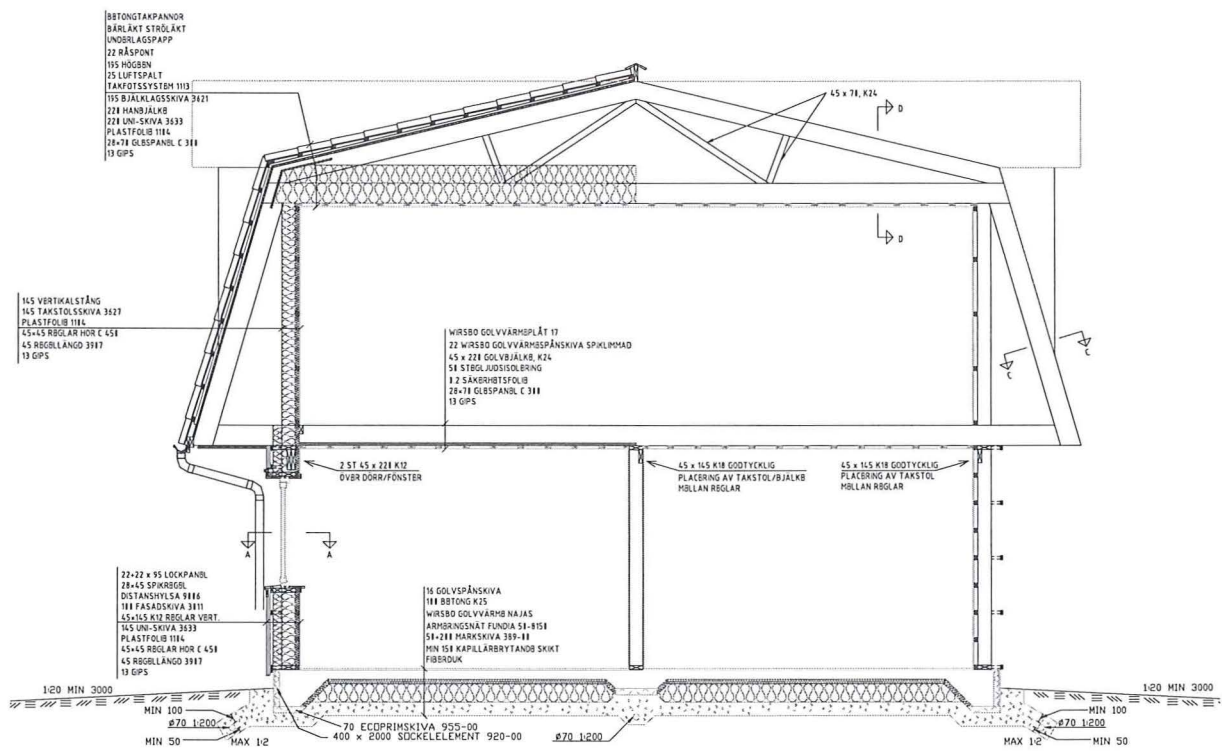
Summa (cell, x mängd, i): **189 604** kr

