Att bygga i stål – modern teknik med gamla anor

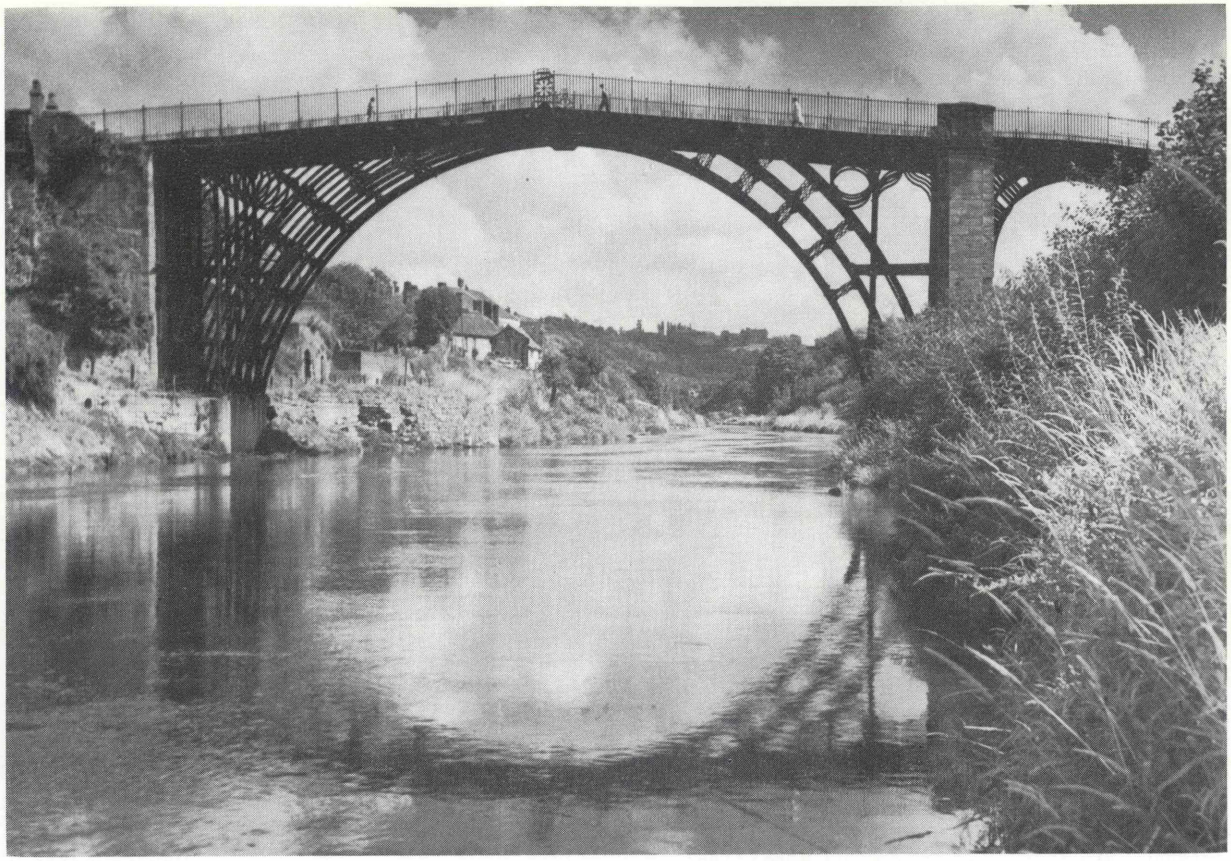
Av LARS WALLIN

Civilingenjör Lars Wallin – verksam vid Stålbyggnadsinstitutet i Stockholm – presenterar en översikt över stålbyggnadsteknikens utveckling från tillkomsten av den första järnbron på 1770-talet fram till vår egen tid.

Att bygga i stål är en modern teknik med gamla anor. Fastän stål i vår mening började framställas först på 1850-talet går stålbyggandets historia tillbaka till 1770-talet och tillkomsten av världens första järnbro Ironbridge i England samt de första järntakstolarna över Théâtre Français i Paris. Stålbyggnadstekniken har sedan dess upplevt en fascinerande utveckling med många storartade höjdpunkter såsom Crystal Palace, Eiffeltornet, Palais des Machines, broarna över Menai Strait, jätteskyskraporna, de stora hängbroarna, rymdfackverk, linkonstruktioner och kupoltak, moderna lätta och flexibla stomkonstruktioner, byggplåten, industriellt tillverkade byggnader och broar osv. Man lärde sig tidigt att man kunde bygga stora spännvidder, breda fribärande tak, höga byggnader och stora konstruktioner med järn och stål. Man lärde sig också tidigt att bygga snabbt och lätt och man uppmärksammade standardiseringens betydelse. Stålbyggandets utveckling är nära knuten till industrialiseringen och stålbyggnad var från första början en industriell byggmetod.

En kraftig utveckling har ägt rum under de senaste 20 åren beträffande nya och bättre material, mer avancerad svetsteknologi, industriella tillverkningsmetoder, bättre konstruktioner, förbättrad projekterings- och konstruktionsteknik m m. Det praktiska stålbyggandet i Sverige har också ökat kraftigt under de senaste 10 åren. Man finner ur tillgängliga statistikuppgifter att avsaluvärdet av stålkonstruktioner för byggnads- och anläggningsändamål ökat med i genomsnitt 14 % per år under 1960-talet till drygt 1 700 Mkr 1970. Ökningen har varit störst inom husbyggnadssektorn och denna har gått förbi sektorn övriga allmänna stålkonstruktioner. Brobyggnad är jämfört med husbyggnad och övriga stålkonstruktioner en liten men tekniskt mycket intressant sektor. Man finner också att stålbyggnadsindustrin är en mycket stor förbrukare av stål trots att stålbyggnad har en förhållandevis begränsad omfattning i vårt land. Av vår totala årliga stålförbrukning på ca 4 miljoner ton kan något mindre än 1 miljon ton uppskattas falla inom byggnads- och anläggningssektorn. Härav utgörs drygt 400 000 ton av armeringsstål medan drygt 500 000 ton faller på stålbyggnad i vidsträckt mening inklusive byggplåt och byggnadssmide.

I debatten om dagens och morgondagens byggande är det vissa begrepp, önskemål och krav som ständigt återkommer. Man vill undvika bärande väggar, man önskar lätta konstruktioner med små dimen-



Världens första järnbro, Ironbridge, över Severn vid Coalbrookdale, England 1776—79.

sioner, man har ibland behov av stora spännvidder, man kräver industriell tillverkning med snabb och enkel montering och monteringsfärdiga enheter, man talar om lätta yt- och volymelement, man kräver flexibilitet och möjlighet till framtida omdisponering och ombyggnad, man kräver kort byggtid och tidigt idrifttagande, man har en annan syn än tidigare på totalekonomin inklusive räntor och avskrivningar och man har slutligen börjat uppmärksamma problemen med framtida rivning och kostnaderna för denna. Allt detta är faktorer som talar för stål och stålbyggnad.

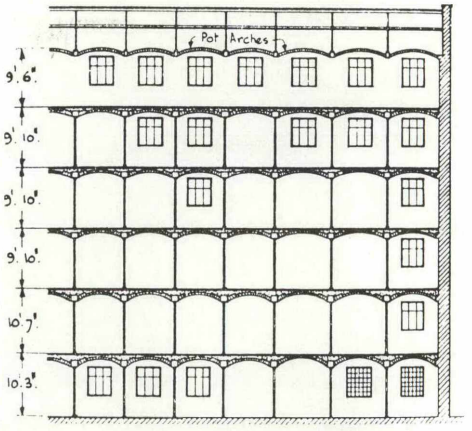
Några föregångare

Världens första järnbro, Ironbridge, uppfördes åren 1776—1779 över floden Severn vid Coalbrookdale i England. Bron står fortfarande kvar och den har gett namn åt det lilla samhället Ironbridge i närheten. Ironbridge är en bågbro av gjutjärn med 30 m spännvidd och kon-

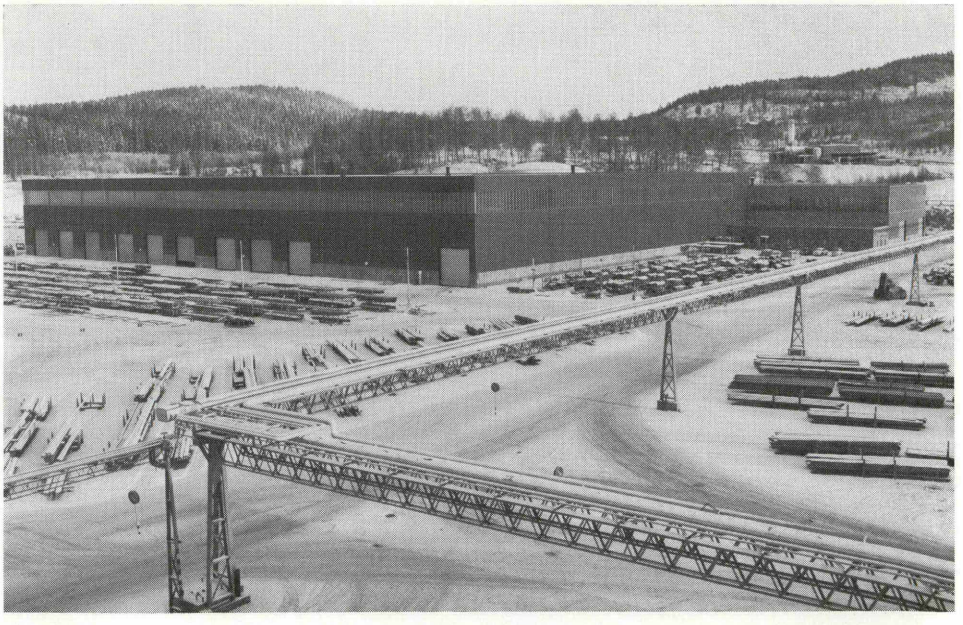
struktionen väger 378 ton. En av brons upphovsmän var järnbruksägaren Abraham Darby som här såg nya tillämpningsområden för sina järnprodukter. Ironbridge gäller för att vara världens första järnbro. Men den hade föregångare. Redan så tidigt som 1595 visade italienaren Fausto Veranzio en idéskiss till en hängbro av järnkedjor, och år 1741 byggdes en primitiv hängbro med järnkedjor och 21 m spännvid över floden Tee i England.

Den närmaste motsvarigheten till Ironbridge inom husbyggnadsområdet är Théâtre Français i Paris, där man 1780 använde takstolar av smidesjärn i form av fackverksbågar. Ungefär samtidigt började man

Magasinsbyggnad med genomgående gjutjärnskolonner i Milford, England 1792—93 (E Cornell, Byggnadstekniken).



Modern lätt magasinsbyggnad i ett plan, SKF Hofors.



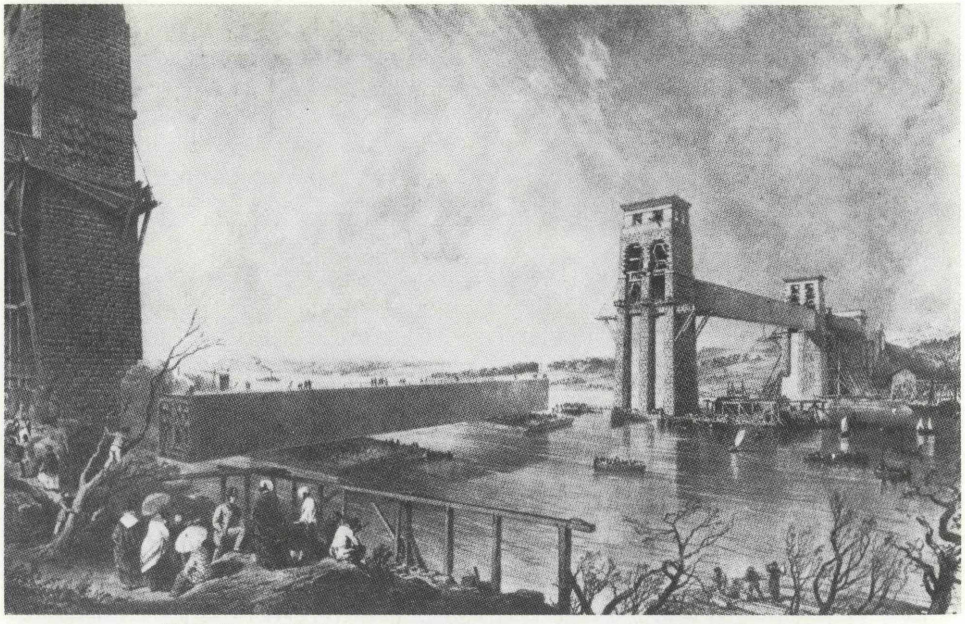
också i Frankrike använda bjälklagsbalkar av smidesjärn. Tidigare hade järn endast använts som ankarjärn och förstärkningsjärn i husbyggnader.

Gjutjärnskolonner började användas som genomgående pelare i flervåningsbyggnader på 1790-talet. Den förste som använde genomgående gjutjärnspelare var fabriksägaren och ingenjören Strutt i en sex våningar hög magasinsbyggnad i Milford i England 1792—93. Redan i början av 1800-talet var järnpelare och järnbalkar mer eller mindre standard för magasinsbyggnader och tullpackhus i bland annat England och Frankrike. Hela kvarter byggdes på detta sätt i de stora hamnstäderna. Gjutjärnskolonnerna tillverkades fabriksmässigt och fanns tillgängliga som katalogvara i ett stort antal utföranden, ofta konstrikt dekorerade. Idag bygger vi magasin och lagerbyggnader företrädesvis som lätta enplansbyggnader, vilket är billigast och ger mest rationella materialhantering.

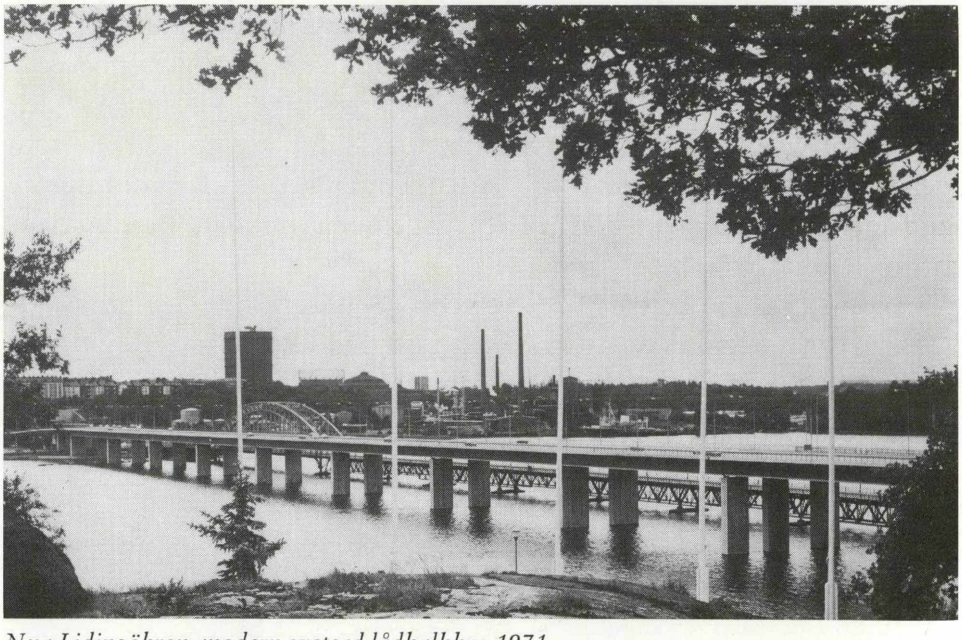
Två av brobyggnadsteknikens mästerverk och föregångare finner vi över Menai Strait i Wales. Den ena är en hängbro konstruerad av den tidens främste brokonstruktör, Thomas Telford, och den andra är en lådbalkbro, Britannia Bridge, konstruerad av Robert Stephenson. Thomas Telfords hängbro från 1826 är främst märklig genom den stora spännvidden, 174 m i mittspannet. Bärverket utgörs här liksom i den 85 år äldre hängbron över floden Tee av kedjor. Redan tidigare hade dock amerikanarna börjat byta ut kedjorna mot kablar sammansatta av tunnare trådar.

