



## Historisk Byggeteknik og materialer

# CURTAIN WALL facader

## Historie og konstruktion

Af Søren Vadstrup.  
Juli 2014



*Det runde hus i Odden Havn af Arne Jacobsen, opført 1957.*

*Enhver kan se at de tynde lodrette sprogter ikke kan bære taget. Dette bliver båret et andet sted, og glasvæggen er derfor kun et slags ophængt 'gardin', uden bærekraft – en Curtain Wall.*

## Curtain wall

Ordet 'Curtain Wall' kommer af engelsk – curtain = gardin – d.v.s. 'gardinvæg'. I bygningsmæssig sammenhæng skal det derfor forstås som en facade, der "hænger" uden på en bygning som et 'gardin', uden at være en del af dens bærende konstruktion. Det kræver at bygningen er opført med en bærende søjle- eller ramme-konstruktion, som friholder facaden og derved tillader store ikke-bærende facadepartier udført i lette materialer som fx glas, metalplader, hule teglelementer, kaldt 'terra-cotta' andre støbte elementer som beton og støbejern.

Curtain wall har sin oprindelse i USA, i den første Chicago-skoles skyskraberarkitektur fra slutningen af 1800-tallet. Dog kan et omfattende byggeri af industribygninger af støbejern i New York med tynde, ikke-bærende facader af støbejern fra 1855-1890 godt betegnes som de tidligste curtain wall konstruktioner.

For at være en Curtain Wall-konstruktion skal curtain wall'en hænge eller stå et stykke foran eller bag ved den bærende konstruktion – ikke sidde midt inde i denne, som f.eks. et meget stort vinduesparti i en betonkonstruktion. Grænserne er dog flydende.

Curtain wall'ens klareste kendetegn er nok dels den lodrette, spinkle struktur af metal- eller betonprofiler, med udfyldning af glas, ugenomsigtigt glas, betonelementer m.v., dels de helt ugenomsigtige hushjørner, kun markeret med en ganske tynd sprosse, eller dels de helt tynde og nærmest kun markerede etageadskillelser. Begge dele kan dog være ikke-forekommende





## Historie

Ifgl. Wikipedia' engelske udgave ligger de ældste Curtain Wall bygninger i Liverpool i England, henholdsvis Oriel Chambers fra 1864 (t.v.) og Cook Street Liverpool 1866 (t.h.). Men dels ser facadernes lodrette søjler umiddelbart ud til at være bærende, godt nok med store glaspartier imellem, så ægte Curtain Wall er det næppe. Dels har amerikanerne været der 10 år før – og dels er Wikipedia som bekendt ikke altid korrekt.



I New York byggede man i 1855 – 1890-erne en lang række industribygninger, bl.a. bomuldsspindereier, af støbejern, med støbejernssøjler, valsede ståldragere – og med en tynd ikke-bærende facade af støbejern. Baggrunden var et ønske om meget store indvendige rum, hvad der krævede store glasarealer i facaderne.





## The Reliance Building, Chicago 1890-95



Men i 1895 så den første 'klassiske' Curtain Wall bygning i Verden dagens lys, nemlig **The Reliance Building** i Chicago. Den er tegnet af arkitekterne Burnham & Root, der havde bygget flere mindre Curtain Wall bygninger i Chicago. The Reliance Building er hele 14 etager høj og var dermed Verdens første 'Skyskraber' – en lidt misforstået dansk oversættelse af det amerikanske ord 'skyscraper' – himmel-skraber. Bygningen er i dag på Verdensarv-listen.

Bygningen regnes for et hovedværk i 'the first Chicago School', der startede i Chicago i 1880 med Louis Sullivan som drivende kraft, efterfulgt af Daniel H. Burnham.

Baggrunden for at bygge et hus i 14 etager var at den wiretrukne elevator var udviklet af amerikaneren Elisha Otis i 1852 og brugt første gang i New York i 1857. Det tyske firma Siemens var hurtigt med i 1880. Otis er stadig Verdens førende elevatorfabrik.



Som det ses er The Reliance Building opført med en indvendig bærende konstruktion af valsede stålprofiler, der blev nittet sammen med på stedet varmede jernnitter. Uden på er der sat en let Curtain Wall af glaserede keramik-elementer, såkaldt 'terracotta-elementer' og dernæst store glasruder af støbt glas (spejlglas)



Som det faktisk også ses i baggrunden af billedet t.h. af den nyopførte Reliance Bygning, kunne man i 1890'ernes USA sagtens bygge ret høje bygninger af mursten. Men det krævede at bygningen var ret stor i grundplan, havde meget få og små vinduer – og så krævede det ret mange mursten og en lang byggetid.

Ved at bygge af stålprofiler – senere jernbeton – med en tynd Curtain Wall benyttede man dels helt nye og meget billige materialer – valsede stålprofiler, støbte og glaserede teglelementer og støbt spejlglas (plate glass). De indvendige trapper var af støbejern, også et materiale der kunne masseproduceres og dermed var billigt. Stålkonstruktionen var rejst på 3 uger, og huset fyldte ikke så meget, men kunne til gengæld gøres meget højt. Så der er ingen tvivl om, at Curtain Wall konstruktionens baggrund også var, at man kunne bygge meget billigere bygninger end før.



Fotoet er ikke fra The Reliance Building, men formentlig fra New York, hvortil Chicago-skolens Curtain Wall bygninger meget snart bredte sig med lynets hast.

Men man kan her se hvilke kraftige dimensioner stålprofilerne har i en 14 etagers høj skyskraber





## Restaureringen 1994-95



I dag er the Reliance Bygning en lilleput i byen, og op gennem 1970-erne og 80-erne forfaldt den kraftigt, så først da man 'genopdagede' den i 1990-erne og fik den på Verdensarvlisten, skete der noget. I 1994-95 blev den gennem restaureret med den dansk-amerikanske arkitekt G. Thomas Harboe som projektleder.

Jeg blev i den forbindelse inviteret til Chicago og kikkede bl.a. på det indvendige støbejern, de originale spejlglass-ruder og nogle af de flotte smedjerns-elementer. Der er siden skrevet en bog om restaureringen, som nogle af billederne stammer fra. Huset er nu 'Hotel Burnham'

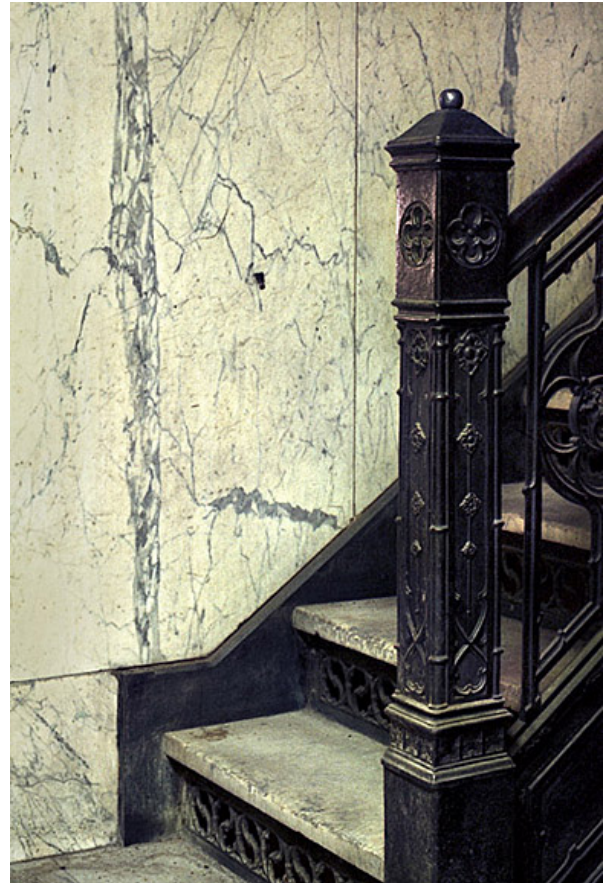


Her ses de meget forvitrede og også meget snavsede terracotta-elementer i facaden, der i stort omfang måtte skiftes ud med nyfremstillede kopier. Et stort problem var de tusindvis af stålankre var rustne og sprængte de keramik-plader de skulle holde fast.



