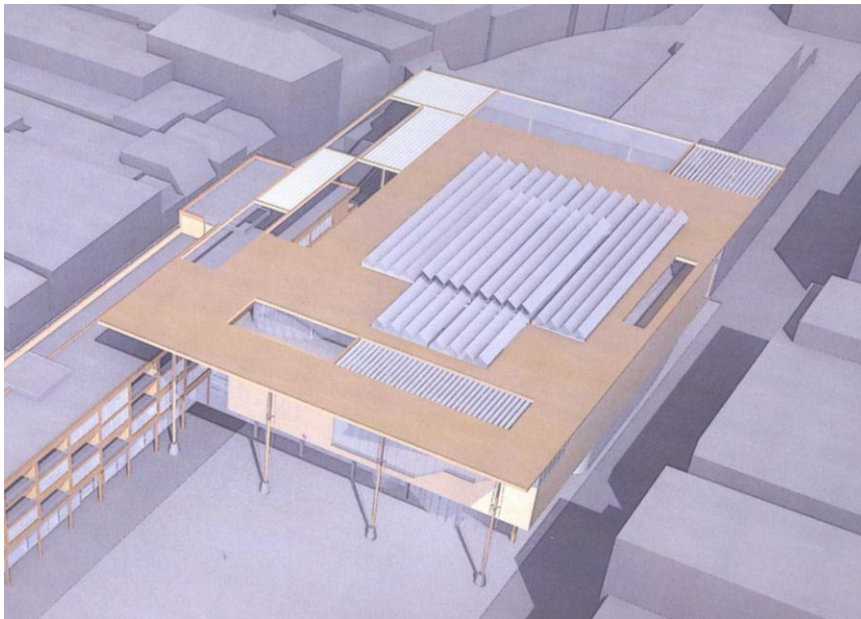


Stedelijk dak (nFM)

Deze deelopdracht omvat het stedelijke dak van het nieuw te bouwen Fries Museum aan het Wilhelminaplein te Leeuwarden.



Voorlopig Ontwerp Hubert-Jan Henket

Gemaakt door: Meile Tamminga
Stud.nr 73887
Email: meiletamminga@hotmail.com

Noordelijk Hogeschool Leeuwarden

Begeleider: Dhr. K.C.M. Boomgaard

Datum: 21-03-2006

inhoudsopgave

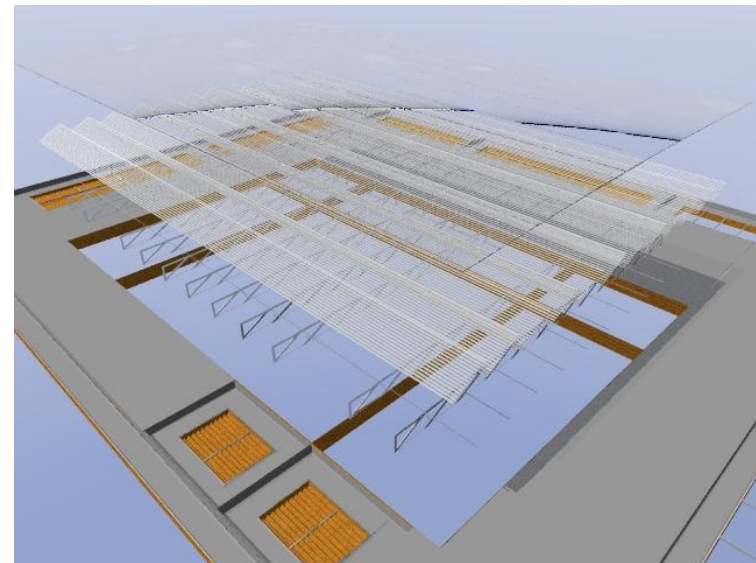
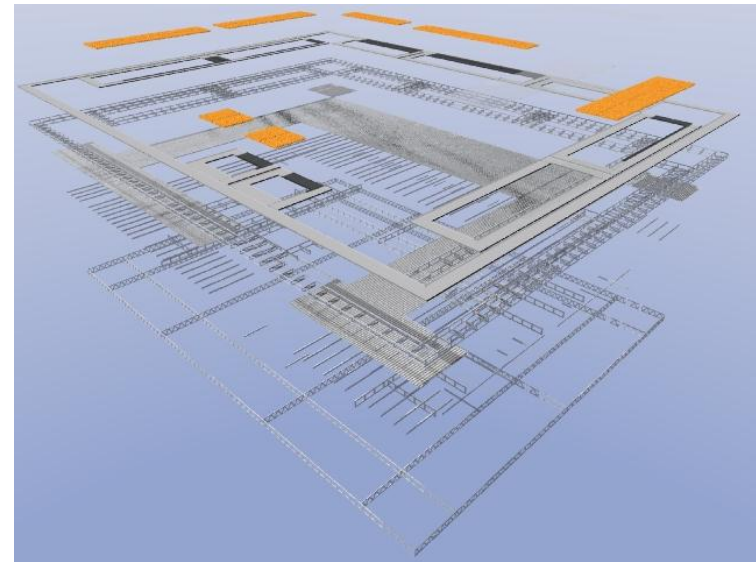
onderwerp en samenvatting	1,3
1. inleiding	4
1.1 Probleemstelling en plan van aanpak	4
1.2 Gegeven	5
1.3 aanpassingen	5
1.4 prefab	6
1.5 opbouw	6
2. algemeen daglicht	7
2.1 Het Museum	7
3. Daglichttoetreding voor museumzalen/expositieruimtes	8,9
3.1 Het ontwerp	9,10
3.2 Het lamellensysteem en de constructie	10 t/m 12
4. Daglichttoetreding buiten	13,14
5. Conclusies en bronnen	15
5. bijlagen	va. 16

Samenvatting

Het zaailand (Wilhelminaplein) in Leeuwarden is een belangrijke en veel besproken plek in het centrum van de friesche hoofdstad. Het zal de meeste inwoners dan ook niet ontgaan zijn dat er nieuwbouwplannen zijn voor dit plein en omliggende bebouwing. Hubert-Jan Henket is de architect voor de plannen. Als gebaar van samenhang tussen de verschillende functies die op en rond het nieuwe plein zullen plaatsvinden, is het **stedelijk dak** ontworpen.

Het is een gigantisch platdak van 75 x 56 meter, met grote overstekken die bescherming bieden tegen weersinvloeden. Het dak sluit het nieuwe museumgebouw en krijgt een speciale toepassing door de onderliggende daglichtzalen en een grote vide over alle verdiepingen van het museum. Daglichttoetreding via het dak is dus essentieel voor de ruimtes in dit gebouw, maar ook buiten het gebouw wordt in grote mate aandacht besteed aan het daglicht. Middels verschillende lamellen systemen wordt een zo hoog mogelijke kwaliteit en bruikbaarheid van het daglicht nagestreefd. Dit wordt tevens bepalend voor de uitstraling van het dak en dus het gebouw.

Door de toepassing van vakwerken worden de overspanningen en overstekken gerealiseerd. Omdat de overspanningen van het dak erg groot zijn, wordt de constructiehoogte ook enorm. Prefab elementen komen het toch al bewerkelijke dak ten goede en zorgen tevens voor een verjonging van het dakvlak, de onderkant van het dak wordt als een vlakke plaat afgewerkt met duurzame en onderhoudsarme materialen.



Inleiding

Het stedelijk dak voor het nieuw te bouwen Fries Museum is één van mijn deelopdrachten voor het afstuderen. De complete deelopdracht omvat een onderzoek naar een dak met een optimale daglichttoetreding (in verslagvorm). Gaandeweg worden de bevindingen vastgelegd en uitgewerkt in de tekeningen.

Probleemstelling en plan van aanpak

Om overzicht te krijgen in de problemen die men tegen komt tijdens het ontwerpen van een dergelijk dak, zullen eerst de uitgangspunten voor het ontwerp duidelijk moeten zijn.

