project
ARTIS Aquarium

betreft
DuMo-rapportage

datum
08-07-2019

documentcode
AAQ1701R005

opdrachtgever
Natura ARTIS Magistra

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Introductie	3
1.2	Visie	5
2	Monumentale waarde	6
2.1	Stedenbouwkundige context	6
2.2	Gebouw	6
2.3	Monumentale waardestelling	8
3	Bouwtechnische staat	12
3.1	Buitenschil	12
3.2	Installaties bestaand	15
4	Verduurzaming van het monument	17
4.1	Afweging mogelijkheden	17
4.2	Voorgestelde maatregelen buitenschil	18
4.3	DuMo-score	28
5	Advies	35

Bijlage 1 | *Tekeningen waardestelling* 36

Bijlage 2 | *Rapport bouwhistorie* 36

Bijlage 3 | *Tabel waardestelling en bouwtechnische staat* 36

Bijlage 4 | *Tekening maatregelen thermische schil* 36

Bijlage 5 | *Berekening Greencalc+* 36

Bijlage 6 | *EPC-berekeningen scenario 0 (basis) en 6 (alle energetische maatregelen)* 36

Bijlage 7 | *Maatregelenlijst subsidieregeling restauratie rijksmonumenten 2019–2020* 36

Bijlage 8 | *Definitief Ontwerp werktuigbouwkundige installaties* 36

Bijlage 9 | *Definitief Ontwerp elektrotechnische installaties* 36

1 Inleiding

1.1 Introductie

Het Aquariumgebouw van Artis betreft een monumentaal pand daterend uit 1881 (Rijksmonument, monumentnummer 4108). Het gebouw telt drie bouwlagen en diverse tussenvloeren en heeft de status van een rijksmonument. Het gebouw heeft een oppervlakte van circa 4.000 m^2 BVO. Al langere tijd beraadt Artis zich op de toekomst van het gebouw. Daarin worden diverse aspecten meegewogen, waaronder functionaliteit, routing van het publiek, kwaliteit en staat van onderhoud en duurzaamheid. Er is een ontwerpteam samengesteld van architect (OTH architecten), restauratie-architect (Verlaan en Bouwstra) constructie-adviseur (SWINN), installatie-adviseur (Halmos Adviseurs), adviseur duurzaamheid (B en R) en adviseur bouwfysica, akoestiek en brandveiligheid (ZRi).

Het uitgangspunt voor de bestemming, het gebruik en de overige doelstellingen van het gebouw is weergegeven in het 'Programma van Eisen Deel I' versie 0.3 van 5.1.2e d.d. 31 januari 2017. Voor de waardering van de verschillende delen van het pand is gebruik gemaakt van de 'Context, bouwhistorie en waardering' van Verlaan & Bouwstra architecten / 5.1, 2, e d.d. 7 september 2007.

Dit rapport betreft een DuMo-advies, waarbij op basis van de monumentale status en effect op de duurzaamheid een afweging wordt gemaakt om bepaalde maatregelen te treffen. Dit wordt aangetoond met een DuMo-score, conform de methode zoals omschreven in het 'Handboek duurzame monumentenzorg', uitgegeven in 2011 door SBR.

Doel van deze rapportage is de benodigde informatie te leveren voor de aanvraag van subsidie op basis van de Subsidieregeling restauratie rijksmonumenten 2019–2020. In de rapportage staan alle getroffen maatregelen omschreven. In bijlage 7 zijn deze samengevat op basis van de maatregelenlijst behorende bij de subsidieregeling. De maatregelenlijst kent ook een puntentelling, waarbij tenminste 14 punten moeten worden behaald om voor subsidie in aanmerking te komen. De lijst met de behaalde score is ook te zien in tabel 1.

In een separaat document zal worden ingegaan op de restauratiekosten en de kosten voor duurzaamheidsadvies, welke bedragen subsidiabel zijn. De kosten waarvoor subsidie wordt gevraagd bedragen meer dan € 2,5 miljoen, zoals gesteld als randvoorwaarde van deze subsidieregeling.



figuur 1 | *Historische foto van het aquarium (Rijksmonument, monumentnummer 4108).*

tabel 1 | *Maatregelenlijst voor het aquarium conform de Subsidieregeling restauratie rijksmonumenten 2019–2020. Bijlage 7 bevat een uitgebreide toelichting op de toekenning van punten.*

	Basismaatregelen	**Toegepast**	**Punten**
1	Kierdichting	ja	2/2
2	Raamluiken	nee	0/1
3	Schoorsteenballonen of schoorsteenkleppen	ja	1/1
4	Isolatie van leidingen en appendages	ja	1/1
5	Radiatorfolie	ja	1/1
6	Inregelen van verwarmingsinstallatie	ja	1/1
7	Verwarmingsregeling	ja	1/1
8	Verlichtingsregeling	ja	1/1
	Isolerende maatregelen		
9	Vensterisolatie	ja	3/3
10	Dak- of kapisolatie	ja	3/3
11	Gevelisolatie	ja, deels	1/3
12	Vloerisolatie/bodemisolatie	ja, deels	1/3
	Energievoorziening		
13	HRe- of Hybride ketel	nee	0/1
14	Biomassa gestookte installatie	nee	0/2
15	Warmtepomp	ja	1/1
16	Warmtekrachtkoppeling	nee	0/1
17	Warmte-koudeopslag	ja	3/3
18	Zonnepanelen en overige systemen op basis van zonne-energie	ja	1/1
19	Aansluiting op warmtenet	ja	1/1
	Distributie, afgifte en terugwinning		
20	Lagetemperatuurverwarming (LTV)	ja	1/1
21	WTW	ja	0/1
22	Vraaggestuurde mechanische ventilatie	ja	1/1
23	Waterbesparende maatregelen	ja	1/1
	Totaal		**25**/35

1.2 Visie

1.2.1 Algemeen

De gehele gebouwde omgeving zit momenteel in een transitie van fossiele brandstoffen naar meer duurzame manieren van klimatiseren van gebouwen. Bij bestaande gebouwen begint dit met het beperken van het gebruik van energie. Vervolgens het incorporeren van duurzame manieren van klimatiseren en tenslotte het efficiënt gebruiken van fossiele brandstoffen. Dit conform de trias energetica, waarbij het streven is de laatste stap geheel te vermijden en geen fossiele brandstoffen meer te gebruiken. Daarnaast dienen bestaande gebouwen, evenals nieuwe gebouwen, een goed comfort te bieden. Op het gebied van materiaalgebruik tenslotte hebben bestaande gebouwen een voorsprong, omdat deze er reeds staan. Bij ingrepen in deze gebouwen dient echter wel rekening te worden gehouden met de duurzaamheid, gebaseerd op de levenscyclus (LCA), van eventueel toegevoegde materialen. Deze verbeteringen op gebied van duurzaamheid zijn van belang om het gebouw toekomstbestendig te maken en te zorgen dat een gebouw in de nabije toekomst in gebruik blijft

Monumenten vormen een bijzondere categorie in de bestaande gebouwvoorraad vanwege de cultuurhistorische waarde van deze gebouwen. Ingrepen in deze gebouwen mogen geen afbreuk te doen aan deze cultuurhistorische waarde. Echter zonder verbeteringen op gebied van duurzaamheid, bestaat een groter risico dat een gebouw in de nabije toekomst niet meer goed bruikbaar is en in onbruik raakt. Indien een monument buiten gebruik raakt, bestaat het risico dat een gebouw in verval raakt en verdwijnt (deels) ook de waarde van een monument. Dit is natuurlijk uitdrukkelijk niet gewenst, want hierdoor zou de cultuurhistorische waarde verloren gaan. Het is daarom ook bij monumenten van belang deze te verduurzamen. Hierbij dienen verbeteringen, met respect voor de cultuurhistorische waarde, te worden onderzocht op gebied van energie, comfort en materiaalgebruik.

1.2.2 Aquarium ARTIS

Bij dit pand worden mogelijkheden tot verbetering van de duurzaamheid onderzocht in samenhang met respect voor de cultuurhistorische waarde. Na het treffen van verbeteringen op gebied van duurzaamheid, met als uitgangspunt de reversibiliteit van de maatregelen, moet het monumentale karakter behouden zijn en mogen waardevolle monumentale elementen niet verloren zijn gegaan. Hiermee willen we naast de architectonische kwaliteit, ook kwaliteit leveren op het gebied van energiezuinigheid en binnenklimaat.

Bij de verduurzaming van dit pand wordt uitgegaan van verschillende klimaatzones, voor bezoekers en personeel. De indeling van deze zones is gebaseerd op het gebruik van de ruimtes. Uit het gebruik van de ruimtes kunnen zones volgen die minder geklimatiseerd hoeven te worden en zo een buffer kunnen vormen tussen buiten en binnen (beperkt verwarmde of aangrenzend onverwarmde ruimten). Daarnaast wordt er met betrekking tot de mogelijkheden en maatregelen rekening gehouden met de verschillen in bouwkundige opbouw en monumentale waarde van delen van het pand. De verduurzaming maakt deel uit van een restauratie van het pand, waarbij ook de toegankelijkheid van het pand van groot belang is. Zo dienen de bezoekersruimten uiteraard goed toegankelijk te blijven, ook voor mensen met een lichamelijke handicap. Tevens worden delen, zoals de monumentale filterinstallaties, beter toegankelijk en zichtbaar gemaakt voor het publiek.

2 Monumentale waarde

In dit hoofdstuk wordt de monumentale context weergegeven. Hierbij wordt eerst ingegaan op de stedenbouwkundige context, daarna het gebouw en tenslotte de monumentale waardestelling. Deze waardestelling is overgenomen uit de bouwhistorische verkenning[1]. Samen met de bouwtechnische staat, die in het volgende hoofdstuk wordt besproken, heeft dit geresulteerd in de tabel in bijlage 3. Hierin wordt voor de relevante onderdelen weergegeven wat de monumentale waarde en de bouwtechnische staat is.

2.1 Stedenbouwkundige context[2]

Het Aquariumgebouw van Artis staat in de Plantage, het sluitstuk van de uitbreiding van de grachtengordel (1663 e.v.). Tot aan circa 1860 was dit een groengebied met tuinen en buitens van Amsterdammers die overwegend tot de middenklasse behoorden. Vanwege een verbod van de gemeente op permanente bebouwing, waren de bouwsels in weinig duurzame materialen opgetrokken. In 1838 kocht het genootschap Natura Artis Magistra het buiten Middenhof, gelegen in het hart van de Plantage, om daar een diergaarde te vestigen. In zijn drang naar uitbreiding van de dierentuin verwierf het genootschap in de loop van de negentiende eeuw meer erven. Verschillende aangekochte oude buitenverblijven of 'speelhuijsen' zijn toen omgebouwd tot dierenverblijf.
Aan de randen van het terrein werden representatieve nieuwbouwprojecten gerealiseerd, zoals het Groote Museum (1851-1854, J. van Maurik), het Bibliotheekgebouw (1866-1867 en 1872, G.B. Salm), beide aan de Plantage Middenlaan, en de Ledenlokalen aan de Plantage Kerklaan (1868-1870, G.B. Salm).