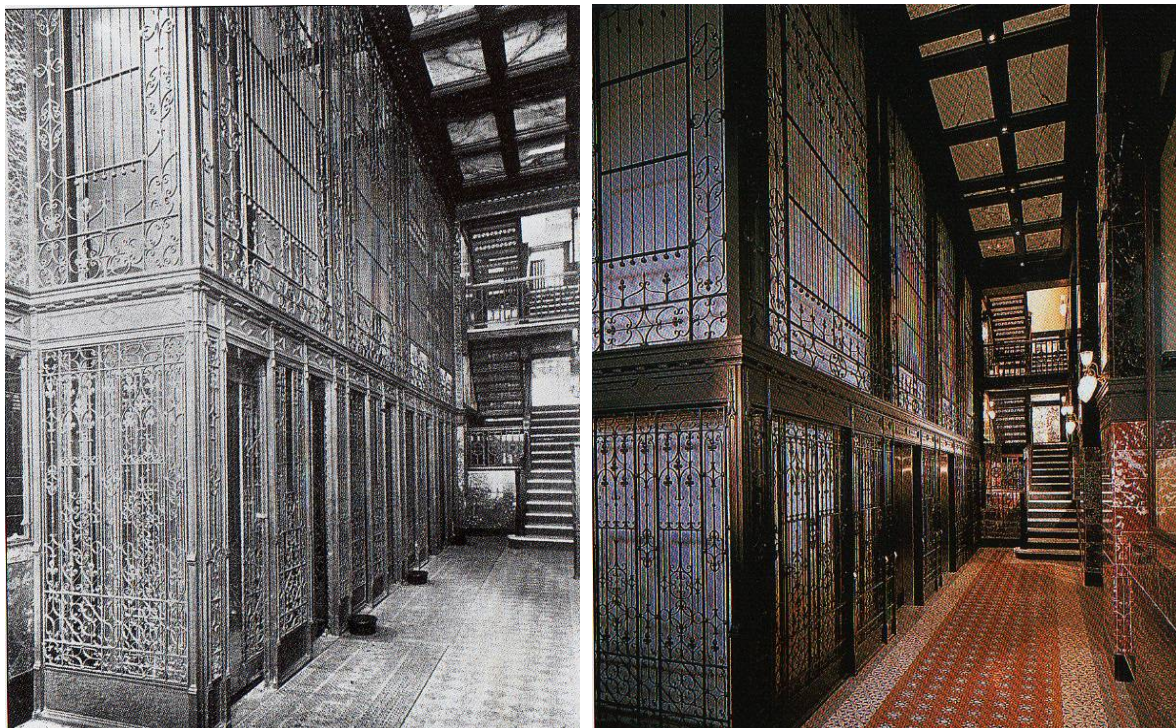




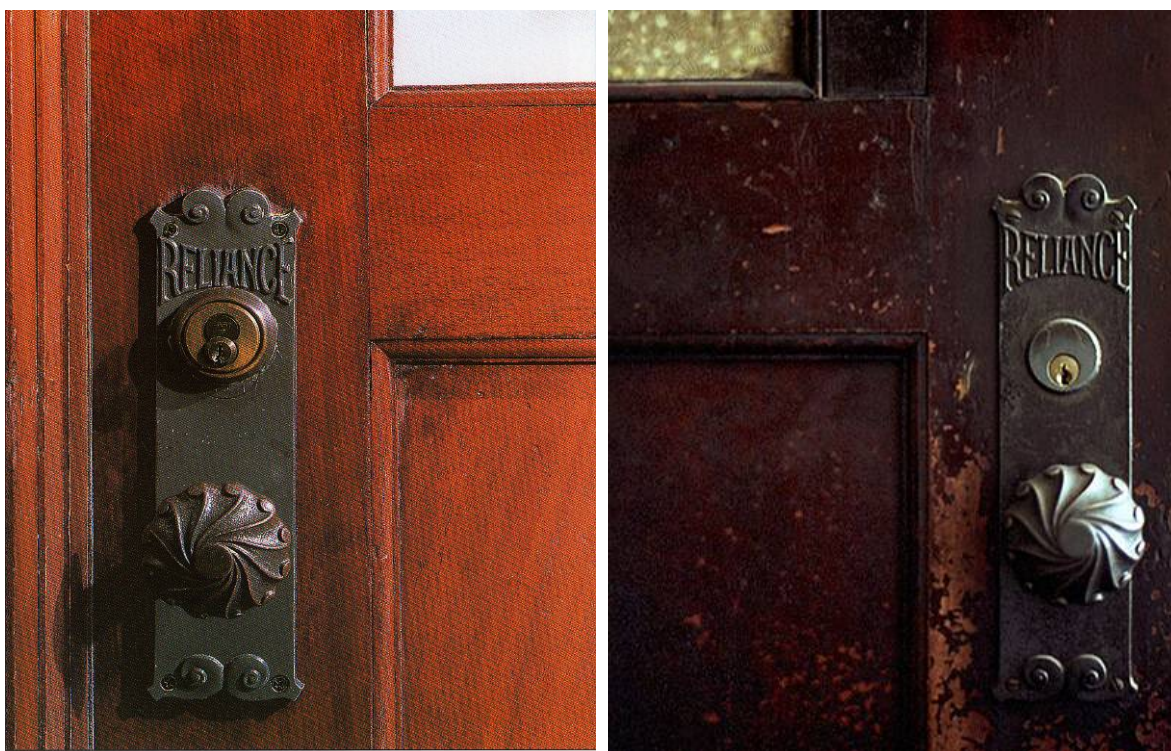


Støbejernstrappen fejlede stort set ikke noget, bort set fra rust og manglende vedligeholdelse. Jeg forsvarede også de flotte slidte trin af Carrara Marmor, der ellers skulle have været skiftet ud med nye.