Het bepalen van de uitgangspunten voor het ontwerp hangt o.a. af van de verschillende functies die plaatsvinden onder het stedelijk dak, een aantal punten die betrekking hebben tot de totstandkoming van het ontwerp worden hier genoemd:

- daglichttoetreding
- uitstraling, architectuur
- overgang binnen/buiten
- temperatuurverschillen
- bescherming tegen weersinvloeden
- constructief
- materialen (afwerking)
- afwatering
- onderhoud
- duurzaamheid
- kwaliteit

- uitvoering
- detaillering
- gebruik
- verhoudingen
- enz. enz.

Al deze elementen zijn van belang om te komen tot goed ontwerp voor het stedelijk dak. Bepaalde eigenschappen zijn te combineren of versterken elkaar, andere staan lijnrecht tegenover elkaar, dan zal er een afweging gemaakt worden. Om vervolgens alles als puzzelstukjes in elkaar te kunnen zetten



Gegeven

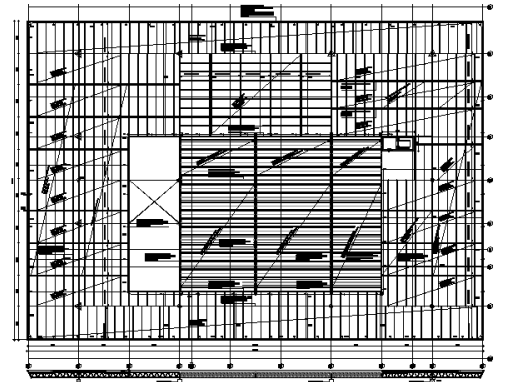
Met het voorlopig ontwerp van de architect, zijn we als afstudeergroep begonnen aan een definitieve tekening van het stedelijk dak (zie tek. 02-07-B afst.gr. 4 FM) Voor de deelopdracht is qua uitstraling vooral teruggegrepen naar het voorlopig ontwerp. De dimensionering en aangenomen afmetingen zijn aan de definitieve tekening ontleend.

Aanpassingen

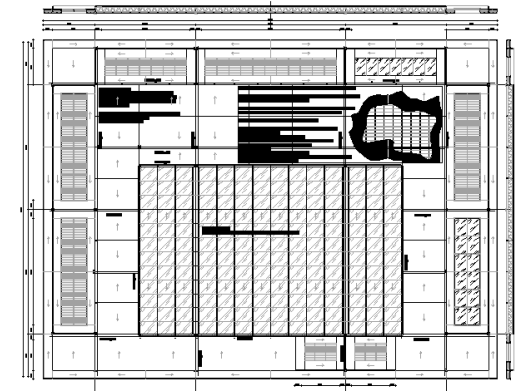
Het ontwerp van het dak is t.o.v. de definitieve tekening op een aantal punten gewijzigd. Zo is de afschuining van de dakrand vervangen door een verjonging. Op een manier zodat de werkelijke hoogte van de constructie pas op een afstand van 125 meter (ooghoogte = 1800+) is te zien, dus niet van af het plein, eigenlijk totaal niet tijdens de benadering van het gebouw.

Er zijn openingen aangebracht in het dak, waar vaste horizontale houten lamellen met het licht spelen. Ter plaatse van het lombardplein en de steeg naar het beursplein worden de openingen afgesloten met glas om regen tegen te houden.

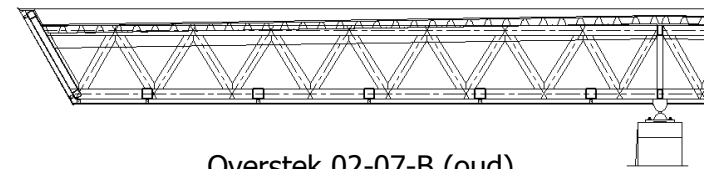
Het glazen dak boven de daglichtzalen van het museum is totaal veranderd. De opzet van het 'dubbele' dak, zoals tijdens het afstuderen is bepaald, komt te vervallen. De enorme lamellen van 14 meter lang leek geen haalbare zaak. Het glazen dak wordt geïntegreerd in het andere dak, tussen de (hoofd)vakwerken. Hierdoor is het glazendak een stuk groter geworden en loopt in zijn geheel door van vide tot daglichtzalen.



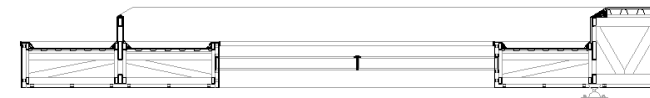
Dak 02-07-B (oud)



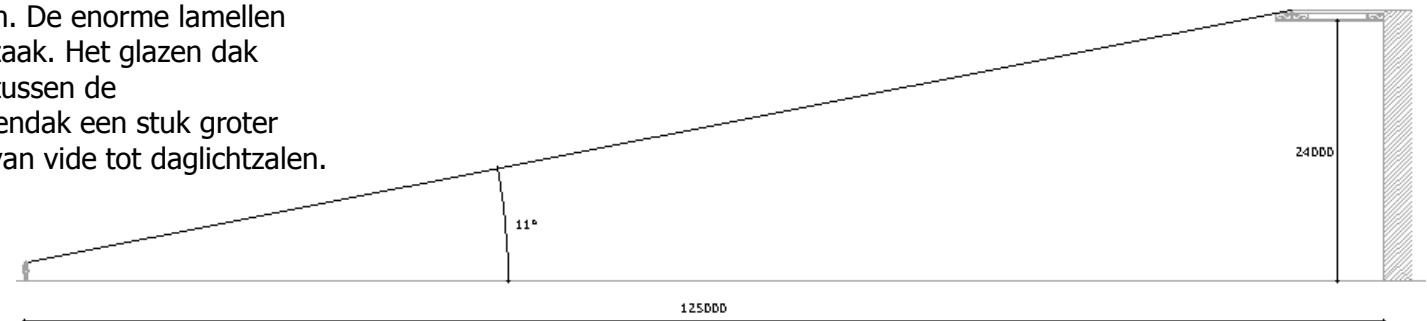
dak deelopdracht (nieuw)



Overstek 02-07-B (oud)



Overstek deelopdracht (nieuw)



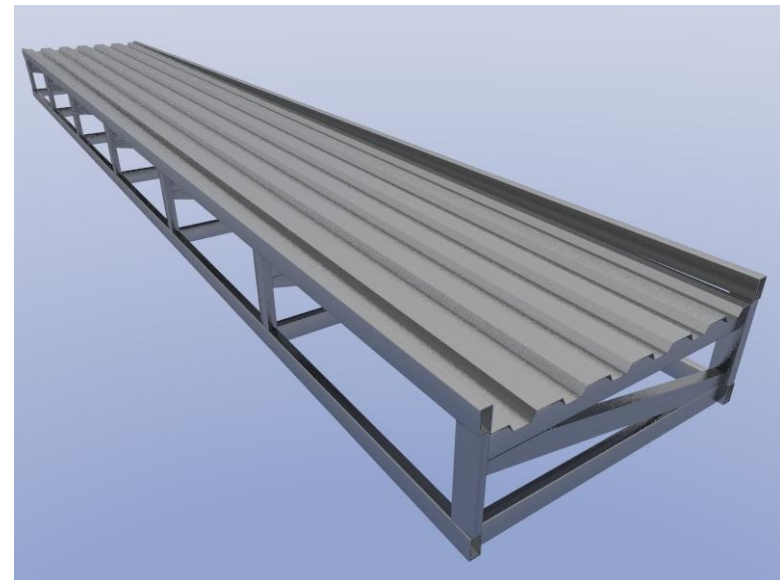
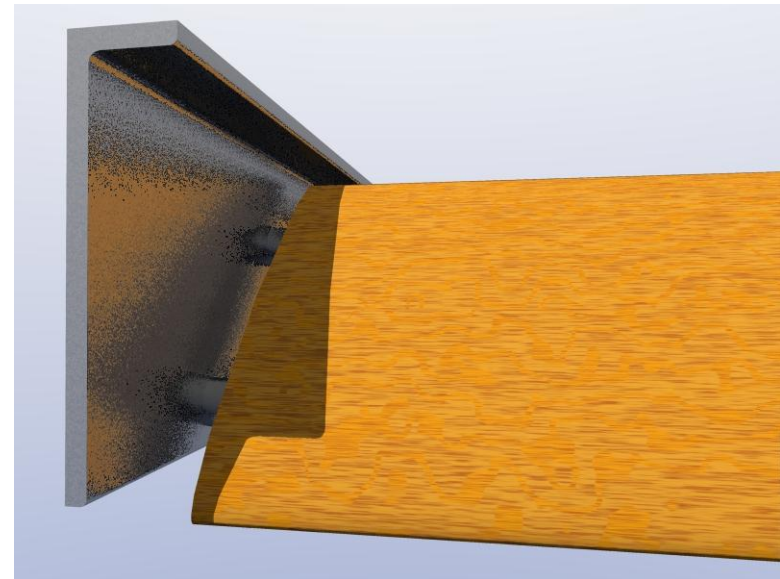
Prefab