100 h

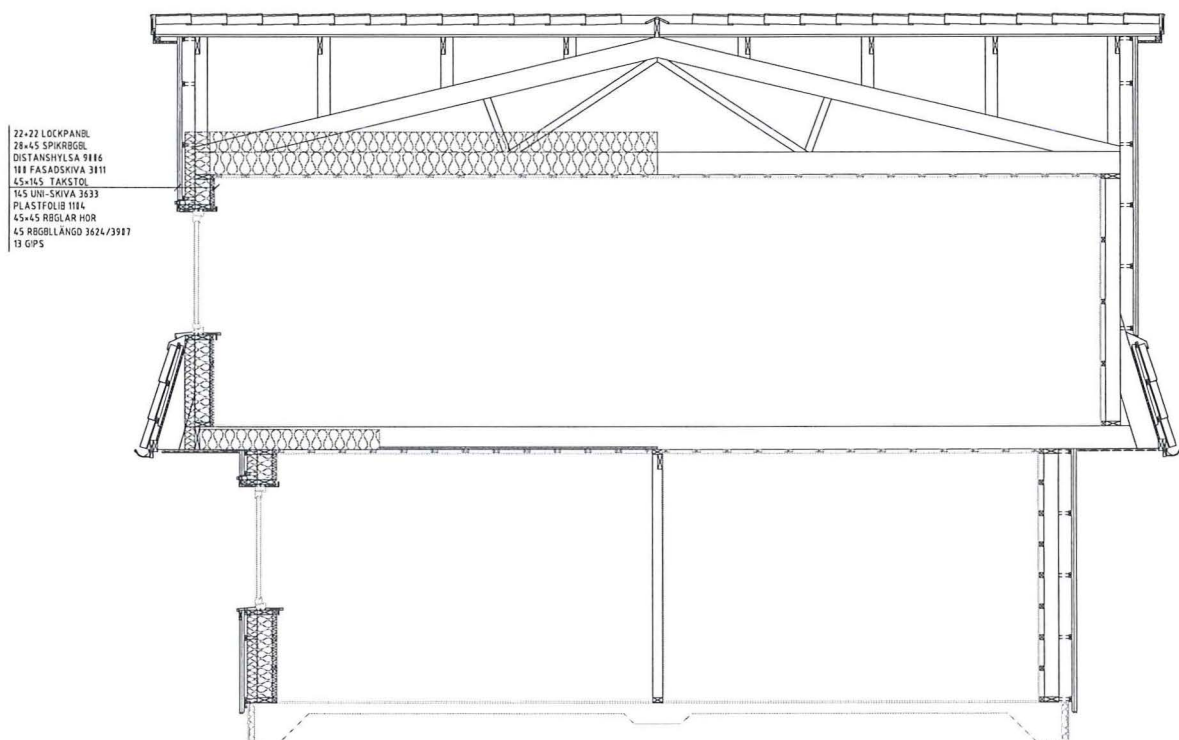
Summa exklusive moms: **225 604** kr

Summa inklusive moms: **282 005** kr

* Tillägg d,f,p,s mtrl:
d=delar (böj, t-rör, koppl. od)
f=förband fästanordn. upphängn. mtrl.
p=packn. mtrl.
s=spill