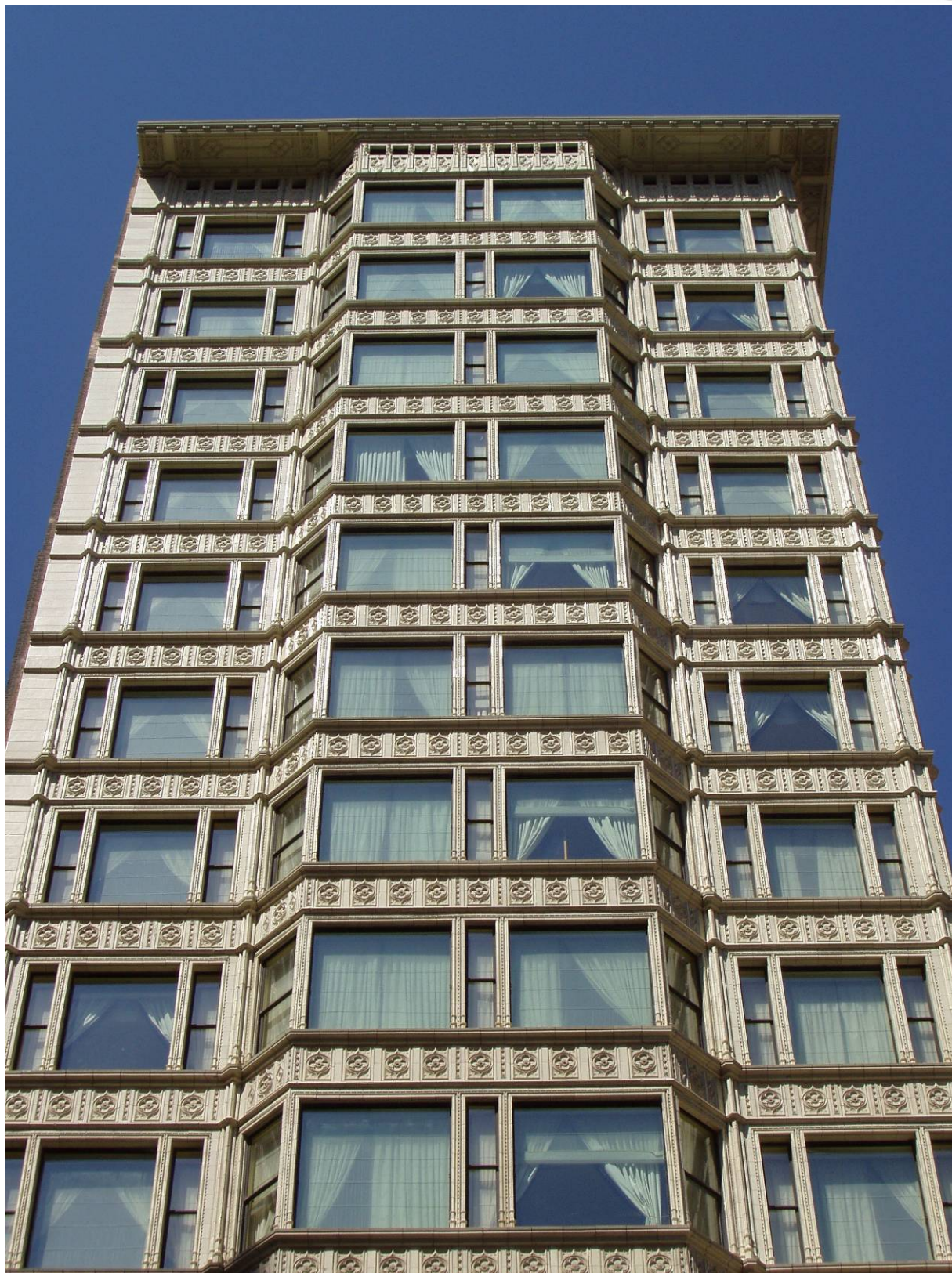


Da man aldrig havde bygget så høje kontorbygninger før, blev The Reliance Building forsynet med 4 Otis-elevatorer ved siden af hinanden – plus en brandsikker støbejernstrappe. De to af elevatorerne var senere nedlagte og hullerne udstøbt med nye betongulve. I dag er alle 4 elevatorer naturligvis retableret. Nogle af de kasserede, meget flotte og rigt dekorerede gitterlåger af smedjern, fandt man under restaureringen støbt ned i de nye betongulve som stålarmring. Da de herefter kunne istandsættes og genbruges, sparede man at kopiere disse.



De fine originale dørgreb med forsikringselskabet 'Reliance', der byggede husets, navn på, for ikke at sige selve dørene, så ikke godt ud i 1994, da jeg så bygningen under restaurering, men det lykkedes at bevare og genbruge disse, til trods for husets nye, fine status. T.v. de istandsatte døre i dag. T.h. dørene i 1994.





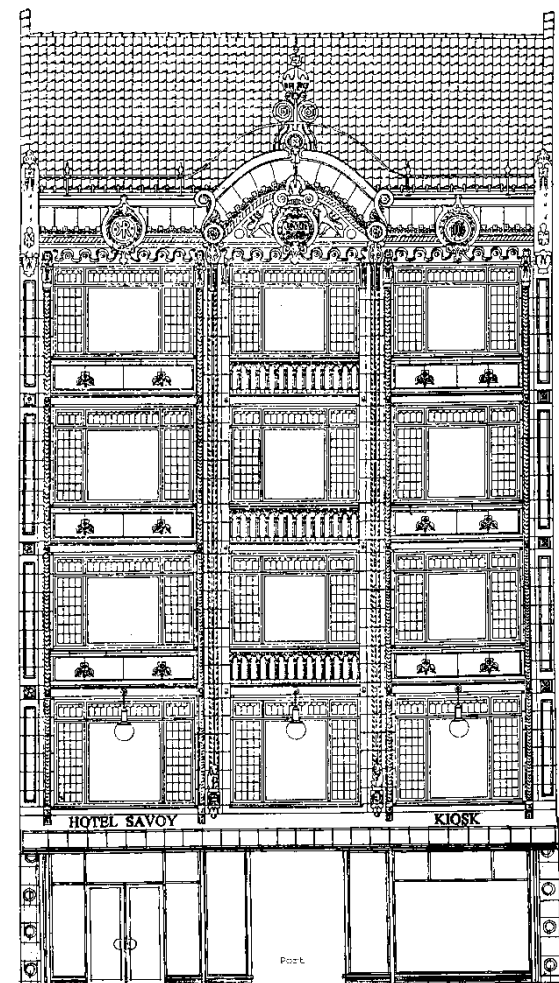
Den nyrestaurerede Reliance Bygning i 1995. Det lykkedes også at skaffe ruder af spejlglass, der har en helt anden karakter en moderne floatglass – hvilket har stor betydning for en bygning fra 1894 med så meget glas i facaderne.

*Se: Søren Vadstrup: kompendium om 'Rudeglas og termoruder'. KTR marts 2012*





## Løvenborg Bygningen, København 1906



*Løvenborg, lige efter opførelsen i 1906. Bag døren til venstre for porten lå én af Danmarks første biografteater, Royal Biograf. Bemærk også de smukke buede glaspartier ved selve porten, der også blev retableret i 1995. Det samme gjorde de 3 markante udvendige lamper på facaden, der ses på facadetegningen, men af én eller anden grund, formentlig økonomiske, først blev opsat i 1996.*

Danmarks første Curtain Wall bygning er 'Løvenborg Bygningen', Vesterborggade 34 i København opført i 1906 som varehus i 2 etager, med biografteater i stuetagen (et af Danmarks første) og hotel med restaurant i sidehuset.

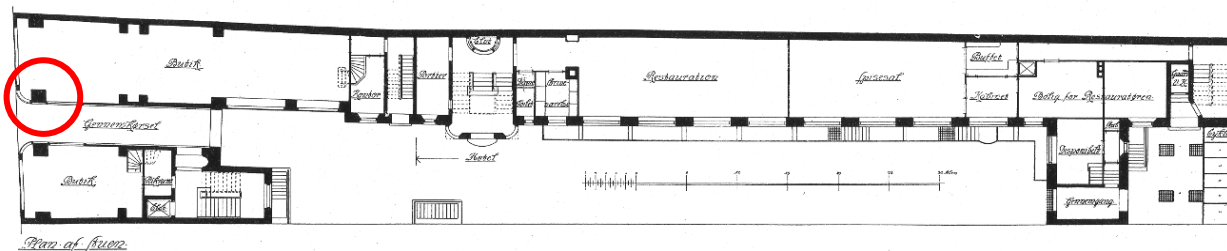
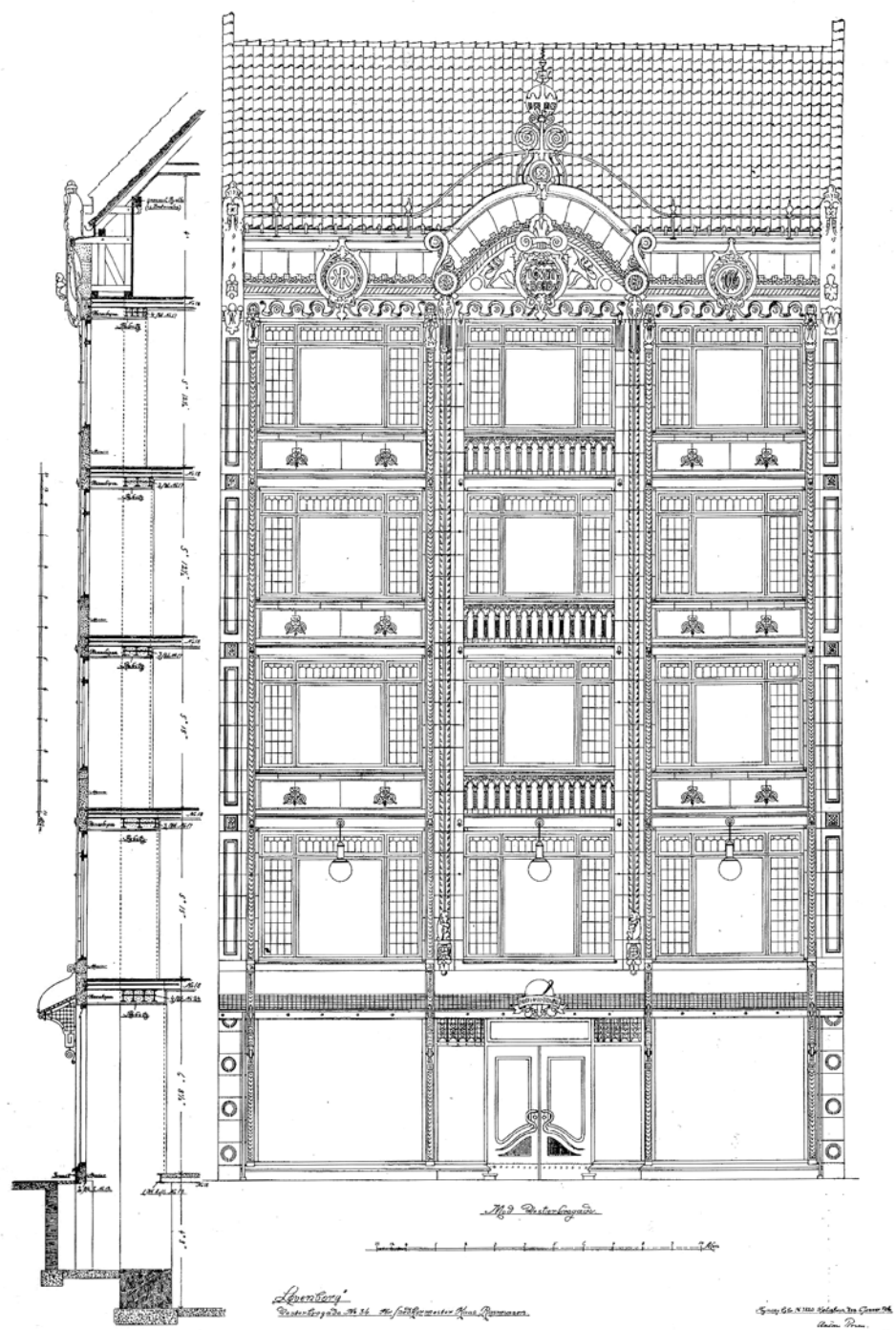
Huset er tegnet af arkitekt Anton Rosen (1859-1928) og dels tydeligt inspireret af den første Chicago-skole, men dels også har tydelige paralleller til forretningsejendomme i Berlin og London. Ligheden med Oriel Chambers og Cook Street i Liverpool (side 2) er også slående. Løvenborg blev fredet i 1984.