Britannia Bridge från 1850 är en föregångare till de moderna lådbalkbroarna. Bron består av två kontinuerliga lådbalkar med längden 460 m, största spännvidden 140 m och totala vikten 9 400 ton. Britannia Bridge är en järnvägsbro med järnvägen inuti de slutna lådbalkarna. Robert Stephenson och hans medarbetare utnyttjade här för första gången kontinuitet över stöd samt införde förspänning i mittspannen genom stödjustering med domkrafter. Detta är det första kända exemplet på förspända konstruktioner, vilka 100 år senare blivit så vanliga i betongbyggnadstekniken. Vi kan jämföra Britannia Bridge med den nya Lidingöbron som också är en lådbalkbro med kontinuitet över stöd och förspänning genom stödjustering. Lidingöbron består av två parallella lådbalkar med brolängden 720 m, spännvidden 72 m och totala stålvikten 4 600 ton.

Bland tidiga svenska järnbroar kan vi uppmärksamma Prins Karls bro i Uppsala, sedermera kallad Jernbron, uppförd 1846 för en kost-

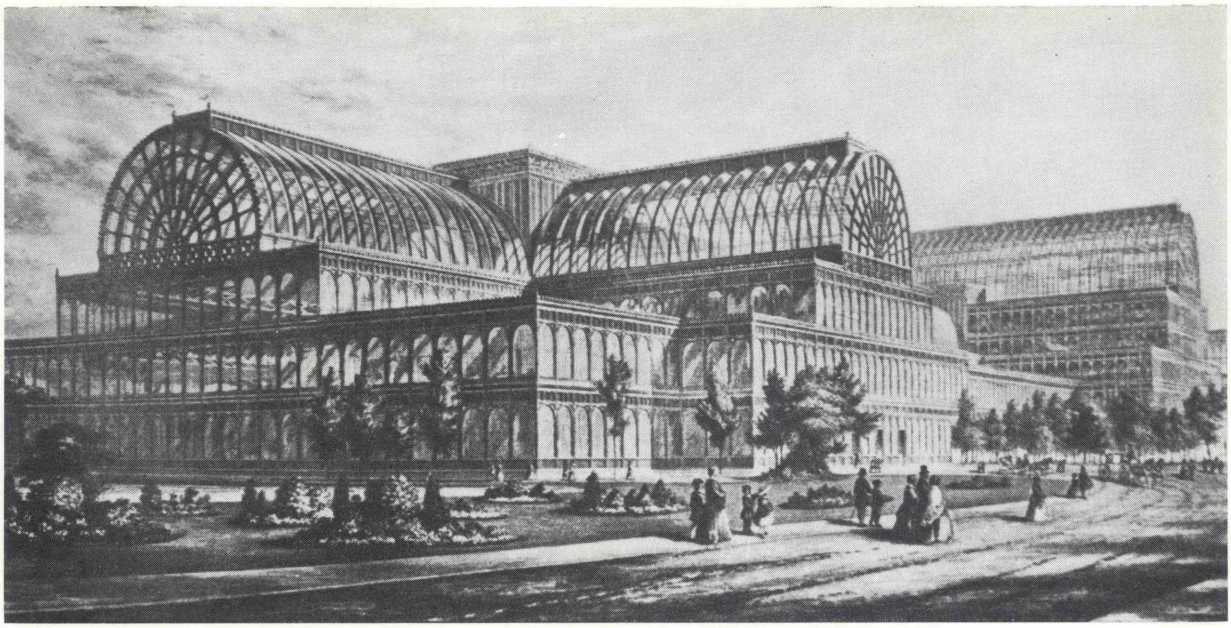


Montering av lådbalkar till Britannia Bridge över Menai Strait 1849.



Nya Lidingöbron, modern svetsad lådbalkbro 1971.

nad av 27 000 kr. samt Uddevalla-Vänersborg-Herrljungabanans bro över Göta älv vid Vargön, uppförd 1866. Jernbron i Uppsala underhölls inte ordentligt och har därför demonterats samt bevarats i delar och UVHJ-banans järnbro ersattes 1947 av en högbro, även den



Crystal Palace, 1800-talets största järnbyggnad uppförd till Londonutställningen 1851.

i stål, i samband med Vänerns reglering. UVHJ-banans järnbro var utförd med underliggande fackverk, och folk i trakten trodde att brobyggaren Claes Adelsköld av misstag placerat bron upp och ned.

Crystal Palace som uppfördes till Londonutställningen 1851 är en föregångare vad gäller standardiserat och snabbt monteringsbyggande. Crystal Palace var en jättelik utställningsbyggnad i gjutjärn och glas med ett 500 m långt mittskepp och tre stora tvärskepp, varav det största var 120 m långt, 36 m brett och 53 m högt. Byggnaden bars upp av 3 300 gjutjärnspelare. Byggmästare var trädgårdsmästaren Joseph Paxton, och Crystal Palace uppvisade också drag av växthus. Crystal Palace är förutom för de stora dimensionerna främst märklig för den långt drivna standardiseringen av de få element som ingick i byggnaden, för rationell montering av de i stora serier förtillverkade enheterna samt för den korta byggnadstiden på mindre än ett år. Utarbetande av entreprenadritningar tog för övrigt endast nio dygn.

Eiffeltornet uppfördes till Parisutställningen 1889 av Gustave Eiffel. Med höjden 300 m förblev detta världens högsta byggnad under 40 år. Eiffeltornet byggdes mycket snabbt på bara 17 månader och blev en jättesuccé. Järnkonstruktionen väger 7 000 ton och totala kost-

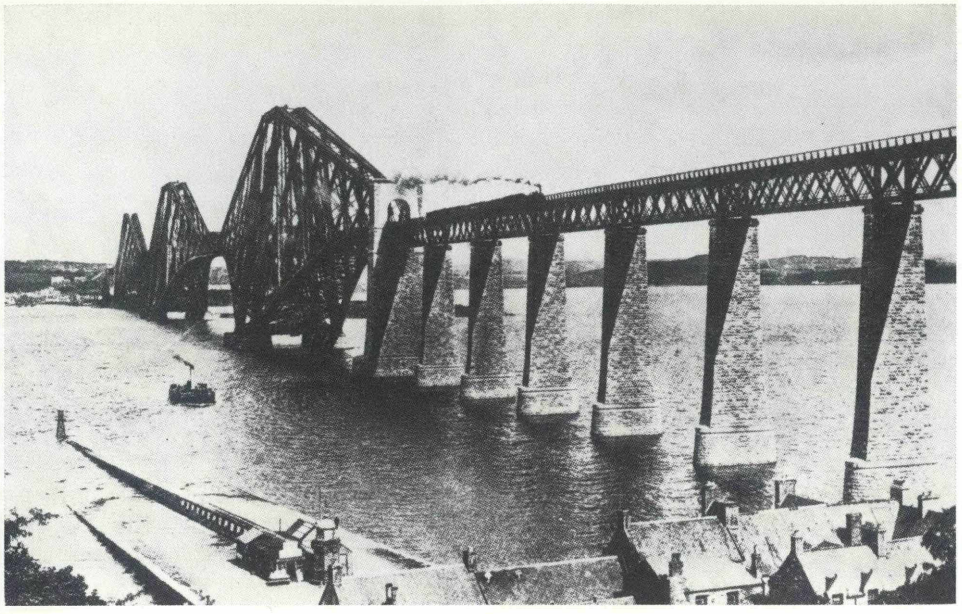


Demontering av gamla Katarinahissen 1936.

naden uppgick till 7 miljoner francs, dvs 1 franc per kg. Vi kan jämföra med det nya provisoriska riksdagshuset vid Sergels Torg i Stockholm, där stålstommen också väger ca 7 000 ton och där stomkostnaden är 1,60 kr pr kg. Eiffeltornet utgör ett av fackverksteknikens mästerverk och står som ett monument över djärvheten och framåtandan hos 1800-talets stålbyggare.

Stockholms motsvarighet till Eiffeltornet om än i något modifierad skala är Katarinahissen med gångbron över till Mosebacke Torg. Den ursprungliga Katarinahissen med höjden 38 m stod färdig 1883, sex år före Eiffeltornet. Den gamla hissen och gångbron revs dock 1933 för att ersättas av en ny hiss och ny bro på annan plats i närheten. Rivningen eller rättare sagt demonteringen av den gamla bron skedde snabbt och enkelt under tre nattetimmar.

Nya idéer och konstruktioner har många gånger lanserats i samband med de stora utställningarna, och flera av byggnadsteknikens mästerverk har tillkommit vid dessa tillfällen. Arkitekter och ingenjörer har där haft frihet att pröva och visa nya okonventionella idéer och konstruktioner. Denna linje kan följas från Crystal Palace och Eiffeltornet till de senaste världsutställningarna i Montreal och Osaka. Från Montreal minns vi Frei Ottos linkonstruktion och Buckminster



Fackverksbron över Firth of Forth med 521 m spännvidd 1890.

Fullers stålrörskupol och från Osaka det stora rymdfackverkstaket samt flera hängande konstruktioner.

Fackverkstekniken utvecklades och blomstrade under senare halvan av 1800-talet. Den största nitade fackverkskonstruktion som utförts är bron över Firth of Forth, färdig 1890 ungefär ett år efter Eiffeltornet. Bron har två huvudspann med 521 m spännvidd och den är uppförd med sex jättelika fackverkskonsoler med inhängda mittpartier. Hela bron motsvarar ungefär sex liggande Eiffeltorn och den ser ut som tre enorma urtidsvidunder i rad.

Material och sammanfogning

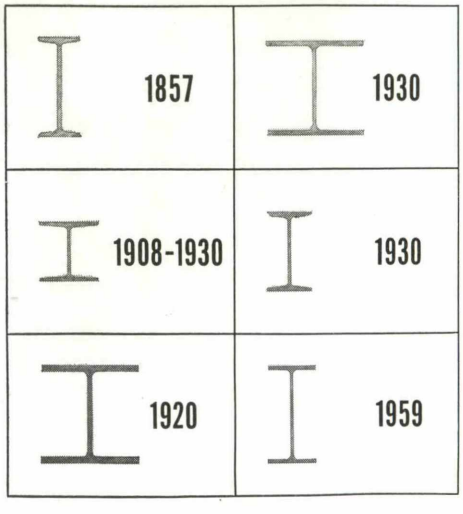
Stål i modern mening började först framställas i mitten av 1800-talet i och med tillkomsten av götstålprocesserna. Före götstålet använde man gjutjärn samt välljärn och puddeljärn. Bessemermetoden utvecklades i början av 1850-talet i USA av William Kelly och i England av Henry Bessemer. Svensken Göran Fredrik Göransson var dock den förste som 1858 visade att Bessemermetoden var användbar för industriell framställning av stål. Ungefär samtidigt med Bessemermetoden utvecklades Siemens-Martinmetoden av tysken Wilhelm Siemens och av bröderna Martin i Frankrike oberoende av varandra. Nästa stora framsteg inom stålframställningen kom 1879 i och med

Thomasprocessens tillkomst. Med Thomasprocessen kunde man ta bort fosfor och svavel ur malmen, och metoden fick stor betydelse för sänkning av stålpriserna. Thomasprocessen har nu ersatts av modernare stålframställningsmetoder såsom Kaldo-, LD- och elektrostålprocesserna.

I och med svetsteknikens genombrott under 1940-talet ställdes krav på svetsbarhet. Det gamla Thomasstålet försvann och ersattes av svetsbara konstruktionsstål. Vidare utvecklades under 1950- och 1960-talet svetsbara konstruktionsstål med högre hållfasthet, finkornstål eller mikrolegerade stål, seghärdade svetsbara konstruktionsstål och låglegerade svetsbara konstruktionsstål. Svetsbara konstruktionsstål finns nu kommersiellt tillgängliga med upp till 80 kp/mm² sträckgräns. Viktiga bidrag till denna utveckling har bland annat lämnats av svenska ståltillverkare. En annan utvecklingslinje representeras av de så kallade rostträga konstruktionsstålen som kan användas utomhus utan rostskydd och som då överdras av ett skyddande oxid- eller rostskikt med en estetiskt tilltalande patina.

Samtidigt med tillkomsten av götstålprocesserna utvecklades valsningstekniken. Valsade I-balkar började framställas i Tyskland och Frankrike på 1850-talet. Plattstång hade dock valsats redan vid slutet av 1700-talet och vinkelstång valsades på 1830-talet. I och med tillkomsten av götstålprocesserna utvecklades valsningstekniken snabbt och valsat stål blev tillgängligt i stor skala till låga priser. Den valsade I-balken har under 100 års tid varit det viktigaste byggelementet inom stålbyggnadstekniken.

Önskemålet om stort tröghetsmoment och därmed stor böjstyvhet



Schematisk framställning av I-balkens utveckling.

har dikterat utformningen av I-balken. Den gamla snedflänsiga I-balken från 1857 hade små flänsar och mindre tröghetsmoment än de bredflänsbalkar som tillkom i början av 1900-talet. Parallellflänsbalkarna som tillkom på 1920-talet samt IPE-balken med sitt högre och tunnare liv på 1950-talet representerar olika utvecklingssteg inom valsningstekniken. Ytterligare utvecklingssteg representeras av de helvalsade rektangulära ihåliga fyrkantprofilerna samt av den rullformade trapetsprofilerade tunnplåten och övriga kallformade profiler. Man kan förutse en fortsatt kraftig utveckling av kallformade profiler under 1970- och 1980-talet.

Nitning var den dominerande sammanfogningsmetoden för stålkonstruktioner under 1800-talet och tidigare delen av 1900-talet fram till ungefär andra världskrigets utbrott. Nitning i betydelsen varmnitning är numera helt ersatt av svetsning och olika typer av skruvförband. Däremot har kallnitning fått stor användning i tunnplåtskonstruktioner.

Den elektriska bågsvetsningen uppfanns mot slutet av 1800-talet och utvecklades under tidigare delen av 1900-talet. Avgörande insatser gjordes här av ESABs grundare Oscar Kjellberg som bland annat uppfann den belagda elektroden. Under 1930-talet utvecklades svetsningen till en praktisk sammanfogningsmetod för allmänna stålkonstruktioner. Svetsade takbalkar började användas i Sverige omkring 1936. Svetstekniken har utvecklats och förfinats mycket starkt sedan 1930-talet, och högproduktiva automatiska och halvautomatiska svetsmetoder har införts. Svetsning är sedan 1940-talet den dominerande sammanfogningsmetoden för stålkonstruktioner.