In 1877 deed het genootschap zijn laatste grote grondaankoop aan het einde van de Plantage Middenlaan, nabij de Muiderpoort. Het terrein was bestemd voor een nieuw Aquariumgebouw. Tot die tijd werden vissoorten in andere gebouwen van Artis (bijvoorbeeld de Bibliotheek) aan het publiek getoond. In 1879 werd de eerste paal van het gebouw geslagen. In december 1882 kon het Aquarium in gebruik worden genomen.

In de jaren tussen de stichting van Artis in 1838 en de bouw van het Aquariumgebouw zo'n veertig jaar later onderging de Plantagebuurt een ware metamorfose. Vanwege de groei van de bevolking en de behoefte aan bouwgronden besloot de gemeente in 1858 de in erfpacht afgestane gronden in de Plantage te verkopen en het verbod op permanente bebouwing officieel op te heffen. Vanaf dat jaar werd een groot deel van het gebied bebouwd met woonhuizen voor de hogere middenklasse. Ondanks veranderingen in de tuinaanleg, is in Artis (net als in de Hortus) tot op de dag van vandaag de kwaliteit van het achttiende- en vroeg negentiende-eeuwse groengebied nog te ervaren.

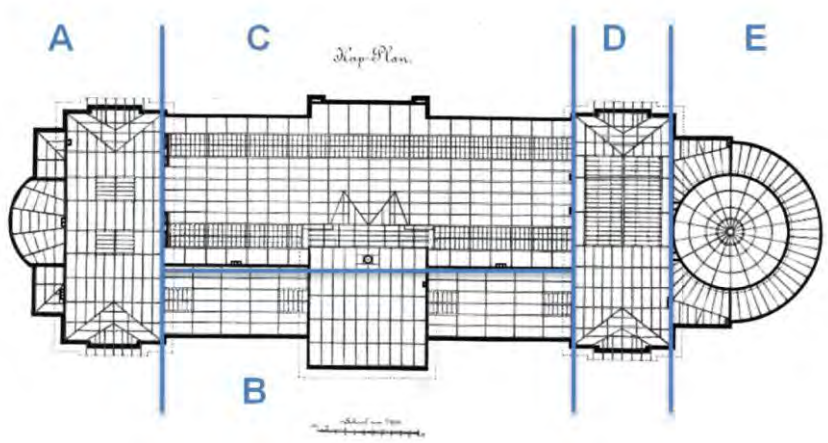
2.2 Gebouw

Het gebouw is in hoofdzaak gericht naar de Plantage Middenweg, waar het zijn brede front toont. De dagelijkse entree aan de parkzijde in bouwdeel A is hieraan ondergeschikt, en toont zijn gebogen gevel aan de bezoekers van de dierentuin. De rotonde (bouwdeel E) fungeert als stedelijk scharnierpunt aan de oostzijde. De achterzijde (noord) is voor een groot deel blind en is daarmee op opvallende wijze minder representatief voor de bezoekers van het park.

---

[1] Bron: Context, bouwhistorie en waardering, Verlaan & Bouwstra architecten / 5.1.2e /, 7 september 2007.

[2] Bron: Beschrijving van Plantage Middenlaan 53 (Aquariumgebouw), Coert Peter Krabbe, 29 augustus 2013.



figuur 2 | *Schematische weergave van het kapplan.*

Het gebouw bestaat uit een aantal duidelijk te onderscheiden hoofdvormen, die alle een eigen constructie en functionaliteit hebben. Het hart van het gebouw wordt gevormd door bouwdeel C met een oppervlak van plm. 45 x 17 meter, dat de grote aquariumzaal bevat en dat gedragen wordt door een basement met daarin de filterbassins met zoet en zout water. Het geheel wordt bedekt door een flauw hellend zadeldak over de gehele lengte. De achtergevel bevat weinig ramen, hetgeen verklaard kan worden: "… de achtergevel werd gewijzigd uitgevoerd namelijk zodanig dat er nog een gebouw tegenaan geplaatst zou kunnen worden" (Hendriks, 1993). Ook het donkere karakter van de grote zaal, die zijn licht alleen indirect vanuit de dakramen ontvangt, speelt hierin een rol.

Dit volume wordt aan de straatzijde (Plantage Middenlaan) afgeschermd door een minder diep representatief bouwdeel B, dat classicistisch is opgezet met een vooruitstekende centrale entreehal (met portico en timpaan) en twee zijvleugels, met als oorspronkelijke functie museumzalen. Dit bouwdeel staat op het zuiden, waardoor de plastiek van de gevels mooi en scherp aftekent, en in de oorspronkelijke toestand veel daglicht in de museumzalen toeliet.

Aan de westzijde wordt het gebouw voltooid met een representatieve entreeruimte (bouwdeel A), een rechthoekig volume dat uitgebreid is met een symmetrisch bouwdeel waarvan de kopgevel gebogen is in een kwart cirkel. Aan de oostzijde van de grote aquariumzaal en de musea wordt de symmetrie van de hoofdopzet voltooid door bouwdeel D.

Het gebouw wordt aan de oostzijde beëindigd door een tonvormig volume E (de rotonde), dat visueel ook de hoek van het Artis-park, nabij de brug over de Muidergracht. Het dak van de rotonde bestaat uit een trommel met een kleinere diameter (het hoofdvolume van de zaal), dat bedekt wordt door een licht gebogen koepel met een kleine lantaarn.

Voor alle bouwdelen geldt dat zij zijn opgebouwd uit een basement, met daarboven een hoofdverdieping van grotere hoogte. De daken bestaan algemeen uit flauw hellende zadel- en schilddaken.

Tussen het grote aquarium en de overige ruimten bestaat een niveauverschil van ongeveer een meter, dat op het vloerniveau van de hoofdverdieping tot uiting komt. De statige hoofdtrap in het westelijk bouwdeel A bedient dit verschil op elegante wijze met een trap over twee niveaus.

Het gebouw vertoont invloeden van verschillende stijlen – de klassieke (Griekse / Romeinse), romaanse en oosterse – maar in hoofdzaak is het een (neo-)classicistisch gebouw. In de uitvoering is niet alleen het toen populaire (Portland) cementpleisterwerk gebruikt, maar is ook ruimschoots gebruik gemaakt van natuursteen. Het ontwerp was (volgens de bestektekeningen) nog rijker versierd dan nu het geval is: niet uitgevoerd zijn een deel van de palmetten en hoge beelden op de timpanen. Het was een rijk gedetailleerd gebouw, met verfijningen in de gevels en daken, en voorzien van sculptuur en reliëf – en voor een groot deel is dit nog intact. De achtergevel is op een wat afwijkende manier vormgegeven en gematerialiseerd, maar wel in harmonie met de
rest van het gebouw. De schaal, de materialisering en de vormgeving van het gebouw streven gezamenlijk naar waardigheid: hier staat een humanistische tempel voor de wetenschap.

2.3 Monumentale waardestelling[3]

Het Aquariumgebouw is van grote architecturale- en cultuurhistorische waarde. De ontwerper ervan, G.B. Salm (1831-1897), was een van de meest succesvolle Amsterdamse architecten in de tweede helft van de negentiende eeuw. Salm ontwierp veel voor Artis. Hij ontwierp onder meer de roofdierengalerij (1858-1859), de bergloodsen aan de Plantage Muidergracht (1874-1875 en 1878), de Artis-bibliotheek (1866-1867 en 1872) en de Ledenlokalen (1868-1870).
Het Aquarium vormt een hoogtepunt binnen het kwalitatief hoogstaande oeuvre dat Salm voor Artis realiseerde. Bovendien vormt het een onlosmakelijk onderdeel van negentiende-eeuwse randbebouwing aan de Plantage Kerklaan, Plantage Middenlaan en de Plantage Muidergracht die, met uitzondering van het door J. van Maurik ontworpen Groote Museum, door Salm was gerealiseerd. Van alle negentiende-eeuwse Artis-gebouwen heeft het Aquarium de meest monumentale uitstraling. Met zijn porticus is het een beeldbepalend gebouw aan de Plantage Middenlaan.

Het gebouw is typologisch van belang. Vanaf het midden van de negentiende eeuw werden wereldwijd aquariumgebouwen gerealiseerd. Het Aquariumgebouw van Artis is een van de oudste voorbeelden die bewaard zijn gebleven. Het had indertijd een voorbeeldfunctie. Ondanks de vele verbouwingen en aanpassingen is het exterieur en een groot deel van het interieur opmerkelijk goed bewaard gebleven. De installaties zijn in de loop der tijd steeds vernieuwd, wat uiteraard samenhing met de veranderde eisen en technische innovaties.

In 1926 is de oostelijke ‘rotonde’, die tot dan toe dienst deed als collegezaal in het Aquarium, geschikt gemaakt voor een diorama ter nagedachtenis van Heimans. Deze ruimte heeft een cultuurhistorische waarde.

De aan de noordzijde gesitueerde Grote Aquariumzaal is direct vanuit het monumentale trappenhuis bereikbaar. Het monumentale trappenhuis is van een grote waarde gezien de gaafheid, met uitzondering van de vloerafwerking, enkele wandafwerkingen, en de herbouwde constructie van de hoofdtrap. Met de verbouwing in 1994-1997 is in de Grote Aquariumzaal de oorspronkelijke ruimtewerking teruggebracht. De huidige afwerking met de toen aangebrachte donkere natuurstenen doen ernstig afbreuk aan de oorspronkelijk in stucwerk en imitatie natuursteen uitgevoerde zaal. aangebrachte vloer. Oude foto’s laten zien dat de zaal oorspronkelijk een in een fraai patroon gelegde terrazzovloer bevatte. Aan weerszijden van de aquariumzaal bevinden zich dienstruimten met bassins. Deze ruimten lopen door tot zolderniveau, zodat hier de kapconstructie in het zicht is. Deze oorspronkelijke en nog functionerende structuur en constructie hebben een grote bouwhistorische waarde.

De in de twintigste eeuw toegevoegde betonconstructies aan de zijde van de zoutwater-bassins doen afbreuk aan deze waarde.

---

[3] Bron: Context, bouwhistorie en waardering, Verlaan & Bouwstra architecten / 5.1.2e 7 september 2007.

In het verlengde van de aquariumzaal ligt een tweede zaal. Beide zalen hebben hetzelfde vloerniveau en stonden oorspronkelijk in directe verbinding met elkaar. De doorgang is tegenwoordig dichtgezet hetgeen afbreuk doet aan de ruimtelijke werking van de Grote Aquariumzaal. De lengterichting van de oostelijke zaal staat echter haaks op die van de Grote Aquariumzaal. Het middendeel van het plafond wordt gevormd door een interne glaskap. Dit dak wordt in de lengterichting geflankeerd door een vlak stucplafond met consoles als ondersteuning. De wandafwerking is minder goed bewaard gebleven dan het plafond. Deze zaal staat in verbinding met een hoger gelegen ruimte aan de zijde van de Plantage Middenlaan. Een lift en een trap uit 1994-1997 overbruggen het hoogteverschil. De ruimte aan de voorzijde wordt gedekt door een vlak stucplafond dat deels is gevuld met een daklicht. Het plafond wordt door forse consoles ondersteund.

