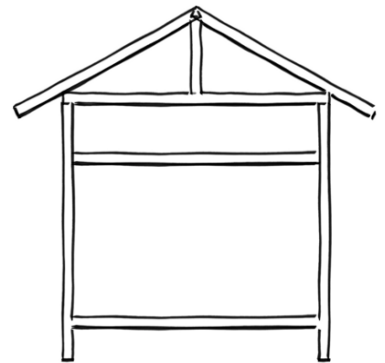


Horisontell stabilitet i traditionellt japanskt bostadsbyggande



Lars Lindström

Uppsats för avläggande av högskoleexamen i
Kulturvård, Bygghantverk

7,5 hp
2012

Institutionen för Kulturvård
Göteborgs universitet



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Innehållsförteckning	1
1 Inledning	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Problemformulering och frågeställning	2
1.3 Syfte och målsättning	2
1.4 Forsknings- och tillämpningsläge	2
1.5 Avgränsningar	2
1.6 Metod	3
2 Undersökning	5
2.1 Horisontell stabilitet	5
2.2 Det traditionella japanska stolpverket	5
2.3 Timber Framing	7
2.4 Modellerna	8
2.4.1 Det japanska bostadshuset	9
2.4.2 Den amerikanska saltlådan	13
2.5 Jämförelse av antal förbindningar	13
3 Diskussion och slutsatser	15
Källförteckning	16

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

I det traditionella japanska bostadsbyggandet tillämpas en stolpverkskonstruktion som av olika anledningar har gått en helt annan väg än den europeiska, och sedermera den amerikanska traditionen. Den amerikanska så kallade timber framingen är i grunden samma som den europeiska stolpverkstraditionen med skillnaden att de i USA har tillgång till mycket grövre timmer. Den japanska traditionen har däremot förhållandevis små dimensioner (120 x 120 mm som standard) med många stolpar och bjälkar. Utmärkande är att det saknas strävor och knän.

1.2 Problemformulering och frågeställning

Konstruktionen i det traditionella japanska bostadsbyggandet är i våra ögon märklig då byggnaderna saknar stöd i horisontell riktning. Sett utifrån vårt byggnadsskick borde de ha stora stabilitetsproblem. Och ändå har husen stått i hundratals år.

Min frågeställning är hur den japanska traditionen löser stabilitetsproblemet utan de strävor, knän, skivor och liknande vi använder i den västliga traditionen.

1.3 Syfte och målsättning

Syftet med uppsatsen är att förstå ett beprövat sätt att lösa problem med horisontell stabilitet i stolpverkskonstruktion som vi saknar i Skandinavien. Detta för att i förlängningen ge en fortsatt utveckling av det moderna stolpverksbyggandet.

1.4 Forsknings- och tillämpningsläge

Vi saknar i Sverige en bild av hur den japanska traditionen löser olika problem och hur de bygger traditionellt. Det finns ingen undersökning, vare sig i Västeuropa eller i Amerika, av hur den japanska stolpverkstraditionen löser problemet med horisontell stabilitet utan strävor och knän.

1.5 Avgränsningar

I uppsatsen har jag valt att se på faktorer som påverkar horisontell stabilitet i stolpverkskonstruktioner; antalet förbindningspunkter mellan stolpar/balkar och tvärsnittsarean på de ingående stolparna/bjälkarna.

Jag har också valt att utgå från en typplanlösning från den japanska traditionen och jämföra den med en konstruktion från den amerikanska traditionen som ger likvärdig bostadsyta.

Jag strävar inte efter att vara absolut korrekt in i minsta detalj utan att se strukturella problem och lösningar på dessa. Därför har jag valt att göra vissa förenklingar vid

modellerandet som tex att frångå det japanska *ken*-mättet på 1818 mm och istället använda 1800 mm som basmått för planlösningen.

Jag undersöker inte heller takkonstruktionens inverkan på stabiliteten då den är förhållandesvis liten.

1.6 Metod

För undersökningen använder jag litteraturstudier för att härleda konstruktionen av traditionella japanska bostadshus i stolpverk samt mjukvaran Google SketchUp för att överföra kunskaperna till modeller utifrån vilka den jämförande studien kan göras. Det jag gör är att utifrån olika källor få fram konstruktionen så jag kan skapa en modell utifrån vilken jag kan göra en jämförande studie mot en amerikansk motsvarighet.

Complete Japanese Joinery består egentligen av två japanska snickarhandböcker som utgavs i Japan första gången 1967. Den första delen, *Japanese Woodworking*, handlar mest om arbetsmetoder och verktyg. Den andra delen, *Japanese Joinery* av Yasua Nakahara, handlar om hur konstruktionen och ingående delar ser ut. Den har varit till stor hjälp för att skapa bilden av hur byggnadsskicket ser ut i praktiken.

Len Bracketts *Building the Japanese house today* går igenom byggnationen av ett traditionellt japanskt hus, dock något anpassat till modern amerikansk standard. Författaren är en amerikansk timmerman som arbetat i Japan med byggnation av traditionella bostadshus. Ur ett hantverkarperspektiv är fotografierna ovanligt bra, de visar nämligen ofta detaljer ur konstruktionen

Azby Browns *The genius of Japanese carpentry* har ytterligare hjälpt att belysa det japanska byggnadshantverkets metodik och struktur.

Measure and construction of the japanese house av Heino Engel kan nästa kallas en arkitektonisk motsvarighet till *Japanese Joinery*. Den går igenom bakgrund till varför det ser ut som det gör, den belyser systematiken som är grundläggande för det traditionella japanska byggandet.

För att få en helhet har jag studerat ett antal arkitekturhistoriska böcker om japans byggnadsskick. Främst av dessa är Mira Lochers *Traditional Japanese Architecture* som övergripligt går igenom historik och systematik i traditionell japansk arkitektur. Här har även Kazuo Nishi & Kazuo Hozumis bok *What is japanese architecture?* och David Young & Michiko Youngs *The art of the Japanese architecture* varit behjälpliga. Genomgående för ovanstående böcker är att de är rikt illustrerade och därmed ger möjligheter att i bild hitta hur olika saker lösts historiskt.