Två av världens första svetsade storbroar finns i Stockholm. Det är Västerbron från 1935 och Tranebergsbron från 1934. Delen av Västerbron över Långholmen och Pålsundet, den s k Pålsundsbron, är helsvetsad medan de stora bågarna över Riddarfjärden, den egentliga Västerbron, är nitade. De båda bågarna har spännvidden 204 respektive 168 m och var av internationellt märklig storlek vid denna tid. Tranebergsbron är huvudsakligen av betong, men brobanebalkarna utgörs av stålbalkar och anslutningarna är svetsade. Götaälvbron i Göteborg några år senare är också en helsvetsad stålbro i internationell storbroklass. I samband med Västerbron kan förtjäna nämnas att bron över Riddarfjärden ännu inte efter i det närmaste 40 år behövt målas om bortsett från partiell bättring på vissa speciellt utsatta ställen.

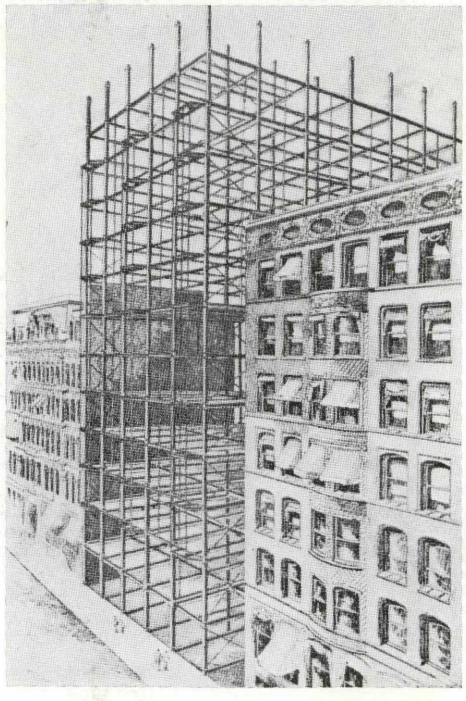
Vid sidan av svetsning har skruvförband stor användning, speciellt för monteringsförband. Svetsning och skruvförband är för övrigt de enda sammanfogningsmetoder för stålkonstruktioner som har någon som helst praktisk betydelse idag. Skruven har mycket gamla anor men skruvförbandet har utvecklats och förbättrats ända fram till våra dagar. Friktionsförband med förspänd höghållfast skruv utvecklades i USA under andra världskriget. Friktionsförbandet är ur många synpunkter det ideala förbandet men har av olika skäl inte fått den stora användning man kunde förvänta sig. En höghållfast standardiserad stålbyggnadsskruv för hålkantförband har under de senaste åren utvecklats här i landet och fått stor användning.

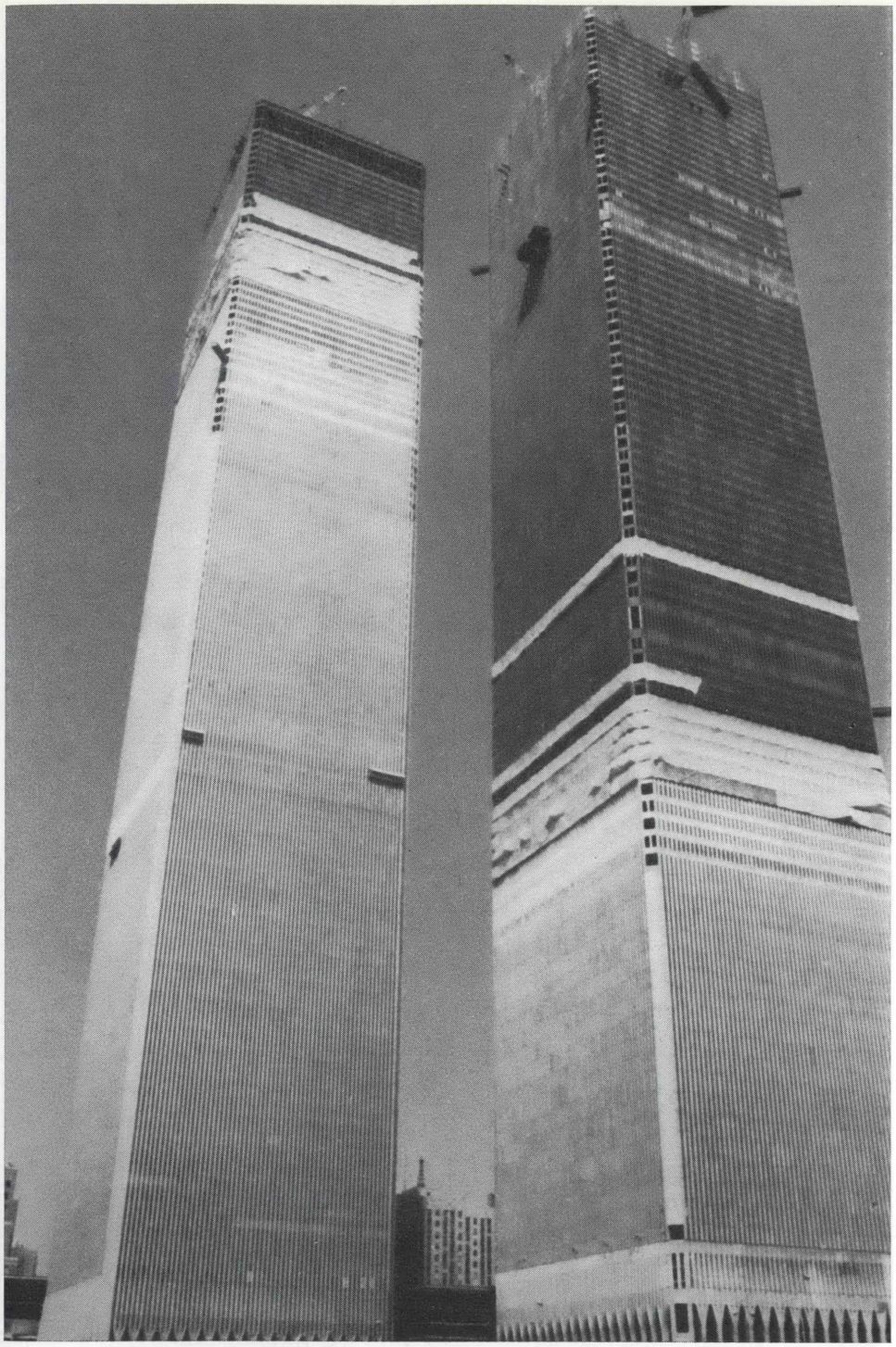
Stålskelettbyggen

Järnbyggena utvecklades under 1800-talets första hälft till flexibla skelettbyggen. Valsade stålbalkar började användas efter 1850-talet, men gjutjärnskolonnerna och smidesjärnet levde kvar och användes omväxlande med valsade profiler under hela 1800-talet.

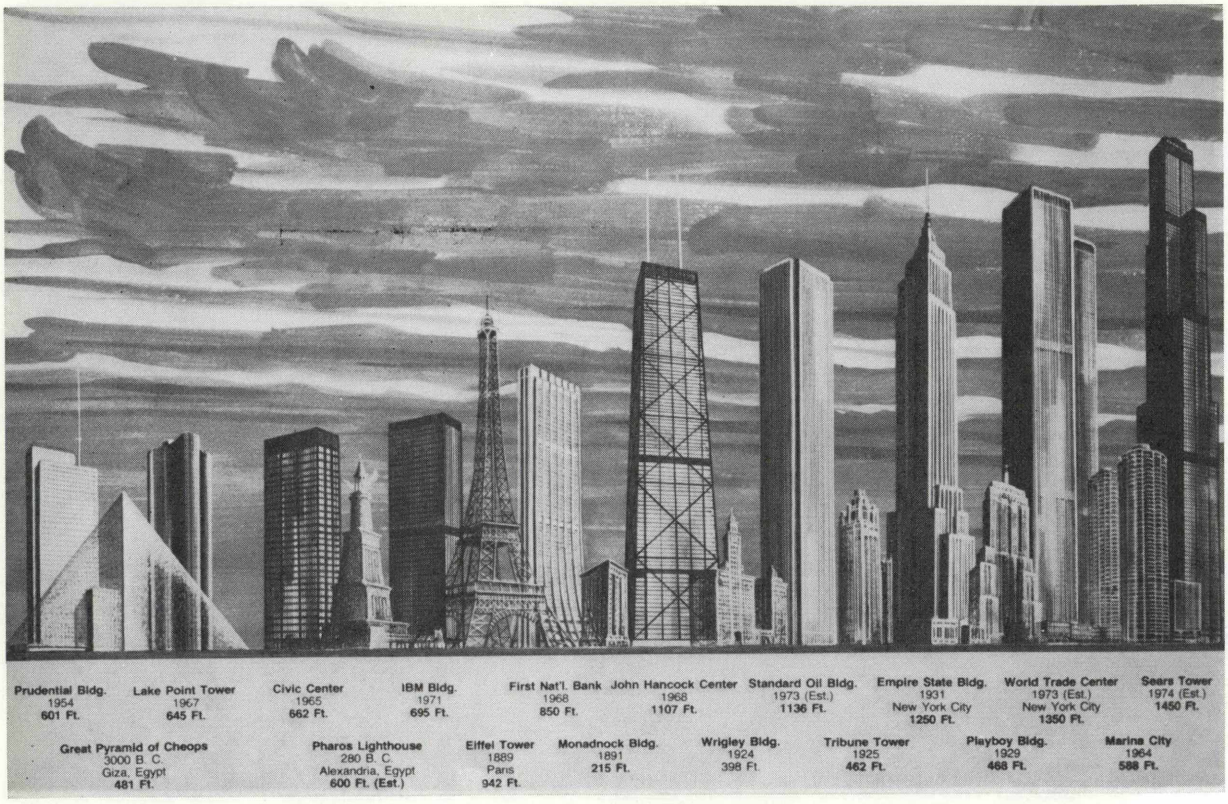
Omkring 1880 började amerikanarna bygga höghus med stålskelett. Drivkraften var främst de höga tomtpriserna och viktiga förutsättningar var hissen och den valsade balken. Skyskrapans och hissteknikens utveckling har följts åt. I och med tillkomsten av den elektriska hissen omkring 1890 ökade hushöjderna raskt, från ca 15

Skyskrapa under uppförande i Chicago 1892 (E Cornell, Byggnadstekniken).





World Trade Center i New York under uppförande 1971. Vänstra tornet uppe i full höjd och de 20 understa våningarna tagna i bruk, på högra tornet återstår ungefär 10 våningar.



Den amerikanska skyskrapans utveckling (F Khan).

våningar 1890 till 100 våningar 1931. Då slogs efter 40 år Eiffeltornets höjdrekord av Empire State Building med 102 våningar och 381 m hushöjd. Det jättelika Empire State Building uppfördes på endast 19 månader.

Empire State Building fick behålla höjdrekordet bland husbyggnader i 40 år tills den 1971 passerades av World Trade Center i New York med två 110 våningar och 412 m höga tvillingtorn. World Trade Center fick i sin tur endast behålla höjdrekordet i ett par år. Den passerades 1973 av Sears Tower i Chicago med samma antal våningar men 442 m hushöjd. Planer finns också på att bygga på Empire State Building med ett 10-tal våningar för att därmed återta höjdrekordet. Som jämförelse kan nämnas att världens hittills högsta byggnadskonstruktion är en 629 m hög tv-mast i North Dakota i USA bestående av en linstagad fackverkskonstruktion. Vidare har det framlagts förslag till ett 762 m högt observationstorn i New York.

Vi kan jämföra den 110 våningar och 412 m höga World Trade Center i New York med Sveriges högsta stålhus, Wenner-Gren Center i Stockholm med 25 våningar och 74 m hushöjd. Totala stålvikten i stommen för World Trade Center uppgår till 182 000 ton, vilket kan jämföras med 900 ton i Wenner-Gren Center. Maximalt sysselsattes 7 000 personer samtidigt på byggplatsen för World Trade Center, vilket är en god illustration till det faktum att byggande i stor utsträckning är en fråga om organisation och samordning.

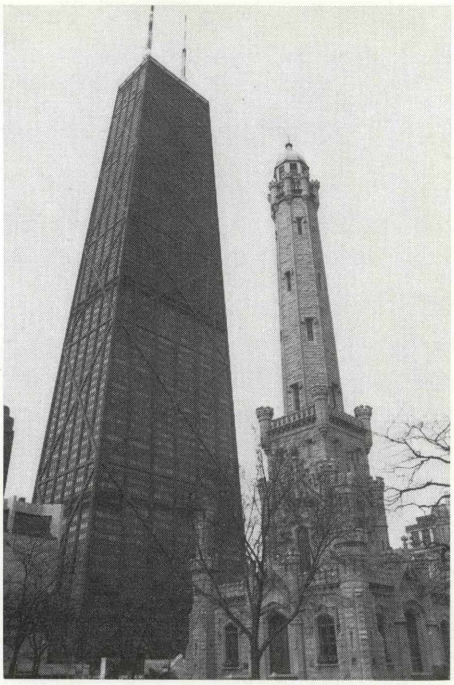
Förutsättningar för den nya generationen jätteskyskrapor har varit datateknikens genombrott med möjlighet till en noggrannare och mer detaljerad analys av bärverket, nya konstruktiva system samt användande av mer höghållfasta stålkvaliteter och effektivare tillverkningsmetoder. Exempel på nya effektiva konstruktiva system är diagonalsystemet för John Hancock Center, det inspända tub- eller rörsystemet för World Trade Center och systemet med kopplade tuber för Sears Building.

Diagonala bärverkssystem som i den 100 våningar höga John Hancock Center i Chicago eller den betydligt lägre nybyggnaden för IBM i Pittsburgh är inget nytt. Redan 100 år tidigare gick man i en fabriksbyggnad för Méniers chokladfabrik 1871—72 på en bro över floden Marne i Frankrike ifrån det då liksom nu förhärskande balkpelarsystemet och utformade bärverket som ett diagonalsystem med snedsträvor av smidesjärn. Méniers chokladfabrik står fortfarande kvar och uppmärksammades speciellt vid 100-årsjubileet 1972.

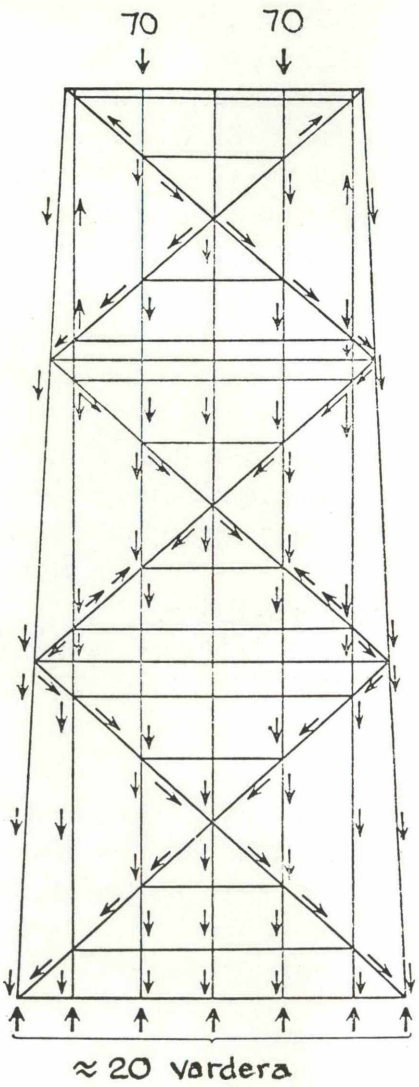
De amerikanska skyskraporna byggdes redan på 1800-talet med mycket smäckra och eleganta stålskelett som man sedan dolde bakom stenfasader. Idag söker vi mer konsekvent ta vara på lättbyggnadsteknikens fördelar och använda lätta fasader liksom lätta mellanväggar och lätta bjälklag i kombination med stålstommen.