Aan de voorzijde waren, net als op de begane grond, de voormalige museumzalen gesitueerd. Deze zijn ook hier verbouwd tot aquariumzalen. Die ingreep heeft door zijn karakter en aansluiting op het gebouw een geheel eigen sfeer. Deze ingreep, die de oorspronkelijke zalen heeft doen verdwijnen, sluit goed aan bij het gebouw qua architectuur en bestemming. De voormalige vestibule in de middenrisaliet (achter de deuren van de voormalige hoofdentree aan de Plantage Middenlaan) is goed bewaard gebleven. In de ruimte zijn vrijstaande zuilen geplaatst. De wanden hebben voor een deel nog hun oorspronkelijke afwerking van stuc. Ze worden door pilasters geleed. Verder is natuursteenwerk in stuc geïmiteerd. Het plafond is door sierlijsten van stuc in vlakken verdeeld en verkeert nog in oorspronkelijke staat. De oorspronkelijke paneeldeuren (voorzien van snijwerk) aan de Plantage Middenlaan zijn, met inbegrip van de deuromlijstingen, bewaard gebleven.
Aan de oostzijde leidt een omloop (met stucplafond) in de rotonde tot het diorama. De dienstruimten en kantoren die oorspronkelijke aan de westzijde waren gesitueerd, zijn in 1994-1997 samengevoegd. Deze ruimten hebben een indifferente waarde.

Ondanks de vele verbouwingen en aanpassingen is het exterieur en een groot deel van het interieur opmerkelijk goed bewaard gebleven. De verbouwingen uit de jaren twintig en negentig van de twintigste eeuw hebben elk een eigen waarde die bijdraagt aan de gelaagdheid en de waarde van het gebouw. De afwerking van het gebouw is op een aantal plaatsen in strijd met het karakter van het gebouw zoals de vloerafwerking in de traphal en de vloer- en wandafwerking in de Grote Aquariumzaal, beiden uit de jaren ’90. Ook een aantal onderdelen uit de verbouwingscampagne van 1924-1926 is op een tamelijk harde en rationele wijze uitgevoerd, waardoor de het gebouw op deze onderdelen aan uitstraling heeft ingeboet.

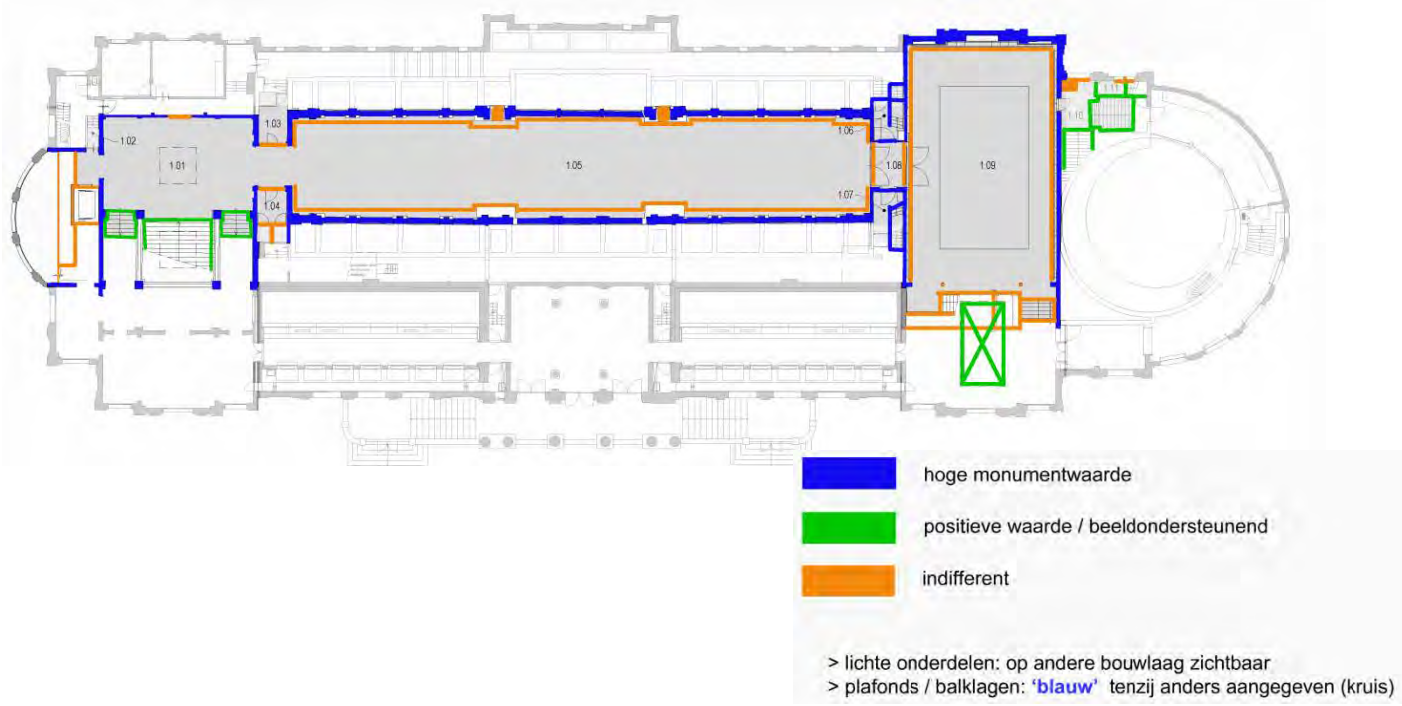
De installaties zijn in de loop der tijd steeds vernieuwd, wat uiteraard samenhing met de veranderde eisen en technische innovaties. Zoals hierboven is uiteengezet zijn deze technische voorzieningen bepalend geweest voor het functioneren en voor de infrastructuur van het gebouw.

Hoge monumentwaarde (blauw):
De waardestelling is zodanig bepaald, dat het gehele gebouw, zoals hierboven is verantwoord, een hoge monumentwaarde krijgt toegekend, inclusief alle onderdelen, uitgezonderd de hieronder beschreven en/of op de tekeningen aangeduide onderdelen, de lagere gewaardeerd worden (‘positief’ respectievelijk ‘indifferent’).
Deze waarde is hoog door: - de betekenis van het gebouw in de ontwikkeling van Artis, - de betekenis van het gebouw binnen het oeuvre van de architecten Salm, - de betekenis van het gebouw als één van de laatste, nog in originele opzet functionerende, 19e-eeuwse aquariumgebouwen, - en door de relatief hoge mate van gaafheid van de verschijningsvorm, de structuur en het interieur van het gebouw.

Positieve monumentwaarde (groen):
Positief gewaardeerd worden enkele wijzigingen in het verleden die met voldoende architectonische kwaliteit en, toentertijd, weloverwogen zijn uitgevoerd. Het gaat hier om de wijzigingen uit de periode 1923-1926, waarin door architect Ouëndag ontworpen vernieuwingen hebben plaatsgevonden, en waarin het auditorium in de rotonde heeft plaatsgemaakt voor het Heimans diorama. Hoewel deze ingrepen in het algemeen weinig mededogen hadden met het karakter van het toen 40-jarige gebouw, zijn deze wijzigingen cultuurhistorisch van belang waar zij vertellen over een nieuwe cultuur binnen Artis, het geleidelijk terugtrekken van de universiteit, en een nieuwe museale wijze van communicatie met het publiek: het diorama.
Ook het (in deze zelfde campagne) aandachtig aanbrengen van vervangende en aanvullende legramen in de plafonds, voor meer daglicht in het interieur, wordt positief gewaardeerd.

Indifferente monumentwaarde (donkergeel):
Een uitzondering op de positieve waardering op de hierboven genoemde bouwfase 1923-1926 gelden de wijzigingen die, door een combinatie van pragmatisme en gebrek aan middelen, storend zijn in de uitstraling en karakter van het Aquarium-gebouw. Het betreft hier de dichtgemetselde vensters in de rotonde, daar waar Ouëndag deze had willen sparen en binnen-luiken had willen toepassen. Hetzelfde geldt voor het vernieuwen van de zinken dakbedekking in een veel eenvoudigere vormgeving, in dezelfde periode.
Overige, indifferent gewaardeerde wijzigingen zijn de ingrepen uit de 20e eeuw, die ofwel uit louter pragmatisch oogpunt zijn doorgevoerd (bijvoorbeeld in het wisselende gebruik door de universiteit), ofwel omdat zij geen relatie aangaan met het historische gebouw en hier geen verrijking van vormen. Zo zijn de vier nieuwste aquaria, uit 1996, in zichzelf waardevol als museale voorziening, toch vooral te zien als ‘fremdkörper’ in het gebouw die ook elders geplaatst hadden kunnen zijn, en die ook de historische structuur en materie hebben aangetast.
Ook verschillende ingrepen die een negatief effect hebben gehad op de beleving van de ruimten, zoals de donkere vloeren en voorzetwanden uit 1996, alsook de op verschillende momenten dichtgezette daklichten, zijn moeilijk ‘positief’ te waarderen en krijgen daarom ook een gele markering op de tekeningen. Ditzelfde geldt voor het inbrengen van de twee moderne liften, met de daarmee samenhangende wijzigingen in vloeren, plafonds en trappen rond 1996.
Uit dezelfde periode dateert het wegbreken van de historische muur tussen de kleine aquariumzaal en het vm. schoolmuseum.
Verder worden laag (indifferent) gewaardeerd de diverse pragmatische reparaties en wijzigingen, zoals aan de waterbassins in het souterrain.

De tekeningen behorend bij de waardestelling, zoals opgenomen in de 'Context, bouwhistorie en waardering', zijn opgenomen in bijlage 1 van deze rapportage. Ter illustratie is hier de 1e verdieping, met grote aquariumzaal, weergegeven.



figuur 3 | *Tekening van waardestelling van de 1e verdieping.*

3 Bouwtechnische staat

In dit hoofdstuk wordt in grote lijnen ingegaan op de bouwtechnische staat waarin verschillende onderdelen van het gebouw zich momenteel bevinden. Hierbij wordt de technische staat van de buitenschil en de installaties beschreven, daar deze invloed hebben op de energetische prestatie van het pand. Deze omschrijving van de bouwtechnische staat is enerzijds gebaseerd op een visuele inspectie, uitgevoerd tijdens een aantal rondgangen door het gebouw, en anderzijds op eerder gerapporteerde onderzoeken, zoals onderzoeken van Nebest naar de zout- en vochtschades in het souterrain. Samen met de monumentale waarde van het voorgaande hoofdstuk heeft de bouwtechnische staat geresulteerd in de tabel in bijlage 3. Hierin wordt voor de relevante onderdelen weergegeven wat de monumentale waarde is en wat de bouwtechnische staat is.

3.1 Buitenschil

De buitenschil van het gehele pand is niet geïsoleerd. De buitenschil vormt wel de thermische lijn. Deze lijn wordt getrokken tussen de verwarmde binnenruimte en onverwarmde (buiten-)ruimte. In de huidige situatie is het gehele pand verwarmd, inclusief het souterrain met waterfilterinstallatie, exclusief de technische ruimte op de zolders, overige zolders en de ruimte boven de gewelven van de grote zaal. De thermische lijn ligt dus gelijk met de buitengevels, de vloer en het plafond van de bovenste verblijfs-/verkeersruimte.

In de volgende paragraven wordt nader ingegaan op de verschillende delen van de buitenschil. Eerst wordt ingegaan op de vloer, vervolgens wordt ingegaan op de gevels en tenslotte de daken.