Om de constructiehoogte van het dak te reduceren, visueel dan, wordt gebruik gemaakt van prefab (goot)elementen. Deze elementen hebben een hoogte van ca. 70 cm en worden aan de vakwerken gemonteerd. Ook de houten lamellen die buiten toegepast worden, zullen als prefab element worden geplaatst.

Opbouw

Het complete dak met overstekken wordt uitgevoerd in (hoofd)vakwerkliggers van een meter hoog. Tussen deze vakwerken worden weer vakwerken geplaatst met een h.o.h. van max. 6 meter. Dit is de overspanning voor de staalplaten die met afschot op de vakwerken worden bevestigd. Deze staalplaten worden afgewerkt met multiplex en bitumen. Aan de onderzijde van de vakwerken worden stalen kokerprofielen bevestigd met een h.o.h. afstand van 1,5 meter. Voor de afwerking van het dak wordt een systeem gebruikt (justimax). Hier wordt duurzaam plaatmateriaal aan bevestigd.

Het gedeelte van het dak boven de daglichtzalen en de vide is ook opgebouwd uit vakwerken, deze zijn getoogd voor de afwatering. Het gekozen systeem voor de bevestiging van het glas, komt van Reynaers.



Algemeen daglicht

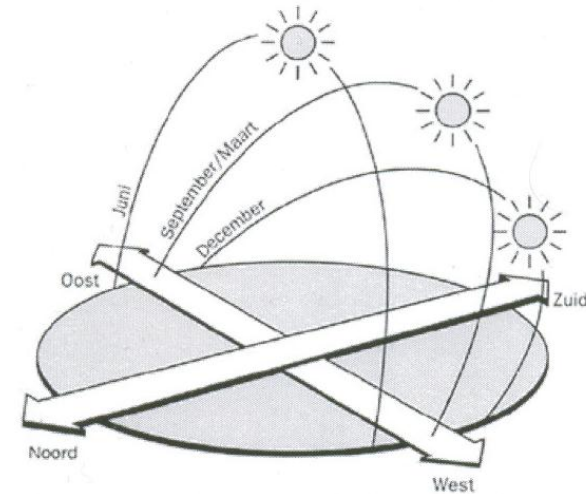
Bij het ontwikkelen van een gebouw kan de variëteit in daglicht worden gebruikt voor het welzijn en vormgeving. Hierbij is het noodzakelijk om de baan van de zon gerelateerd aan de plek van de aarde als richtlijn te gebruiken.

De baan van de zon verschilt van plaats op aarde, de datum en de tijd.

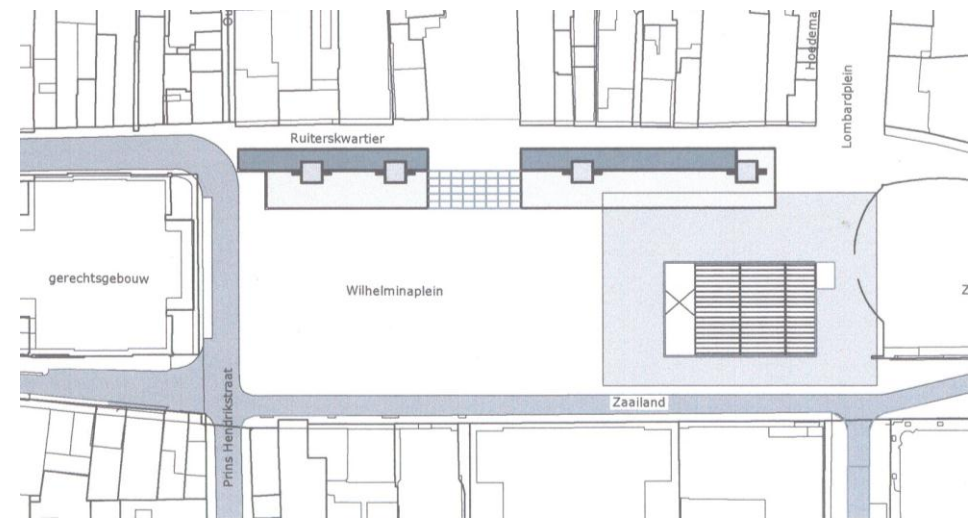
Het Museum

De verschillend georiënteerde **gevels** van het gebouw hebben te maken met elk verschillende zonnestanden. En zo ook met verschillende aandachtspunten die van invloed zijn op de lichtopeningen. Een noordgevel zal beperkt direct zonlicht kunnen opvangen waardoor directe zonwering niet nodig is, maar lichtregulering wel. Een zuidgevel zal door een grotere zonhoogte eenvoudiger uit te rusten zijn met een zonregulering dan de oost- en westgevel, waar je te maken krijgt met lage zonnestanden.

Bij lichtopeningen in het **dak** is het om gelijke redenen voordeliger alleen noorderlicht te gebruiken door middel van bijvoorbeeld een op het noorden georiënteerd sheddak. Hierbij speelt mee dat een onbelemmerde horizontale lichtopening in een dak, vanwege het zenitale licht en vanwege het 'zicht' op een groter deel van de hemelkoepel, een beter rendement heeft dan een verticale lichtopening.



Bovenstaande situatie geldt voor Nederland.



situatie



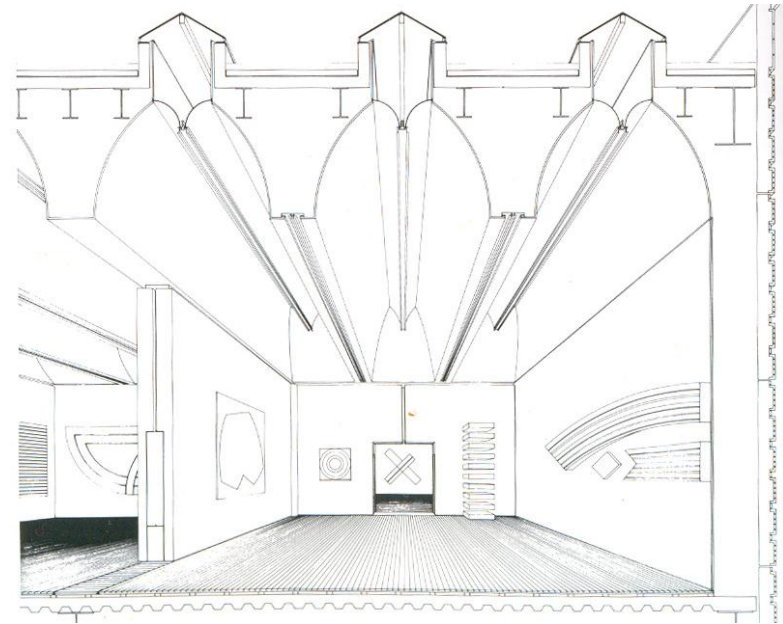
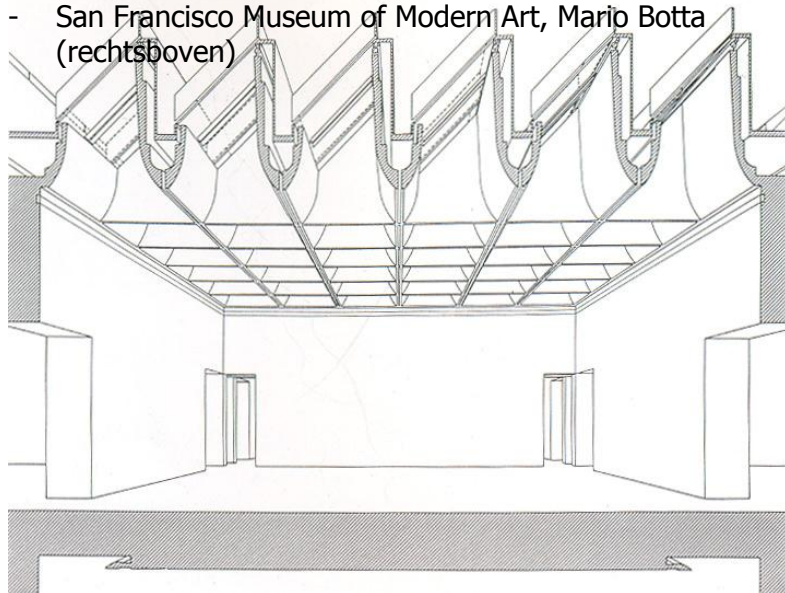
Daglichttoetreding voor museumzalen/expositieruimtes