En annan tendens i modernt stålbyggande är att man söker exponera den bärande stommen och liksom demonstrera hur den fungerar. Typiska exponenter för den skolan är John Hancock Center med sitt diagonalsystem och US Steel Building i Pittsburg med sin exponerade ihåliga och vattenfyllda stomkonstruktion. En annan skola arbetar med den klassiskt släta fasaden med lackerad byggplåt.

Även i Sverige kom stålbyggnadstekniken tidigt till användning. Både Operan 1898 och det gamla Riksdagshuset 1904 har stomkonstruktion av stål och bjälklag av I-balkar. Ett stort antal kontors-, affärs- och bostadshus uppfördes också i stål i början av 1900-talet.

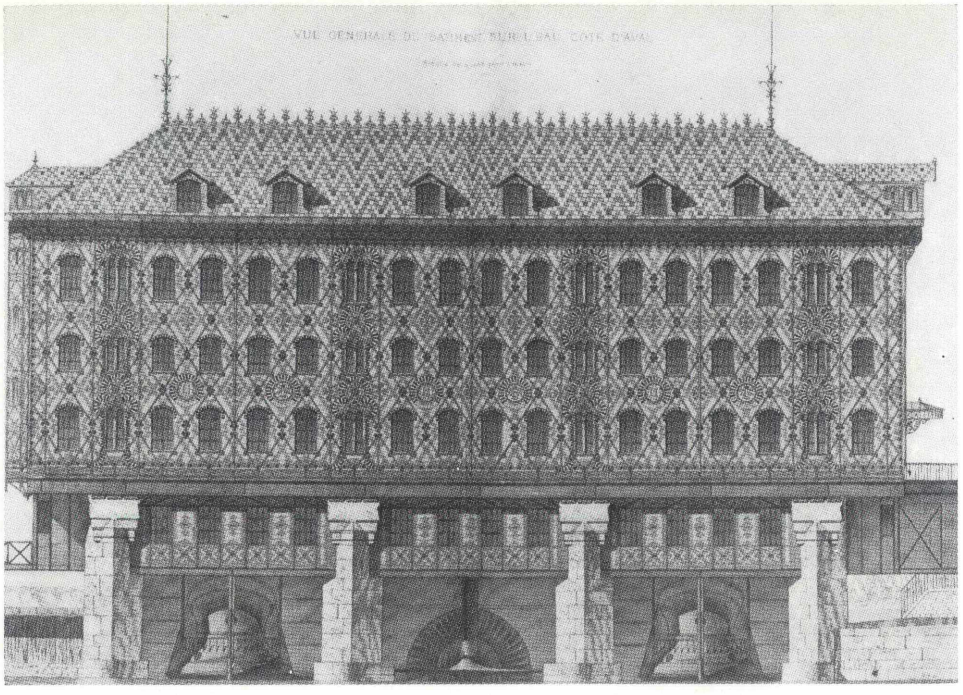


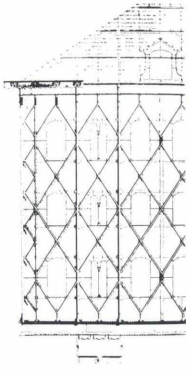
John Hancock Center i Chicago med diagonalt, exponerat bärverk.



Under 1920- och 30-talet tillkom ytterligare stora och uppmärksammade stålhus i Stockholm såsom PUB 1925, Konserthuset 1926, Åhlén & Holm på Söder 1928, Citypalatset 1932, Sportpalatset och Esseltehuset 1934.

I och med andra världskrigets utbrott uppstod brist på stål och stålbyggandet upphörde så gott som helt. Inte förrän på 1960-talet började vi på nytt bygga i stål i Sverige. Det första stora stålhuset efter andra världskriget var Wenner-Gren Center i Stockholm 1960. Stålbyggandet har sedan dess ökat kraftigt och fått allt större betydelse inom allt fler grenar av byggnadstekniken. Idag bygger vi kon-



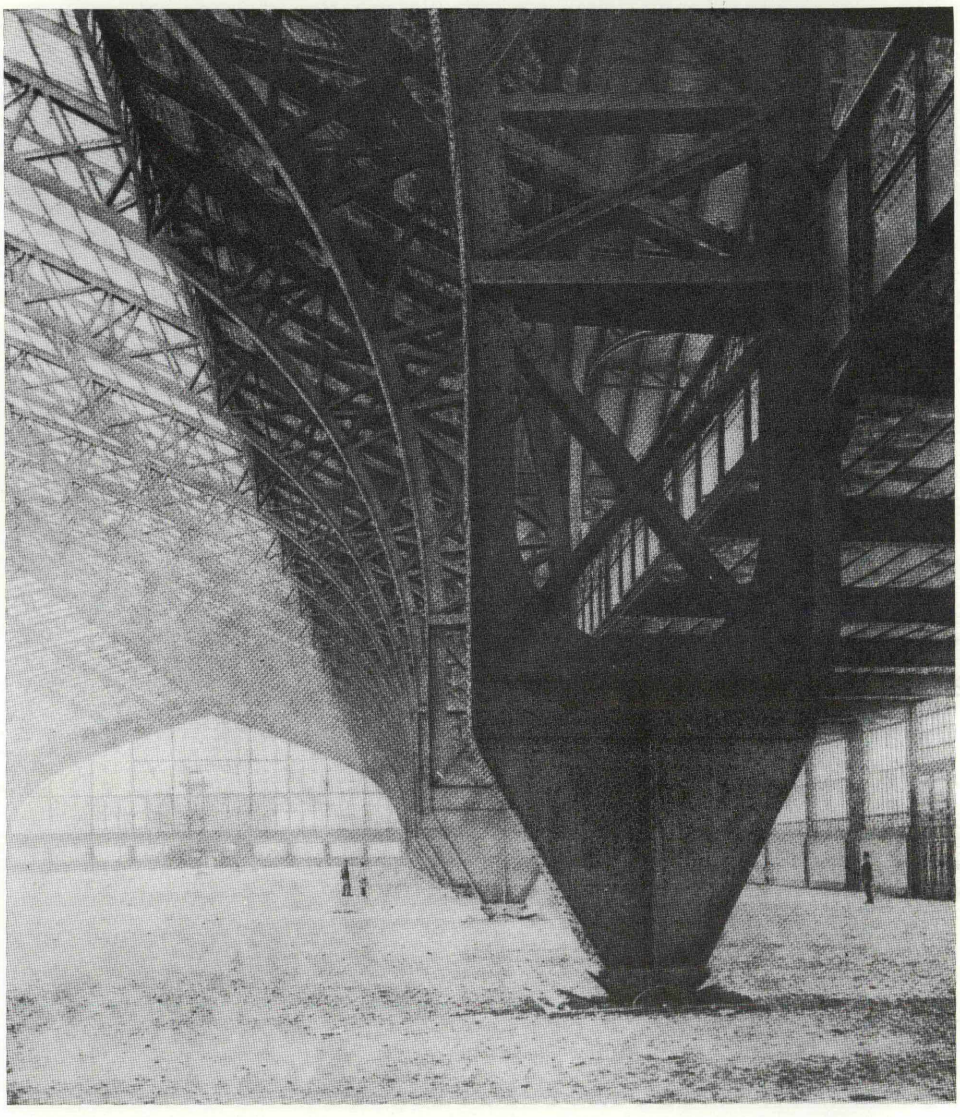


Méniers chokladfabrik i Frankrike med diagonalt och exponerat bärverkssystem 1872 (D Sfintesco, Construction Metallique).

torshus, affärshus, sjukhus, skolor, industribyggnader, sportanläggningar m m med stålskelett. Bland de största och mest uppmärksammade stålbyggena under de senaste åren märks det nya provisoriska Riksdagshuset vid Sergels Torg i Stockholm och Östra Nordstaden i Göteborg.

Stora spännvidder

Man var tidigt på det klara med stålbyggandets möjligheter och fördelar när det gällde att bygga stora spännvidder, såväl för broar som för takkonstruktioner. Med sin hängbro över Menai Strait var Thomas Telford redan 1826 uppe i en spännvidd på 174 m och spännvidder på 3 000 m synes nu möjliga att realisera. Fackverksbågar av järn användes som takkonstruktion över Théâtre Français på 1780-talet och den första järnkupolen började byggas över Halle au Blé i Paris på 1790-talet som ersättning för en tidigare nedbrunnen träkupol. Nitade fackverksbalkar och bågar användes under hela 1800-talet som takkonstruktion där man behövde stora spännvidder såsom utställningshallar, varu- och lagerhallar, järnvägsstationer, exercis- och sporthallar osv. Ett svenskt exempel på en hallbyggnad med



Palais des Machines med 115×410 m pelarfri golvarea uppförd till Parisutställningen 1889 (E Cornell, Byggnadstekniken).

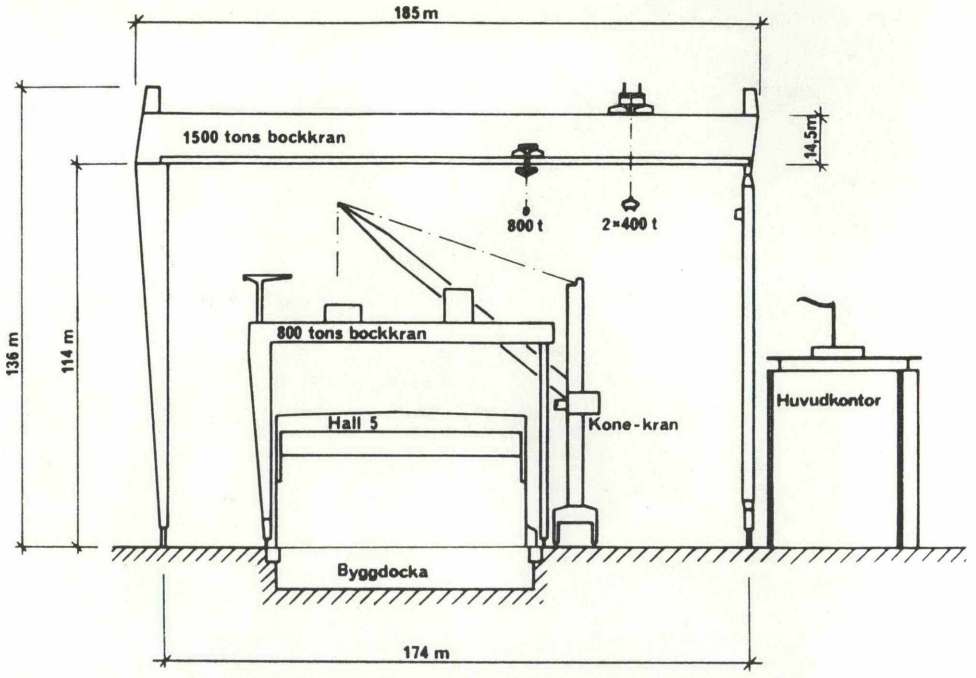
gjutjärnspelare och fackverkstak från 1800-talet är Östermalmshallen i Stockholm.

Den vidaste fribärande takkonstruktionen under 1800-talet finns över den stora utställningshallen Palais des Machines som liksom Eiffeltornet uppfördes till Parisutställningen 1889. Taket av fackverksbågar täckte en pelarfri golvarea på 115×410 m. Takkonstruktionen monterades delvis samman på marken i stora sektioner som lyftes eller restes i läge. Man kunde redan vid slutet av 1800-





Hangar på Arlanda med svetsade takbalkar med 75 m fri spännvidd 1973.



Världens största bockkran byggs 1973 vid Kockums Mekaniska Verkstad i Malmö. Överliggaren utgörs av en 185 m lång och 14,5 m hög svetsad lådbalk.

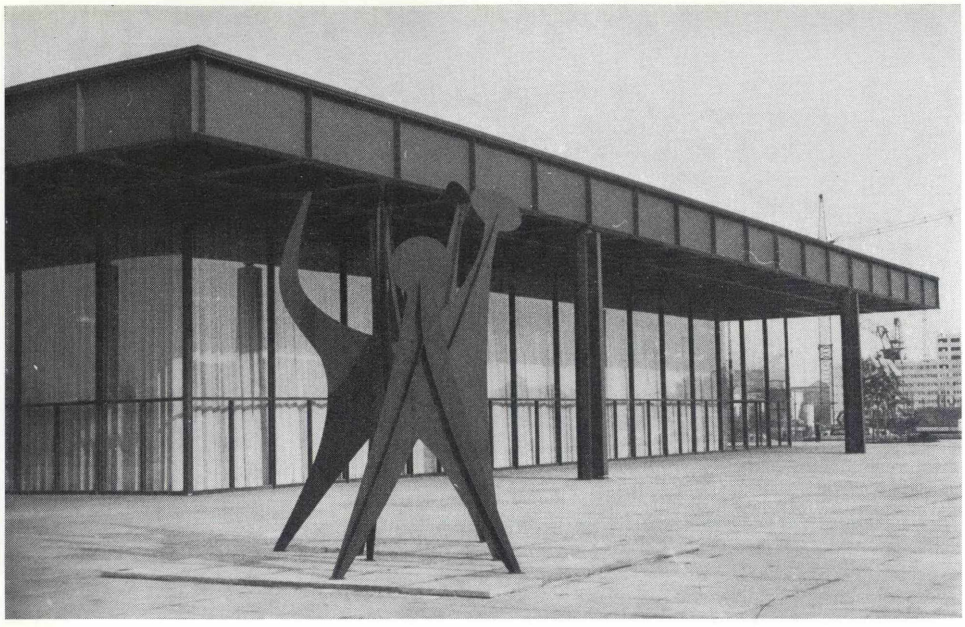
talet bygga mycket stora takspännvidder men konstruktionerna var naturligtvis med den teknik som då stod till förfogande grova och tunga jämfört med dagens konstruktioner.

Möjligheterna till stora spännvidder liksom kravet på lätta, smäckra och eleganta konstruktioner har ökat. Stora takkonstruktioner och stora brospännvidder kan åstadkommas med balkar, fackverk, bågar, kupoler, rymdfackverk och linkonstruktioner.

För en ny hangar på Arlanda använder man fritt upplagda svetsade plåtbalkar med 75 m fri spännvidd. Detta är de längsta fribärande takbalkarna i Sverige och de tillhör också världens längsta takbalkar. Som jämförelse kan nämnas att takbalkarna över Boeings Jumbo Jetfabrik i Californien har spännvidden 91,4 m och består av raka, fritt upplagda fackverksbalkar.