3.1.1 Vloeren

De vloeren van de begane grond en het souterrain, die onderdeel uitmaken van de thermische schil, zijn steenachtig en niet voorzien van een kruipruimte. Er zijn in de verblijfsruimten geen zichtbare gebreken aan deze vloeren geconstateerd. In het souterrain met de waterbassins zijn sporen van vocht en zoutafzetting zichtbaar bij deze vloeren. Deels bestaan deze vloeren in het souterrain uit stoeptegels op zand. Er zijn geen constructieve gebreken aan de vloeren geconstateerd.





figuur 4 | *Links een foto van het souterrain met de vloer met stoeptegels. Rechts de vloer in de bezoekersruimten op de begane grond, voorzien van grijze tegels.*

De tussenvloer boven het souterrain is steenachtig met gemetselde gewelven. Deze constructie vertoont zichtbare zoutschade. Deels is deze constructie versterkt met gewapend beton, dat ook door zout is aangetast.
De overige tussenvloeren in verkeersruimten, zoals de entreehal, zijn grotendeels ook steenachtig. Hoger gelegen tussenvloeren bestaan uit een houten constructie. Aan deze vloeren zijn geen zichtbare gebreken geconstateerd.
De tussenvloeren maken geen onderdeel uit van de thermische schil.

3.1.2 Gevels

De gevels van het pand bestaan uit massieve steenachtige muren met een buitenbekleding van natuursteen en stucwerk. Het middendeel aan de Plantage Middenlaan is uitgevoerd in natuursteen (zand- en kalksteen), bij de overige delen van de gevels is veelal stucwerk toegepast, waarbij de structuur van natuursteen is nagebootst. De thermische isolatie van deze gevels is zeer beperkt, naar verwachting lager dan 1,5 m^2K/W.



figuur 5 | *De gevel aan de Plantage Middenlaan (links) is aan de buitenzijde uitgevoerd in zandsteen. Bij de bouwdelen uiterst links en rechts en de overige gevels is deze natuursteen nagebootst in stucwerk.*

De gevel van het souterrain, waarachter de bassins voor de waterzuivering zich bevinden, vertonen aan de binnenzijde veel sporen van zoutuitslag, door de hoge vochtbelasting van de (zoutwater-) bassins. Bij de overige gevels zijn geen zichtbare gebreken geconstateerd, behalve vervuiling.



figuur 6 | *De gevels van het souterrain hebben door de vochtbelasting veel zoutuitslag aan de binnenzijde.*

De technische ruimte boven de centrale entree heeft deels een houten gevelbekleding. Deze gevel is in zeer slechte staat. Het schilderwerk is slecht en geveldelen ontbreken en zijn aangetast, waardoor kieren en gaten in deze gevel zichtbaar zijn.

3.1.3 Vensters

In de massieve steenachtige gevel zijn houten kozijnen met ramen opgenomen. De huidige kozijnen hebben veel kieren en enkel glas. De isolatiewaarde (U-waarde) van de enkele beglazing bedraagt circa 5,3 W/m²K. Op de meeste plekken is het enkel glas aan de buitenkant vastgezet met stopverf. Het glas is circa 4 mm dik en de sponning varieert van circa 15 tot circa 20 mm. In de kozijnen zijn veel gaten, kieren en naden geconstateerd. De kozijnen en ramen zijn in matige staat. Tenslotte vertonen enkele deuren delen met houtrot en gaten. Deze zijn in zeer slechte staat.

3.1.4 Daken

Vrijwel het gehele pand is voorzien van flauw hellend daken, opgebouwd uit een houten kapconstructie met houten dakbeschot. Alle daken zijn bekleed met zink. Grotendeels zijn deze nog steeds met zink bekleed, echter bij delen van het dak is bitumen aangebracht bovenop het zink. De staat van het bitumen en het zink is matig tot slecht. Er zijn zichtbare sporen van veroudering en beschadigingen.

Kleine delen van het dak zijn vlak en voorzien van bitumen dakbedekking. Deze dakbedekking toont sporen van veroudering. Er zijn geen sporen van lekkages geconstateerd. De staat van deze delen is matig.



figuur 7 | *Links een foto van het dak van de centrale entree, waar het oorspronkelijke zinken dak is overtrokken met bitumen. Rechts een daklicht, waarbij vervuiling (algen) zichtbaar is, één ruit is vervangen door kunststof en het loodwerk aan de bovenrand zit niet overal aangesloten.*

Het dak bevat ook meerdere daklichten. Deze zijn voorzien van draadglas, waaruit blijkt dat deze beglazing al eens is vervangen. Enkele ruiten zijn gebarsten. Ook zijn er ruiten vervangen door dichte beplating. Daarnaast is veel groene aanslag zichtbaar bij de randen van de ruiten en zijn de profielen, waarin de ruiten zijn opgenomen, op enkele plekken vervormd. De staat van de daklichten is slecht.

De daken zijn voorzien van goten met zinkwerk en houten omtimmering. Bij het zinkwerk zijn meerdere reparaties gevonden. De staat van het zinkwerk is matig. Bij het houtwerk zijn meerdere plekken aangetroffen waar de verf is losgekomen en aantasting van het hout is opgetreden. De staat van het houtwerk is matig tot slecht.

3.2 Installaties bestaand

3.2.1 Verwarming

Het gebouw wordt verwarmd met gasgestookte ketel met een hoog temperatuurtraject 90/70°C. De ketels staan op de 2e verdieping op zolder opgesteld.
Op deze CV installaties staan aangesloten radiatoren en de verwarmingselementen in diverse luchtbehandelingskasten en naverwarmers. Ook is hierop aangesloten warmtewisselaars voor het verwarmen van de aquarium watersystemen.
Het rendement van deze installatie is door het hoge temperatuurtraject circa 75%.
Het hoge temperatuurtraject is noodzakelijk om de koude transmissie door gevels, ramen en de kieren van de raamconstructie te compenseren.
Er zijn aan deze installatie, ondanks de leeftijd van enkele componenten zoals de radiatoren, geen gebreken geconstateerd.

3.2.2 Koeling

Voor de koeling van de aquarium watersystemen is een koelmachine aanwezig met een koeltraject van 6/12°C. De koelmachine is een water-water machine die in de werkplaats op de begane grond is opgesteld. De condensorwarmte van de koelmachine wordt afgevoerd met een dry cooler die op het dak is opgesteld. Er wordt geen koeling geleverd aan de klimaatsystemen.
Er zijn aan deze installatie, ondanks de leeftijd van enkele componenten zoals de radiatoren, geen gebreken geconstateerd.

3.2.3 Ventilatie

Van origine was natuurlijke ventilatie voorzien met te openen ramen. Deze ramen zijn in de meeste ruimten nog steeds aanwezig en te openen. In vrijwel alle ruimten functioneren de te openen ramen nu niet meer. In alle ruimten is in de loop der jaren mechanische ventilatie toegevoegd. Deze mechanische ventilatie heeft geen warmteterugwinning en de lucht wordt alleen verwarmd. De ventilatie wordt verzorgt door vijf luchtbehandelingssystemen:

- Entree en foyer/hal;
- Grote aquariumzaal;
- Zoölogisch museum;
- Kleine aquariumzalen;
- Zolder aquariumbakken grote aquariumzaal.

Voor de afzuiging van toiletten wordt de lucht met separate ventilatoren afgezogen en direct naar buiten afgevoerd zonder warmteterugwinning.

Diverse componenten van het ventilatiesysteem zijn door de leeftijd aan het einde van de technische levensduur. Bovendien zijn er klachten over het hygrisch binnenklimaat slechte luchtkwaliteit bij een evenement in de grote zaal en in diverse ruimten in diorama. De hygrische klachten lijken voort te komen uit een te lage capaciteit van de ventilatie-installatie.

3.2.4 Elektrische installatie

De voeding van het gebouw komt vanuit het hoofdverdeelstation op het park. Er lopen twee parallel kabel via het terrein en in het gebouw naar een hoofdverdeelkast in de kelder. Vanuit deze hoofdverdeelkast wordt alles direct gevoed. Er zijn geen onderverdeelkasten voorzien waardoor zeer lange kabeltrajecten en met grote bundels. De bekabeling en de infrastructuur is vrij chaotisch en door de jaren regelmatig aangepast waardoor deze niet meer inzichtelijk is.

3.2.5 Verlichting

Verlichting in de verschillende ruimten is op zeer uiteenlopende wijze uitgevoerd. De lichtbronnen bestaan uit TL-lampen, gloeilampen en halogeenlampen. Aan de verlichting zijn geen gebreken geconstateerd. De verlichting is wel gedateerd.

Deze verlichting behoort tot de vaste inrichting. Gezien de technische staat en de leeftijd van de verlichting wordt dit geclassificeerd als in redelijke staat maar met een zeer hoog elektriciteit verbruik. De verlichting boven de aquariums zijn speciaal voor dat doel geschikt maar maakt gebruik van oude verlichtingstechnieken. Hierdoor is het elektrisch vermogen extreem hoog en daardoor ook de warmtelast.

3.2.6 Aquariuminstallatie

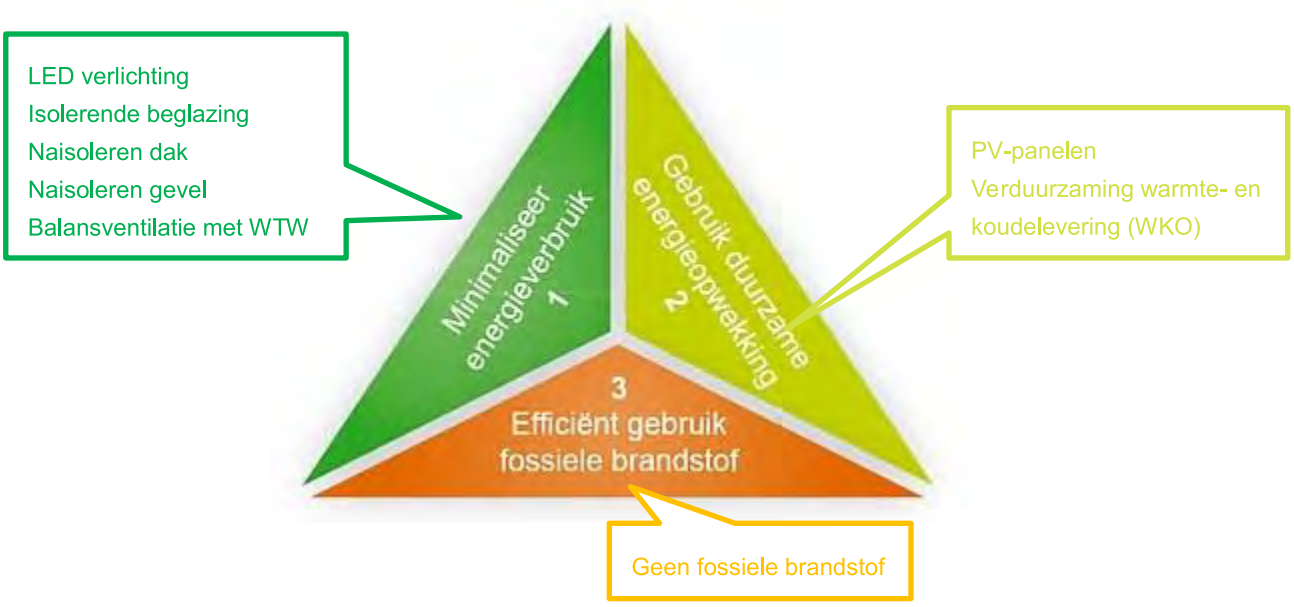
De waterinstallaties voor de aquaria bestaan uit de monumentale filterbassins, een leidingsysteem waarin opgenomen pompen en kleppen, warmtewisselaars voor verwarming en koeling, en lucht/zuurstof toevoer en diverse filters. Doordat er door de jaren vele aanpassingen aan zijn gedaan is de leiding infrastructuur zeer chaotisch, leidingsysteem lopen kris kras door elkaar en er moet zeer veel water worden gecirculeerd om de conditie van het water optimaal te houden.
Daarnaast verdwijnt vrij veel water de bodem in doordat de waterbassins lek zijn. Daarmee verdwijnt er ook veel energie.