Het belangrijkste uitgangspunt voor het opvangen van daglicht via het dak in een museumzaal is gebruik te maken van het 'noorderlicht'. Omdat dit licht zorgt voor de meest constante hoeveelheid lichttoetreding.

Met die wetenschap zijn er tal van mogelijkheden om het licht zo 'bruikbaar' mogelijk te maken, het belangrijkste is immers de expositie in een ruimte, die zo goed mogelijk belicht dient te worden.

Een aantal voorbeelden van reeds gerealiseerde museumdaken:

- Kunstmuseum Bonn, Axel Schultes (onder en rechtsonder)
- San Francisco Museum of Modern Art, Mario Botta (rechtsboven)



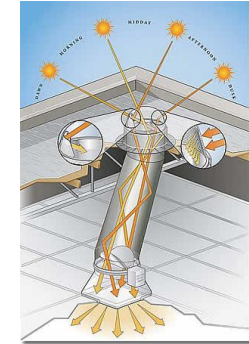
In de voorbeelden is te zien hoe men komt tot een zo constant mogelijke daglichttoetreding in de museumzaal. Echter is het grootste gedeelte licht dat in de ruimte valt *indirect* licht. Het noorderlicht weerkaatst via het dak of de constructie de ruimte in. Op een dergelijke manier, waarbij het licht, hetzij eerst verzameld wordt, vervolgens door weerkaatsing de ruimte binnendringt, is de vorm en materiaalkeuze voor het grootste gedeelte bepalend geworden voor de kwaliteit en de intensiteit van het licht. Er dient rekening te worden gehouden met de kleur en in welke richting de weerkaatsing van het noorderlicht optreedt.

Het ontwerp

Een van de uitgangspunten voor mijn ontwerp van het museumdak is om een zo hoog mogelijk **rendement** van *direct* en constante daglichttoetreding te realiseren. Nederland kent een wisselvallig klimaat met verschillende seizoenen waardoor de intensiteit en de hoek van het licht constant veranderen. Veel bewolking kan zorgen voor donkere periodes. Daarom probeer ik juist met weinig materiaal, zoveel mogelijk licht te benutten. De ruimte zelf, het dak, de constructie, gekozen kleuren, materialen, enz. zijn dus ondergeschikt aan de expositie die er plaatsvindt.

'What you see is what you get'

Een sheddak is het type dak waar de keuze naar uitgaat omtrent het ontwerpen van de daglichtzalen. Aan de tekeningen van het voorlopig ontwerp van Hubert Jan Henket valt af te lezen dat in het ontwerp van het *nieuwe Fries Museum* ook is gekozen voor een dergelijk daktype, zoals vaker bij musea.



Voorbeeld van een solatube systeem



Voorbeeld van een sheddak

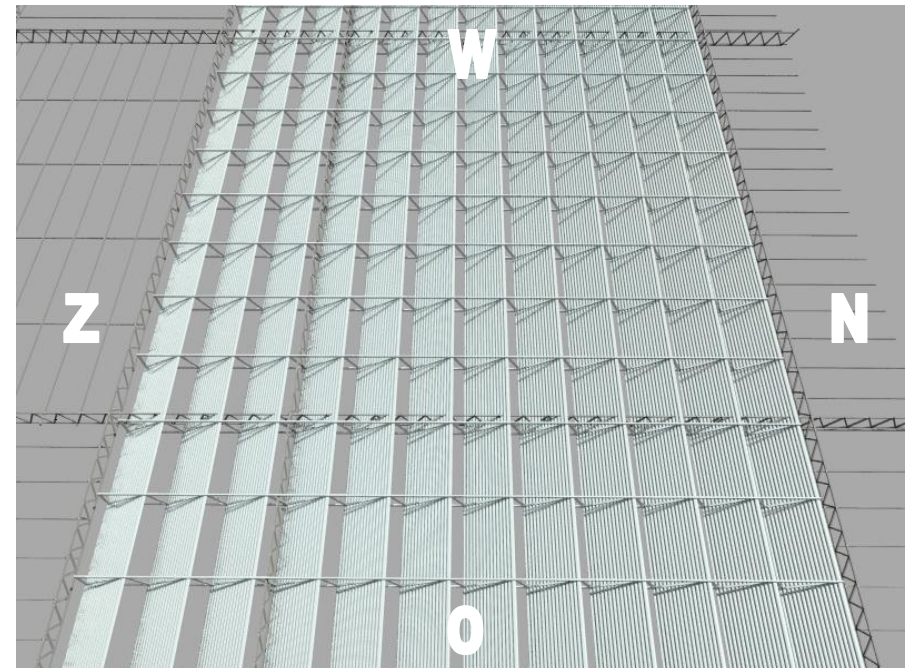
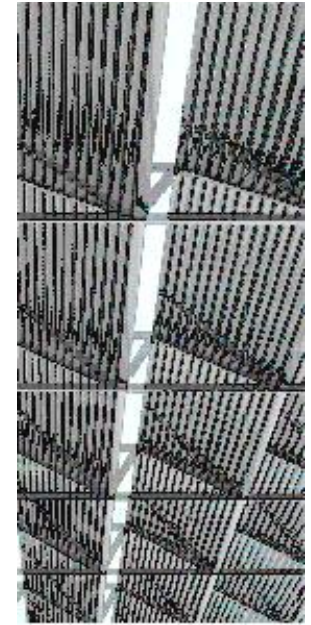
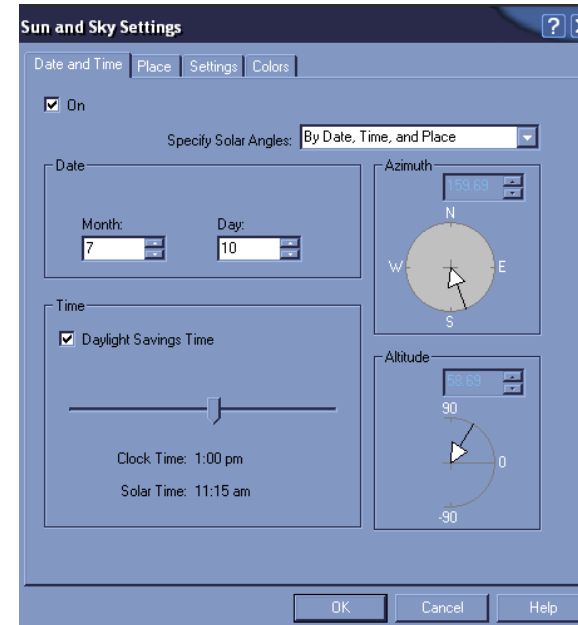


Een op het noorden gericht sheddak heeft een open dakvlak gedraaid ten opzichte van het horizontale vlak afgesteld op de grootst mogelijke amplitude (hoek) waarop de zon vanuit de zaal net niet meer kan worden gezien. De dakvlakken in de overige richting zijn gesloten zodat op deze manier elke vorm van hinderlijk en sterk variabel licht wordt gekeerd.