För stora laster och långa balkspännvidder används ofta lådbalkar. Den hittills längsta balkspännvidden, 300 m, finner vi hos Guanabara Bay-bron i Rio de Janeiro som består av en kontinuerlig svetsad lådbalkbro. Föregångaren till de moderna lådbalkbroarna är Britannia Bridge från 1850 med 140 m spännvidd.

För den planerade Öresundsbron mellan Köpenhamn och Malmö räknar man med två stora fria spann över de två segelrännorna. Med

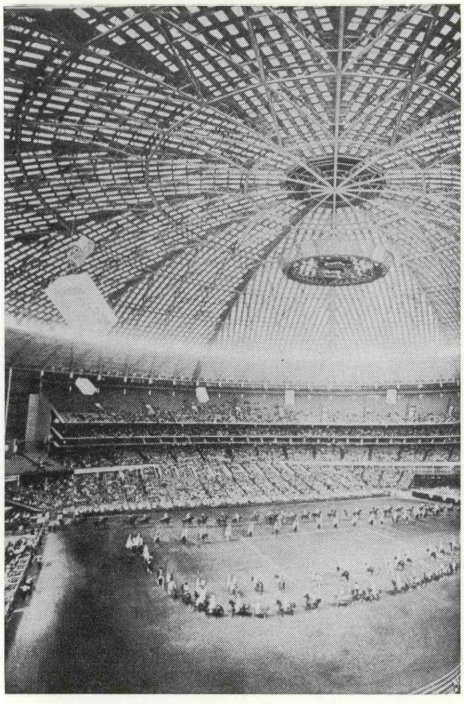


Nationalgalleriet i Berlin med fribärande tak i form av en balkgallerplatta.

hänsyn till kommande flygtrafik på Saltholm vill man inte ha en hög konstruktion med pyloner eller bågar. Bron planeras därför som en balkbro med vardera tre kontinuerliga spann med de ungefärliga spännvidderna 185+330+185 m respektive 135+240+135 m över de två segelrännorna. För tillfartsspannen räknar man med betydligt kortare spännvidder på 70 till 90 m. Huvudspannen beräknas bli utförda som svetsade lådbalkar av stål. Maximispannet 330 m skulle innebära nytt spännviddsrekord för balkar. Den teoretiska spännvidden rör sig här om över 1 200 m.

Vid Kockums Mekaniska Verkstad i Malmö byggs 1973 världens största bockkran med spårvidden 174 m, lyfthöjden 105 m och lyftkapaciteten 1 500 ton. Överliggaren utgörs av en 185 m lång och 14,5 m hög svetsad lådbalk belägen 130 m över mark. Detta är därmed en av världens största lådbalkar.

Större spännvidder än med balkar kan åstadkommas med bågar. Bågtak av fackverksbågar med upp till 80 m spännvidd har bland annat använts för att bygga över flera ishallar. För ett projekt till en fotbollsarena i Köln för fotbolls-VM 1974 har föreslagits en överbyggnad hängande i en stålbåge med 220 m spännvidd. Spännviddsrekordet för bågbroar innehas sedan 1931 av fackverksbågbron Kill



Astrodome i Houston, Texas med fribärande kupoltak med 195 m basdiameter.

van Kull i New York med 504 m. Bland stålbågbroar med helt liv har Fremontbron i Oregon 1971 den längsta spännvidden med 383 m. Teoretiska spännvidden för stålbågar uppgår till över 1 500 m.

Stora fribärande takkonstruktioner kan realiseras med tvådimensionella ytbärverk av typen balkgaller eller rymdfackverk. Takkonstruktioner av denna typ med ca 100 m spännvidd har utförts. Exempel på en elegant balkgallerplatta med 65×65 m pelarfri takarea är Mies van der Rohes Nationalgalleri i Berlin och exempel på rymdfackverkstak är en ny mässhall i Berlin och huvudpaviljongen vid världsutställningen i Osaka. Teoretiska pelarfria avståndet för konstruktioner av denna typ rör sig om 500—1 500 m. Ett visionärt projekt är arkitekten Yona Friedmans idé för övertäckning av delar av Paris med en rymdfackverksstad.

Kupoler kom tidigt till användning för övertäckning av stora runda takytor. Den första järnkupolen uppfördes över det stora brödsädsmagasinet Halle au Blé i Paris. Kupolen invigdes 1811 och står kvar än i dag. Halle au Blé har följts av allt större och större järn- och stålkupoler för olika typer av byggnader såsom kyrkor, utställningshallar, sporthallar samt industri- och lagerbyggnader.

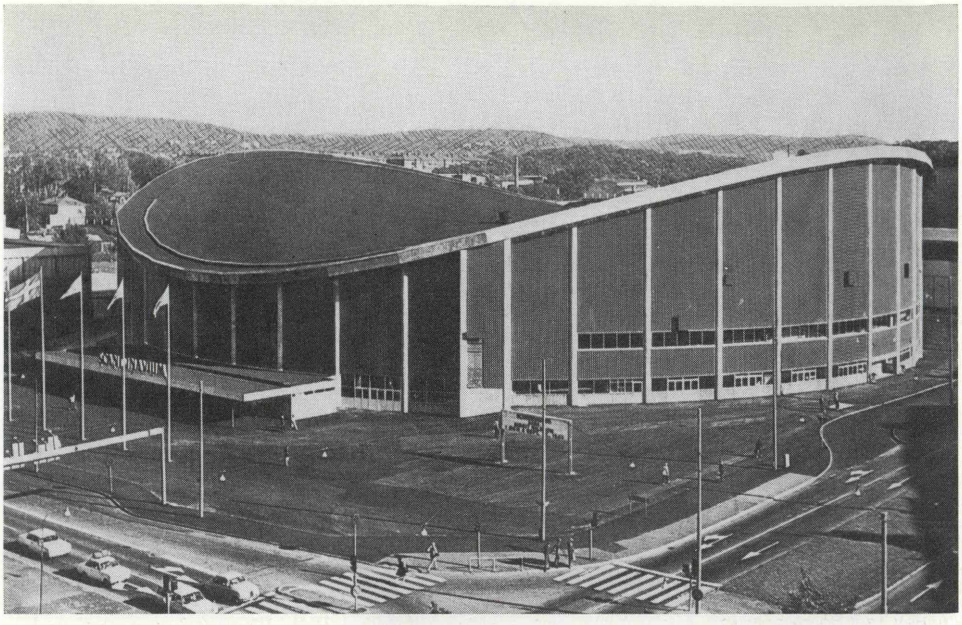
Den hittills största stålkupolen är den nyligen färdigställda Superdome över en basebollarena i New Orleans, Louisiana. Kupolen täcker en pelarfri cirkulär golvarea med basdiametern 207 m. Superdome och den 12 m mindre och några år äldre Astrodome i Houston, Texas är uppbyggda av krökta fackverksbågar med tryckring i centrum, dragband runt periferin och förstyvande sekundärkonstruktion på i princip samma sätt som cisterntaken till vanliga oljecisterner.

Andra sätt att utföra stora kupoltak eller skal är i form av dubbelkrökta ytfackverk eller rymdfackverk. Ett exempel på detta är den så kallade geodetiska kupolen Baton Rouge i Louisiana. Buckminster Fuller har föreslagit ett projekt för övertäckning av delar av Manhattan med en geodetisk kupol med basdiametern 3 km. Det största kupoltaket i Sverige finns över en utställningshall för Volvo i Göteborg. Volvohallen från 1968 är uppbyggd av två mot varandra vinkelräta system av parabelbågar av rörelement i form av ett dubbelkrökt ytfackverk. Basytan är kvadratisk med måtten 42×42 m. Den teoretiska spännvidden eller basdiametern för kupoltak rör sig om storleksordningen 10 000 m.

Med linor eller kablar kan man realisera stora spännvidder med lätta och smäckra bärande konstruktioner. Linkonstruktionerna utförs dels i form av hängande konstruktioner och dels i form av förspända linbalkar, linfackverk och linnät.

Förspända lintak enligt det svenska system Jawerth har blivit mycket uppmärksammade över hela världen. Taket över Johanneshovs Isstadion är byggt med linbalkar av denna typ med en spännvidd på 83 m. Sveriges största fribärande takyta finner vi över Scandinavium i Göteborg. Takkonstruktionen består där av ett förspänt ortogonalt dubbelkrökt linnät med svagt elliptisk form och ungefär 108 m diameter inspänt i en massiv tryckring. Till lätta takkonstruktioner hör lätt taktäckning bestående av en takskiva av trapetsprofilerad plåt, värmeisolering och ett tätskikt av papp eller rostfri tunnplåt. De förspända dubbelkrökta linnäten kan utföras upphängda i pelare och med godtycklig form. Det mest kända exemplet på detta är taket över Olympiastadion i München 1972.

Hängbroarna har svarat och svarar alltjämt för de största spännvidderna. Spännvidden har vuxit från Thomas Telfords hängbro över Menai Strait med 174 m spännvidd 1826 via John Roeblings järnvägsbro över Niagarafallet 1855 med 317 m spännvidd och Brooklyn Bridge i New York 1893 med 486 m spännvidd till O H Ammanns

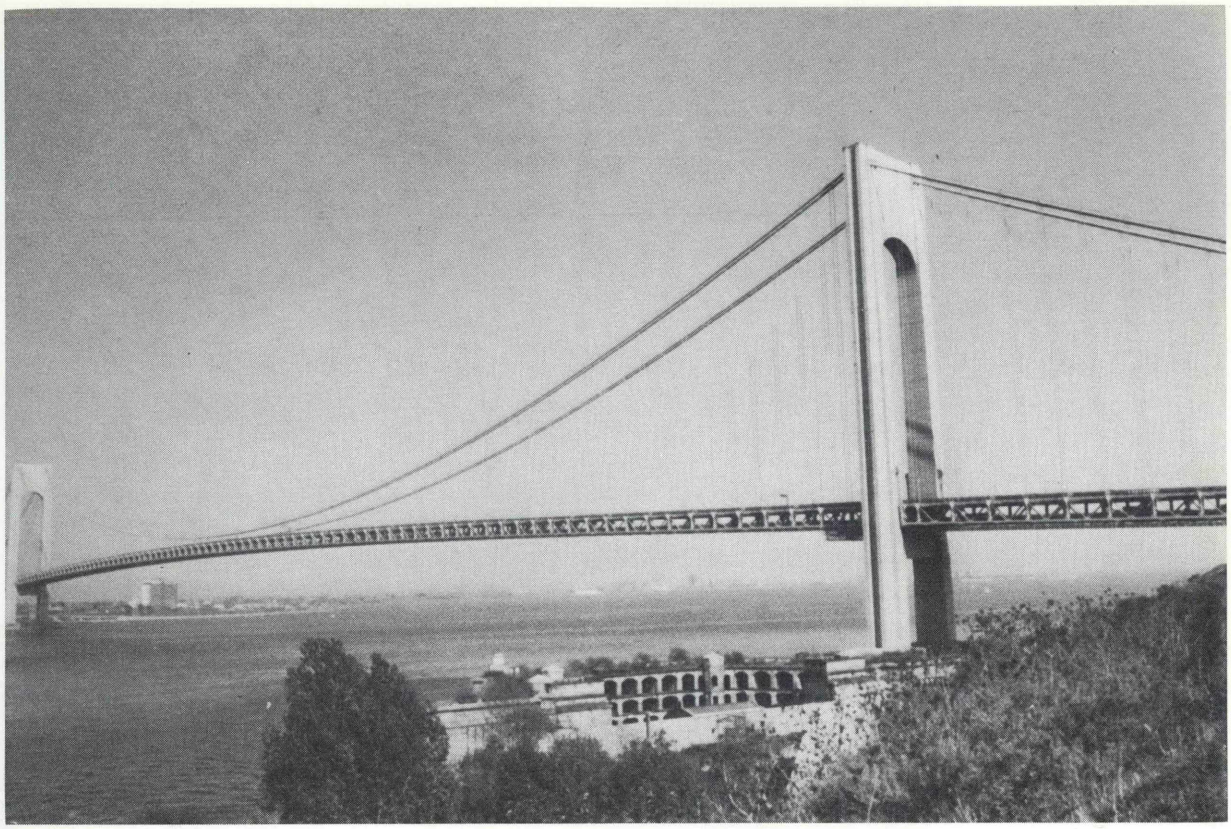




Scandinavium i Göteborg med förspänt dubbelkrökt lintak, Sveriges största fribärande takyta med ungefär 108 m diameter.

George Washington Bridge i New York 1931 med 1 067 m spännvidd och Golden Gate Bridge i San Francisco 1937 med 1 280 m spännvidd. Spännviddsrekordet innehas sedan 1964 av Verrazano Narrows Bridge i New York med 1 298 m.

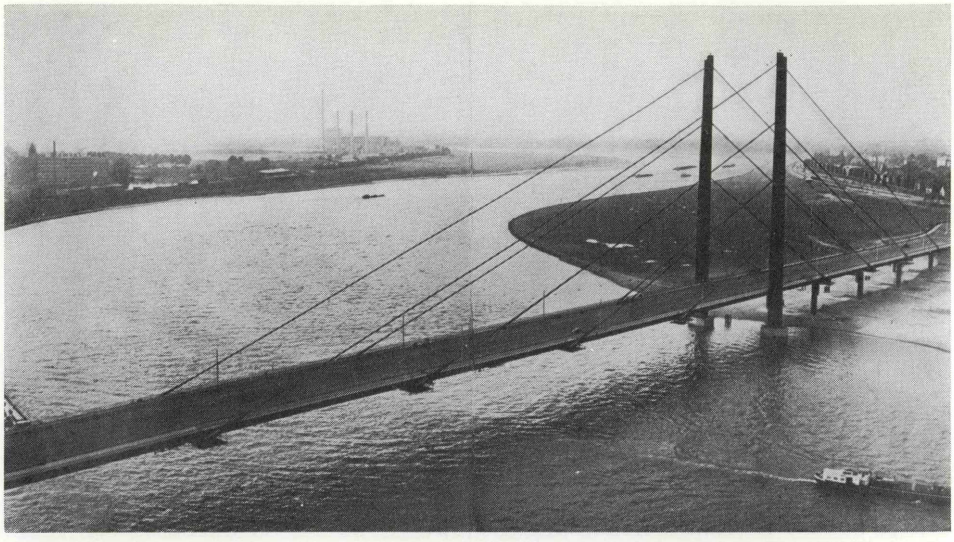
Men detta kommer snart att passeras av Humber Estuary Bridge i England med spännvidden 1 410 m. I Japan finns vidare hängbro-



Världens hittills längsta brospann, Verrazano Narrows Bridge i New York med 1 298 m spännvidd 1964.

förslag med 1 500 m spännvidd. Även spännvidder på 3 000 m är fullt möjliga att realisera. I en förslagspristävlan för en bro över det 3 km breda Messinasundet mellan Sicilien och italienska fastlandet segrade ett hängbroförslag av italienaren Sergio Musmeci med 3 000 m spännvidd och en 600 m hög pylon på vardera stranden. Skulle detta projekt realiseras innebär det mer än en fördubbling av nu gällande spännviddsrekord. Anledningen till att man här valt denna extremt långa spännvidd är de mycket vanskliga grundläggningsförhållandena i Messinasundet.