4 Verduurzaming van het monument

4.1 Afweging mogelijkheden

De mogelijkheden voor verduurzaming van monumentale panden zijn door de wens tot het behoud van de monumentale waarde veelal afwijkend van nieuwbouw, en van renovatie van niet monumentale panden. Oplossingen voor energiebesparing die in niet monumentale panden goed werken kunnen in monumentensituaties bedreigend zijn voor de goede instandhouding van het monument. Het is daarom van het grootste belang dat bij de selectie en afweging van maatregelen en in de plan- en uitvoeringsfase en de daadwerkelijke uitvoering, adequate expertise aanwezig is bij de betrokken partijen over de omgang met monumenten. Bij verkeerd gekozen of onjuist uitgevoerde maatregelen kunnen schades aan het monument ontstaan. In sommige gevallen kunnen deze zich pas op enige termijn gaan manifesteren. Een voorbeeld hiervan is het incorrect isoleren van een bestaande gevel, waarbij pas na enige seizoenen de schadefenomenen optreden, vooral ten gevolge van gewijzigd hygrisch gedrag.
De specifieke aanpak die in monumentensituaties vereist is en de daarmee gepaarde gaande risico's, maakt dat bij technische oplossingen voor energetische verbetering gestart moet worden met een degelijke afweging van deze maatregelen. Het individuele object is daarbij bepalend voor het pakket aan maatregelen dat verantwoord kan worden doorgevoerd. Deze afweging wordt in dit hoofdstuk onderbouwd.

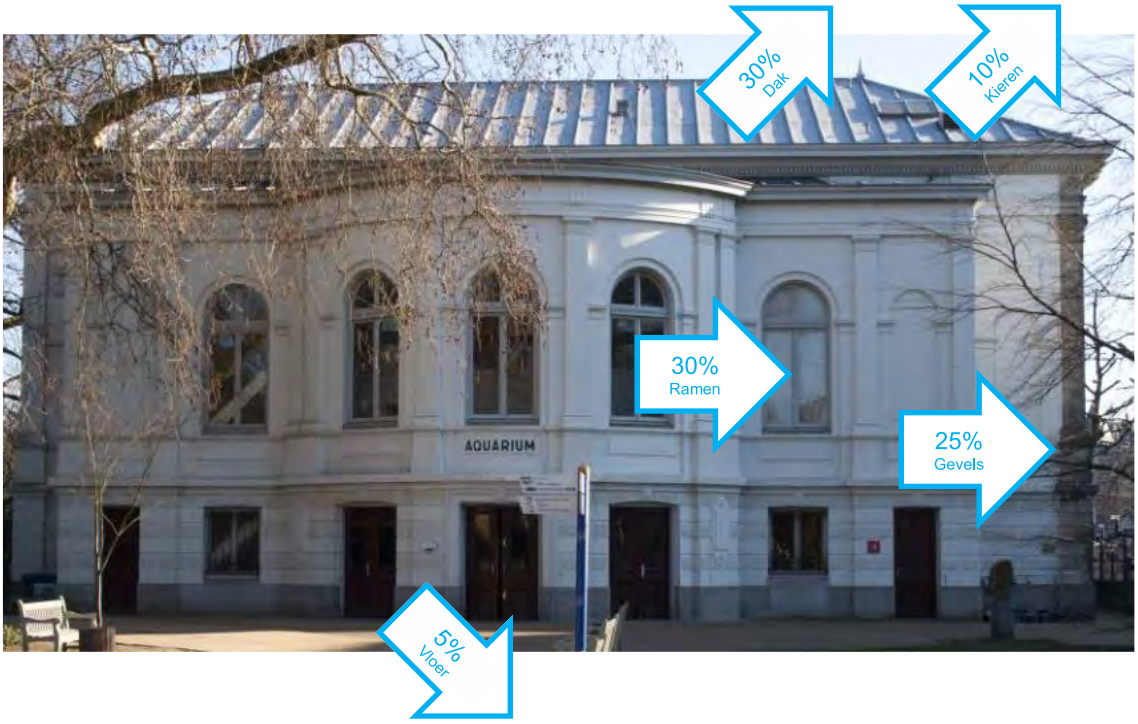
Bij het maken van een afweging in de verduurzaming van het pand is gebruik gemaakt van de Trias Energetica. Hierbij wordt allereerst de energievraag zoveel mogelijk beperkt, vervolgens wordt getracht om zoveel mogelijk duurzame energie te gebruiken en tenslotte wordt de eventueel nog nodige fossiele energie efficiënt ingezet. Deze laatste stap willen we bij voorkeur geheel vermijden. In figuur 8 zijn alle maatregelen in deze rapportage in een overzicht gerangschikt op basis van de Trias Energetica.



figuur 8 | *Alle maatregelen op gebied van de verduurzaming die in dit rapport zijn voorgesteld zijn geordend op basis van de Trias Energetica.*

4.2 Voorgestelde maatregelen buitenschil

Als indicatie voor verliespercentages wordt figuur 9 gebruikt. Gezien de opbouw van de verschillende delen van de buitenschil van het Aquarium van Artis, zal dit redelijk vergelijkbaar zijn met dit voorbeeld, waarvoor de energieverlies-percentages per gebouwschildeel zijn bepaald. Circa 25-30% van de warmte verdwijnt via de dakzone; langs de vensters gaat eenzelfde hoeveelheid energie verloren. Door de blinde muurdelen verlaat circa 25% warmte het gebouw en door kieren en infiltratie-verliezen gaat nog eens 10% warmte verloren. Via de begane grondvloer verdwijnt zo'n 5-10% van de warmte. Deze indicatieve cijfers voor verlies van warmte-energie via de verschillende onderdelen van de gebouwschil maken duidelijk waar de grootste effecten van maatregelen kunnen worden bereikt. Zo zal het effect van vloerisolatie beperkt zijn, terwijl de daken en vensters juist een groot effect kunnen hebben. Dit is meegenomen in de afweging van de voorstellen voor verduurzaming van verschillende vlakken.



figuur 9 | *Indicatie van de verhouding van energieverliezen tussen delen van de gebouwschil bij monumentale panden.*

Voor de mogelijkheden tot verbetering van de thermische schil is notitie AAQ1701M004 opgesteld (07-04-2017). Voorts is dit in notitie AAQ1701M007 (12-06-2017) nader uitgewerkt tot een concreet voorstel. In deze rapportage wordt een samenvatting hiervan gegeven die relevant is voor de gemaakte afweging van deze verduurzaming.

In bijlage 4 zijn voor de verschillende vlakken de voorgestelde oplossingen voor na-isolatie weergegeven op tekening.

4.2.1 Vloeren

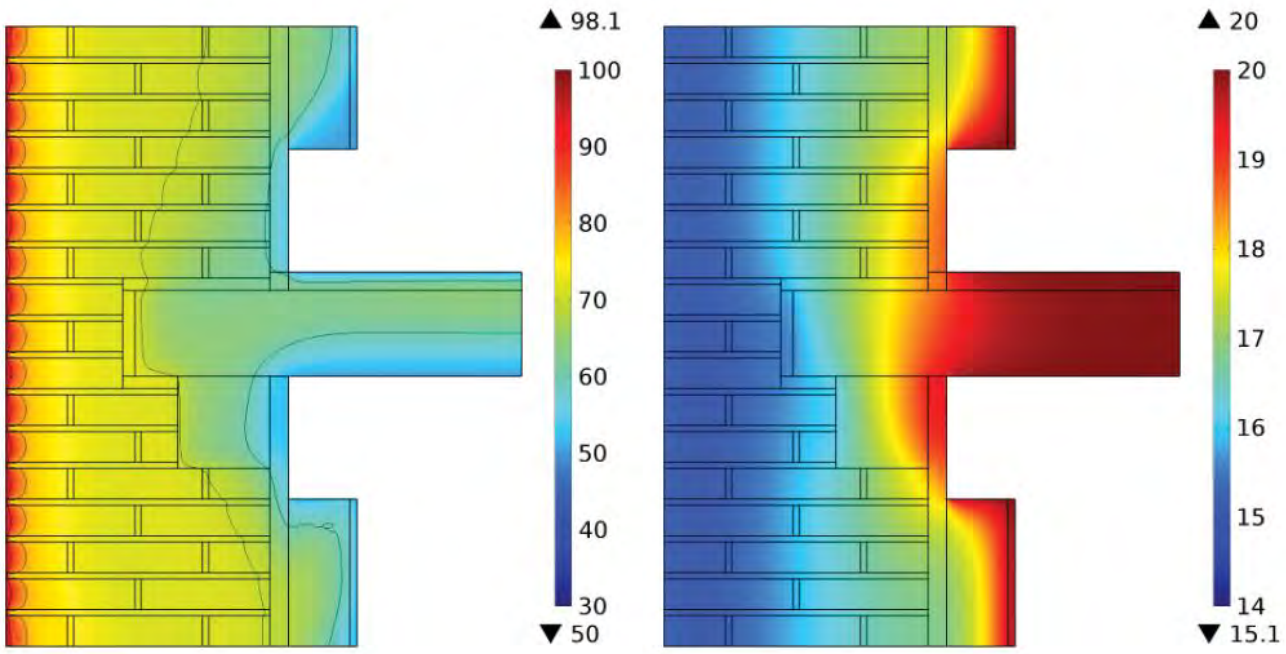
Met name het souterrain met de filterbakken is een kritieke ruimte met betrekking tot de vochthuishouding. De luchtvochtigheid is hier erg hoog met als gevolg dat de vloeren en wanden voortdurend nat zijn. Dit heeft meerdere oorzaken: de temperatuur van de buitenschil en de hoge vochtproductie door de open filterbakken.
Onder de vloer is geen kruipruimte aanwezig, waardoor het aanbrengen van isolatiemateriaal onder de vloer onmogelijk is. Het is wel een mogelijkheid om de waterbakken aan de binnenzijde te isoleren. Het thermisch isoleren van de huidige waterbakken heeft bovendien als voordeel dat tegelijkertijd het intreden van water in de baksteenconstructie van de waterbakken

wordt tegengegaan. Indien hiervoor wordt gekozen zal een reversibele oplossing moeten worden ontworpen vanwege de monumentale status.