Forhuset har en for sin tid meget moderne konstruktion bestående af et system af 4 rækker jernbeton-søjler, indbyrdes forbundet på langs af huset med jernbetondragere, hvorpå et traditionelt træbjælkelag er lagt af. Denne jernbetonkonstruktion er trukket 1 Alen (63 cm) tilbage for facadeflugten, således at selve facaden ikke længere er bærende, men "hænger" i det bagvedliggende søjle-drager-system af jernbeton.

Dette er tydeligvis gjort for at skabe større vinduesarealer, bl.a. til udstillingsbrug, i gadefacaden, ikke mindst i stueplan, hvor det, i øvrigt til arkitektens store irritation, var fordret at "Butikkens Glasflader skulle strække sig over hele Facadens Længde, uden at afgive en Tomme til Bygningens Organisme - dens bærende Dele" (Anton Rosens beskrivelse i ARCHITECTEN 1907 nr. 35 side 361-366)

Løvenborgs induer er ægte 'Chicago-vinduer', 3-fags-vinduer med et stort, fast midterparti flankeret af to smalle, 2-delte vinduer. I Danmark kaldt 'Frederiksberg Vinduet'. Det giver meget lys og kan ventileres.





### Facade og tueplan af Løvenborg Bygningen

Bemærk de 4 kraftige jernbetonsøjler i stueplan og resten af etagerne. Selv om bygningen ikke ligner en curtain wall konstruktion – fordi det både har kraftige murpiller og etageadskillelser i facaden, viser denne plan, at der er tale om en ægte curtain wall bygning. Facadeelementerne er båret af de 4 kraftige betonsøjler, 63 cm bag selve facaden. Tegning fra ARCHITECTEN 1907.





Facaden mod Vesterborggade er i øvrigt præget af en ret enestående pragt og detailrigdom med sandstensimitationer i beton, dekorationer i puds, kobber, zink og smedjern, udhængslamper, blyndfattede ruder, ægte bladgulds-forgyldning af bånd, dekorationer og inskriptioner. Bortset fra en markant og skyggegivende baldakin over stueetagen, er der ingen vandrette bånd, kun lodrette.



*I 1995 manglede huset et stor del af de oprindelige dekorationer i udbanket og forgyldt kobber, især de meget markante 'pinakler' for enden af gesimsen – samt kuglen af smedjern, der er 'prikken over i'et' på facaden.*

*Under restaureringen i 1996 blev de flotte udbankede kobberarbejder nyforgyldt partielt med 23 3/4 karat bladguld, som forventes at holde i de næste 100 år. Facaden kalket i sandstensfarve med okkergul kalkvandslasering.*

## **Facaderestaurering 1996-97**

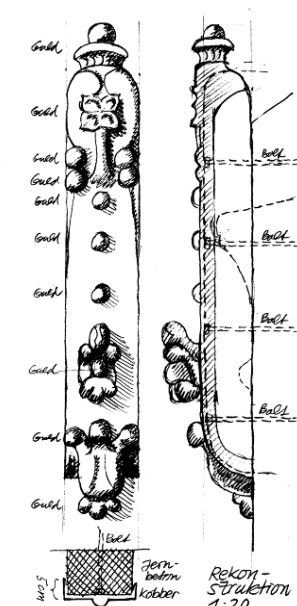
I 1995 var bygningen trods fredningen meget forfalden og derangeret, og da den samtidigt var til salg, købte Statens Bygningsfredningsfond huset i 1995 og bad Raadvad-Centeret ved undertegnede om at stå for restaureringen af selve facaden, mens Erik Møllers Tegnestue blev overladt at udføre et nyt indgangsparti. Efter videresalget til Dreyers Fond, har Hanne Kjærholm stået for den videre indretning af huset.

Alle de manglende dele til facaden, bl.a. de to store pinakler af kobber, adskillige andre kobberdetaljer, den store flotte kugle af smedjern, med to vibrerende vindspiraler i ægte jugend-stil samt blyndfattede vinduer, der var forsvundet, de tre store lamper, der aldrig havde været opsatte og derudover forskellige dekorationer, bl.a. 3 løvehoveder, i portlandcement.

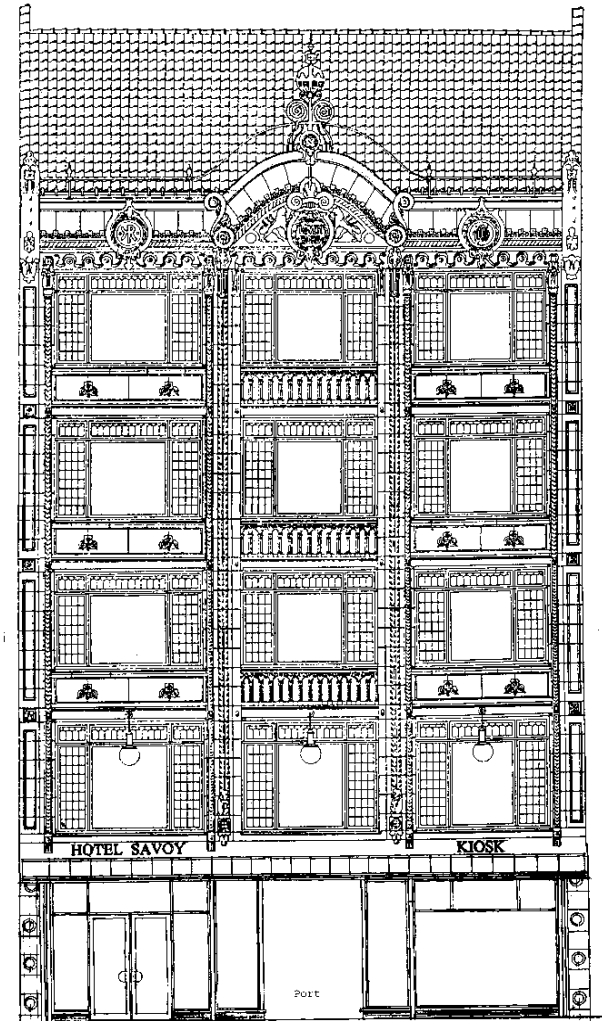
De pågældende elementer blev rekonstrueret ud fra spor på bygningen, originaltegningen og det store, detaljerede fotografi fra 1907.