Tidigare utfördes brobalkarna i hängbroarna som öppna fackverk där vinden kunde blåsa igenom konstruktionen så att man skulle få mindre vindkrafter. Under 1960-talet har man dock börjat utforma brobanebalken som en strömlinjeformad låg lådbalk, i princip som en flygplansvinge, för att därmed minska vindkrafterna. Principen

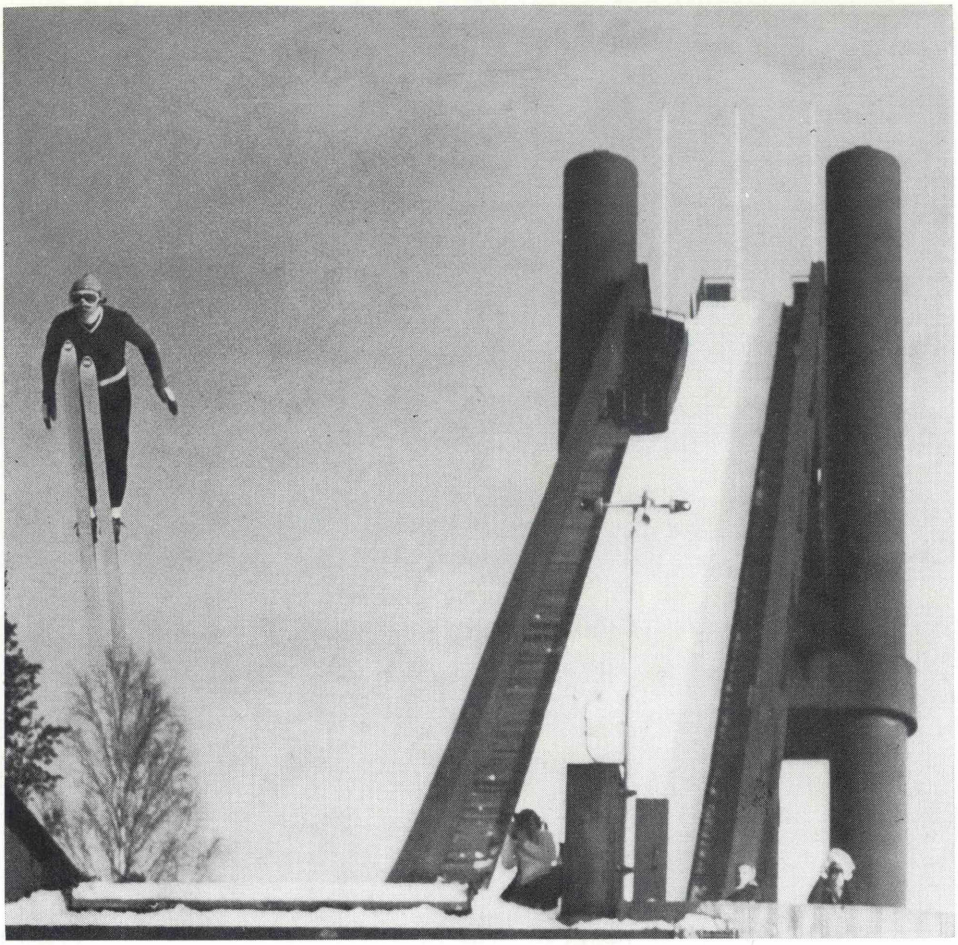


Knee Brücke över Rhen i Düsseldorf 1969, en av världens hittills största och modernaste snedkabelbroar med spännvidden 320 m i ett halvspann.

utvecklades i England för Severnbron mellan England och Wales 1966 med spännvidden 988 m. Skandinaviens längsta brospann, den nya Lilla Bältbron i Danmark 1970 med spännvidden 600 m, är också en hängbro med aerodynamiskt utformad lådbalk. Sveriges längsta brospann, Älvsborgsbron i Göteborg 1966 med spännvidden 418 m, är däremot utförd med öppen fackverksbalk.

Linbroar kan också utformas med sneda bärkablar som bär upp brobanan från ett eller flera torn. En föregångare till de moderna snedkabelbroarna är den berömda Albert Bridge i London 1874. Kablarna utgörs här av kedjor och tornen av gjutjärn. En ännu äldre föregångare till dagens snedkabelbroar är en liten gångbro i en park i Sydafrika. Tornen är gjutna i England 1857 och snedkablarna utgörs av runda massiva stänger. En av de första moderna snedkabelbroarna i världen är Strömsundsbron i Jämtland från 1954 med maximispännvidden 102 m. Strömsundsbron är dock huvudsakligen en förkrigskonstruktion.

Snedkabelbroarna har utvecklats mycket snabbt under 1960-talet och är nu den dominerande brotypen för bland annat nya Rhenbroar. Snedkabelbroarna kan utföras med parallella I-balkar eller med slutna lådbalkar och kablarna kan arrangeras på olika sätt. Spännvidderna har hittills legat mellan 200 och 350 m, men betydligt längre spann har projekterats och kan åstadkommas. Den i princip



Hoppbacke i Falun med överbacken av rosttrögt stål.

hittills längsta snedkabelbron är Knee Brücke över Rhen i Düsseldorf från 1969. Detta är en osymmetrisk ensidig snedkabelbro med en pylon och ett huvudspann på 320 m. Med ett symmetriskt utförande med två torn skulle detta halvspann svara mot ett mittspann på ca 650 m. För en broförbindelse över Stora Bält har föreslagits en snedkabelbro med 550 m maximispännvidd. Man väntar sig att snedkabelbroarna i framtiden kommer att ta över en allt större del av brospannen upp till 600—800 m från de mindre och medelstora hängbroarna.

En husbyggnadsteknisk parallell till snedkabelbroarna finner vi i den nybyggda sim- och sporthallen i vintersportstadion i Falun. Taket bärs av en utvändig stödbock i rosttrögt stål samt en linunderstödd



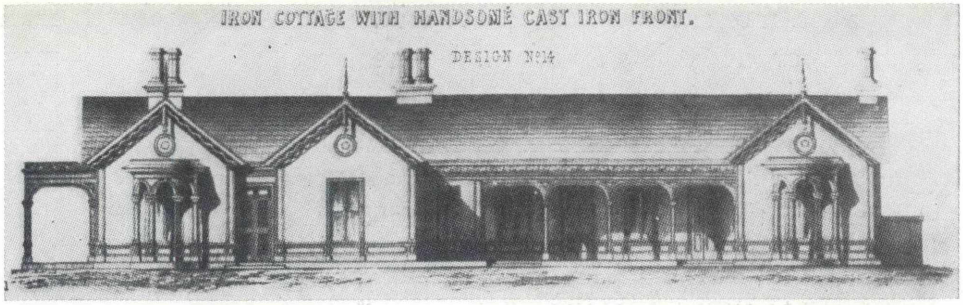
Lager av fabrikstillverkade järnhus hos firman Clift House i Bristol 1854 (E Cornell, Byggnadstekniken).

100 m lång svetsad primärbalk. Primärbalken är upplagd på pelare i ändarna samt däremellan understödd av sneda linor till stödbocken. I Falun har man också byggt hoppbackarna i rosttrögt stål.

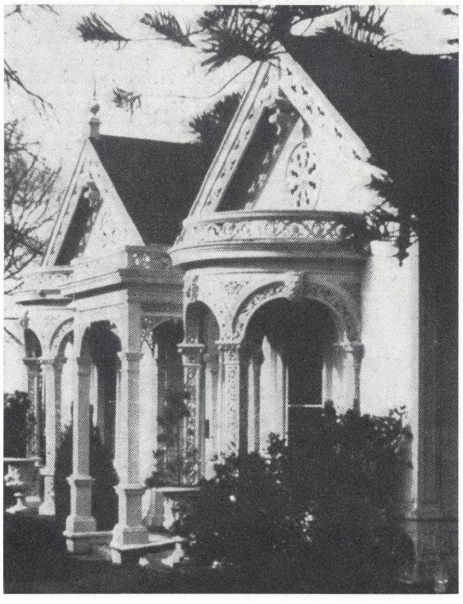
Industriellt serietillverkade bostäder

Fabrikstillverkade monteringshus av järn framställdes seriemässigt i England och Skottland redan vid mitten av 1800-talet. Husen var uppbyggda av gjutna ramar och tunnplåt med träpanel på insidan. Järnhusen förekom i en, två och tre våningar. Man tycks redan på 1850-talet ha haft en viss export av järnhus, och tillverkarna hade lager och utställningsområden med olika hustyper uppmonterade. Man byggde inte bara villor på detta sätt utan även flervåningshus, affärer, skolor och kyrkor.

Ett av de mest berömda exemplen i det prefabricerade byggandets historia är Corio Villa i Geelong i Australien. Coriovillan, som är helt uppbyggd av fabrikstillverkade monteringsfärdiga gjutjärnselement, tillverkades i Skottland omkring 1855 och uppfördes i Geelong något år senare. Villan anlände i delar till Geelongs hamn utan angivande av vare sig mottagare eller avsändare. Efter någon tids förvaring i stadens tullmagasin såldes den till en ortsbo som utan monteringsanvisningar och ritningar lyckades resa villan. Coriovillan



Coriovillan enligt ursprungliga ritningar (G Herbert, Architectural Review nr 916, 1973).



Coriovillan i Geelong, Australien (G Herbert, Architectural Review no 916, 1973).

står kvar än i dag på samma plats där den först restes. Konstruktör och tillverkare för Coriovillan har spårats till ingenjörerna Bell och Miller i Glasgow resp Charles D Young & Co Gjuterier i Edinburgh. Den ursprungliga beställaren var en kolonialofficer som dog innan villan anlände. Man har även spårat vad man tror vara de ursprungliga ritningarna till Coriovillan. Villan och ritningarna uppvisar en del avvikelser, vilket naturligtvis beror på att den monterades utan ritningar och utan att montörerna sett någon förebild.

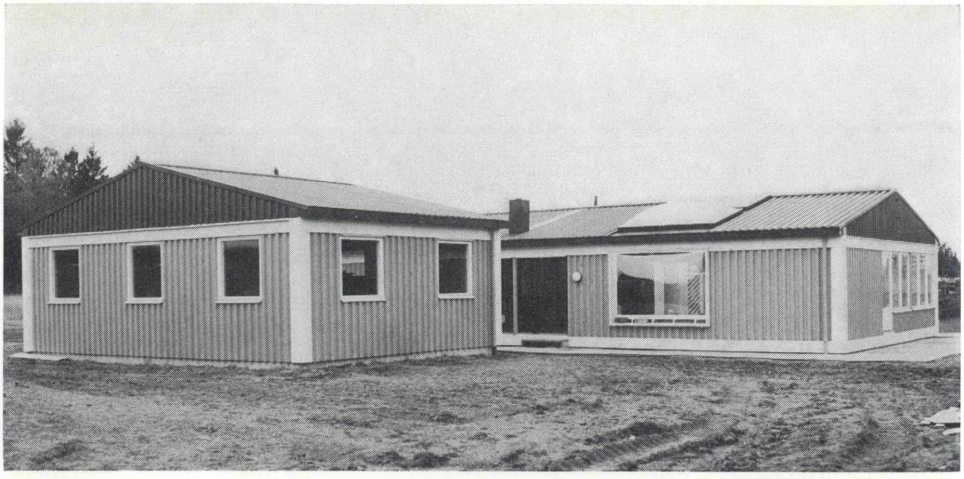
Efter första världskriget rådde liksom efter andra världskriget svår brist på bostäder på många håll. I England utvecklades vid denna tid nya typer av fabrikstillverkade villor i stål. Mest kända var Braithwaites och lord Weirs villor. Villorna sammansattes av färdiga delar

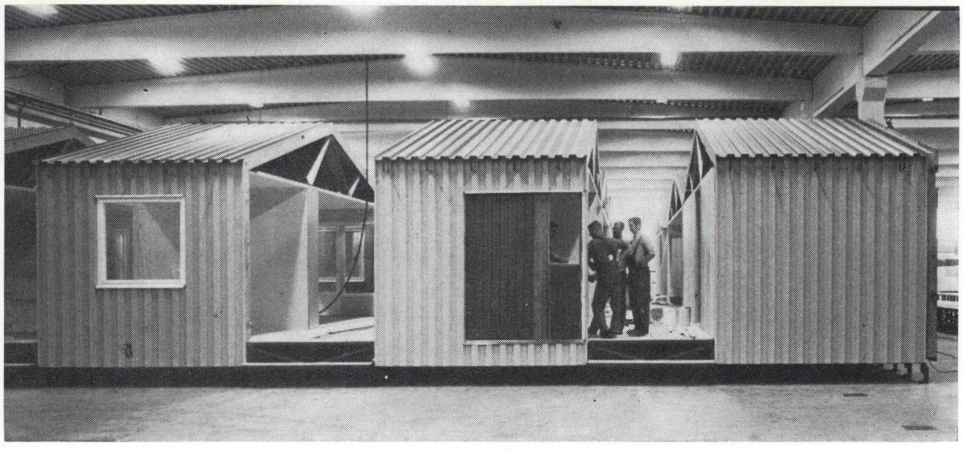
till lämpliga monteringsenheter på fabrik. Leveranskapaciteten från en fabrik var ca 10 hus i veckan. Montering skedde av 6—8 man på 1—2 veckor. De enda verktyg som behövdes för monteringen var hammare, skruvmejsel och skruvnyckel. I Braithwaites hus saknades bärande stolpar. I stället var ytterplåten bärande genom att kanterna var pressade till flänsar som tillsammans med anslutande flänsar bildade bärverk och stödkonstruktion för innerpanelen. Uppvärmning skedde i Braithwaites hus genom varmluft som uppvärmdes runt skorstensröret och sedan fick cirkulera i kanaler i tak och väggar.

Det kan vara intressant att notera kostnaderna för de engelska stålhusen från 1920-talet. En enkelvilla kostade ca 400 £. Detta var väsentligt billigare än andra hustyper och därtill hade byggnadstiden reducerats till ett minimum. I Sverige skulle kostnaderna 1925 blivit ca 10 000:—. Kostnaden per kg stål beräknades till 45—50 öre inklusive montering och målning.

Ett modernt svenskt exempel på en industriellt serietillverkad villa i stål är Functurahuset eller Jungavillan. Denna är helt uppbyggd av kallformad, trapetsprofilerad förzinkad och plastbelagd stålplåt utan bärande stomme. Huset består av ett antal lika sektioner med golvarean 9×3 m eller 27 m². Dessa sektioner är helt fabrikstillverkade och levereras kompletta med installationer, vägg- och golvbeklädnad, skåp, köks- och toalettutrustning etc till uppställningsplatsen. Ett hus består av fyra, fem, sex eller fler sektioner. Två sektioner är gavelsektioner och en sektion våtsektion med kök, toalett och badrum. De bärande ytterväggarna utgörs av en sandwichkonstruktion med två trapetsprofilerade plåtar och mellanliggande värmeisolering. Uppvärmning sker genom cirkulation av varmluft i de kanaler som bildas av den trapetsprofilerade plåten. Functura-huset är en mycket lätt konstruktion. Ett femsektionershus på 135 m² väger inte mer än 20 500 kg helt komplett. Huset levereras nyckelfärdigt och monteras av 3—4 man på ett par dagar. Med Functura-huset har de monteringsfärdiga husen som sammansätts av fabrikstillverkade linjära och tvådimensionella element ersatts av kompletta stora volymelement. Functurahuset har hittills levererats i ca 400 exemplar, och tillverkning har också påbörjats utomlands.