De vloeren van het souterrain en de rest van de verblijfsruimten op begane grond niveau zijn steenachtig en niet voorzien van kruipruimte. Hierdoor is isolatie aan de onderzijde niet mogelijk zonder delen van vloeren uit te breken. Isoleren aan de bovenzijde heeft consequenties voor de uitstraling van de vloeren aan de bovenzijde, momenteel voorzien van tegelwerk, en de aansluitingen op deuren en trappen. Zowel de onderzijde (breekwerk) als de bovenzijde (aansluitingen en afwerking) is daarom niet wenselijk in dit monumentale pand. Bij deze afweging is ook meegenomen dat het effect van het isoleren van de vloer, ten opzichte van andere delen van de buitenschil, gering is.

4.2.2 Gevels

Door de afwerking en uitstraling van de buitenzijde van gevel, vertaald in de monumentale status, is isolatie van de gevels aan de buitenzijde uitgesloten. Bij massieve gevelconstructies, zoals hier, resteert dan enkel het isoleren aan de binnenzijde.
Hierbij is bijzondere aandacht vereist voor de hygrische aspecten van de gevels en in het bijzonder ter plaatse van opleggingen van houden constructiedelen, zoals balkkoppen. Door toevoeging van de isolatie worden de bestaande metselwerk gevels kouder. Binnen is bij veel gebouwen de absolute luchtvochtigheid hoger. Als deze vochtige lucht in de constructie trekt en het metselwerk is kouder, bestaat het risico dat vocht in het metselwerk condenseert en de hierin opgelegde balkkoppen aantast. Er zijn twee methoden om deze condensatie te voorkomen: vocht reduceren met een dampdichte laag of de temperatuur verhogen met een bewuste koudebrug.



figuur 10 | *Thermisch gedrag van gevels bij na-isoleren, waarbij rond de balkkoppen een bewuste koudebrug is gelaten. Zichtbaar is dat de baksteen rond de balkkop warmer is door het ontbreken van isolatie. Deze wordt lokaal meer opgewarmd door de binnenlucht. Hierdoor is er een lager risico op condens bij oplegging van de balkkop.*[4]

[4] bron: Heat and moisture in wooden bearing of monumental buildings, 5.1.2e Technische Universiteit Eindhoven, 2017

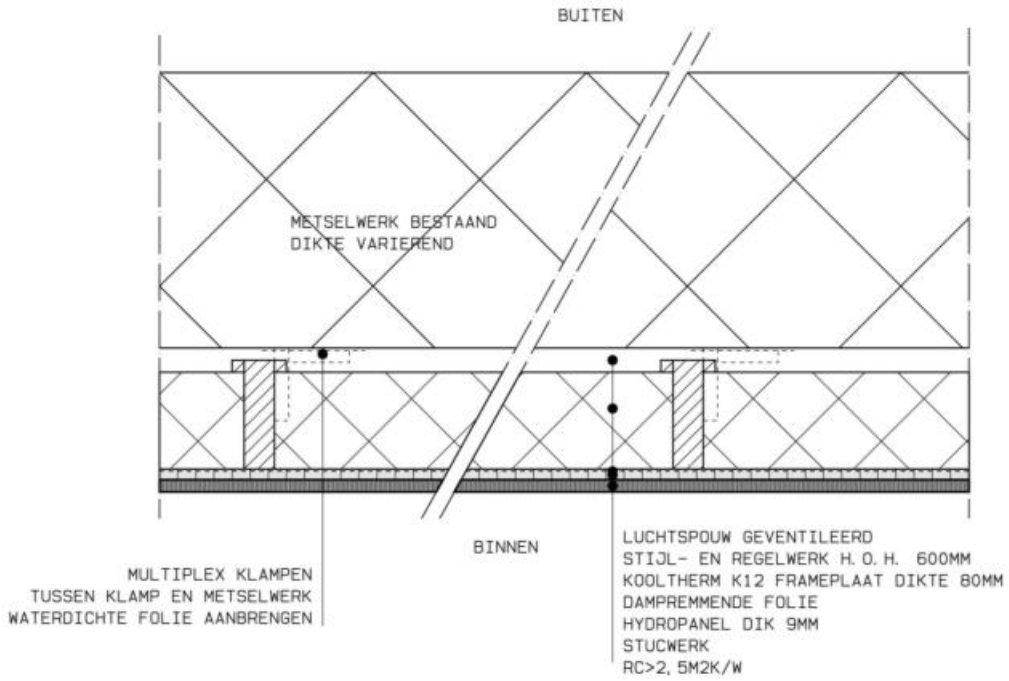
De methode van dampdicht isoleren is er op gebaseerd dat dit vochttransport op de grens tussen binnenlucht en isolatie wordt gestopt, zodat het vocht het metselwerk niet kan bereiken. Bij dampdicht isoleren moet deze damprem over het gehele vlak dicht worden uitgevoerd om vocht van binnen niet in het metselwerk te laten komen De naadloze aansluiting van isolatie en met name de damprem is in de uitvoering een zeer kritisch detail. Zeker met de hoge vochtconcentratie in het aquariumgebouw is deze methode risicovol.

Een alternatieve methode is om juist dampopen te ontwerpen. Hierbij wordt gezorgd dat vocht makkelijk weer uit de constructie kan verdampen, doordat het isolatiepakket aan de binnenzijde geen dampremmende laag heeft. In de bestaande situatie kan vocht eveneens aan de binnenzijde verdampen uit het metselwerk. Hierdoor blijft de vochthuishouding dus zoveel mogelijk gelijk aan de bestaande situatie. Deze methodiek wordt veel in de monumentenzorg in Duitsland toegepast. Op de geïsoleerde geveldelen wordt deze verdamping nog verder bevorderd door een geventileerde spouw toe te voegen. Dit effect van verdamping wordt rond balkkoppen extra geholpen door deze rondom vrij te houden van isolatie. Hierdoor stijgt de temperatuur van het metselwerk rond deze balkkoppen en vindt minder condensatie plaats. Bij onderzoek van de TU Eindhoven (“Heat and moisture in wooden bearings of monumental buildings”, M. Spierenburg, 2017) werd geconcludeerd dat dit de meest effectieve wijze is om de vochtigheid rond balkkoppen te reduceren.
Bij het aquarium wordt gekozen om de balkkoppen vrij te houden van isolatie.

Bij enkele delen van de gevels is zowel de buitenzijde als de binnenzijde van monumentale waarde of tast toevoeging van isolatie de monumentale uitstraling aan. Deze delen worden om deze reden niet voorzien van isolatie. In bijlage 4 is aangegeven welke delen worden geïsoleerd en op welke wijze. Deze wijze is hieronder nader omschreven.

Ongeïsoleerde wand (Rc = 0,3 m^2K/W)
De ongeïsoleerde gevels bestaan uit metselwerk met een variërende dikte. De Rc-waarde van deze wanden is 0,3 m^2K/W.

Wand met na-isolatie en geventileerde spouw (Rc = 3,2 m^2K/W)
Deze wand is opgebouwd zoals beschreven in de notitie “Restauratie casco” van Verlaan & Bouwstra architecten, d.d. 21-09-2017. Er wordt gebruik gemaakt van een ‘traditionele’ geïsoleerde voorzetwand, bestaande uit een houten stijl- en regelwerk waartussen isolatie wordt geplaatst. Deze isolatie bestaat uit een Kooltherm K12 Frameplaat van 80 mm en een λ-waarde van 0,020 W/mK. Voor bepaling van de isolatiewaarde is uitgegaan van ca 4% houtconstructie in de voorzetwand bestaat. Tussen de huidige constructie en de geïsoleerde voorzetwand is een zwak geventileerde luchtspouw van ca. 20 mm aanwezig. Deze constructie levert een Rc-waarde op van 3,2 m^2K/W



figuur 11 | *Principe naïsolatie van de gesloten geveldelen, conform tekening van Verlaan & Bouwstra architecten.*

Koude brug ter plaatse van balken (Rc = 0,3 m^2K/W)
Waar de houtenbalkenconstructie bevestigd is aan de gevelconstructie kan geen extra isolatie worden geplaatst. Daarnaast wordt 200 mm rondom de balkkoppen vrijgehouden van isolatie, om houtrot te voorkomen.

4.2.3 Vensters

De vensters vormen een deel van de gebouwschil waar en relatief grote energetische winst is te behalen.

De huidige kozijnen hebben veel kieren en enkel glas. De kozijnen liggen op veel posities aan de binnenzijde vrijwel in dezelfde lijn als de binnenzijde van de gevel. Het vervangen van de kozijnen is niet wenselijk in verband met de monumentale waarde. Wel is het vanuit duurzaamheid wenselijk de luchtdichtheid en isolatiewaarde van de gevelopeningen te verbeteren. De gaten, kieren en naden dienen te worden afgedicht om de luchtdichtheid van het gebouw te verbeteren. Hiervoor dienen onder andere naden te worden afgekit en kieren van draaiende delen te worden voorzien van kierdichting.

Daarnaast zijn er enkele deuren in zodanige slechte staat, dat deze niet meer kunnen worden hersteld. Gezien de staat van deze delen worden deze delen vervangen. Hierbij wordt uiteraard de vormgeving van de bestaande deuren gerespecteerd.

Een mogelijkheid voor het verbeteren van de isolatiewaarde van de vensters is het plaatsen van een voorzetraam. Voorzetramen kunnen aan de buitenkant worden geplaatst, maar dit is onwenselijk in verband met de monumentale uitstraling van het gebouw. Een andere mogelijkheid is om de diepte van de voorzetwanden (na-isolatie) aan de binnenzijde te gebruiken om het voorzetraam te plaatsen. Hiermee komen te plaatsen voorzetramen in lijn met de na-isolatie aan de binnenzijde, zoals momenteel de bestaande kozijnen in lijn zijn met de binnenzijde van de gevel, en kan het gevelbeeld aan de binnenzijde vergelijkbaar blijven met de bestaande situatie. Toch tast dit op veel posities ook de monumentale uitstraling aan en kan er

bovendien toe leiden dat te openen delen niet meer of minder eenvoudig te bedienen zijn. Voorzetramen worden daarom op een beperkt aantal plaatsen voorgesteld.

Het aanwezige glas is circa 4 mm dik en de sponning varieert van circa 15 tot circa 20 mm. Het aanwezige glas is geen monumentaal glas. In de bestaande kozijnen lijkt genoeg ruimte te zijn voor het plaatsen van isolerend monumentenglas. De isolatiewaarde van deze beglazing is circa 2 W/m^{2}K.

Renovatieglas (Uw = 2,0 W/m^{2}K)
Bij deze ramen wordt, zoals aangedragen door Verlaan & Bouwstra architecten, de huidige beglazing vervangen voor Stolker Monuglas met een dikte van 10 mm (4-3-3- mm) en een Xenon gasvulling. De U-waarde van dit type renovatieglas is 1,6 W/m^{2}K. Samen met de houten kozijnen geeft dit een Uw-waarde van 2,0 W/m^{2}K.

Deur (Ud = 3,4 W/m2K)
De ongeïsoleerde deuren zonder lichtdoorlatende delen inclusief houten kozijnen hebben een Ud-waarde van 3,4 W/m^{2}K. Bij deuren met lichtdoorlatende delen dient voor de lichtdoorlatende delen de Uw-waarde van het raam te worden aangehouden.