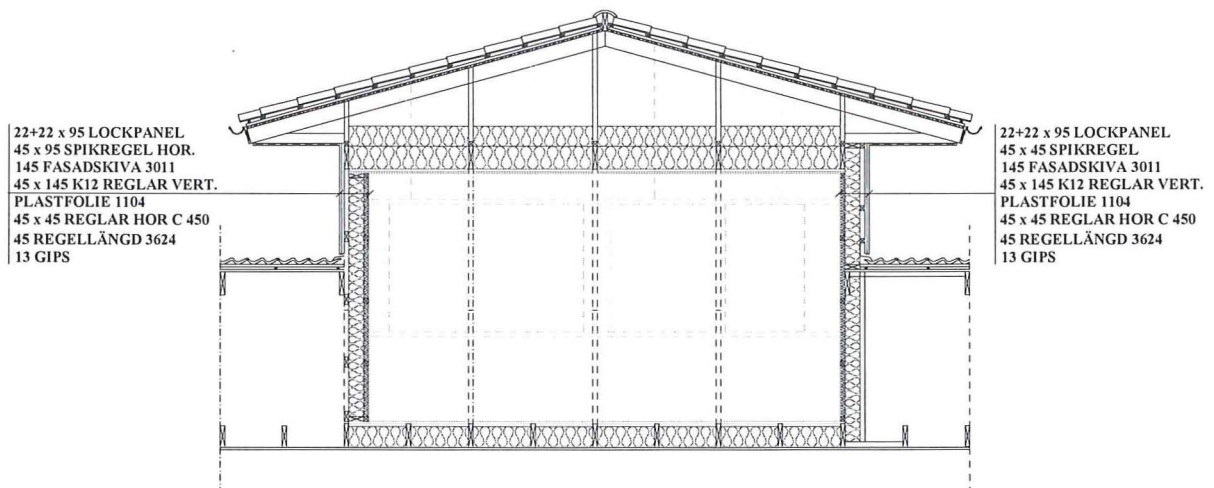


Sektion A

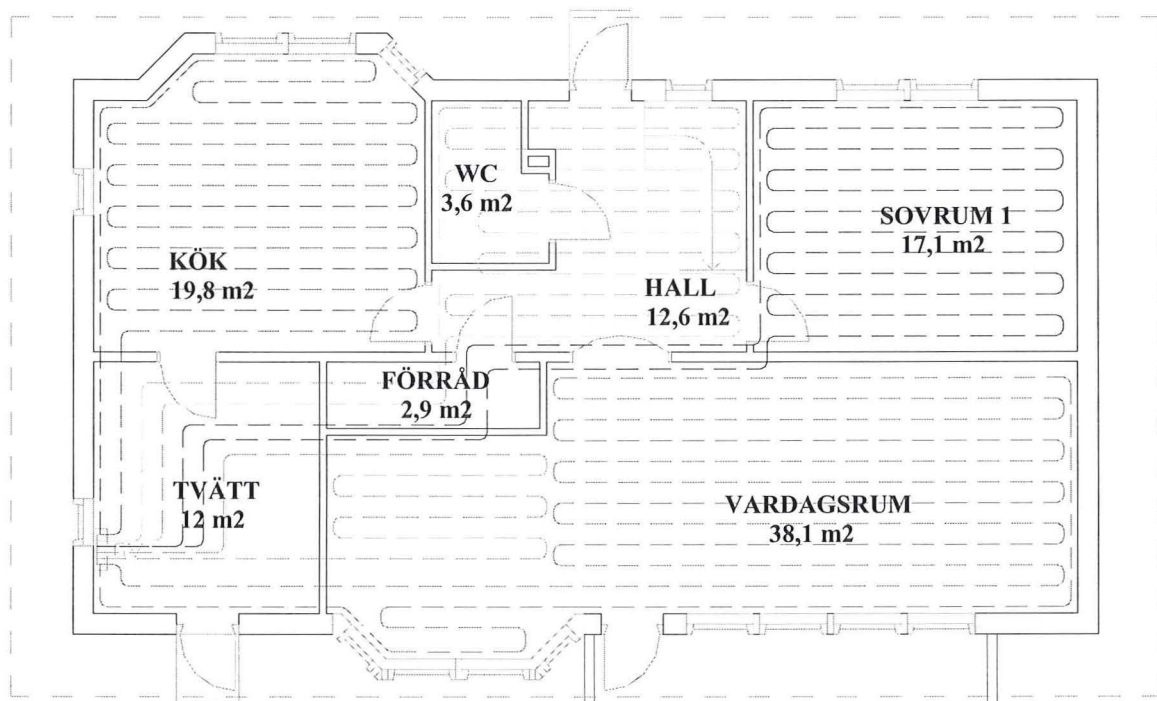


Sektion B

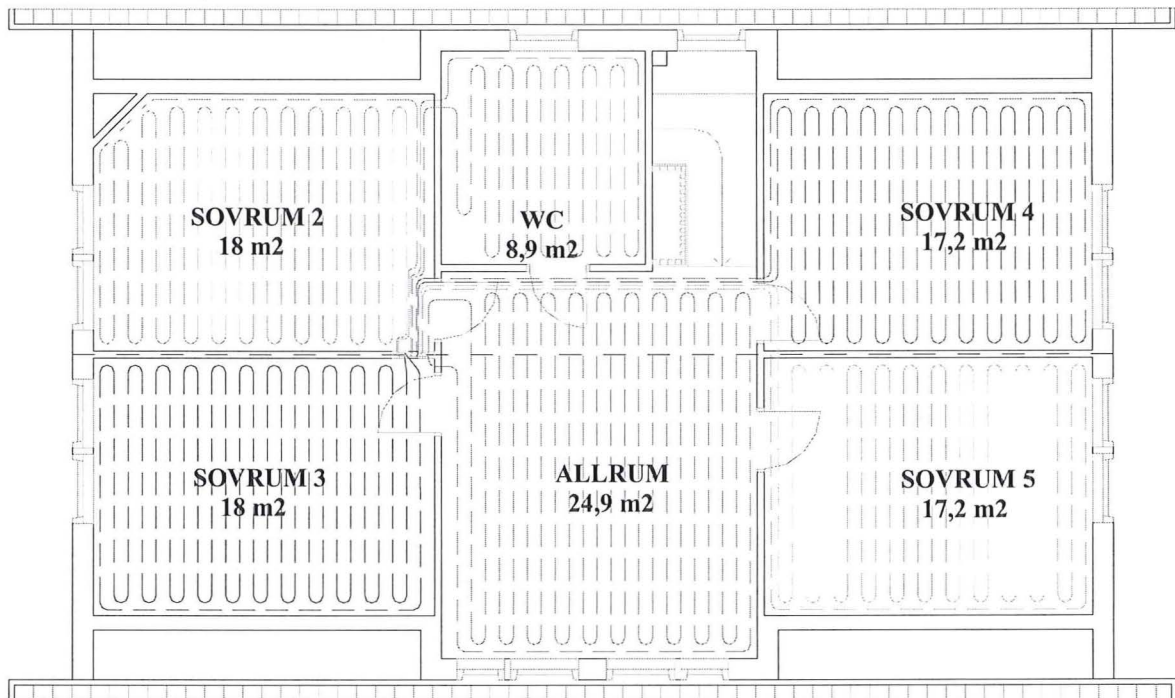