För att få en förståelse för byggnadsskickets historiska kontext har jag använt mig av två böcker. *Japans historia* av Ingemar Ottoson och Thomas Ekholm är en klassisk historisk genomgång av ett lands historia. Azby Browns *Just Enough* är en mer etnologisk beskrivning av livet i Japan århundradena före 1868.

För Timber Framing har jag främst använt mig av *A Timber Framer's Workshop* av Steve Chapell. Den är en hantverkares handbok i Timber Framing. Ur den har jag även tagit

konstruktionen till den amerikanska modellen. Här har även Tedd Bensons *Timberframe* varit behjälplig.

Slutligen har jag använt David Yeomans *How structures work* och Bengt Langestens *Byggnadsstatik* för att bättre förstå statik och stabilitet.

2. UNDERSÖKNING

2.1 Horisontell stabilitet

Horisontell stabilitet är det som gör att en konstruktion av något slag inte faller samman vid belastning av en kraft i sidled. För en byggnad är tex vind en horisontell kraft. Ett korthus saknar horisontell stabilitet och vid minsta kraft från sidan faller det samman.

För att skapa horisontell stabilitet i konstruktioner används flera olika lösningar. Stor egenvikt hos materialet (tex stenmur), stag (tex knän), skivor (tex spikad panel på ett hus) och fasta infästningar (tex svetsade balkar).

2.2 Det traditionella japanska stolpverket

Ursprung

Ursprunget i det japanska byggnadsskicket går tillbaka till den tid då människor började bli bofasta på de japanska öarna omkring 5000 f. Kr¹. Arkeologiska utgrävningar har visat att det vid den här tiden börjar uppträda runda grophus (se figur 1). Med tiden utvecklades utifrån dessa sädesmagasin på stolpar vilket torde vara naturligt i ett land med återkommande monsunregn.

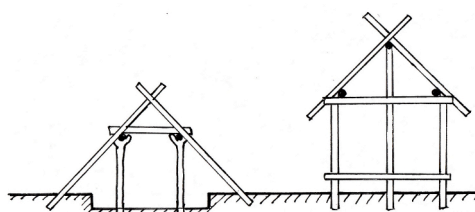


Fig. 1: Grophus och sädesmagasin

Rent konstruktionsmässigt har egentligen inte så mycket hänt med bostadsbyggandet från det till att Japan öppnades för omvärlden 1868. Det traditionella japanska byggnadsskicket lämnade aldrig riktigt sitt primitiva ursprung. Hårddraget kan det sägas att materialet staplas på varandra. Bostadshuset består av stolpar och bjälkar men har inga strävor eller knän. Takkonstruktionen, som ofta bestående av obearbetade naturligt krokiga stockar, läggs i princip ovan på ramen som utgörs av väggarnas stolpar och bjälkar.

Varför byggnadsskicket utveckling har stannat där, och fokus istället flyttats till perfektion i utförandet, vet man inte. Det är svårt att tro, som ofta angetts, att det skulle bero på estetiska skäl då den vanliga befolkningen levde under mycket små omständigheter i det medeltida Japan som man kan läsa i Azby Browns bok *Just enough*. Arkitekten Heino Engel, som levt och verkat i Japan under 1950-talet innan bostadsbyggandet industrialiserades i större utsträckning, argumenterar för en mångfald av faktorer: bland annat hårda inskränkningar från den styrande makten, minutiös standardisering av metoder, traditionsbunden attityd från skråväsendet, Buddhismens lära om underkastelse².

Byggnadsskick

Det jag beskriver nedan är den bild jag får efter att ha lagt ihop det jag sett i snickarhandböcker, arkitekturböcker, historiska skildringar och jämfört det med hundratals bilder för att se om det som skrivs stämmer överens med hur det faktiskt ser ut.