4.2.4 Daken

Het dak is op dit moment ongeïsoleerd. Van alle vlakken van de gebouwschil, heeft het isoleren van het dakvlak het grootste effect op het energieverlies. Dit vlak kan aan de buitenzijde of aan de binnenzijde worden geïsoleerd.

Het dak aan de bovenzijde isoleren heeft bouwfysisch de voorkeur boven het isoleren aan de binnenzijde omdat de constructie dan warm blijft en de kans op vocht in de houtconstructie zeer beperkt blijft. Het middendeel van het gebouw heeft een zinken dakbedekking dat aan vervanging toe is, deels reeds overtrokken met bitumen. Op deze plek kan het dak goed aan de bovenkant worden geïsoleerd waarbij gelijktijdig het zink wordt vernieuwd. Echter is er ter plaatse van goten en dakranden van hellende dakvlakken onvoldoende ruimte om dit isolatiepakket aan te sluiten. Daarom worden enkel de platte dakvlakken aan de buitenzijde geïsoleerd, waar dit wel past.

Om de hellende dakvlakken ook te isoleren blijft enkel de mogelijkheid aan de binnenzijde over. Hierbij wordt het dak onder het dakbeschot nageïsoleerd. De isolatie wordt hierbij tussen de dakbalken geplaatst. De dakbalken vormen hierbij wel een geringe koudebrug. Bij deze methode van isoleren dient rekening te worden gehouden met de vochthuishouding van de constructie, met name in het houten dakbeschot. Bij deze methode van isoleren wordt het dakbeschot ingesloten tussen de zinken dakbedekking en de isolatie. Indien hier vocht wordt opgesloten, zal het dakbeschot kunnen gaan rotten. De meest gebruikte methode om dit te voorkomen is de isolatie dampdicht uit te voeren. Daarnaast dient het zinkwerk te worden vervangen en wordt bij het nieuwe zinkwerk een spouw aan de buitenzijde voorzien om eventueel vocht af te voeren. Dit is een gebruikelijke methode om vochtproblemen bij zinken daken te voorkomen.

Dak geïsoleerd aan binnenzijde (Rc = 4,6 m^{2}K/W)
Een deel van het dak wordt na-geïsoleerd aan de binnenzijde. Dit isolatiepakket bestaat uit 160 mm hoogwaardige isolatie met een λ-waarde van 0,021 W/mK. Daarnaast hebben we aangenomen dat daartussen gordingen met een breedte van 120 mm en een hoogte van 230 mm zijn gerealiseerd met een hart op hart afstand van 1200 mm. Dit resulteert in een Rc-waarde van 4,6 m2K/W.

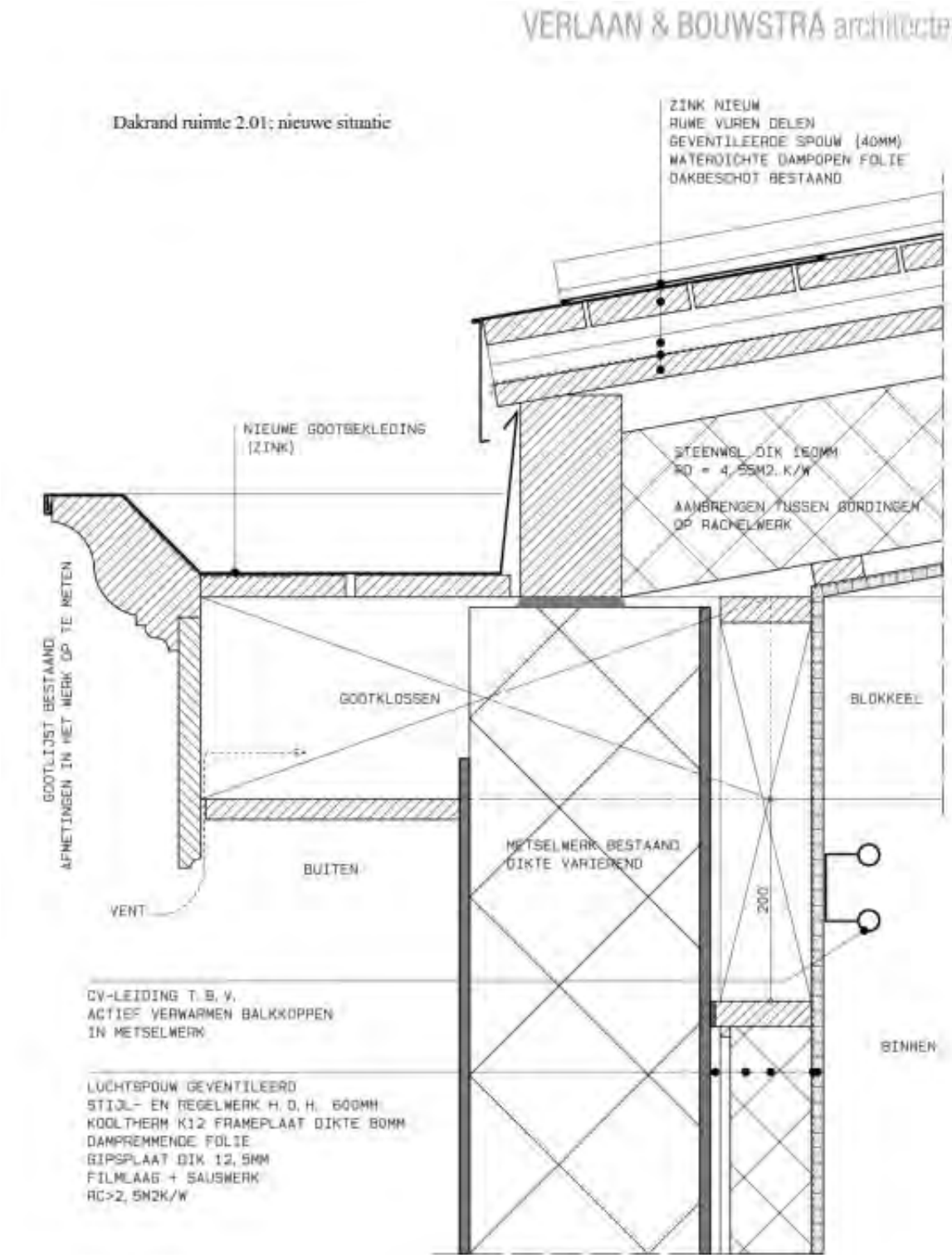
Dak geïsoleerd aan buitenzijde (Rc = 4,3 m^{2}K/W)

Bij deze constructie wordt op het bestaande dakbeschot een Kingspan Therma TP10 isolatieplaat met een dikte van 95 mm aangebracht. Deze dakplaat heeft een λ-waarde van 0,022 W/mK. Dit resulteert in een Rc-waarde van 4,3 m^2K/W.

Dakvensters

De bestaande daklichten en lichtstraten, inclusief beglazing, zijn in matige tot slechte conditie. Deze hebben een indifferente monumentale waarde. Deze daklichten zullen integraal worden vervangen door nieuwe daklichten en lichtstraten in een geïsoleerd profielsysteem met isolerende beglazing (HR++glas). Hiermee wordt de isolatiewaarde van deze daklichten sterk verbeterd.

Daarnaast worden in het dak boven de centrale hal aan de westzijde en de kleine aquariumzaal aan de oostzijde nieuwe daklichten en lichtstraten opgenomen. Dit met het oog op herstel van de daglichttoetreding in deze ruimten, hetgeen in de oorspronkelijke situatie eveneens het geval was. Deze nieuwe daklichten, inclusief beglazing, zijn uiteraard van een goede isolerende kwaliteit.



figuur 12 | *Detaillering van isolatie van een zinken dak aan de binnenzijde, met geventileerde spouw.*

4.2.5 Installaties

Gezien de leeftijd, slechte technische staat en prestaties van de gebouw gebonden installaties en het feit dat deze geen monumentale waarde hebben, worden deze volledig vervangen. Hierbij zijn de installaties direct ook energetisch optimaal ontworpen.
Uitzondering hierop is een deel van de filterinstallaties voor de aquaria. Deze installatie, met name de bassins in de kelder, hebben wel monumentale waarde en worden behouden. Randapparatuur bij deze filterinstallaties, zoals elektrische pompen worden wel vervangen.
Als uitgangspunt is hierbij gehanteerd dat met zo min mogelijk warmte, koude en elektrische energie de installaties moeten functioneren.

4.2.6 Verwarming

Doordat het gebouw bouwfysisch wordt geoptimaliseerd kunnen wij het gebouw verwarmen met een laag temperatuur verwarmingssysteem waardoor dit energiezuinig kan worden opgewekt.
De lokale verwarming in de publieksruimten vindt plaats door middel van vloerverwarming. De overige ruimten worden verwarmd met radiatoren of via naverwarmers in de ventilatie luchttoevoer.
Artis heeft de ambitie om in 2030 gasloos warmte te leveren aan alle afnemers en te streven naar energieneutraliteit. Hiertoe is haalbaarheidsstudie gedaan en een masterplan opgesteld. Het park blijkt veel warmtevraag te hebben en maar een heel klein gedeelte koudevraag. Een energieopslagsysteem, waarbij de koude- en warmtevraag in balans is, is niet haalbaar. Een energieopslagsysteem met alleen warmtelevering blijkt wel haalbaar. Voorlopig is gekozen voor een WKO systeem met warmteopslag uit de grachten van Amsterdam. Door gedurende de winter de warmte uit de grachten te winnen en deze op te slaan in de bodem, kan dit in de winter worden gebruikt in combinatie met warmtepompen. De nadere uitwerking van dit basis principe voor het hele park is nu in de ontwerpfase en zal op tijd operationeel zijn. Vanuit dit nieuwe duurzame warmteopwekkingsysteem krijgt het aquarium als eerste een warmteaansluiting.
Doordat het gebouw wordt uitgerust met een op laag temperatuur gebaseerd verwarmingssysteem kan hier moeiteloos en efficiënt op worden aangesloten. In een technische ruimte in de kelder wordt het afleverstation geplaatst.

Voor de diverse aquaria zijn verschillende kwaliteit en temperaturen water gewenst. De temperaturen variëren van 10 tot 24°C. Dit betekent dat gelijktijdig verwarming als koeling noodzakelijk is. Hiervoor is een warmtepomp in het gebouw opgenomen om deze energiestromen uit te wisselen.

4.2.7 Koeling

Het gebouw kent relatief weinig gevelopeningen daardoor ook weinig zonnewarmte in de gebruiksruimten zal binnen komen. Ook is de interne warmtelast vrij beperkt. De reguliere bezetting is namelijk niet hoog. Alleen tijdens evenementen zal veel ventilatie en koeling gevraagd kunnen worden maar dat komt slechts een korte tijd in een jaar voor. Hierdoor is de koelvraag in dit gebouw vrij beperkt.
De klimaatkoeling wordt verzorgt door koeling van de luchttoevoer en door de vloerverwarming in de zomer te gebruiken als vloerkoeling. Dit is ontworpen op een hoog temperatuur koelsysteem waardoor dit energiezuinig kan worden opgewekt.