Disse arbejder involverede en række højt specialiserede, små håndværk: Essesmed, kobbersmed, stukkator, glarmester, forgylder, facadeafrenser, vindueshåndværker og maler (linoliemaling)









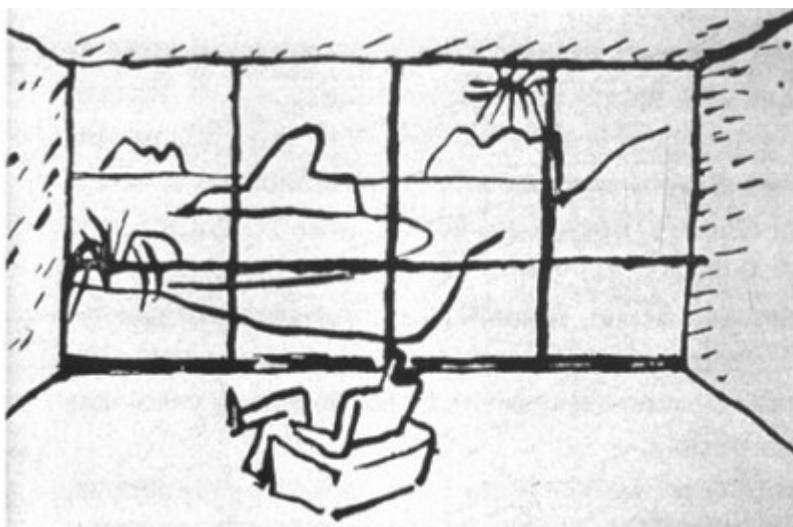
*'Løvenborg' efter facaderestaureringen i 1996-97. Underfacaden er nydesignet af Erik Møller's Tegnestue (Jens Fredslund) og overfacaden er restaureret og rekonstrueret af Raadvad-Centeret (Søren Vadstrup). Hanne Kjærholms Tegnestue har forestået den indvendige istandsættelse.*







## Modernismens Curtan Wall konstruktioner



I 1920-erne og 30-erne fik Curtain Wall konstruktionen en ny 'renæssance' og blev markant videreudviklet af funktionalismens arkitekter i, først og fremmest Schweizeren le Corbusier, belgieren Mies van der Rohe og den schweiziske kunst-historiker Siegfried Gideon.

Mies van der Rohe grundlagte i 1937 den anden Chicago skole, bl.a. med Curtain Wall bygninger med glasfacader som arkitektonisk emne.



Det var bl.a. opfindelsen af jernbetonen i 1890-erne, og opdagelsen og udviklingen af dens muligheder, udviklingen af trukket glas i 1915, der er forudsætningen for de store glasflader - samt også udviklingen af tagpap til flade tage i 1900-tallets begyndelse.

Curtain Wall facaderne var 'løsningen' for 1930-ernes funktionalister, der på denne måde kunne bringe deres ideal om at bringe naturen ind i boligen/bygningerne til virkelighed.

(Se kompendiet 'Befreites Wohnen' af Siegfried Gideon – kommenteret af S.V.)



*Øverst le Corbusiers tegning af drømmen, og under dette hans egen virkeliggørelse – der dog ikke er en curtain wall-konstruktion men et meget stort smedjernsvindue.*

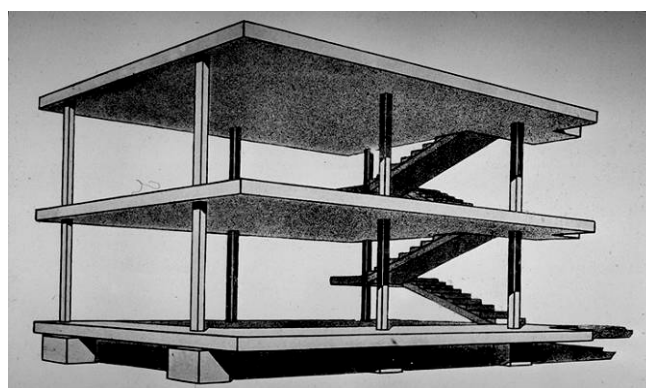
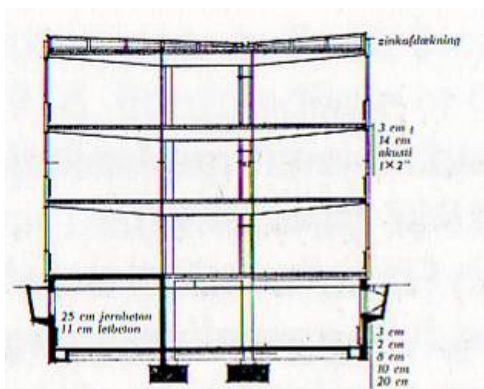
*Underst Arne Jacobsens runde hus i Odden i ægte curtain wall.*





## Arne Jacobsen og Rødovre Rådhus

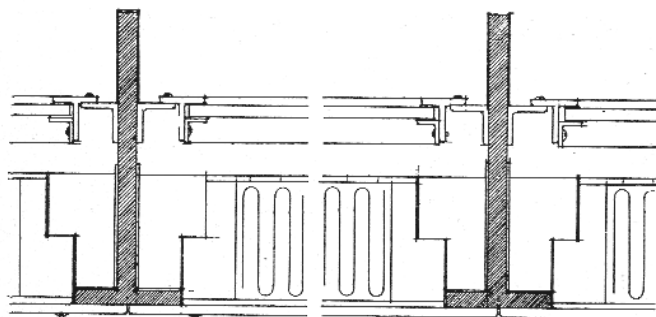
Efter 2. Verdenskrig fik den danske arkitekt Arne Jacobsen en særlig rolle i videreudviklingen af Curtain Wall-konstruktionen, idet han i specielt Rødovre Rådhus (1955) og SAS-hotellet i København (1959) samt ikke mindst – Hamburgische Elektrizitäts-Werke, Hamburg, tilførte Curtain Wall konstruktionen en uhyre lethed og elegance, via brugen af rudeglas, farvet glas og spinkle T-formede stålprofiler, beklædt med rustfrit stålplade.



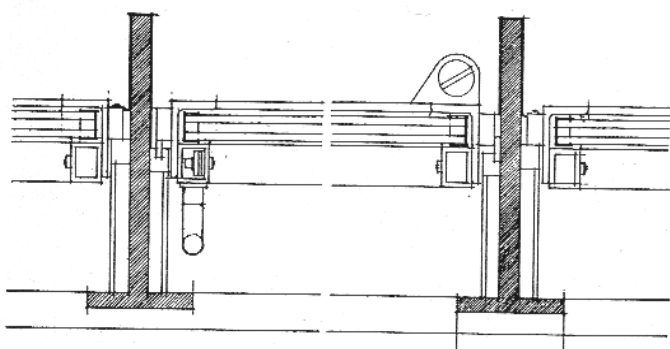
Udvendigt

Til højre ses le Corbusiers skitse til betonkonstruktionen for et curtain wall hus I Rødovre Rådhus (t.v.) har Arne Jacobsen videreudviklet og forfinet dette, idet den meget tynde Curtain Wall facade af glas, indfattet i stålprofiler, bæres af en indvendig jernbetonkonstruktion med to søjlerækker i midten af huset med etagedækkene nærmest formet som 'flyvinger', for at gøre etagedskillelsen så lille og usynlig som mulig i facaden