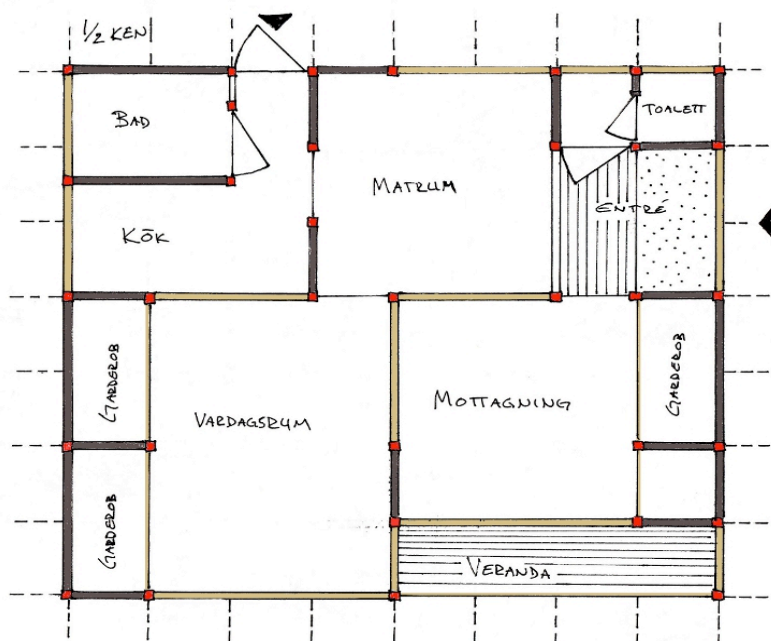
1 Ottoson & Ekholm (2007) sid 26

2 Engel (1985) sid 71

För att förstå det traditionella japanska byggnadsskicket för bostadsbyggande måste systemet för planlösningen studeras då planlösningen i stor utsträckning styr stolparnas placering. Enkelt uttryckt skapas husets planlösning genom att standardiserade rumsenheter läggs till varandra på ett rutnät. Utformningen av planlösningen görs av beställaren av bostaden, i allmänhet brukaren. Basmåttet i rutnätet utgår från måttet $\frac{1}{2}$ ken (= 3 shaku) som är 909 millimeter. Måttet är cc-mått för stolparnas placering. Rutnätet följs inte slaviskt, till exempel kan en halv ken bli för lite vid en toalett, då kan de gå upp till 4 shaku (1,2 meter). Örikt Japan sträcker sig 400 mil och går från tropiskt klimat till ett klimat liknande det vi har i norra Skandinavien. Regionala anpassningar till klimatet har gjorts i taklutningar för snö, takutsprång för skugga, skydd för kylig vind eller bjuda in den för svalka, etc. Men ändå är konstruktion och planlösningssystemet förvånansvärt homogent genom landet.

Väggarnas konstruktion har betydelse för stolparnas placering. Själva väggen är lerklining över ett nät av ribbor, vanligtvis bambu, som flätats ihop. Då väggarna är lerklinade på ett instabilt underlag krävs stolpar för att skapa hörn och öppningar i väggen. Således används inte stolparna enbart för att bära last utan också för rumsindelningen.

I planlösningen i figur 2, som baseras på en planlösning i Heino Engels bok *Measure and construction of the japanese house*³, visas hur standardiserade rumsenheter lagts till varandra och hur stolparnas placering styrs av detta. För att förtydliga bilden har stolparna rödmarkerats. Väggarna är de solida mörkbruna linjerna och öppningar är där det endast finns en tunn svart linje mellan stolparna. En gulfärgad linje mellan stolparna markerar skjutdörrar, *shoji*. I planlösningen syns tydligt att det inte bara är laster som styr konstruktionen. Tex används en stolpe för rumsindelning vid garderober där spännvidden bara är $\frac{1}{2}$ ken, dvs 0,9 meter.



Figur 2: Planlösning av traditionellt japanskt bostadshus

3 Engel (1985) sid. 47

Generellt är stolparnas dimension det gamla japanska standardmättet 4 *sun* (121,2 mm), kvadratisk sågat. De står oftast direkt på ett fundament, tex en sten, utan syll. Golvbjälkarna förbinds i stolparna cirka en halvmeter ovan marken. Även då stolparna vilar på en syll ligger golvbjälklagets ovansida en på samma sätt halvmeter ovan marken. Hammarbandet vilar som en ram ovanpå stolparna, de förbinds alltså inte in från sidan så som golvbjälkarna. Stöd för horisontella laster används inte. Alltså finns inga strävor eller knän i konstruktionen. Vanligtvis finns bjälkar en bit nedanför hammarbandet vars funktion är vara översida vid öppningar i väggarna. Höjden varierar men ca 180 cm till bjälkens undersida från golvet översida tycks vara vanligt. Detta korresponderar väl med en befolkning med en medellängd under 170 cm. Det är tänkbart att det också är ett sätt att minska spännvidden på det lerklinade partierna för att minska risken för sprickbildning och liknande vid rörelser i huset. Figur 3 visar förenklat konstruktionen.

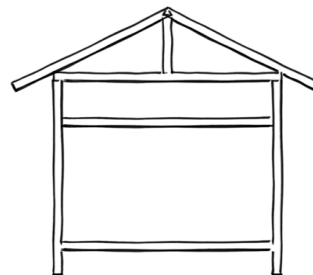


Fig. 3

Ovan på hammarbandets ram vilar takkonstruktionen som en fristående del. I äldre hus är det vanligt att stockarna har kvar sin naturliga böjda form. Ovanpå stockarna står mindre stolpar som utgör stöd till takåsarna som löper i takets längdriktning. Det är ett sätt att få jämnhöga upplag till åsarna från olikformade bjälkar.

Då stolparnas placering avgör av rumsindelningen är det inte möjligt att bygga på det västerländska sättet där egentligen gavelsektioner ställs på rad. Istället för ett antal ”skivor” där vägg och tak hänger samman, finns en ”låda” för golv och väggar, och en låda för taket.

2.3 Hur ser amerikansk Timber Framing ut

Bakgrund

Den amerikanska timber framingen har sitt ursprung i den europeiska stolpverks-traditionen som immigranterna tog med sig till det nya landet. I Europa har stolpverk länge använts till allt från lador till takkonstruktioner i stora kyrkor. Tex används en takstolskonstruktion med sparre, hanbjälke och mittpost i The Church of St. Mary Magdelene i East Ham, Essex i Storbritannien. Kyrkan har en trolig datering runt 1130-1150⁴ så traditionen är onekligen lång.

Tillgången på extremt grovt timmer tog byggnadsskicket i en ny riktning med i våra ögon överdimensionerade stolpar och bjälkar. Ofta är de väl arbetade, t.ex hyvlat och kantfräst timmer. I Tedd Bensons bok *Timberframe: The Art and Craft of the Post-and-Beam Home*⁵ finns en bild från ett virkesupplag, troligen någon gång strax efter förra sekelskiftet, där det finns blockat timmer med dimensionerna 40” x 40”. Det innebär att stocken måste ha varit minst 150 cm i diameter i toppen. Så stora träd var sällsynta i Europa. Antagligen har också den amerikanska kulturen där man gärna visar upp sin framgång, ”störst är bäst”-mentaliteten, också påverkat utvecklingen.

4 Hewett (1997) sid 35

5 Benson (2001) sid 4-5

Byggnadsskick

Primärt handlar timber framing om att bära laster, den är inte beroende av planlösningen på samma sätt som den japanska traditionen. Ramkonstruktionen är förhållandevis öppen och inom ramen kan rum och väggar placeras efter behag, så länge själva ramen hålls intakt.