Het lamellensysteem en de constructie

De gunstigste overspanning loopt in tegenovergestelde richting van de schuine dakvlakken en bedraagt 14 meter (binnenmuren grote zaal). Het materiaal voor de slankste constructie is staal, verder zal rekening moeten worden gehouden met een gangbare overspanning van de dakhuid zelf.

Dan kort naar het lamellensysteem. De hoeveelheid licht hangt af van het weer. Het licht dat via het sheddak binnen valt, komt van één kant en zal dus via de onderkant van het dichte dakvlak (zuiden) de ruimte in kaatsen om een evenwichtige belichting van de expositie te bewerkstelligen. Een nadeel is dat er soms simpelweg te weinig daglicht in de ruimte valt om ermee te kunnen exposeren. Vandaar de toepassing van een lamellensysteem en glas in plaats van het zuidelijke dichte dakvlak. Door de toevoeging van daglicht doormiddel van weerkaatsing via de lamellen, wordt een evenwicht in de verlichting van de ruimte gevonden, terwijl er extra licht bij komt. Zo kan het dat er vaker, langer en anders met daglicht kan worden geëxposeerd.



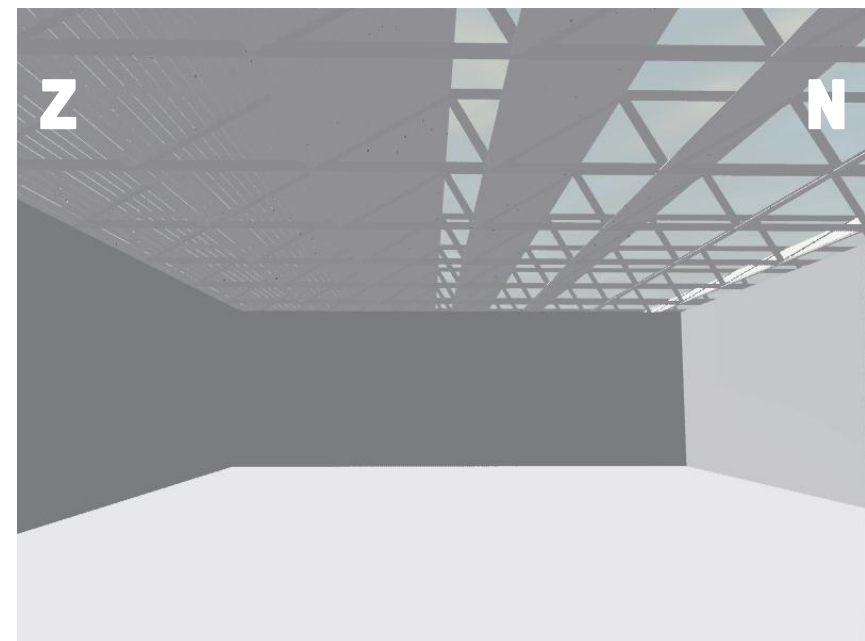
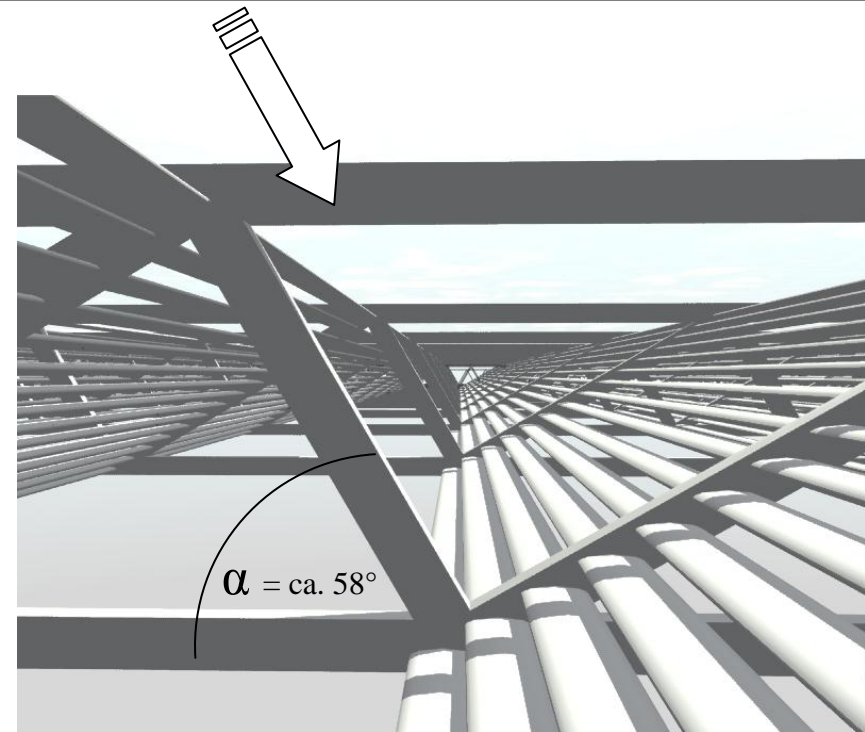
Terug naar de constructie, er zijn inmiddels een aantal criteria voor de uiteindelijke keuze:

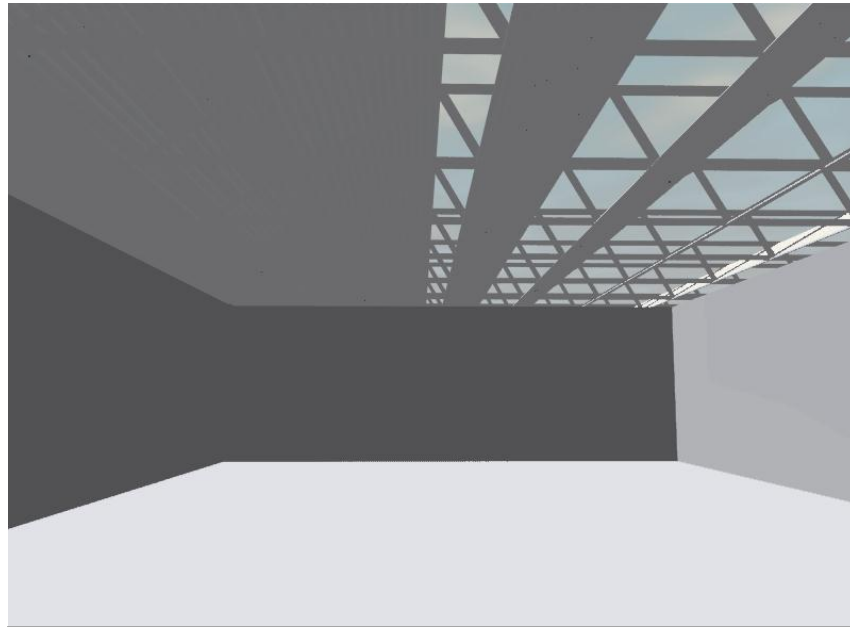
- 'What you see is what you get' veel licht weinig materiaal
- vorm van het sheddak
- max. overspanning van 14 meter
- overspanning van het glas (3 meter)
- overspanning van de lamellen (3 meter)
- bevestiging van het glas
- ruimte voor de bevestiging van het aandrijfsysteem en de lamellen
- bevestiging van kunstlichtarmatuur
- wegwerken kabels

Door de constructie direct te gebruiken voor zowel de bevestiging van het glas als voor het lamellensysteem in de vorm van het sheddak brengt een vakwerklijger de oplossing.