Snit i vinduesbrystning



Snit i oplukkeligt vindue

Indvendigt

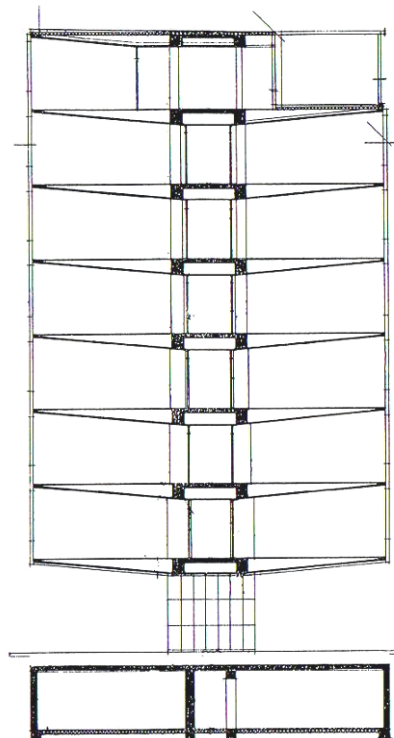
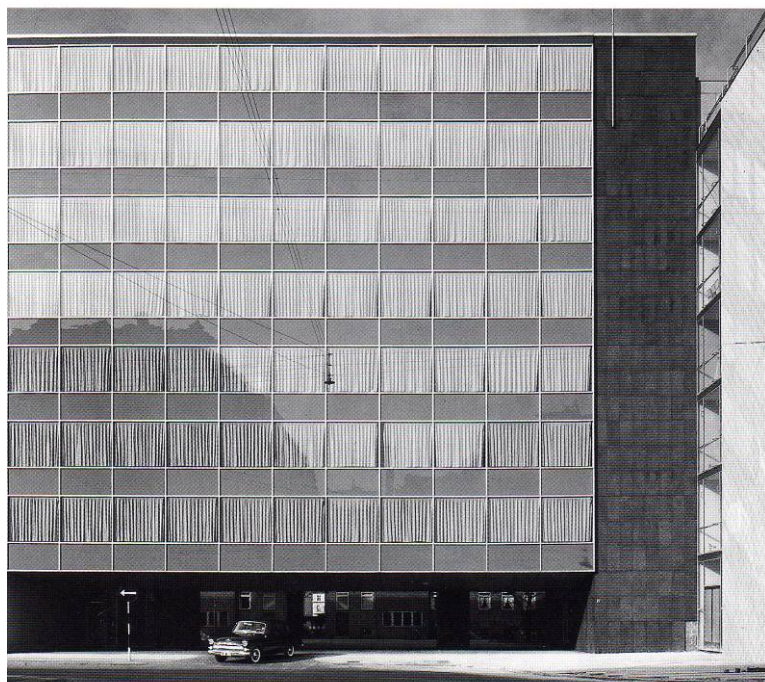
**Rødovre Rådhus**  
Snit i Curtain Wall konstruktionen

*Stålprofilerne (T-profiler) i facaderne er vendt med den brede T-flange indad, så yderfacaden bliver så spinkel som mulig*



*Indvendigt i Rødovre Rådhus har glasfacaderne lidt kraftigere adskillelse i det T-profilet har T-et vendt indad. De kraftige, bærende jernbetonsøjler er 'skjult' inde i rådhusets gangarealer.*





I A.Jespersen & søn's kontorhus fra 1955 har etagedækkende også 'flyvingeform'. Her er huset ydermere gjort 'svævende' ved at have en åben underetage.





Arne Jacobsens absolutte mesterværk, efter min mening – Curtain Wall bygningen – Hamburgische Elektrizitäts-Werke, Hamburg. 1. præmie 1962, opført 1969.





## Skyggenoten

Med til Arne Jacobsens, og en række andre funktionalisters arkitekturprogram, var at de forskellige elementer i en bygning – væg-loft, væg-gulv, gelænder-væg, trappe-gulv, lamper-loft etc. **ikke** må støde direkte sammen, men skal adskilles med en lille afstand, eller hvis dette ikke er muligt, med en 'skyggenot', der endda kan males sort for at understrege 'afstanden'. Dette gøres for at bygningen og dens elementer skal virke 'lettere' eller ligefrem 'svævende' i forhold til hinanden.







## Byggeteknik

Curtain Wall konstruktionerne udvikler sig hele tiden i disse år over hele verden. Bygningstypen er stadig meget populær til prestigefulde bygninger til modefirmaer på grund af sin elegance og transparente facader. I Tokyo er en curtain wall bygning for et modefirma endda forsynet med et indvendigt gardin, lige bag curtain wall'en af glas.



*Modefirmaet 'Dior's butik i Tokyo. Curtain wall med et bevidst synligt, indvendigt gardin.*

Alligevel kan man skelne mellem tre typer Curtain Wall konstruktioner:

- 1: *Udvendige bærende søjler* med indvendig curtain wall.  
Farnsworth house, Illinois USA, Rigshospitalet i København.
- 2: *Indvendigt bærende søjler* med udvendig curtain wall, ca 60 cm fra den bærende konstruktion.  
Denne kan være udført af stålprofiler med vandrette, bærende dragere i stål eller af jernbeton med et udkraget, bærende jernbetondæk. I denne konstruktion markerer husets etageadskillelser sig i fuld tykkelse, men man kan 'snyde' som i SAS huset ved at beklæde denne del med farvet glas. Den bærende konstruktion kan bestå af lodrette søjler eller bestå af store kryds eller store V-formede skræstivere i stål eller jernbeton.  
Reliance Building, Chicago, Løvenborg bygningen i København (begge med lodrette bærende søjler i hhv. stål og jernbeton)
- 3: *Flyvinge-princippet*. Indvendige bærende søjler i 2 rækker med et 2-3 meter bredt, bærende betondæk, der spidser til ud mod facaden, for der at blive ganske tynd og 'usynlig' udefra. I denne konstruktion markerer etageadskillelserne sig som ganske tynde, vandrette streger.  
Rødovre Rådhus, A. Jespersen og søn, SAS-huset, Hamburgische Elektrizitäts-Werke, Hamburg.  
Alle af Arne Jacobsen

Selve Curtain Wall'en, kan være af glas (oftest), teglelementer (terracotta), betonelementer eller stålplader – kombineret med store glaspartier.

- 1: *Ophængt og/eller hvilende system*, hvor curtain wall'en er ophængt i det bærende system og/eller står/hviler på dette. Curtain wall'en er her ofte yderligere opdelt og afstivet af slanke stålprofiler (Rødovre Rådhus), (Rigshospitalet); men kan også støde glas mod glas med helt slanke metalsprosser (se ovenfor).
- 2: *Midterbåret system*, hvor curtain wall'en, her ofte af glas, bæres af særlige, meget tynde og elegante bæreankre, ofte firedelte for at kunne fastgøres til curtain wall-elementerne/glaspladerne, rudeglassenes fire hjørner.





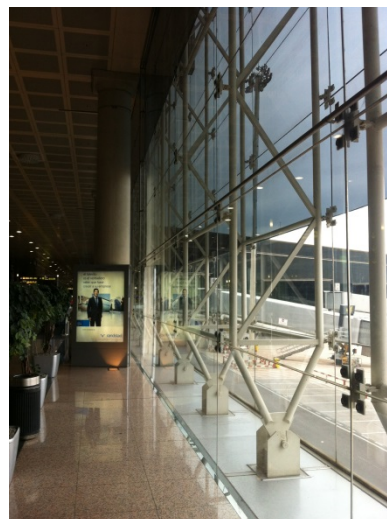
- 3: *Dobbelt væg-system* med en udvendig curtain wall af glas (ofte som hængesystem med tynde sprosser) og en indvendig curtain wall, i et opdelt hængesystem. På den måde syner bygningen som en total glasbygning, men med en mere stabil og isolerende indervæg, ligeledes af glas.