Grunden i timber framing är att gavelsektioner läggs till varandra på rad, så som i figur 4, och de förbinds med bjälkar. Sektionerna är de lastbärande elementen, bjälkarna mellan dem finns för att fördela ut lasterna till gavlarna som leder krafterna vidare ner till grunden. Knän mellan bjälkar och stolpar används för att skapa ytterligare horisontell stabilitet där det behövs.

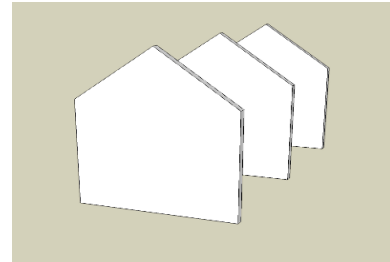


Fig 4: Gavelskivor

Dimensionering sker inte utefter hållfasthet, dvs vad timret faktiskt tål utan att gå sönder, utan mer efter styvhet. Exempelvis golvbjälkar dimensioneras för att de inte ska svikta medan vi i Europa accepterar en viss svikt.

2.4 Modellerna

Med modellerna bredvid varandra i figur 6 syns tydligt de olika vägar den japanska och den amerikanska traditionen har gått. Den amerikanska har en öppen planlösning oberoende av stolpverket, det enda som begränsar är mittstolparna i gavelsektionerna. Timrets dimensioner är enorma sett ur vår traditions ögon. Med tanke på hållfasthet är det mycket överdimensionerat. Det japanska huset är motsatsen med ett myller av stolpar och bjälkar och kan snarare liknas vid ett modernt regelhus. Planlösningen är statisk, bestämd av husets konstruktion.

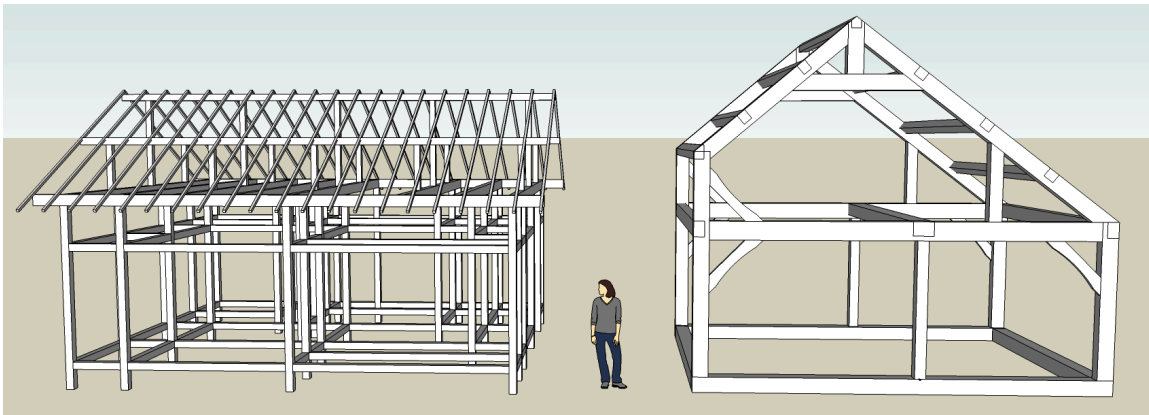


Fig 5: Till vänster den japanska modellen och till höger den amerikanska

Båda modellerna har en bostadsyta på knappt 50 m². Det japanska är i ett plan medan det amerikanska har en något mindre byggyta men med en ovanvåning vilket gör nyttjadytan likvärdig.

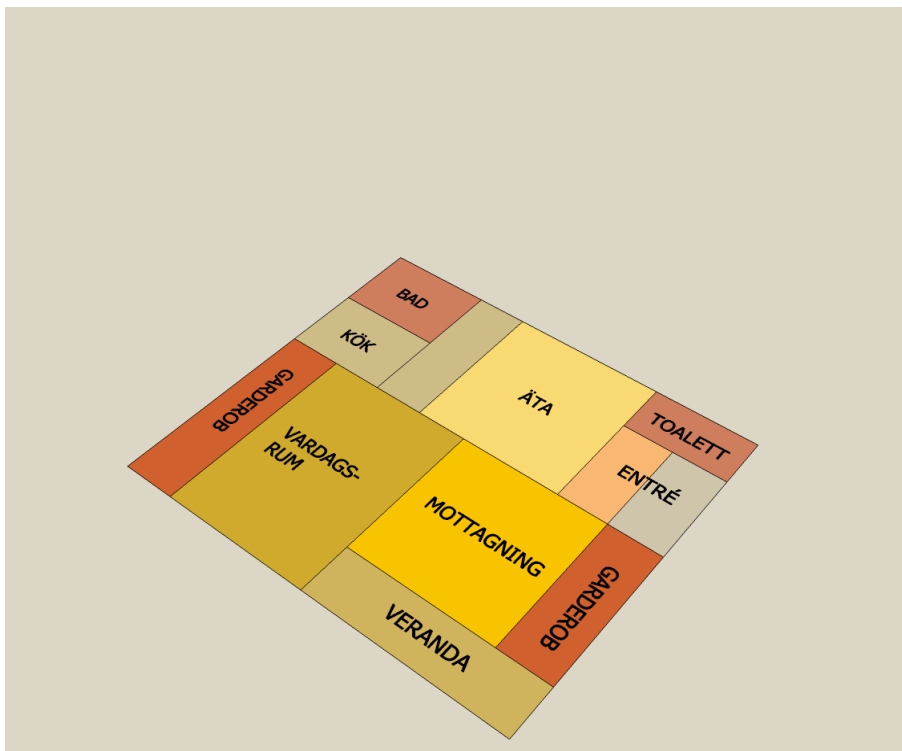
2.4.1 Det japanska bostadshuset

Modellen för det japanska stolpverket utgår från en planlösning i figur 3 och är ca 46 m². Huset är avpassat för en familj om 4-5 personer.