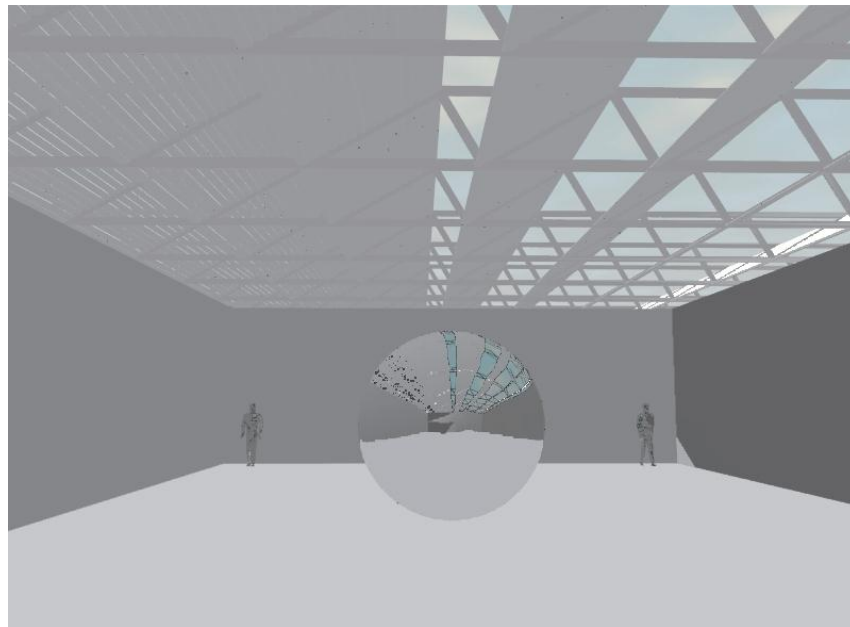
Door het glas als een vlak boven op de vakwerken te plaatsen is het eenvoudiger een waterdicht systeem te ontwerpen. Een ander voordeel is dat de complete constructie en het lamellensysteem onder de dakhuid komen te liggen wat de duurzaamheid en het onderhoud ten goede zal komen. Ook is binnen de temperatuur constant waardoor het staal nauwelijks zal uitzetten of krimpen. Een nadeel is dat de constructie zal moeten worden behandeld tegen brand wat het museumdak duurder zal maken. Door genoeg toeg aan te brengen in de vakwerklijgers kan het hemelwater afstromen naar het dichte stedelijke dak.

Op de volgende pagina laten de bovenste twee voorbeelden het effect van extra licht in de expositieruimte zien middels het lamellensysteem. Via een sensor op het dak de ideale omstandigheid of handmatig een ander effect... (beneden afgebeeld).

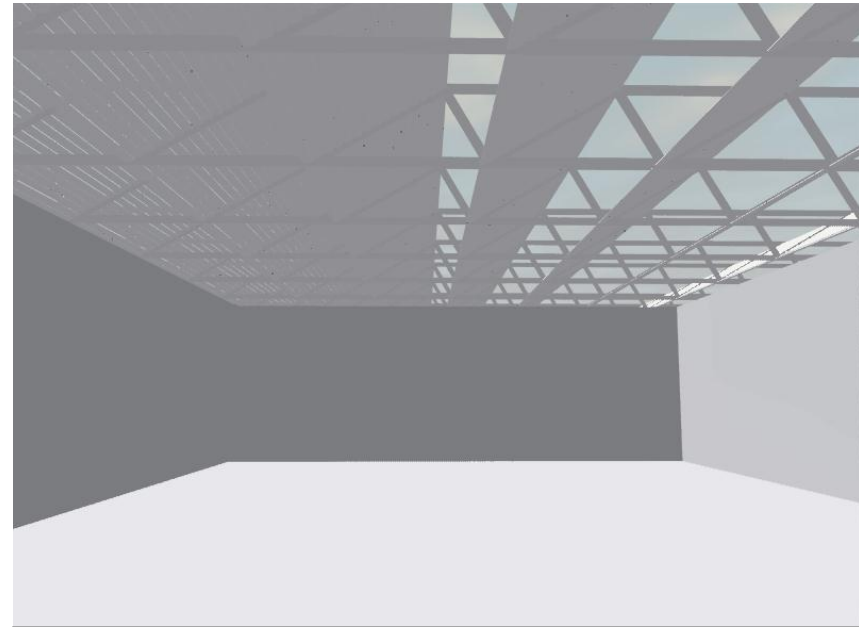




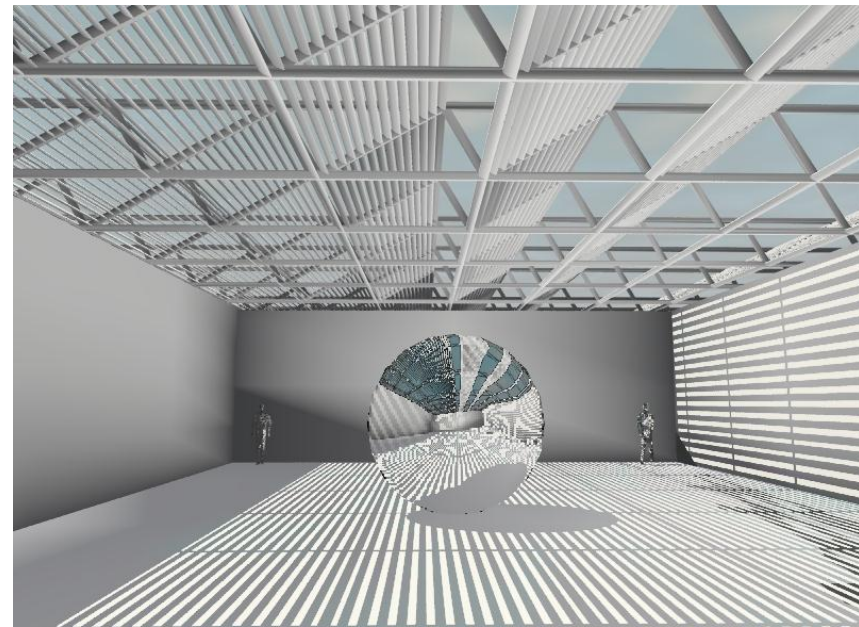
Gesloten lamellen, geen even(l)(w)icht



Expositie in even(l)(w)icht



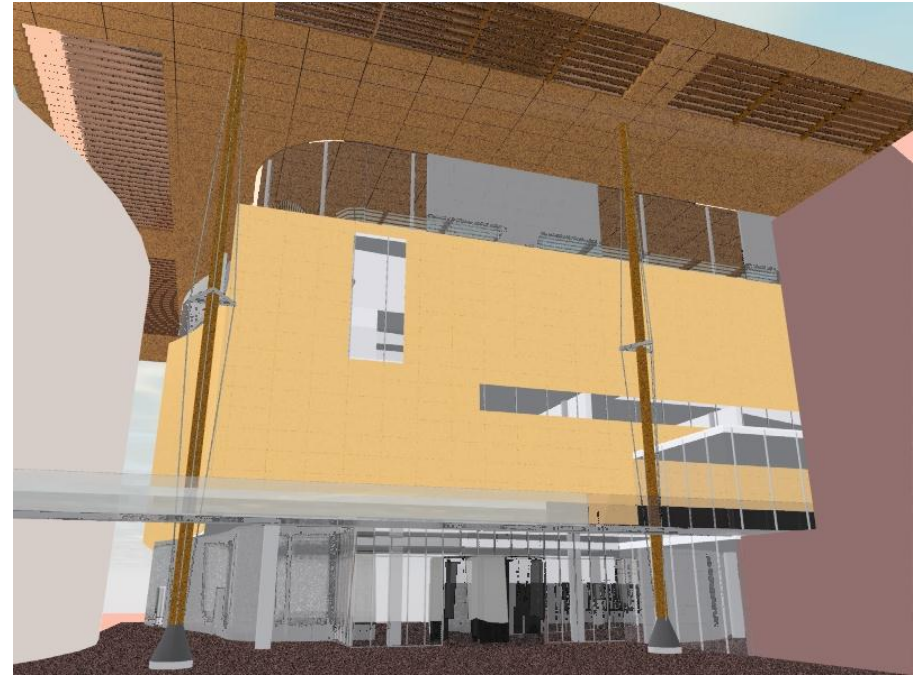
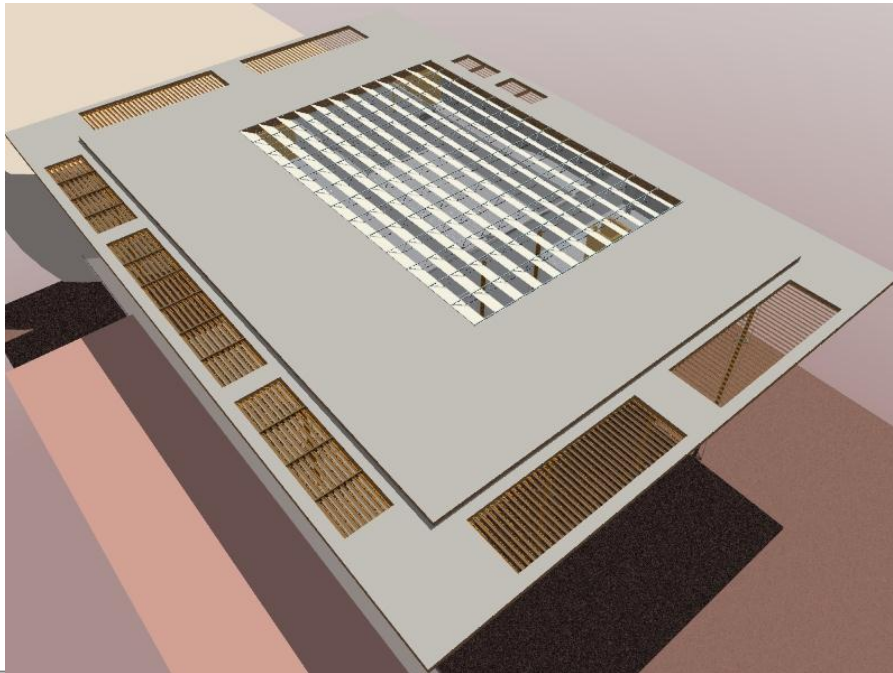
Lamellen beetje open, gebruik van extra licht