Bilaga 9: Ritningar



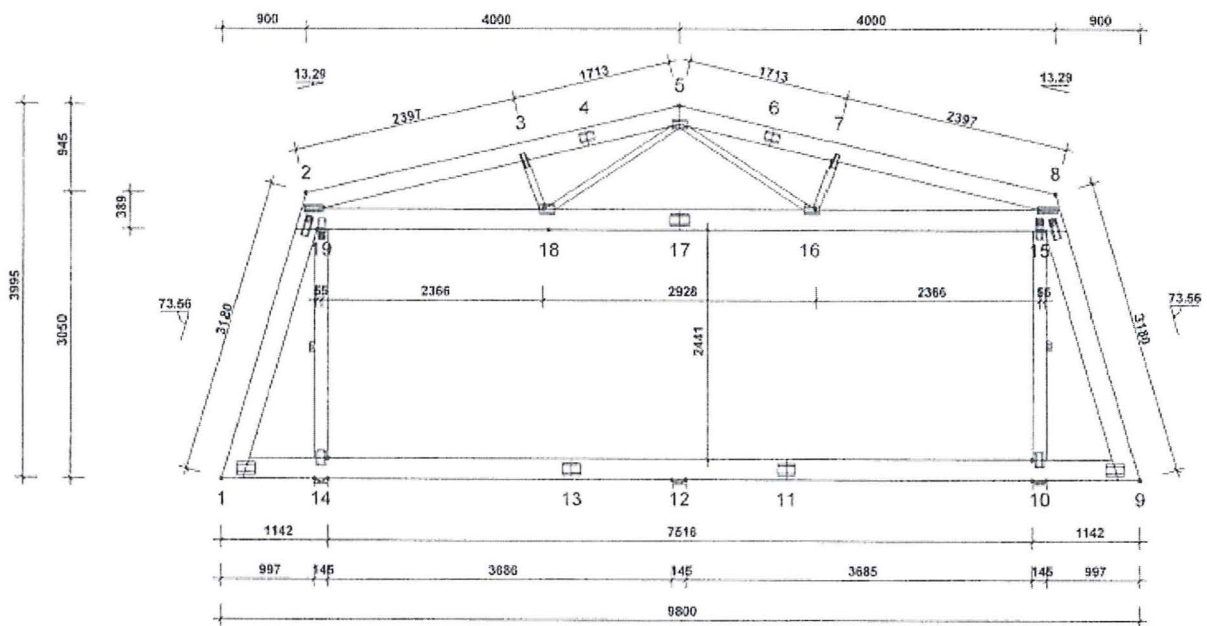
Sektion Takkupa



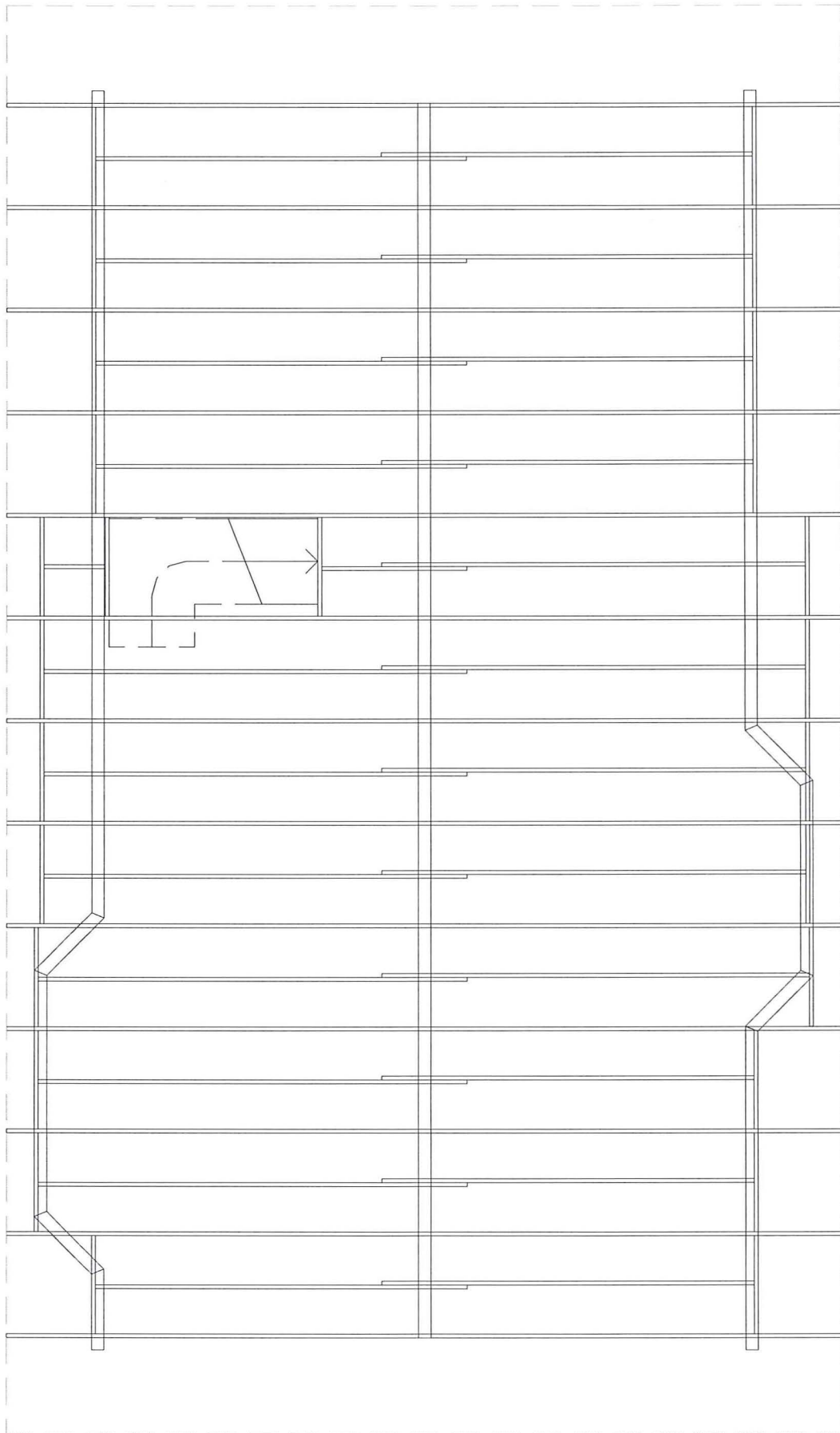
Golvvärme bottenplan



Golvvärme övre plan



Takstol



Takplan-Mellanbjälklag

WIRSBO

Er referens

Vår referens

Projekt Nr

DatumSid

Mikael Söderström

..... 2002-06-24

Henrik

Fastighetsbet.:

Projekttyp:

Namn:

Adress:

Ort:

Wirso Golvvärme**Utskrift tryckfall och flöde -**

Grupp1

Beräkningsläge: Nordisk

Förutsättningar för beräkningen framgår av nedanstående data:

FÖRDELARE: Fördelare 1

Namn	Rör			Rums Temp °C	Effekt behov W/m ²	System Typ	Golv- belag	Stryp		Tryck- fall kPa
	Längd m	Dim mm	c/c mm					Varv	Flöde l/s	
Slinga1	117	20	300	20,0	35	Najning på a	Parkett 14 m	4,3	0,059	10,37
Slinga2	30	20	300	20,0	35	Najning på a	Parkett 14 m	1,5	0,015	0,23
Slinga3	84	20	300	20,0	35	Najning på a	Parkett 14 m	3,0	0,042	4,12
Slinga4	72	20	300	20,0	35	Najning på a	Parkett 14 m	2,8	0,036	2,68
Slinga5	74	20	300	20,0	35	Najning på a	Parkett 14 m	2,8	0,037	2,89

Dim tryckfall: 12,378 kPa

Dim flöde: 0,190 l/s

Strypt tryckfall: 13,043 kPa

Max vattentemperatur: 28,4 °C

Max golvyttetemperatur: 23,5 °C

FÖRDELARE: Fördelare 2

Namn	Rör			Rums Temp °C	Effekt behov W/m ²	System Typ	Golv- belag	Stryp		Tryck- fall kPa
	Längd m	Dim mm	c/c mm					Varv	Flöde l/s	
Slinga1	121	17	200	20,0	35	Spånskiva 12	Parkett 14 m	5,0	0,035	11,28
Slinga2	104	17	200	20,0	35	Spånskiva 12	Parkett 14 m	2,6	0,025	5,28
Slinga3	100	17	200	20,0	35	Spånskiva 12	Parkett 14 m	2,5	0,024	4,84
Slinga4	51	17	200	20,0	35	Spånskiva 12	Parkett 14 m	1,3	0,011	0,65
Slinga5	90	17	200	20,0	35	Spånskiva 12	Parkett 14 m	2,6	0,025	4,68
Slinga6	91	17	200	20,0	35	Spånskiva 12	Parkett 14 m	2,6	0,026	4,85

Dim tryckfall: 11,988 kPa

Dim flöde: 0,147 l/s

Strypt tryckfall: 11,988 kPa

Max vattentemperatur: 32,9 °C

WIRSB

Er referens

Vår referens

Projekt Nr

DatumSid

Mikael Söderström

..... 2002-06-24

Max golvytetemperatur: 23,5 °C

MATARLEDNINGSDATA

Från	Till	Dimension	Längd [m]	Flöde [l/s]	R x L [kPa]	Z [kPa]
Anslutning	T-rör 1	EVAL 32	2x1,0	0,337	0,378	0,000
T-rör 1	Fördelare 1	EVAL 32	2x1,0	0,190	0,136	0,000
T-rör 1	Fördelare 2	EVAL 25	2x4,0	0,147	1,191	0,000

EVAL - Wirsbo-evalPEX

DIMENSIONERANDE DATA

Fördelartyp : WGF2-4
Totalt värmebehov: 7,049 kW
Totalt tryckfall: 13,557 kPa
Totalt flöde: 0,337 l/s
Max vattentemperatur: 32,9 °C
Temperaturfall: 5,0 °C
Max golvytetemperatur: 23,5 °C
Vattenvolym i rör: 151,2 l