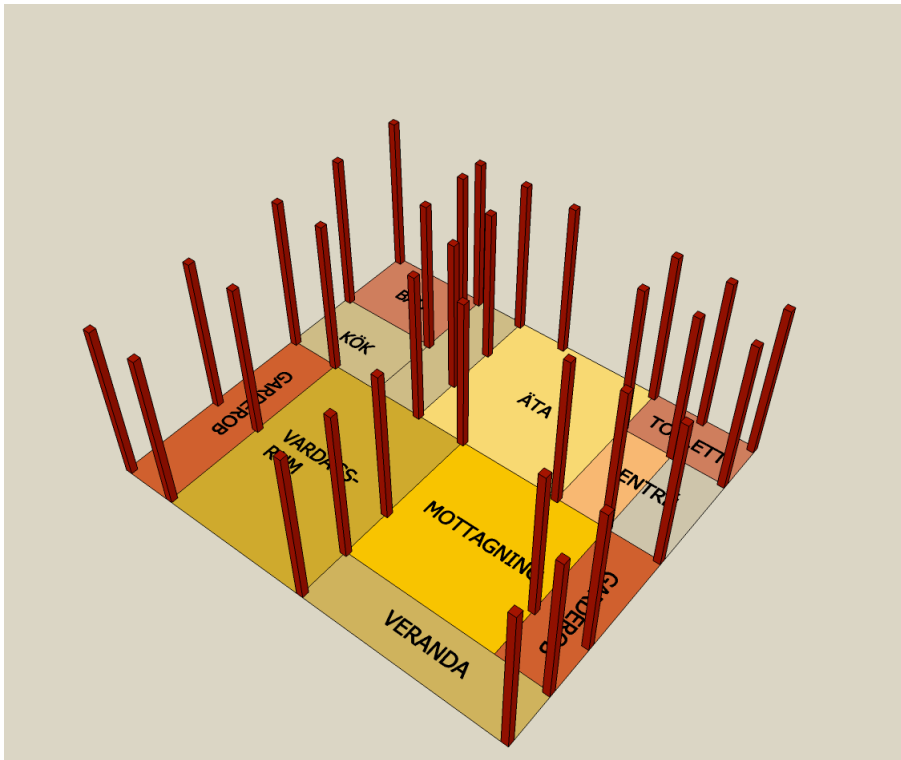
I modellen är taket inte komplett i detalj då det inte har någon större betydelse för den horisontella stabiliteten.

I bildserien figur 6 - 11 visar jag hur konstruktionen stegvis tas fram utifrån planlösningen. Då det är ett stort antal stolpar och bjälkar är det svårt att få en översikt utan bildserien.

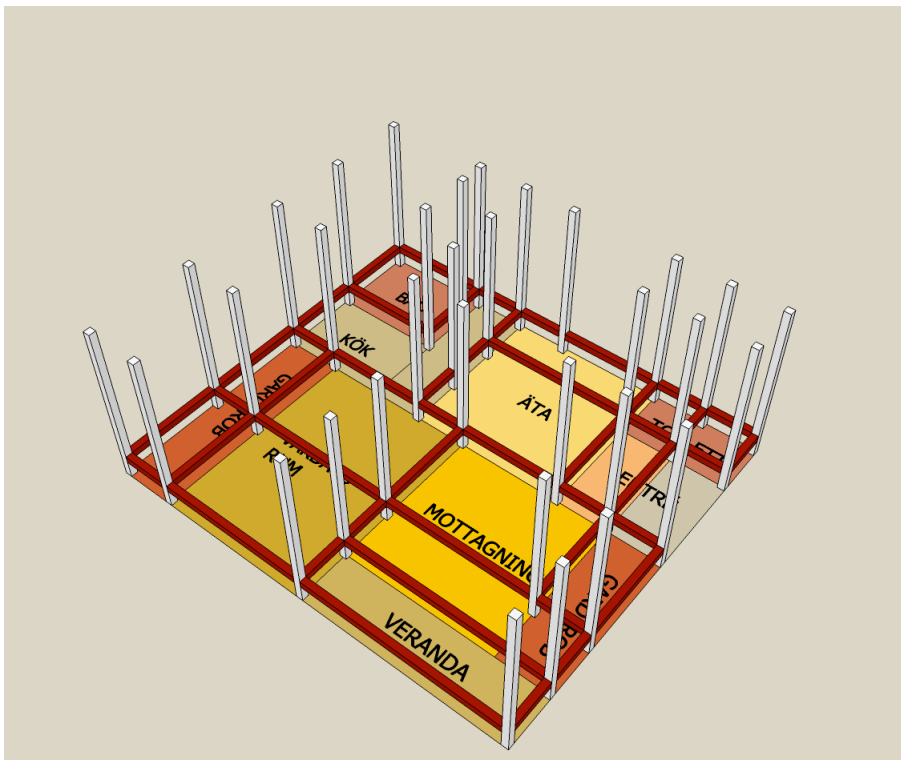
Genomgående är stolparnas dimension 120 x120 mm, förutom hammarbandet som är 120 x180 mm. En *ken* är här översatt till 1800 mm.