*Rigshospitalet, København  
Udvendige bærende søjler  
Stående, opdelt curtain wall  
Termoglas i trærammer*



*Axelborg, København  
Indvendige bærende søjler  
Stående, opdelt curtain wall  
Betonelementer og vinduer*



*Lufthavnen i Barcelona  
Indvendige bærende søjler  
Midterbåret system med bæreankre  
Dobbelt glasvæg-system*



*Kunstmuseet i Kanazawa i Japan – curtain wall båret af meget tynde jernsøjler og med 'usynlig' øvre kant, udefra og indefra. Dette er gjort ved at spidse taget til ud mod kanten. Se Arne Jacobsens runde hus i Odden Havn (side 1), opført små 50 år tidligere, men ud fra samme koncept.*

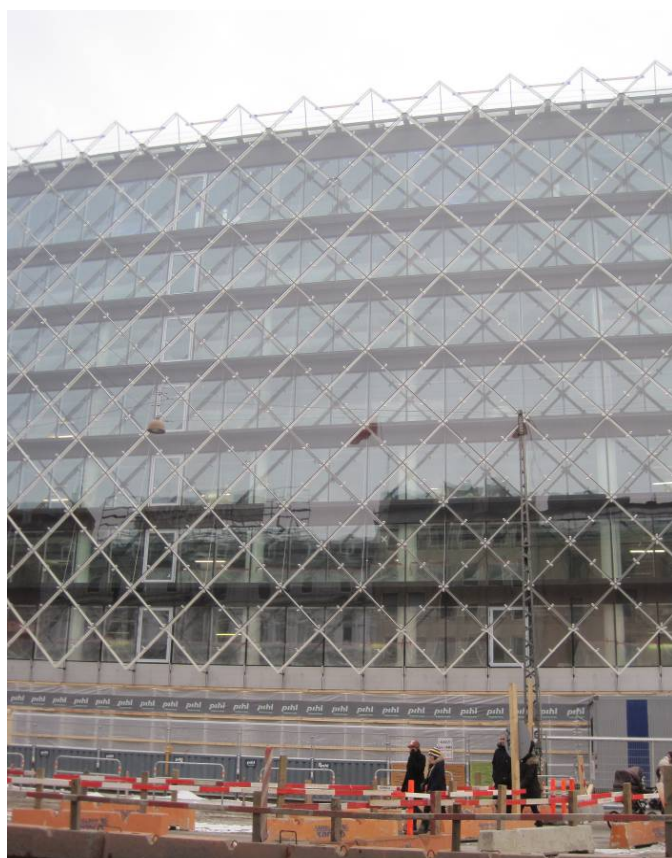


*Skuespilhuset i København (Lundgård & Tranberg 2008) har to slags curtain wall mod vandet.*





## Arkitektonisk analyse



En Curtain Wall bygning behøver ikke at have facader af glas – men har det ofte. Det afgørende er at der findes en indvendig bærende konstruktion, oftest med kraftige søjler af jernbeton, hvorpå en ikke-bærende facade er sat på. Denne kan være af støbte betonelementer, keramiske plader, metalplader eller naturstens plader.

En kraftig søjler, lige bag facaden, viser at der er tale om en Curtain Wall konstruktion.

På det nye Industriens hus i København ses de kraftige søjler også tydeligt. Uden på Curtain Wall facaden af glas, er der anbragt endnu en glasfacade – formentlig af støjhensyn fra gaden.

Støjproblemerne er kun eet af Curtain Wall husenes svøber: Kuldnedfald fra glasfacaderne om vinteren, der opleves som meget ubehageligt træk, overophedning og solblænding om sommeren, kuldebroer og indvendig og udvendig kondens samt termorudernes elendige holdbarhed – 18-20 år i gennemsnit. Det samme gælder de flade tage, der er en integreret del af Curtain Wall bygningernes arkitektur.





Curtain Wall bygninger gør sig godt i åbne landskaber eller nyere byområder. Men de har næsten uden undtagelse en ret dårlig tilpasning og indpasning til ældre byområder. En ting er at bygningens materialer, overflader, farver og formsprog passer meget dårligt til dansk byggeskik – men facadernes kølige utilnærmelighed og glassets uhyggelige spejling – plus den totalt 'fremmedartede' arkitektur, giver yderligere disharmoni og ødelæggende virkning i et ellers helstøbt gadebillede.



Med andre materialer end lige glas i curtain wall facaden, virker denne mere tilpasset til de eksisterende, ældre bygninger.





## Istandsættelse og energiforbedring af Curtain Wall facader

### Vedligeholdelse og istandsættelse

Curtain Wall facader kræver i høj grad løbende vedligeholdelse og istandsættelse, nærmest mere end andre bygningskonstruktioner som murværk, bindingsværk eller træfacader.

Rudeglasset kan revne eller smadre og skal derfor løbende skiftes ud og facader efter 1950 med termoruder kræver også udskiftning af ruderne med ca. 18-20 års mellemrum fordi termoruderne bliver utætte, dugger eller revner.

De gående vinduer har hængsler og beslag, tætningslister og fuger, der skal skiftes ud hvert 25.-30. år.

Metalprofilerne rustner (hvis der er af jern) eller korroderer (hvis de er af aluminium). Begge dele skal derfor løbende overfladebehandles, i særlig grad, hvis der opstår malingsafslag, rustpletter m.v.

Brystningsisoleringer bliver ofte fugtet op med tiden og skal kontrolleres for fugtphobning og andet.

Hertil kommer knudepunkter ved terræn, gulve, lofter, etageadskillelser, gavle og tag, hvor der er mange muligheder for utætheder og skader.

Rudeglasset er en vigtig, men desværre alt for ofte overset del af ældre huses arkitektoniske udtryk. Da det helt glatte og 'fejlfrige' floatglas først kom på markedet i 1970, og da denne rudeglastype adskiller sig virkelig markant fra alle de ældre planglastyper, cylinderglas, kronglas, spejlglas og trukket glas, er det meget vigtigt at alle vinduer, der er ældre end 1970 **ikke** forsynes med floatglas. Det gælder ikke mindst Curtain Wall facader, der jo nærmest kun består af planglas. Ved udskiftning af ruder i bygninger, ældre end 1970 skal man enten benytte trukket glas, hvis disse er ældre end 1915 og spejlglas, hvis de er ældre end 1915.

Det er meget vigtigt, at vedligeholdelsen og udskiftningen af alle dele på en Curtain Wall facade, herunder som nævt rudeglassene, sker med de samme materialer og elementer som oprindeligt, da man ellers forringer bygningens arkitektoniske udtryk. Dette burde imidlertid ikke være vanskeligt, da bygningerne generelt er så nye, at alle de oprindelige materialer endnu findes i handelen.

### Energiforbedring

Langt vanskeligere er det at energiforbedre ældre Curtain Wall bygninger /facader. Her kommer ruderne ind som det vigtigste og vanskeligste element igen.

I 2011 vandt 5 studerende fra Kunstakademiets Arkitektskoles Kandidatprogram for Kulturarv, Transformation og Restaurering (KTR) en udskrevet konkurrence om energiforbedring af Rødovre Rådhus, hvor det lykkedes at føre curtain wall facaden op til moderne standard, uden at forringe de arkitektoniske kvaliteter.

Forslaget omfatter 5 isoleringsmæssige indgreb i bygningen:

1. Udskiftning af de eksisterende dårligt isolerende termoruder med nye højisolerende vakuumruder fra Pilkington
2. Efterisolering af brystninger med nye højisolerende isoleringsmaterialer
3. Efterisolering af gavle
4. Efterisolering af built-up taget
5. Efterisolering af vinduesrammernes T-profil

Da dette kompendium udelukkende beskæftiger sig med Curtain Wall facader, gennemgås kun de to første punkter her:

### Bygningsanalyse og værdisætning

Inden man påbegynder et projekt om efterisolering af ældre bygninger skal man altid foretage en analyse og værdisætning af bygningens bærende bevaringsværdier – som styreled for at godkende eller forkaste de løsningsforslag, man arbejder med i forbindelse med bygningen. Dette redskab skal bruges ved alle ombygninger, transformationer og ikke mindst energiforbedringer på ældre bygninger.