WIRSBO

Er referens

Vår referens

Projekt Nr

Datum

Mikael Söderström

..... 20021 6-24

Henrik

Fastighetsbet.:

Projekttyp:

Namn:

Adress:

Ort:

Wirsbo Golvvärme**Materialspecifikation**

Grupper: Grupp1

Artikelnr.	Beskrivning	RSK nr	Antal	Enhet
85688	Wirsbo-pePEX 20x2 rör 480m	2418185	480	m
88020	Kallbockfixtur 20mm	2418465	10	st
86033	Najtråd	2418467	4	st
82002	Rörfördelare 2WGF 20mm rör	2418601	1	par
82003	Rörfördelare 3WGF 20mm rör	2418602	1	par
81703	Rörfördelare 3WGF 17mm rör	2418600	2	par
80002	Vinkel avst.vent. t. WGF förd.	2418616	2	par
80003	Ändstycke för WGF fördelare	2418604	2	par
80004	Fästdon för rörfördelare WGF	2418603	2	par
80006	By-Pass XL 900 för WGF	2418549	1	st
804661	Wirsbo CoSy Rumstermostat	5398247	10	st
80460	Wirsbo CoSy Transformator enhet	5398240	2	st
80419	Styrdon 24 V	5398214	11	st
85576	Wirsbo-pePEX 17x2,0 640m	2418179	640	m
57518	Kallbockfixtur 17mm	2418457	12	st
80113	Golvvärmeplåt 17	2418591	296	st
801032	Golvvärmespånskiva 1200*800	2418547	82	st
801131	Vändskiva 17 m. plåt	2418543	157	st

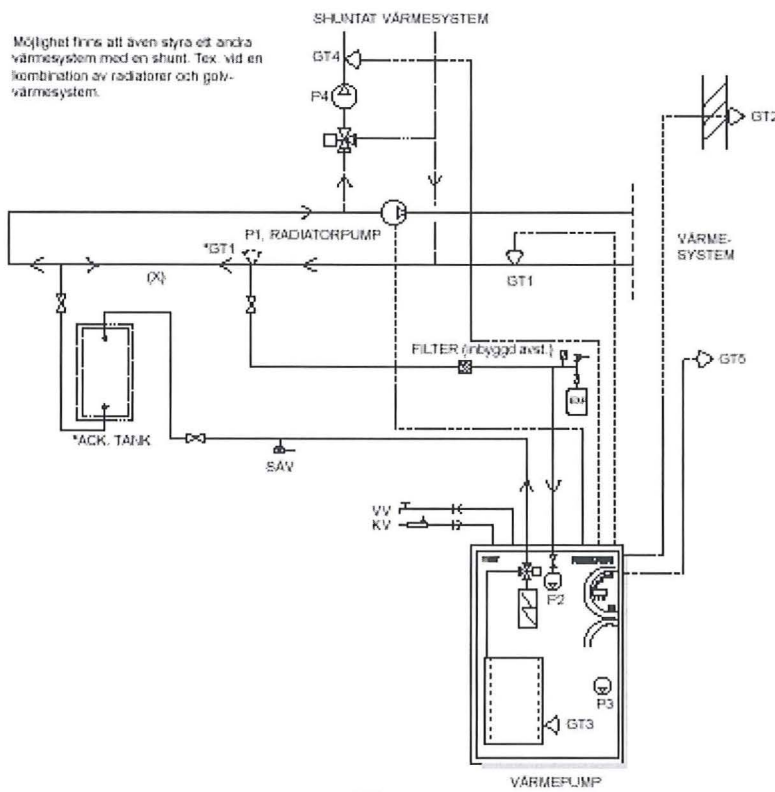
Bruttopris:**64254,00 SEK**

Prislista:

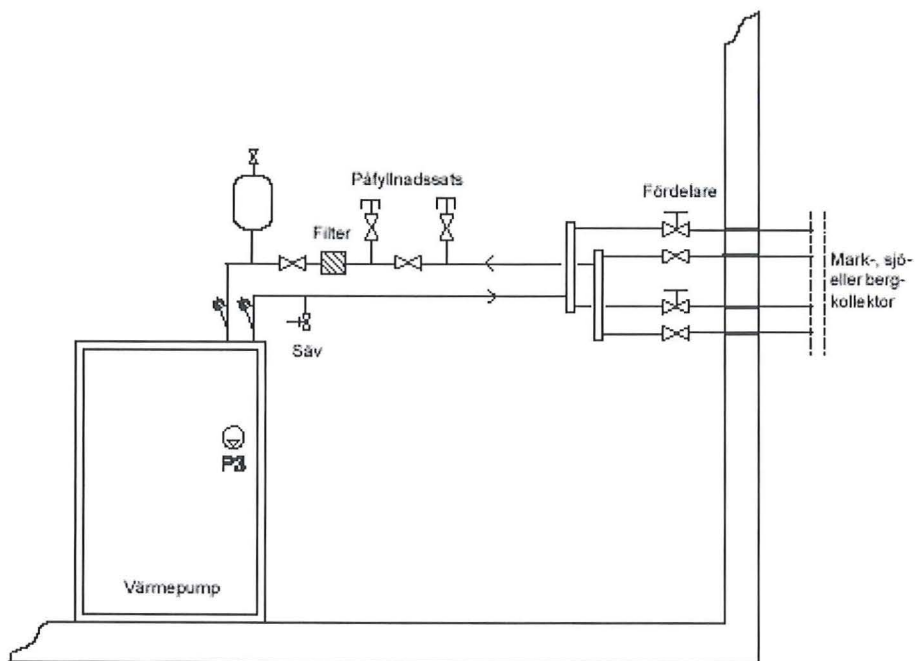
Sv020324-med Pris

OBS!**Detta är ett bruttopris.****Kontakta återförsäljare för ett nettopris.**

Bilaga 11: Värmepump



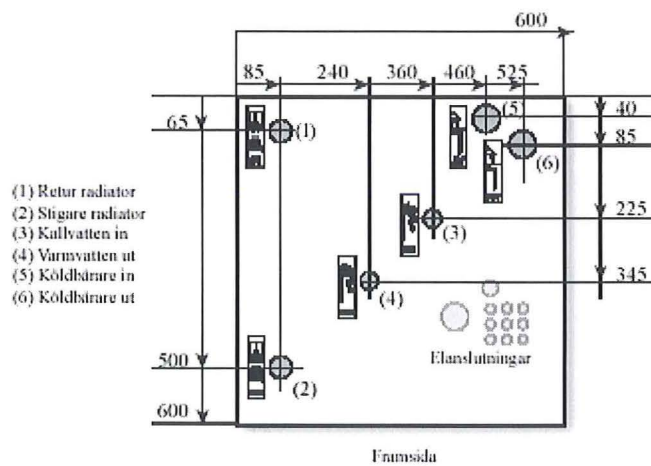
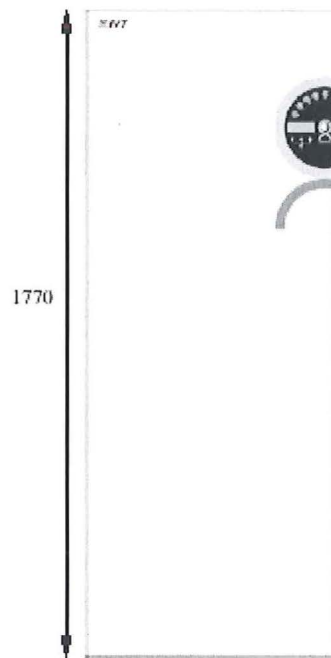
Anslutning av värmepump till värmesystemet, [30].



Anslutning av kollektorn till värmepumpen, [30].

Mått och anslutningar i C-serie

Måtten anges i mm



Mått och anslutningar, [30].