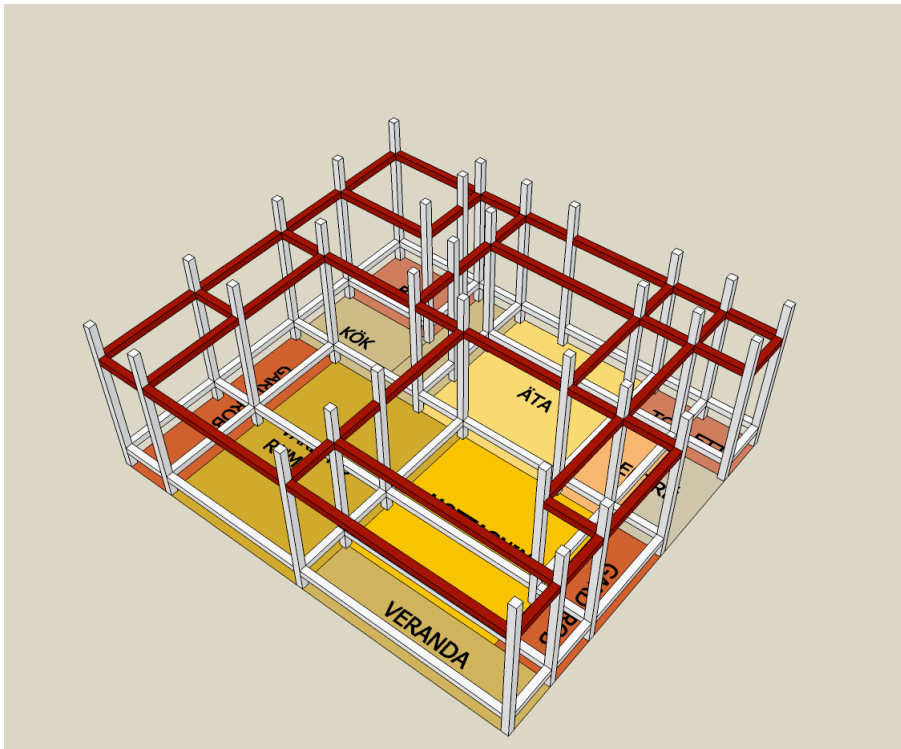
Figur 6: Planlösningen från figur 3 överförd till SketchUp



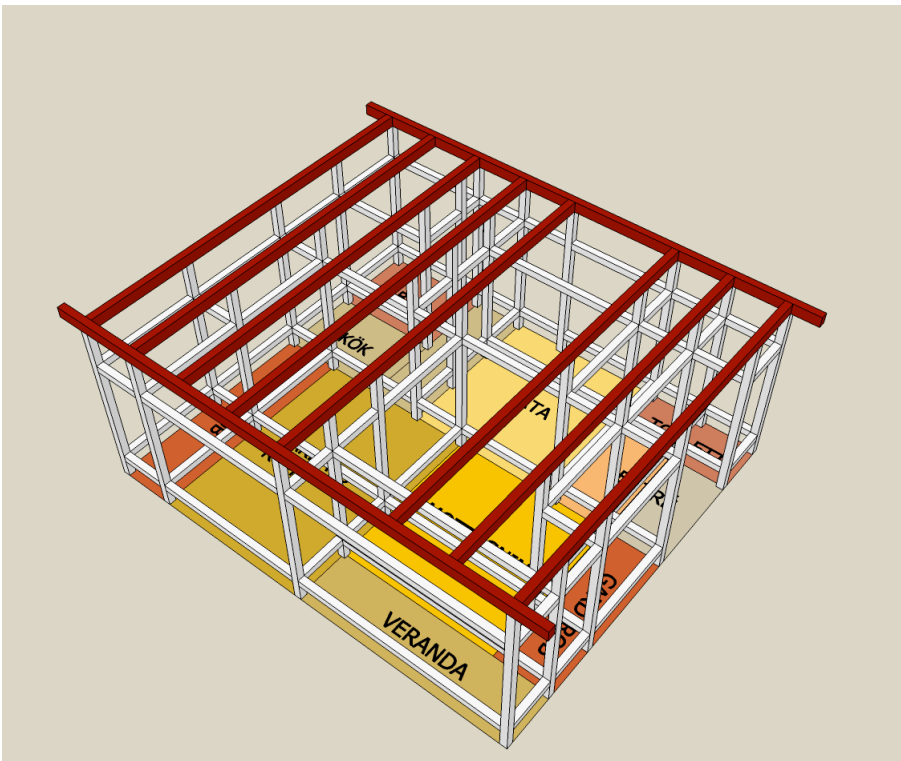
Figur 7: Planlösningen kräver ett stort antal stolpar, 34 stycken. Trots det finns ingen överflödig stolpe. Alla behövs för att skapa vägg eller öppning.



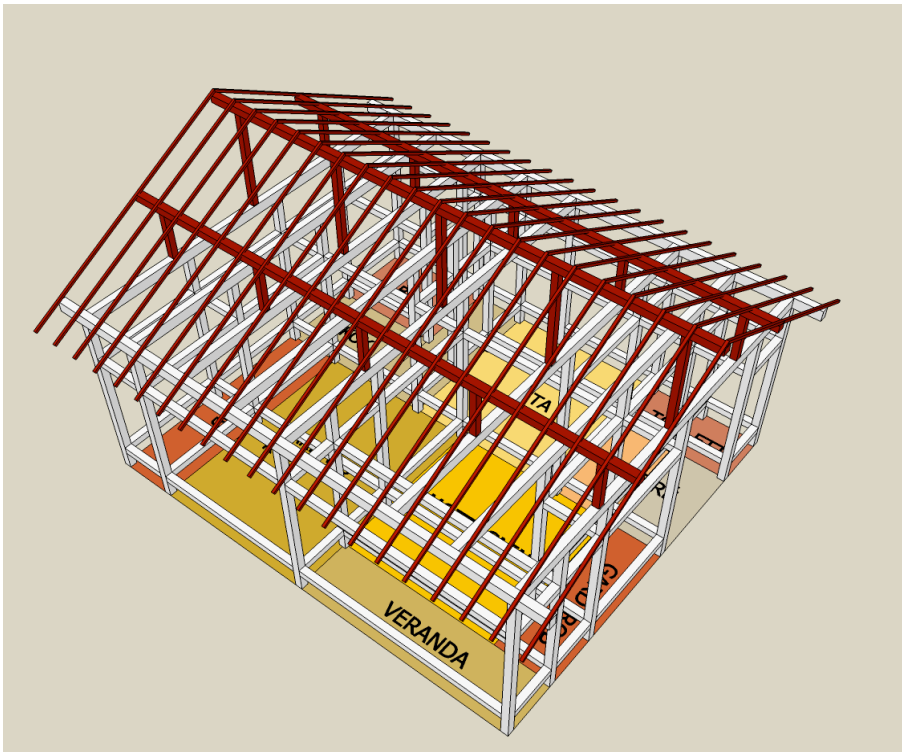
Figur 8: Golvbjälklaget placeras. Varje stolpe förbinder mot minst två bjälkar för att ge stabilitet.