Ett annat exempel på ett svenskt fabrikstillverkat nyckelfärdigt volymelement är Cervina badrums- och toalettenhet. Denna är helt uppbyggd av tunnplåt och väger komplett med rörinstallationer och sanitetsporslin inte mer än 1 000 kg. Cervinabadrummet har ännu





Industriell serietillverkning av villor i stålplåt vid Junga Verkstäder 1971.

inte fått någon större användning i Sverige men har däremot sålts i många 1000-tals exemplar utomlands.

Inom Gränges har ett komplett bostadsbyggnadssystem för såväl flervåningshus som villor utvecklats baserat på volymelement av tunnplåt. Systemet är helt flexibelt och samma volymelement kan användas både för flervåningshus och villor. Man kan också demontera och flytta elementen och bygga om flervåningshus till villor eller radhus allteftersom bostadsönskemål och värderingar förändras. Systemet bygger på industriell serieproduktion i stora serier men har ännu inte satts i produktion.



Planskild gatukorsning i Berlin monterad under en natt utan inskränkningar i trafikutrymmet under byggnadstiden.

Monteringsfärdiga broar

Monteringsfärdiga och demonterbara standardiserade stålbroar för planskilda korsningar över trafikleder och motorvägar har utvecklats i bland annat Tyskland. Brosektionerna tillverkas i verkstad och montering sker som kranmontering eller fribärande lansering. Utbyggnaden kan ske snabbt och utan eller med endast begränsade inskränkningar i trafikutrymmet under byggnadstiden. Månads- och halvårslånga avstängningar av körfiler, provisoriska körvägar samt långa köer kan undvikas. De monteringsfärdiga standardiserade stålbroarna är vidare demonterbara och kan flyttas och återanvändas på annat håll om trafikförhållandena ändras.

I Berlin monterades en planskild gatukorsning över en av de livligast trafikerade trafikknutpunkterna under en natt mellan en lördag och söndag utan avspärrningar eller inskränkningar i trafikutrymmet under byggnadstiden bortsett från en natts avstängning. Fundament och stöd hade färdigställts i förväg och beläggning och avslutande arbeten utfördes på den monterade stålbron utan att inkräkta på trafikutrymmet.



Richerts gatubroar över kanalen vid Östra Hamngatan i Göteborg från 1860 (Göteborgs Historiska Museum).

I Stockholmsområdet har ett antal förtillverkade monteringsfärdiga gångbroar uppförts under de senaste åren. Över den hårt trafikerade Solnavägen vid Karolinska Sjukhuset monterades en gångbro under några nattetimmar utan avstängningar eller andra störningar av trafiken under byggnadstiden. Bron är fribärande utan mellanstöd, spännvidden är 32 m och vikten 20 ton. Vi kan jämföra detta med Ironbridge från 1779 där spännvidden är 30 m och vikten 378 ton. Ironbridge är dock något bredare och dimensionerad för häst och vagn. Idag är den dock endast öppen som gångbro. Vid Huddinge gymnasieskola söder om Stockholm monterades en annan monteringsfärdig standardgångbro också under en natt utan störningar för trafiken.

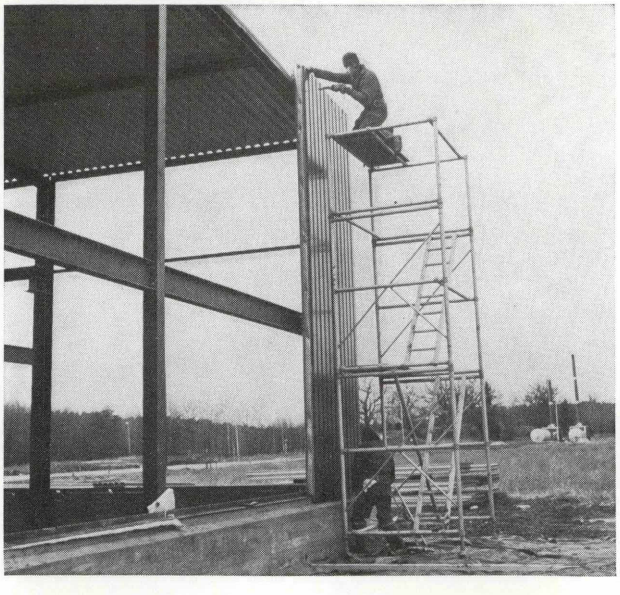
En föregångare till de monteringsfärdiga standardiserade stålbroarna är Richerts serie gatubroar från omkring 1860 över den nu igenlagda kanalen vid Östra Hamngatan i Göteborg. Broarna som alla var lika var förtillverkade i verkstad och monterades på i förväg färdigställda fundament.

Lätta konstruktioner

Lätta konstruktioner och lätta byggsystem är aktuella önskemål och krav inför framtidens byggande. Produkter för lätt byggande har också ökat mycket starkt under den senaste 10-årsperioden. Ökningen har varit så markant att man kan tala om en tyst revolution för lätt byggande.

En stålstomme är alltid betydligt lättare än en massiv gjuten eller murad stomme. För flervåningshus kan totala husvikten med stålstomme röra sig om ca två tredjedelar av husvikten med platsgjuten stomme med bärande väggar. Med lätta konstruktioner uppnås vidare sekundära fördelar såsom enklare grundläggning, lättare transporter, större färdiga enheter, lättare lyft och mindre kranutrustning. De lätta byggsystemen blir också snabbare och mer flexibla.

Det är dock inte bara stommen som ska vara lätt utan man bör konsekvent utnyttja lätta system för ytter- och innerväggar, tak, bjälklag osv. Med tillkomsten av den kallformade belagda tunnplåten har man fått ett nytt viktigt material för lätta konstruktioner, vare sig plåten används i plan eller profilerad form eller som kassetter. Den så kallade byggplåten har också haft en mycket stark utveckling under den senaste 10-årsperioden. Enplans hallbyggnader med lätt stålstomme och med tak och väggar av trapetsprofilerad tunnplåt uppskattas idag svara för ungefär hälften av nyproduktionen av industri- och lagerbyggnader och profilerad tunnplåt är vidare den dominerande takkonstruktionen för alla typer av hall-



Montering av kompletta fabrikstillverkade ytterväggselement av tunnplåt med mellanliggande värmeisolering och färdiga ytskikt.

byggnader. Med en sandwichkonstruktion bestående av två plana eller profilerade plåtskivor med mellanliggande värmeisolering får man ett mycket lätt ytterväggselement. Dylika sandwichelement av plåt och plast eller mineralull tillverkas numera industriellt i Sverige. Ett annat lätt stålelement som fått stor betydelse under senare tid är kallpressade eller på annat sätt kallformade tunnplåtsprofiler som används som regelstommar för lätta mellanväggselement samt som lätta takåsar och ytterväggsreglar. Andra lätta byggnadsmaterial som ökat kraftigt är lätta gipsmellanväggar samt lätta värmeisolerings- och brandisoleringsmaterial.

Med lätta konstruktioner kan man framställa större, helt monteringsfärdiga element på fabrik vare sig det rör sig om bärande element, ytavskiljande element eller hela volymelement. Man räknar också med en betydande ökning av lätta yt- och volymelement i framtiden. Exempel på lätta fabrikstillverkade volymelement i tunnplåt är Jungavillan samt Cervina badrumsenheter.

Strävan efter lätta konstruktioner och lätta byggsystem är inget nytt. Redan i början av 1800-talet utförde man gjutjärnskolonnerna ihåliga för att spara vikt och material. En efterföljare till de slutna ihåliga gjutjärnskolonnerna är de slutna ihåliga pelarprofiler som används idag, vare sig de är runda eller fyrkantiga, svetsade eller valsade. Redan på 1850-talet användes både plan och profilerad tunnplåt som fasadmaterial, låt vara att den inte var av samma typ som den moderna byggplåten. Lätta takkonstruktioner med fackverksbalkar och bågar, t ex de välkända Polonceautakstolarna hade vidare stor användning under hela 1800-talet.

Inom det byggnadstekniska brandskyddet för stålbärverk har en mycket viktig teknisk utveckling ägt rum under den senaste 10-årsperioden, icke minst i vårt land. Förr kringgjöt eller murade man in bärande stålkonstruktioner som skydd mot brand. Detta resulterade i tunga och skrymmande konstruktioner. Idag använder man tunna, lätta och lättapplicerade brandisoleringsmaterial. En okonventionell och exklusiv brandskyddsmetod har bland annat tillämpats för U S Steels nya 64 våningar höga kontorsbyggnad i Pittsburgh. Bärverket utgörs av slutna ihåliga pelare och balkar fyllda med cirkulerande vatten. Det cirkulerande vattnet fungerar som brandskydd och kyler stommen i händelse av brand inuti byggnaden. För att förhindra frysning vintertid har man tillsatt antifrysmedel till vattnet precis som i kylaren till en bil. Det kan vara intressant att notera att det

finns ett patent från 1884 på brandskydd av stålstommar med cirkulerande vatten. Det tog dock 85 år innan principen för första gången kom att tillämpas i verkligheten.

Flexibilitet

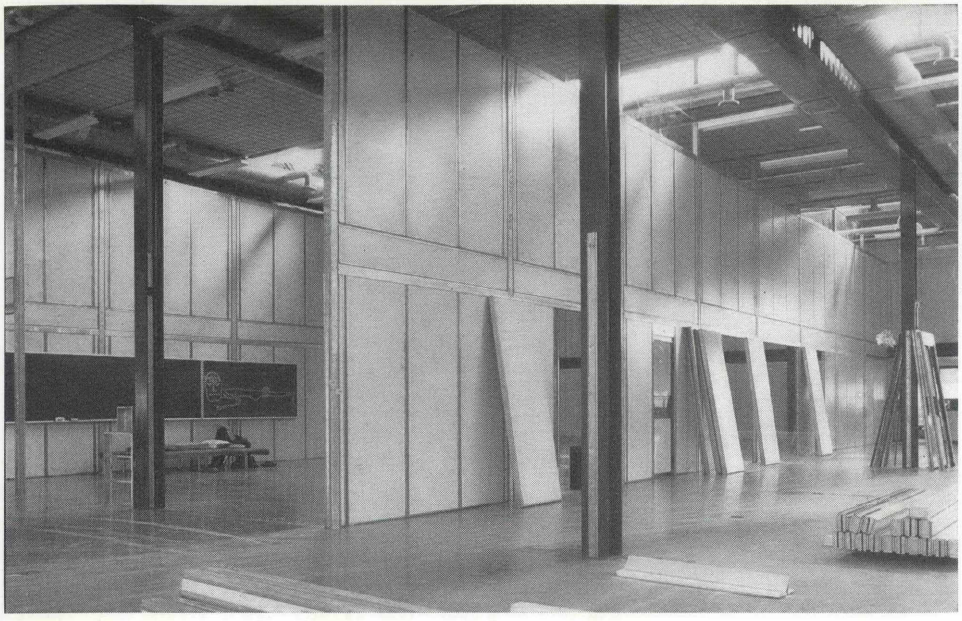
I dagens föränderliga värld har ett nytt krav tillkommit på byggnader och byggnadsstommar, nämligen kravet på flexibilitet. Vi har här en påtaglig skillnad mot tidigare generationers statiska samhälle och statiska byggnader med nästan obegränsad livslängd och med i huvudsak samma användning under hela livstiden. En byggnad har lång livslängd och representerar en stor investering. Man vill i framtiden kunna använda byggnaden för andra ändamål än de för vilka den idag konstrueras och byggs utan eller med ett minimum av ändringar. Man vill med andra ord ha flexibla eller generella byggnader.

Stålstommen erbjuder en hög grad av flexibilitet genom sitt öppna pelar-balksystem utan bärande väggar samt genom de enkla sammanfogningsmetoderna svetsning och skruvförband. Framtida ändrad användning eller ombyggnad underlättas härmed och man har här ett stort extra plusvärde som dock sällan får komma till uttryck i kostnadskalkylerna på investeringsstadiet.

Den öppna stålstommen innebär också stor frihet för rumsindelning och kommunikationer liksom för installationer och ledningsdragning. Man behöver inte befara att råka ut för att man måste bila upp bärande väggar och lägga igen gamla öppningar vid ändringar i installationssystemet. För projekt med hög installationskomplexitet och där den tekniska utvecklingen går snabbt, t ex sjukhus, har man erfarenhet av att ändringar och ingrepp i bärande väggar under byggnadstiden kan ge lika stora extrakostnader som vad hela stålstommen skulle kosta i ett alternativt utförande i stål. Även detta kommer sällan med i kostnadsvärderingarna.

Till flexibiliteten hör också den frihet man har under projekteringsstadiet. För Linköpings högskola utnyttjades stålstommens flexibilitet för att projektera och bygga husen innan lokalprogrammet ännu var fastlagt. Stålstommen är uppbyggd enligt ett strängt modulsystem och av ett begränsat antal enheter som förekommer i långa serier. Alla mellanväggar är flyttbara och lokalerna kan disponeras om för olika ändamål från en termin till en annan, vilket också i stor utsträckning skett under uppbyggnadsskedet.

Linköpings högskola är uppbyggd som en mycket stor enplans hallbyggnad med generell stomme och flexibla användningsegenska-



Linköpings Högskola, montering av lätta, flyttbara mellanväggar i den generella byggnadsstommen.



Fabriksbyggnad för IBM i Järfälla under uppförande. Utan inredning kan det vara svårt att skilja fabriksbyggnaden i Järfälla och högskolebyggnaden i Linköping.

per. Man kan jämföra högskolebyggnaden med en stor fabriksbyggnad för IBM i Järfälla. När man enbart ser stommen utan inredning och möblering kan det vara svårt att avgöra vilken som är fabrik och vilken som är högskola. Hos IBM i Järfälla är för övrigt en del av byggnaden kontor med två våningar och en del fabrik i ett plan. Men stommen är generell och kontorsdelen kan växa in i fabriken eller omvänt allteftersom behoven anmäler sig.

Standardiserade lätta enplans hallbyggnader i stål och plåt ursprungligen utvecklade och avsedda för industri- och lagerbyggnader har fått stor användning också för andra ändamål såsom utställningshallar, sporthallar, skolor, affärslokaler, sjukhus, mindre kontor etc. Inte minst har detta byggnadssätt visat sig attraktivt för skolor. Man vill idag bygga moderna skolor i ett plan dels därför att detta blir billigare och dels därför att det ger en önskvärd markkontakt för skolbarnen. Samtidigt krävs flexibla byggnader med hänsyn till skolans och undervisningsmetodernas ständiga förändringar. Dessutom kan man inte alltid vara säker på att det finns elevunderlag i närheten av skolan efter ett par decennier. Man har då glädje av att ha en byggnad som utan alltför stora ingrepp kan användas för andra ändamål, t ex sjukhus eller ålderdomshem. Den första skolbyggnaden utförd på detta sätt här i landet torde vara den nya gymnasieskolan i Norrtälje 1968. Denna har snabbt fått många efterföljare. Göteborgs skolstyrelse har utvecklat ett eget skolbyggnadssystem enligt samma principer, och man har därvid lyckats dra ned byggkostnaden till ca 70 % av den statsbidragsberättigade kostnadsnivån som kan betraktas som en normalkostnad.