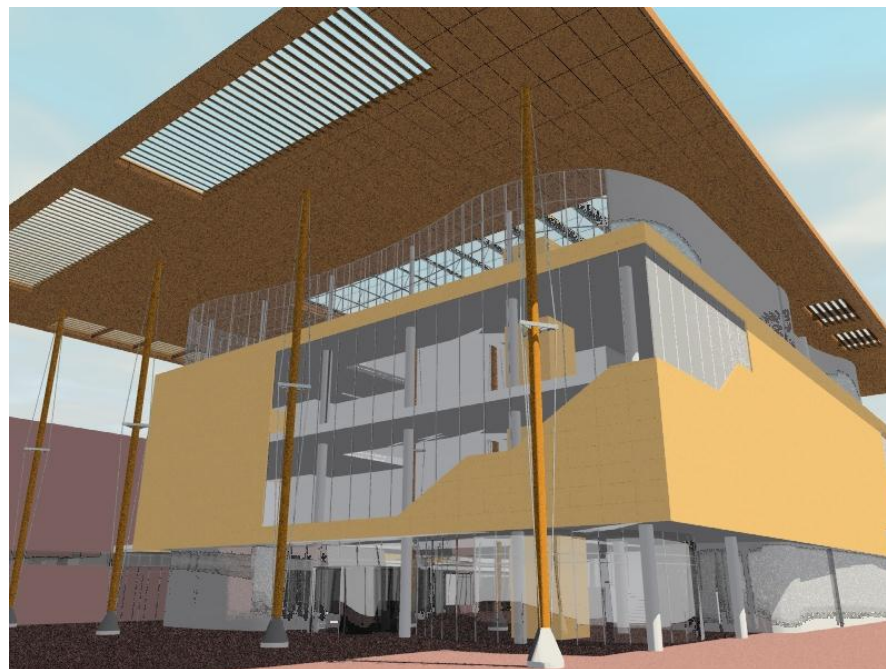
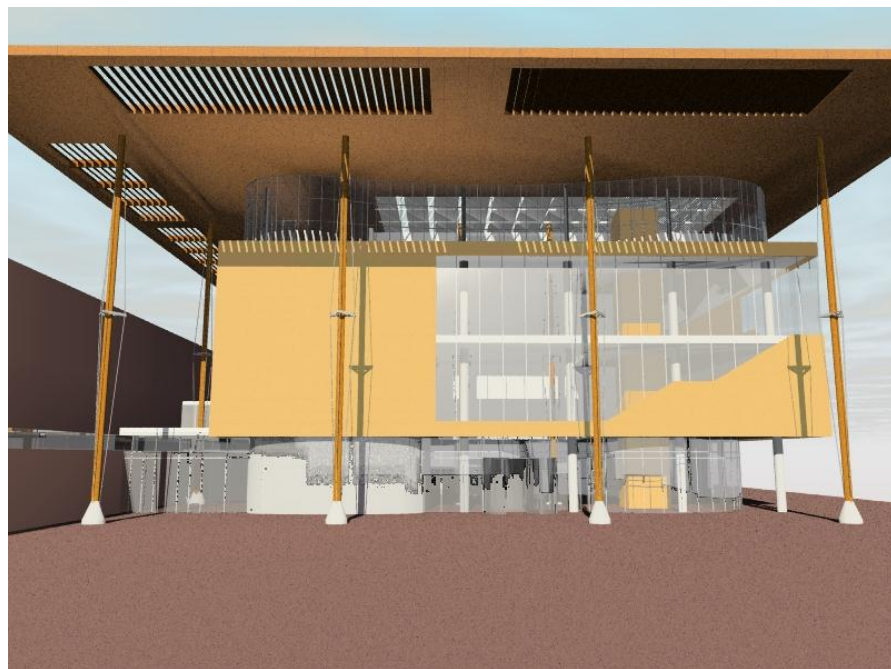
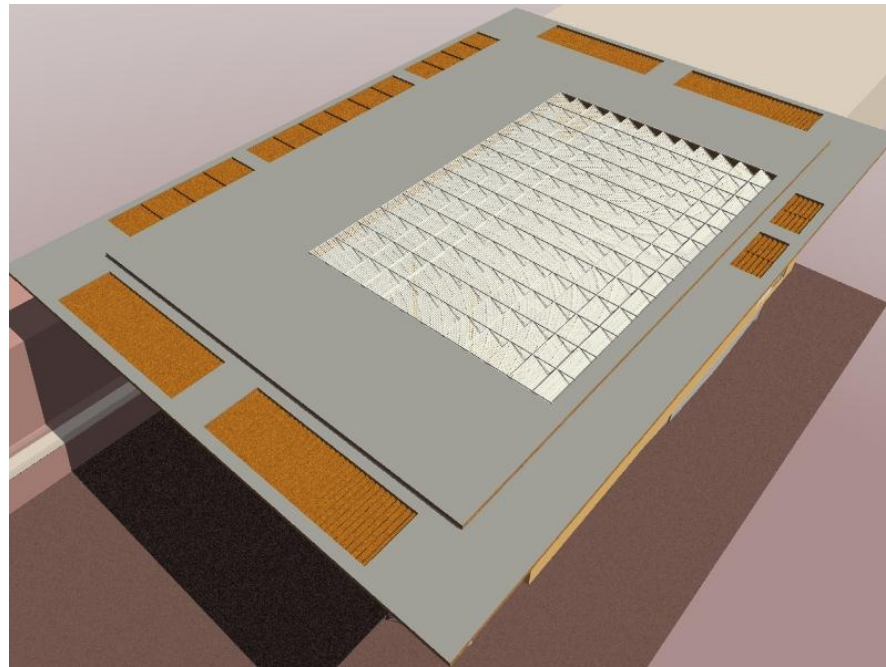
... handmatige mogelijkheden

Daglichttoetreding buiten

Het stedelijke dak met zijn overstekken, strekt uit over een gedeelte van het wilhelminaplein en het lombardplein, maar ook over de steeg tussen het winkelcentrum zaailand en het nieuwe Fries Museum, en over omliggende bebouwing, zoals winkels en horeca gelegenheden. Door openingen in het overstek van het dak te maken, krijgt het dak een licht karakter en een andere uitstraling, onderliggende ruimtes zullen beter worden verlicht. De openingen hebben ook invloed op de gevels, soms worden de lamellen zichtbaar op de gevel, dit beeld verandert constant.