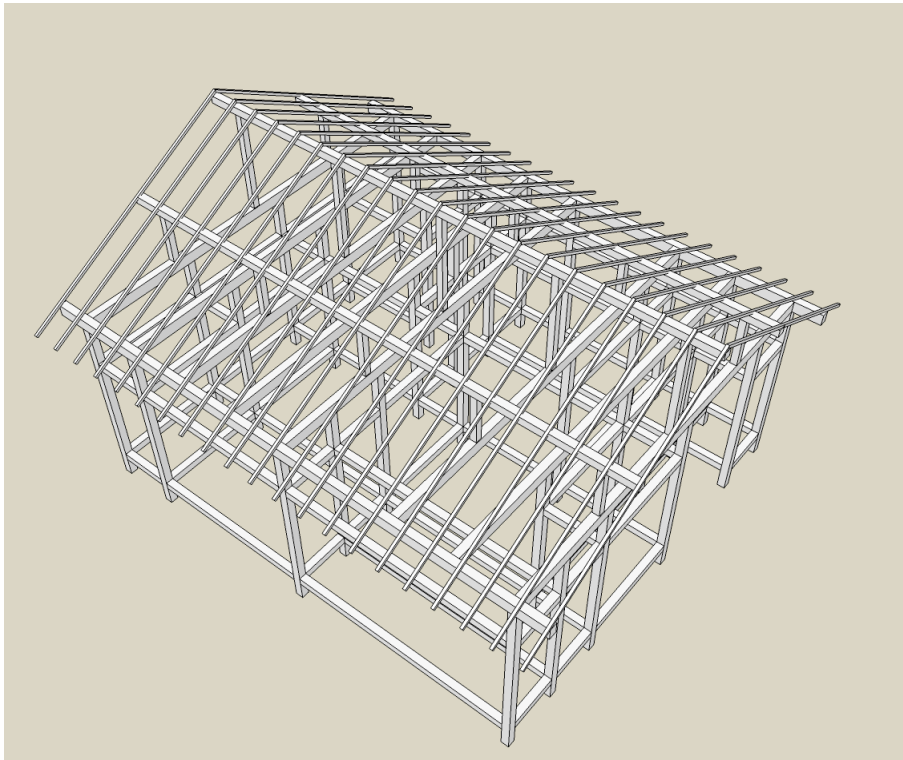
Figur 9: Väggbandet placeras med undersidan 180 cm ovan golvbjälklagets ovansida. Väggbandet är likt golvbjälklaget men inte en identisk kopia. Ett fåtal bjälkar vars funktion är att minska spännvidden för golvbrädorna (t.ex den mittersta i vardagsrummet) har tagits bort.



Figur 10: Hammarbandet placeras. Förutom den yttre ramen i husets ytterkant placeras bjälkar så att alla stolparnas övre ände förbinds mot en bjälke



Figur 11: Taket placeras.

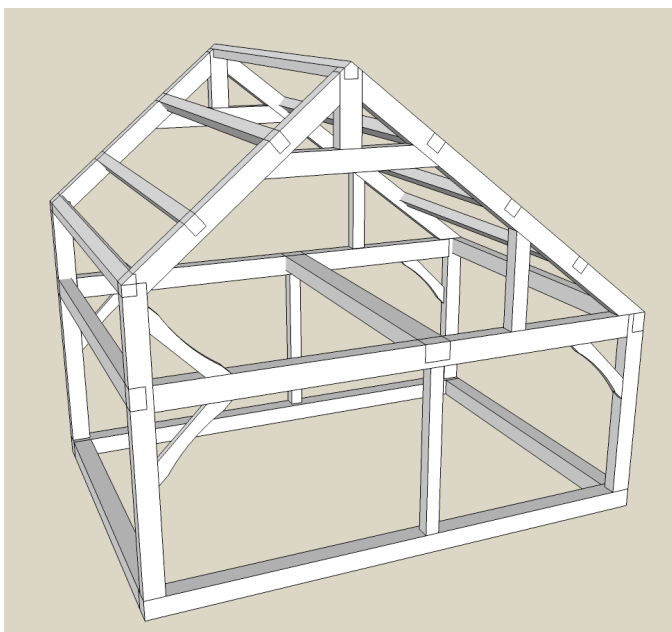


Figur 12: Husets stomme är klar. Att förstå konstruktionen utan bildserien blir svårt då det är ett mycket stort antal stolpar och bjälkar.

2.4.2 Den amerikanska modellen

Timber Framing modellen baseras på en modell från Steve Chapells bok *A Timber Framers Workshop* som kallas för *16' x 22' Saltbox Frame*⁶. Stilen är vanlig i nordöstra USA.

Mått och dimensioner är konverterade till motsvarande europeisk standard, dvs jag har använt 25 mm som en tum. Således blir 8 tum i ritningen 200 mm i modellen. Planlösningen blir knappt 50 m² med en ovanvåning och en trappa upp till denna. Yttermått är 4,8 x 6,6 meter.



Figur 13: 16' x 22' Saltbox Frame

Modellen består av två gavelsektioner som binds samman av fem bjälkar och sju takåsar. Virket är grovt, från takbjälklagets 6" x 7" till andra våningens bärlina på 9" x 13". Normalt placeras rektangulära bjälkar på högkant eftersom den då har högst hållfasthet och styvhet. Här är bärlinan så grov så den har lagts ned på sidan trots att den då blir betydligt försvagad.