Man bygger snabbt i stål

Till de stora fördelarna med att bygga i stål hör snabbheten och den korta byggtiden som innebär tidigt idrifttagande och tidiga intäkter samt låga räntekostnader och tomträttsavgälder under byggnadstiden. Härtill kommer minsta störningar för omgivningen.

Det nya Riksdagshuset vid Sergels Torg i Stockholm uppfördes med rekordkort projekterings- och byggtid. Huset måste stå färdigt till enkammarriksdagens öppnande i januari 1970. Den bärande stommen på 7 000 ton stål monterades på mindre än fem månader. Monteringstakten motsvarar en medelstor industribyggnad om dagen på samma plats under denna tid. Byggnadstakten är ännu högre för de amerikanska skyskraporna där man idag monterar stommen med en hastighet av en våning varannan dag.



Riksdagshuset vid Sergels Torg i Stockholm.

Moderna lätta industri- och hallbyggnader av olika slag byggs också mycket snabbt. Mindre standardhallar kan uppföras på någon vecka och större industrihallar på ett par månader. Ett nytt massamagasin i Utansjö med 45 m spännvidd och 200 m längd uppfördes av tre till fyra man på två månader samt började tas i drift i ena änden medan montering ännu pågick i andra änden.

Redan i början av 1800-talet hade man lärt sig att bygga snabbt i stål eller järn. Det jättelika Crystal Palace, 1800-talets största järnbyggnad, uppfördes på mindre tid än ett år och entreprenadritningarna framställdes på endast nio dygn.

Räntekostnader och tomträttsavgälder under byggnadstiden utgör en väsentlig del av den totala byggnadskostnaden. Dessa kostnader kan för stora objekt uppgå till storleksordningen 15—20 % av byggnadskostnaden. Inbesparade räntekostnader till följd av kortare byggnadstid kan också uppgå till ansenliga belopp. För Åhléns varuhus vid Drottninggatan i Stockholm var tidsvinsten med stålstomme åtta månader jämfört med platsgjuten stomme och inbesparade ränte-

kostnader 2,5 Mkr. Härtill kommer ytterligare vinster till följd av tidigare idrifttagande och tidigare intäkter. För industrianläggningar kan en kort byggtid och ett tidigt idrifttagande vara avgörande för en investerings lönsamhet. Alltför ofta förbiser man dock från de besparingar i kapitalkostnader som kan göras med en kortare byggtid.

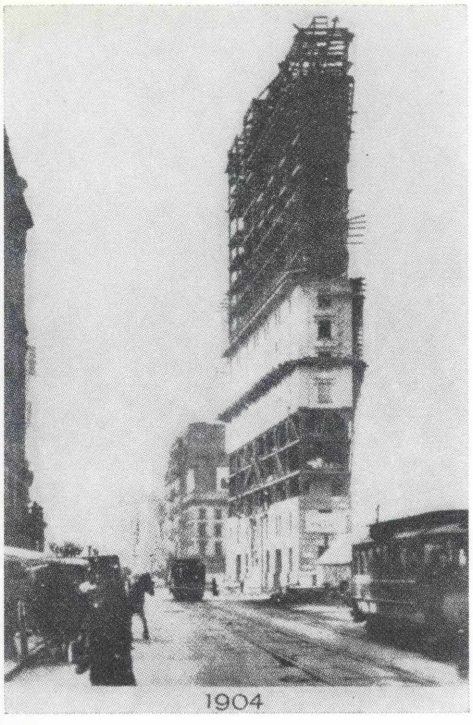
Ombyggnad och rivning

Frågan hur man i framtiden ska kunna riva eller bygga om det vi bygger idag och byggt under hela efterkrigstiden har aktualiserats i dagens bygg- och stadsplanedebatt. Hur ska rivningen gå till, vad gör man av rivningsmassorna och vad kostar rivningen? I USA har man erfarenhet av att man fått spränga bort stora nybyggda bostadskomplex som visade sig så felplanerade att människor inte ville bo där. Rivningskostnaderna kan med konventionella byggnadssätt bli så höga att de mer eller mindre äter upp markens nybyggnadsvärde, som ofta är det enda kvarvarande värdet av en rivningsfastighet. Man bör därför redan på projekteringsstadiet tänka på möjligheterna till framtida rivning eller ännu hellre demontering. Det har också från fastighetsvärderare påpekats att avskrivningarna på en fastighet även borde omfatta en realistisk bedömd rivningskostnad.

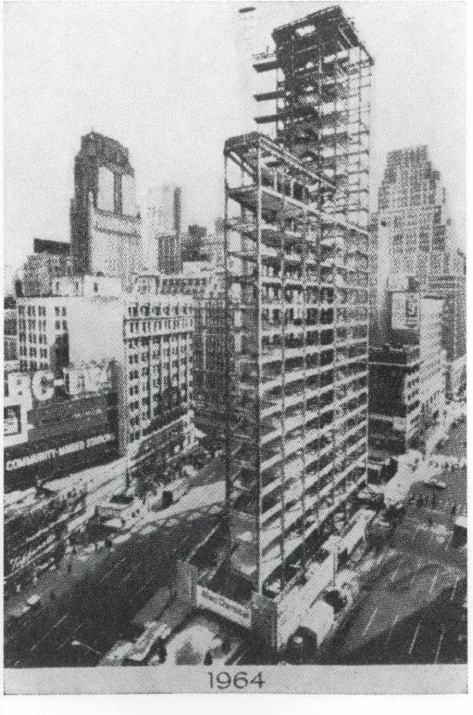
Stålbyggnad innebär stora fördelar vid framtida rivning till följd av enkel demontering, små rivningsmassor och restvärde hos stålkonstruktionen. Stålbalkarna kan många gånger användas på nytt eller också kan de säljas tillbaka till stålverket som skrot och smältas om till nytt stål. Skrotpriset kan därvid betala rivningen. Man har här alltså ett positivt restvärde eller rivningsvärde.

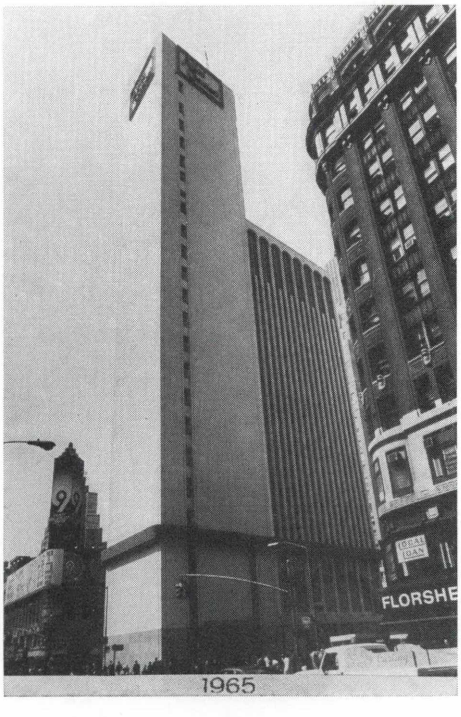
Man kan också använda en gammal stålstomme och bygga upp ett nytt hus omkring denna. Exempel härpå är den 24 våningar höga Times Tower vid Times Square i New York uppförd 1904 på en mycket smal triangulär tomt. Efter 60 år var byggnaden helt omodern och mogen för rivning. I stället för att riva hela byggnaden rev man allt utom den bärande stålstommen och monterade sedan ett nytt modernt kontorshus på denna. Man kunde på detta sätt bevara byggnadens form och allmänna utseende och rädda ett karakteristiskt inslag i stadsbilden. Detta är ett fint exempel på stålbyggandets flexibilitet.

Stålbyggnad lämpar sig även på andra sätt för ombyggnad och tillbyggnad genom sitt pelar-balksystem utan bärande väggar. När Regeringsgatan i Stockholm skulle breddas mitt emot NK för ett par år sedan stod Hästskopalatset med bärande väggar i vägen. Man

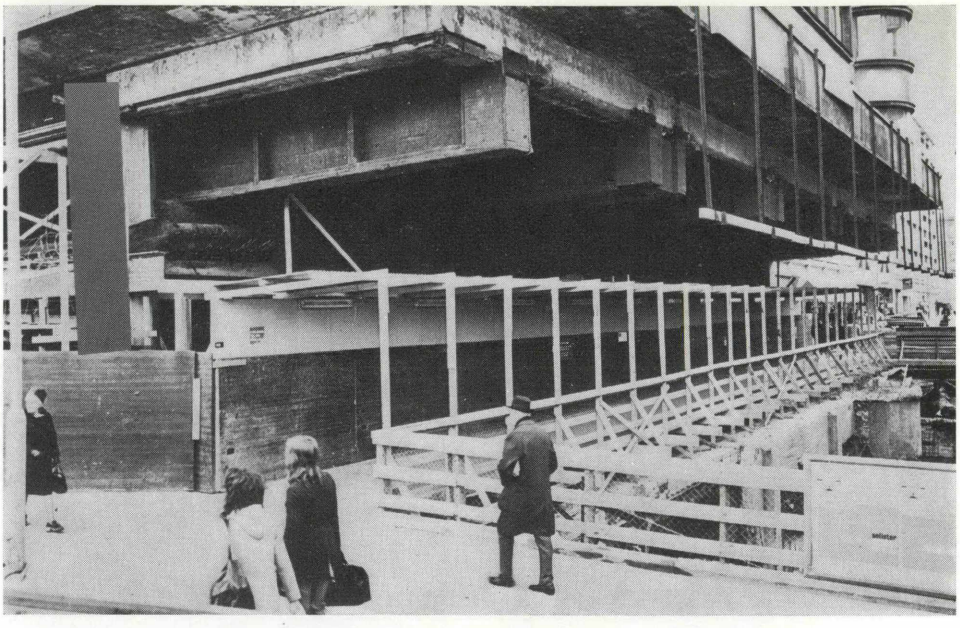

1904


1963


1964


1965

Ombyggnad av Times Tower i New York till en modern kontorsbyggnad med återanvändning av 60 år gammal stålstomme (US Steel Corp).



Ombyggnad av Hästskopalatset i Stockholm 1971 med avväxling av gamla bärande väggar på stålbalkar och stålpelare.

satte här in stålpelare genom källare och bottenvåning flera meter innanför ytterväggarna och lade upp kraftiga konsolbalkar på pelarna. Därefter avlastades de bärande väggarna och vikten från ovanförliggande våningar fördes över på de nya balkarna och pelarna. Under ombyggnadstiden arbetade en datacentral högre upp i huset, och avväxlingen måste ske mycket mjukt utan rörelser eller vibrationer. På detta sätt kunde man bevara det gamla Hästskopalatset och samtidigt fullfölja planerna beträffande breddning av gatan.

Metoden att avväxla massiva bärande väggar på stålpelare och balkar är inte ny. Redan på 1800-talet använde man gjutjärnskolonner för ombyggnad för att växla av bärande väggar. På detta sätt kunde man skapa öppna butiksvåningar med skyltfönster i gatuplanet till gamla slutna hus. I Gamla Stan i Stockholm finns flera exempel från senare delen av 1800-talet där man på detta sätt med hjälp av gjutjärnskolonner byggde om butikslokaler i gatuplanet. Ett av de finaste exemplen är Västerlånggatan 20 med Vesta kappaffär.

Ombyggnad blir givetvis enklare och billigare om man från början planerat för detta. Så var exempelvis fallet med Tempo i Uppsala, där man efter några år byggde på en extra våning utan att verksamheten i varuhuset fick störas under ombyggnaden som inföll mitt



Västerlånggatan 20 i Stockholm ombyggd med upptagning av skyltfönster och avväxling av bärande väggar på gjutjärnskolonner omkring 1870.

under julhandeln. De gamla pelarna svetsskarvades en våning och nya takbalkar lades upp ovanpå dessa.

Ett annat exempel på fin användning av stålkonstruktioner vid ombyggnad och sanering är ett nytt kontorshus i kvarteret Kolven vid Atlasmuren i Stockholm. Den gamla Atlashallen från 1929 var ursprungligen tennishall och utnyttjades sedan 1940-talet under en tid som konstruktionskontor samt vidare som lagerhall och bilverkstad fram till september 1971. Ett mycket stort antal stålkonstruktioner har för övrigt tillkommit i Atlashallen eftersom stålkonstruktionsavdelningen hos Jacobson & Widmark under Gösta Lönnborg hade sitt kontor där. Hel nybyggnad av fastigheten bedömdes inte lönsam, bland annat med hänsyn till att stadsplanen endast tillät en låg byggnad. Grundläggningsförhållandena var heller inte inbjudande för en stor och tung byggnad. Tanken föddes därvid att man skulle utnyttja befintlig grund och bottenvåning samt bygga på denna med två nya kontorsvåningar. Genom att genomgående använda lätta material för den nya överbyggnaden kunde man visa att den gamla grunden höll för denna påbyggnad. Rivning av den gamla Atlashallen påbörjades i mitten av oktober 1971. Man rev ungefär jämns med gatunivån och lämnade kvar en suterrängvåning åt andra



Ny lätt kontorsbyggnad med stålstomme uppförd på befintlig grund på Atlasmuren i Stockholm 1972.

sidan. Grundbultar monterades i den gamla grunden. Den nya husstommen av stål monterades i december 1971—januari 1972 och den 1 juli 1972, endast åtta månader efter rivning, kunde bland andra Byggforskningsrådet här flytta in i nya kontorslokaler. Detta är ett fint exempel på snabbt, enkelt och ekonomiskt saneringsbygge på en svårutnyttjad tomt där man har skapat moderna, luftiga, flexibla och centrala kontorslokaler.

Källor och litteratur

Cornell, Elias: Byggnadstekniken, Byggförbundet 1970.
1800-talets elementhusbygge. Dædalus 1969.
Stålbyggnad, Programskrift 11, Statens Råd för Byggnadsforskning 1970.
Lager, Josef: Stålhusen i England, Industritidningen Norden, nr 28, 15 juli 1925.
Herbert, Gilbert: A Cast-Iron Solution, Architectural Review no 916, 1973.
Alpsten, Göran och Tall, Lambert: Stålbyggande i USA, Byggnadsindustrin nr 15, 1968.
Alpsten, Göran: Stålbyggnad i USA, Stålbyggnadsdagen 1969, Stålbyggnadsinstitutet.
Dahlberg, Sven: Husbyggnad i stål — igår, idag, imorgon, Stålbyggnadsdagen 1969, Stålbyggnadsinstitutet.
Pettersson, Ove: Byggnadskonstruktioner med stora spännvidder — möjligheter och tillämpningar, Stålbyggnadsdagen 1971, Stålbyggnadsinstitutet.

Godfrey, G B: Steel Bridges over the World, Stålbyggnadsdagen 1971, Stålbyggnadsinstitutet.
Cronholm, Åke: Brobyggnad i stål i Sverige, Stålbyggnadsdagen 1971, Stålbyggnadsinstitutet.

English Summary

In this paper Lars Wallin, director of the Swedish Institute of Steel Construction, gives a survey of the fascinating history and development of the art of building with iron and steel from Ironbridge, Crystal Palace and the Eiffel Tower to the modern super sky-scrapers, the giant bridge spans, flexible steel frames, light volume elements and industrialized steel building. There has been an intense development in steel construction during the past ten years, but at the same time there are many parallells between the advanced techniques of to-day and the pioneer work of earlier generations.