Omdat in een paar gevallen de waterkering belangrijker is dan de zonregulering, komen hier de houten lamellen te vervallen en worden de openingen afgesloten met glas. Dit is het geval boven de ingang aan het Lombardplein en boven de steeg tussen het zaailand gebouw en de oostgevel van het Fries Museum. Hier is genoeg belendende bebouwing voor voldoende beschutting. De voorgevel van het gebouw is op het westen georiënteerd. Een luifel op 22 meter hoogte zal dus weinig effect hebben als bescherming tegen wind en regen. De ingang is daarom via een tourniquet gesitueerd onder de 'doos' van het museum. Er is bewust gekozen voor óf de vaste houten lamellen, óf een glazen afdichting.



Conclusies en bronnen

Bij het ontwikkelen van een gebouw kan de variëteit in daglicht worden gebruikt voor het welzijn en vormgeving. Hierbij is het noodzakelijk om de baan van de zon gerelateerd aan de plek van de aarde als richtlijn te gebruiken.

Het belangrijkste uitgangspunt voor het opvangen van daglicht via het dak in een museumzaal is gebruik te maken van het 'noorderlicht'. Omdat dit licht zorgt voor de meest constante hoeveelheid lichttoetreding.

Wanneer het licht, hetzij eerst verzameld wordt, vervolgens door weerkaatsing de ruimte binnendringt, is de vorm en materiaalkeuze van het dak zelf, voor het grootste gedeelte bepalend geworden voor de kwaliteit en de intensiteit van het (expositie)licht.

Een nadeel van een sheddak is dat er soms simpelweg te weinig daglicht in de ruimte valt om ermee te kunnen exposeren. Vandaar de toepassing van een lamellensysteem en glas in plaats van het zuidelijke dichte dakvlak. Door de toevoeging van daglicht doormiddel van weerkaatsing via de lamellen, wordt een evenwicht in de verlichting van de ruimte gevonden.

'What you see is what you get', weinig materiaal, veel licht: Door de constructie direct te gebruiken voor zowel de bevestiging van het glas als voor het lamellensysteem in de vorm van het sheddak brengt een vakwerkligger de oplossing.

- M.A.F. Beelen, A.H.L.G. Bone, STAM tabellenboek, 1997
Educatieve Partners Nederland BV, Houten

Readers NHL:

- H.W. Meijer, constructieve vormgeving.
- Constructies. moduul 3 civiel en bouwkunde

Internet:

- www.daglichtsystemen.nl
- www.daglicht.novem.nl
- www.lenco.nl
- enz. enz.

Bijlagen :

Vuistregels voor een goed daglichtontwerp

1. Houd rekening met de oriëntatie (noord/oost/zuid/west) van de bouwkaavel. En benut deze kennis gedurende de eerste schetsen van de gebouwvorm.
2. Inventariseer de omliggende bebouwing en begroeiing. Deze kunnen invloed uitoefenen op de daglichttoetreding van het te ontwikkelen gebouw.
3. Houd rekening met de [locatie](#) op aarde en de daar aanwezige klimatologische omstandigheden met betrekking tot het lichtontwerp en de toepassing van daglichtsystemen. Veel daglichtsystemen functioneren vooral met directe zonnestraling. In Nederland komt gedurende slechts 30-35% van de tijd dit directe zonlicht voor.
4. Controleer het bestemmingsplan op toekomstige bouwprojecten die de daglichttoetreding van het te ontwikkelen gebouw kunnen beïnvloeden.
5. Gebruik licht gekleurde buitenmaterialen voor horizontale delen die door reflectie voor extra daglichttoetreding in het gebouw kunnen zorgen. Bijvoorbeeld door water (vijvers), wit grind, lichtgekleurde dakmaterialen toe te passen.
6. Stel het gebouw 'bloot' aan daglicht. Door gebruik te maken van atria, insnijdingen e.d. wordt meer gevelomtrek verkregen waardoor meer daglichttoetreding mogelijk is. Eén en ander moet wel in overeenstemming zijn met het thermische energie-efficiënte karakter dat in een ideale situatie een compacte vorm voorschrijft.
7. Gebruik profilering van de doorsnede van de gebouwmassa voor daglichttoetreding en schaduwwerking. Een terrasvorm biedt kansen voor veel daglichttoetreding; overstekken zorgen voor schaduw op het gevelvlak.
8. Voer ongeveer 40% van het geveloppervlak als lichtopening uit. Veel lichtopeningen en daarmee daglicht is niet per definitie goed. Een percentage boven deze richtwaarde kan namelijk als gevolg van een te hoge zoninstraling klimatologische problemen en visueel discomfort opleveren.
9. Stem de situering van de verschillende functies in het gebouw af op de (dag)lichtbehoefte. Dit door een zonering toe te passen waarbij functies die meer daglicht behoeven dicht bij de gevel worden geplaatst.
10. Hoge ruimten met hoge ramen geven veel licht. Ontwerp ruimten met een hoog plafond en hooggeplaatste lichtopeningen voor daglichtinval diep in het vertrek. De diepte van de ruimte kan worden afgestemd op de hoogte van de gevel met de lichtopening. (diepte ca. 1,5 - 2 x afstand bovenzijde raam naar vloer).
11. Maak daar waar mogelijk gebruik van [bovenlichten](#). Dit vanwege het hogere daglichtrendement, in

- vergelijking met een zijlicht. Pas bij bovenlichten zon- en lichtregulerende voorzieningen toe.
12. Pas, daar waar mogelijk, aan weerszijden van een ruimte lichtopeningen toe. Hiermee wordt een goede daglichttoetreding en gelijkmatigere lichtspreading in de ruimte verkregen.
 13. Pas het aantal en de grootte van de lichtopeningen in een gevel aan op de specifieke eigenschappen van de zonnestand horende bij de verschillende geveloriëntaties:
 - o noord: gelijkmatige lichtinval, zonregulering niet nodig, lichtregulering wel.
 - o zuid: door direct zonlicht veel natuurlijk licht mogelijk, zonregulering relatief eenvoudig door steile zonnestand.
 - o west/oost: moeilijke zonregulering door lage zinstraling.
 14. Gebruik voor gevelramen horizontale lichtopeningen. Deze hebben een beter rendement ten aanzien van de daglichtopbrengst en zorgen voor minder contrast. Een verticaal raam daarentegen biedt meer mogelijkheden voor een goed uitzicht.
 15. Voldoende uitzicht is van groot belang voor de gebruiker. Deze eis kan tegenstrijdig zijn met maatregelen die noodzakelijk zijn voor het optimaliseren van het daglichtklimaat.
 16. Besteed aandacht aan het ontwerp en de detaillering van de lichtopeningen (vorm dagkanten, materialisatie, kleur etc.). Dit ter bevordering van daglichtspreading en het tegengaan van hinderlijk contrast.
 17. Kies lichte kleuren voor het [interieur](#) om zo lichtreflecterende oppervlakken te krijgen. De kleuren en materialen van het interieur kunnen worden afgestemd op de benodigde reflectie: plafond – hoge reflectie, wand – middelmatige reflectie, vloer – lage reflectie.
 18. Denk in een vroeg stadium na over het [kunstlicht](#). Neem het kunstlichtplan mee in de ontwikkeling om tot een goede afstemming tussen daglicht en kunstlicht te komen. Dit door zonering van kunstlicht en daglichtafhankelijke schakelsystemen (evt. gebouw management systeem).
 19. Toets het ontwerp. Maak een daglichtmodel van het ontwerp door gebruik te maken van simulatiesoftware of door een maquette.
 20. Haal inspiratie uit [reeds gerealiseerde gebouwen](#) waar daglicht de voornaamste verlichtingsbron was.