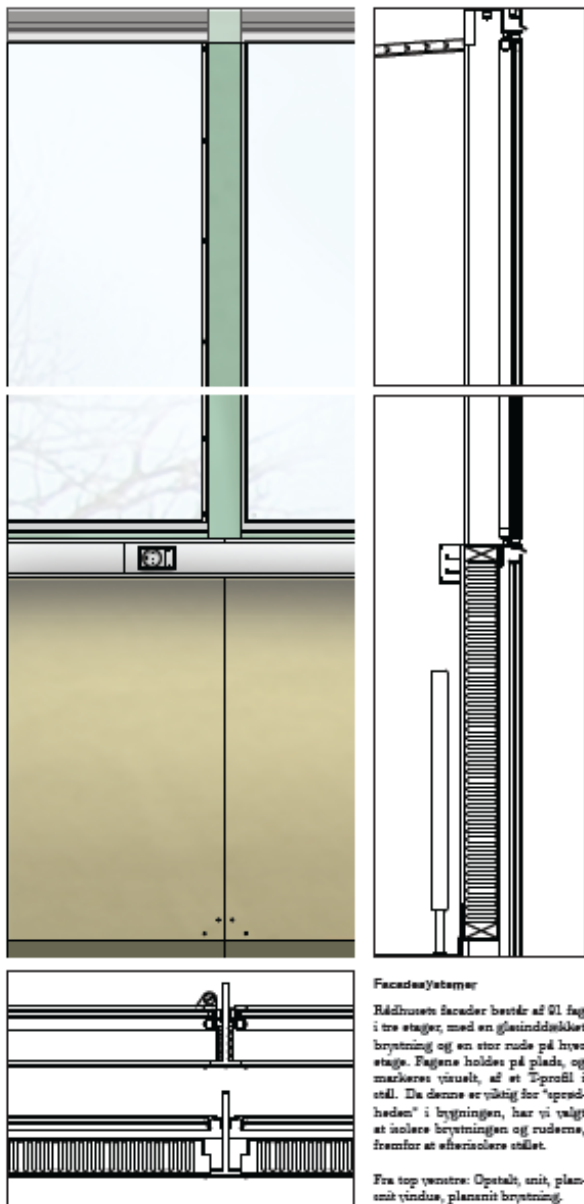
Se: Søren Vadstrup: *Analyse og værdisætning af BYGNINGER og deres omgivelser*  
Samt: *Analyse- og værdisætning af bygninger - SKEMA*





I tilfældet en curtain wall facade vil en analyse og værdisætning vise at disses særlige arkitektoniske kvaliteter knytter sig til bygningens sprøde vinduesfacade, med slanke stålprofiler og tynde vinduesglas, der er fint proportioneret med en meget omhyggelig detaljering.

Enhver forandring i facadens meget spinkle tykkelse og stålprofiler vil forringe bygningen arkitektonisk, men netop disse to elementer, facadetykkelsen, og de varme/kuldeledende stålprofiler, udgør de største problemer i facadens energiforhold.



### Brystningsisolering

Den eksisterende isolering under vinduesbrystningerne på Rødovre Rådhus er 75 mm glasuld. Hvis denne isolering udskiftes med 75 mm aerogel, vil man uden tab af bevaringsværdier opnå en forbedring af U-værdien fra 0,43 til 0,17.

Oftest viser mellemregningerne at brug af nye og oftest dyrere nano-isoleringsmaterialer, vil være lige så rentabelt som brug af traditionelle materialer. Aerogel kan monteres direkte på de eksisterende vægge så den omkostelige og tidskrævende nedrivning samt dele af retableringsfasen spares væk. I dette tilfælde vil det være rentabelt rent æstetisk, fordi en markant isoleringsforbedring ville kunne lade sig gøre uden at forstyrre fredningsværdierne, da den nye isolering ikke fylder mere end den nuværende.

### Ruderne

Rødovre Rådhus blev bygget med traditionelle termoruder med 4+9+4 mm glas. Det beregnes at sådan en rude vil have en u-værdi 3,02 og u-værdi for hele vinduet på 3,36. Efter reoveringen i 2005-06 blev de oprindelige termoruder udskiftet med scanglas solafskærmende energiruder i 4+10+4 mm med en beregnet rude u-værdi på 1,45 og en u-værdi for hele vinduet på 1,97.

En udskiftning af de nuværende energiruder til vakuumbuder fra Pilkington vil forbedre rude u-værdien til 0,8 og en u-værdi på 1,4 for hele vinduet.

Princippet i vakuumbuder er at man har vakuum eller et meget lavt tryk mellem to lag glas hvorved varmetransporten mellem de to bliver forsvindende lille. Ved normale energiruder er mellemrummet mellem glassene forsynet med den inaktive gas Argon. Her er den optimale afstand 15 mm for at begrænse varmetabet. Ved vakuumbuder er der stort undertryk (svarende til 1/1000 atmosfærisk tryk) og derfor kan man her komme ned på kun 0,15 mm afstand mellem glassene. Det betyder at disse vakuumbuder på 4+0,15+4, stort set ikke er tykkere end summen af de to lag glas.

Vakuumbuder er forsynet med energibelægning på den ene flade på tilsvarende måde som normale energiruder. Det voldsomme undertryk mellem glassene ville normalt få det atmosfæriske tryk til at presse de to lag sammen. For en rude på 1 m<sup>2</sup> svarer det til et tryk på et ton. For at holde afstanden imellem glassene er der anbragt små afstands "bumser" der er monteret i et mønster per 25 x 25 mm. Disse er svære at se, og det vurderes at det på ingen måde vil forstyrre fredningsværdierne.

For at holde konstruktionen helt lufttæt er de to glas svejset sammen i kanten. Denne samling danner en sort kant der derfor skal skjules i rammen. Konstruktionen svarer til den der kendes fra termokander. Luften er pumpet ud af ruden gennem en lille ventil, med en diameter på omkring 12 mm, der sidder i det ene hjørne af ruden. Denne ventil vil være synlig på ruderne. Det vurderes dog, at det ikke vil forstyrre fredningsværdierne kraftigt.





## Litteratur

Sigfried Gideon: *Befreites Wohnen. 86 Bilder*  
Orel Füssli Verlag Zürich und Leipzig. 1929

Torben Dahl og Ola Wedebrunn: *Modernismens Bygninger. Anvendt teknologi*  
Skov- og Naturstyrelsen, København 2000 (Heri nævnes curtain wall dog kun ganske kort)

Jay Pridmore: *The Reliance Building*.  
Chicago Architectural Foundation, 2003. Pomegranate Communications Inc. Chicago

Claus M. Schmidt: *Modernismens huse. Bygningskulturens dag 2005*  
Kulturarsstyrelsen, København 2005 (Heri nævnes curtain wall dog kun ganske kort)



*Curtain wall facader passer meget dårligt ind i ældre danske bygningsmiljøer – men det er en lille formildende omstændighed, at de kan spejle de gamle bindingsværkshuse overfor. Men bort set fra det er glassets skarpe genskin, lysets og lydets refleksion i den hårde og blanke overflade samt ikke mindst den store og mærkbare kontrast til murværk, puds, bindingsværk og træ i de omgivende bygninger.*





## **KOMPENDIER**

til Kulturarv, Transformation og Restaurering  
af Søren Vadstrup 2011-2014

### **Historiske byggematerialer**

- 01 TEGL, mursten og terracotta
- 02 LÆSKET KALK, mørtel og puds til bygningsrestaurering
- 03 KRIDTSTEN som byggemateriale
- 04 TRÆ, historie, brug og bevaring
- 05 PIGMENTER - de klassiske pigmenter
- 06 MALING - de fem klassiske bindemidler til maling
- 07 HVIDTEKALK og kalkfarver
- 08 GIPS, stuk og stukkatørarbejde
- 09 RUDEGLAS og termoruder
- 10 SMEDEJERN og essesmedning
- 11 STØBEJERN og jernstøbning
- 12 MESSING OG BRONZE – beslag og greb

### **Historisk byggeteknik**

- 01 MURVÆRK og puds
- 02 TRÆFACADER - historisk, teknisk og arkitektonisk
- 03 BINDINGSVÆRK - historisk, teknisk og arkitektonisk
- 04 LERJORDSHUSE - med lerklining, adobe, pisé og wellerwände
- 05 KRIDTSTENSHUSE – historie, egenskaber, istandsættelse
- 06 FACADEDEKORATIONER i puds, gips og kunststen
- 07 VINDUER af træ - historisk, teknisk og arkitektonisk
- 08 CURTAIN WALL facader - historisk, teknisk og arkitektonisk
- 09 TAGVÆRKER 1750-1950
- 10 TEGLTAGE og genoplægning af tagsten
- 11 SPÅNTAGE
- 12 PAPTAGE

### **Restaurering og energiforbedring**

- 01 Patinering af facader og facadeafrensning
- 02 Afrensning af plastikmaling på træ, murværk og puds
- 03 Salte i murværk
- 04 Dampspærrer og fugtbuffer i bygninger
- 05 Energiforbedring af vinduer
- 06 Energiforbedring af bindingsværk
- 07 Energiforbedring af bevaringsværdige bygninger
- 08 Isoleringsmaterialer