2.5 Jämförelse av antal förbindningar

Förbindningar har en viss styvhet i sig, det är friktion mellan materialen och låsningar av olika slag beroende på förbindningens utformning. Från statik vet vi att ju fler fästpunkter som finns ju stabilare blir konstruktionen. Därför är det intressant att se hur antalet förbindningar(fästpunkter) skiljer sig mellan de två olika byggnadskicken.

Det är inte helt jämförbart då det är olika dimensioner på timret. För att hantera detta kan timrets tvärsnittsytta för de olika modellerna summeras. Ju större yta ju mer friktion

I tabell 1 och 2 summeras antalet fästpunkter och dessas tvärsnittsytta för respektive byggnad. Dimensionsmått är i cm och ytmått i cm².

Tabell 1: Det japanska huset

	Antal	Dimensioner	Yta	Total yta
stolpar mot golvbjälkar	94 st	12 x 12 =	144	13 536
stolpar mot väggbandet	90 st	12 x 12 =	144	12 960
stolpar mot hammarbandet	34 st	12 x 12 =	144	4 896
	218 st			31 392

6 Chapell (2007) sid 188-191

Tabell 2: Det amerikanska huset

	Antal	Dimensioner	Yta	Total yta
Syll	4 st	25 x 25 =	625	2 500
Hörn stolpe mot syll	4 st	17,5 x 25 =	437,5	1 750
Mittpost	4 st	17,5 x 17,5 =	306,25	1 225
Väggband gavel	4 st	20 x 30 =	600	2 400
Väggband sida	4 st	17,5 x 25 =	437,5	1 750
Bärlina	2 st	22,5 x 32,5 =	731,25	1 463
Hammarband	2 st	15 x 22,5 =	337,5	675
Knän	12 st	7,5 x 20 =	150	1 800
Åsar	12 st	15 x 17,5 =	262,5	3 150
Innerpost övervåning	4 st	17,5 x 20 =	350	1 400
Sparrar	8 st	17,5 x 25 =	437,5	3 500
	60 st			21 613

Den japanska modellen har 218 förbindningar och den amerikanska 60.

$$218/60 = 3,63$$

Alltså har det japanska huset 3,63 gånger fler förbindningar än det amerikanska på samma bostadsyta. Vi vet att fler fästpunkter ger en högre stabilitet.

Den totala tvärsnittsytan för den japanska modellen är 31 392 cm² och den amerikanska 21 613 cm².

$$31\,392 / 21\,613 = 1,45$$

Även förbindningarnas friktionsyta är större i den japanska modellen, 45 % mer än i den amerikanska.

3. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I undersökningen framkommer att den japanska modellen har betydligt fler förbindningar, hela 3,63 gånger fler. När jag tar hänsyn till mindre virkesdimensioner så är den totala tvärsnittsarean 45 % större i den japanska modellen. Dessa två faktorer ger en betydande ökning av den horisontella stabiliteten jämfört med en amerikansk modell, med horisontella stabiliseringar i form av strävor och knän borträknade.

Som nämnts i kapitel 2.2 har det japanska stolpverket en annan grundkonstruktion än det amerikanska. Istället för ett antal ”skivor” där vägg och tak hänger samman som i den västerländska traditionen, finns en ”låda” för golv och väggar, och en låda för taket. Den lådan bör i sig ge en ökad stabilitet då den kan ses som en enhet.

Utanför undersökningen finns ett antal faktorer som är värda att nämna. De japanska förbindningarnas utformning är troligen i sig styvare, de tenderar att vara mer komplexa med fler låsningar än deras västerländska motsvarigheter.

Det japanska hantverket håller troligen högre klass än det amerikanska. Generellt brukar det japanska hantverket ses som det mest högklassiga när det gäller träbearbetning. Antydningar till det finns i Toshio Odates bok *Japanese Woodworking Tools* där han i anekdoter berättar om sin lärlingstid som *shoji*-makare (japanska skjutdörrar). Attityden är perfektion och lärlingstiden mycket hård.

Vidare kan det konstateras att konstruktionen trots allt inte har samma stabilitet som den västerländska motsvarigheten. Detta behöver inte vara till nackdel i ett land med frekventa jordbävningar. En något rörlig konstruktion bör klara av påfrestningarna från en jordbävning bättre än en som är helt styv.

KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING

Benson, Tedd (2001) *Timberframe: The Art and Craft of the Post-and-Beam Home*. Newtown: The Taunton Press

Brackett, Len & Landers Rao, Peggy (2005) *Building the Japanese house today*. New York: Abrams

Brown, Azby (1989) *The genius of Japanese carpentry*. Tokyo: Kodansha International

Brown, Azby (2009) *Just enough*. Tokyo: Kodansha International

Chapell, Steve (2007) *A Timber Framer's Workshop*. Brownfield: Fox Maple Press

Engel, Heino (1985) *Measure and construction of the Japanese house*. Tokyo: Tuttle Publishing

Hewett, Cecil A. (1997) *English Historic Carpentry*. Fresno: Linden Publishing

Langesten, Bengt (1995) *Byggnadskonstruktion 1: Byggnadsstatik*. Stockholm: Liber AB

Locher, Mira (2010) *Traditional Japanese architecture*. Tokyo: Tuttle Publishing

Nishi, Kazuo & Hozumi, Kazuo (1985) *What is Japanese architecture? A survey of traditional Japanese architecture*. Tokyo: Kodansha International

Odate, Toshio (1998) *Japanese woodworking tools*. Ammanford: Stobart Davies

Ottoson, Ingemar & Ekholm, Thomas (2007) *Japans historia*. Lund: Historiska Media

Sato, Hideo & Nakahara, Yasua (2000) *The complete Japanese joinery*. Vancouver : Hartley & Marks Publishers Inc.

Yeomans, David (2009) *How structures work*. Oxford: Wiley-Blackwell

Young, David & Young, Michiko (2007) *The art of the Japanese architecture*. Tokyo: Tuttle Publishing