Voor de koeling aan de aquaria zijn warmtewisselaars in de aquariumsystemen op genomen. Voor de koudelevering aan de aquariuminstallaties en de klimaatinstallatie zijn drie kleine koelmachines op het dak opgesteld zodanig dat deze aan het zicht zijn onttrokken. De koelmachines leveren gekoeld water met een traject van 8/18°C.
De warmtepomp zoals bij de verwarming is omschreven levert een basis last koude en zorgt voor energie uitwisseling tussen het warme aquariumwater en het koude aquariumwater. 8°C watertoevoer is noodzakelijk voor het koelen van aquariumwater van 10°C.

4.2.8 Ventilatie

De ventilatie-installatie wordt integraal vervangen, waarbij de verse lucht wordt toegevoerd met luchtbehandelingsinstallaties die zijn voorzien van filtering, warmteterugwinning, verwarming en koeling. De verse lucht wordt toegevoerd middels roosters in een variabel volumesysteem op basis van CO2, vocht en temperatuur. De CO2 regelingen zorgt ervoor dat op basis van aanwezigheid wordt geventileerd en dus nooit meer wordt geventileerd dan strikt noodzakelijk.
De lucht die wordt toegevoerd in de grote aquariumzaal, wordt overgestort naar de zolder daarboven en boven de aquariabakken afgezogen. Hierdoor wordt vochtige lucht afgevoerd naar buiten en de toegevoerde lucht van de grote aquariumzaal dubbel benut.
Hetzelfde principe is toegepast voor de aquariumzaaltjes aan de lange zuidzijde.
De kelder met de waterbassins en filterinstallatie worden mechanisch geventileerd die met warmteterugwinning.

4.2.9 Elektra en Verlichting

Voor de elektrische installatie wordt een nieuwe hoofdverdeelkast geplaatst met onderverdeelkasten op diverse locaties. Hierdoor worden de kabellengtes sterk gereduceerd en het verlies in de infrastructuur ook gereduceerd.

De gehele verlichtingsinstallatie inclusief de aquaria wordt met LED uitgevoerd. Hiervoor lopen er op dit moment voor de aquaria diverse proeven bij Artis om de uitstraling te krijgen die gewenst is.

4.2.10 Grijswaterinstallatie

Ten behoeve van het spoelen van de toiletten op de begane grond wordt voorzien in een grijswater installatie. De terreinleidingen van de hemelwaterafvoer worden naar een voorraadtank in het terrein geleidt. Na filtering worden deze middels kunststof leidingen aangesloten op de spoelbakken van de toiletten.

4.2.11 Aquariumwatersysteem

Het huidige aquariumsysteem wordt teruggebracht naar monumentale filtersysteem, met moderne invullingen om de juiste waterkwaliteit te realiseren. De monumentale basins worden lekdicht gemaakt om geen waterverlies en daarmee dan ook energieverlies meer te hebben. Daarnaast worden de bassins geïsoleerd de vraag van warmte en koude te beperken. De aanvulling met moderne technieken worden zodanig opgezet dat met minder flow- en pompenergie het aquariumwater wordt rondgepompt en gefilterd.

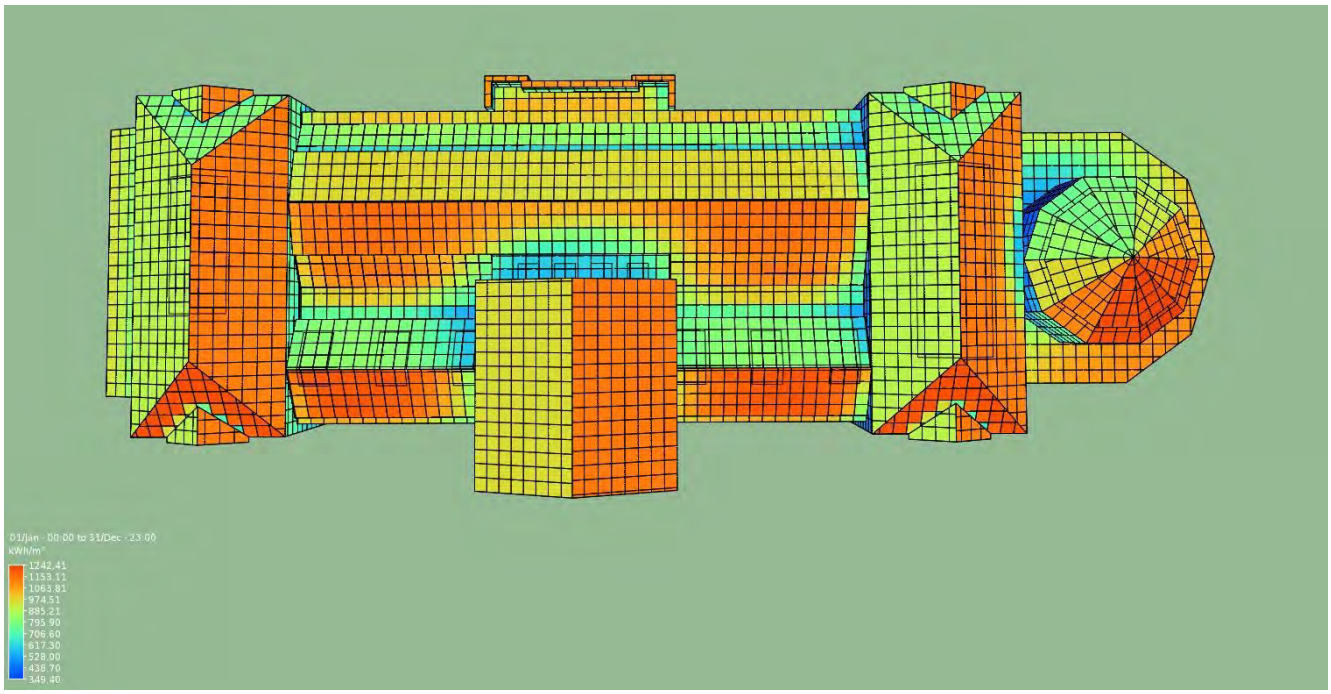
4.2.12 Leidingen en kanaleninfrastructuur

De watervoerende leidingen zijn groter gedimensioneerd dan te doen gebruikelijk, om de pompenergie te minimaliseren. Ook voor de kanaalsystemen worden lagere snelheden gehanteerd ter reductie van de ventilator energie. Daarnaast zijn de kleppen appendages op een lage weerstand ontworpen.

4.2.13 PV-installatie

Op het dak, buiten het zicht, worden PV-panelen opgenomen. Bij deze installatie is het van belang dat deze niet zichtbaar worden opgesteld en het monumentale karakter van het pand niet beïnvloeden. Dit is met het aanwezige samengestelde dak met flauwe hellingen goed mogelijk.

Voor de projectering van de PV panelen is een zonnestudie gedaan naar de mogelijk rendabele locaties. Figuur 13 toont het resultaat van de jaaropbrengst van per dakvlak.



figuur 13 | *Diagram van de energieopbrengst van PV-panelen op het dak van het aquariumgebouw.*



figuur 14 | *dakaanzicht van OTH-architecten, waarin met geel de vlakken met PV-panelen aangegeven.*

Uitgangspunt is dat er monokristalijne PV-panelen worden op de dakvlakken die geheel niet zichtbaar zijn en amorfe PV-panelen in de kleur van het zink die alleen zichtbaar zijn vanuit de Artis-zijde van het gebouw. Tenslotte worden delen van de dakbeglazing voorzien van PV-cellen (BIPV). Figuur 14 toont de positie van de PV-panelen, zoals opgenomen in het dak-aanzicht van OTH-architecten. Totaal is uitgegaan van 100 m^2 PV-panelen met een piekvermogen van 200 Wp/m^2, resulterend in een totaal piekvermogen van 20 kWp. De panelen worden gekoppeld op de verdeelinrichtingen op de bovenste verdieping.

4.3 DuMo-score

4.3.1 DuMo-systematiek

Om te bepalen in welke mate die prestaties ook daadwerkelijk besparingen opleveren, is gebruik gemaakt van het daarvoor ontwikkelde analyse- en scoresysteem van Duurzame Monumentenzorg (DuMo). Het DuMo-systeem maakt het mogelijk zowel het behoud van cultuurwaarden en ingrijpen ten behoeve van duurzaamheidsmaatregelen te vatten in één score.

Voor de cultuurwaarden wordt hierbij bepaald in welke mate de gebouwmaterie aanpassing kan en mag ondergaan; de 'aanraakbaarheid van het monument'. De bepaling van de aanraakbaarheid is gebeurd op basis van een waardestelling van het pand zoals opgenomen in het rapport "Context, bouwhistorie en waardering" van Verlaan & Bouwstra architecten / 5.1.2e 5.1.2e, d.d. 7 september 2007. Op basis hiervan en vergelijking met referentieobjecten wordt de 'aanraakbaarheidscategorie' vastgesteld. Hierbij wordt een coëfficiënt toegekend die kan variëren van 1 tot 3. Deze 'Mo-coëfficiënt' bepaalt mede de DuMo-score en geeft de factor waarmee de cultuurhistorische waarde in de score is vertegenwoordigd.
De 'Du-coëfficiënt' wordt bepaald op basis van het programma Greencalc+. Het uiteindelijke DuMo-profiel van het gebouw in bestaande of pre-restauratieve toestand en van duurzaamheidscenario's daarvoor, levert vervolgens een score op die kan worden vergeleken met de algemeen gebruikelijke scores voor duurzaam bouwen, zoals bijvoorbeeld gehanteerd in het duurzaam bouwen-rekenmodel Greencalc+, op welk rekenmodel het DuMo-instrument is gebaseerd. De culturele component van het werken in en aan een monument wordt dus ingebracht doordat de Mo-coëfficiënt als factor functioneert waarmee de duurzaamheidsprestatie wordt vermenigvuldigt: Du x Mo = DuMo (duurzaamheidsprestatie x Mo-coëfficiënt = DuMo-profiel).
Voor de bepaling van de Mo-coëfficiënt zijn 11 vragen opgesteld binnen de DuMo-methode. De uitkomsten, weergegeven in een 4-puntscore, worden in een verzamelstaat samengevat.

4.3.2 Mo-coëfficiënt

Voor bepaling van de Mo-coëfficiënt is gebruik gemaakt van de systematiek, zoals omschreven in de publicatie 'Handboek duurzame monumentenzorg', uitgegeven in 2011 door SBR. Hierin is enerzijds een overzicht en omschrijving gegeven van aanraakbaarheidscategoriën waarbinnen monumenten worden ingedeeld, anderzijds een tabel met 11 vragen en bijbehorende toelichting. De beantwoording van deze vragen is gebaseerd op het rapport "Context, bouwhistorie en waardering". Aangezien de DuMo-rekenmethode op moment van dit schrijven niet meer te verkrijgen is, is dit een inschatting op basis van de publicatie.

Het bepalen van de Mo-coëfficiënt gebeurt op basis van 11 criteria met bijbehorende vragen, zoals in tabel 2 opgenomen. Dit betreffen de volgende criteria:

1. Kwaliteit bouwstijl en –type:
   Dit criterium weegt het gebouw naar bouwtrant en kenmerken in een bepaalde periode of naar vorm, vanwege een specifieke functie. De zeldzaamheid van het object bepaald mede de score.
2. Kwaliteit architectuur:
   Het gaat hier om de visuele kwaliteit van het architectonische ontwerp, gezien de bijbehorende stijl of het type. We spreken van hoge architectonische prestaties als het ontwerp bijzonder geslaagd is in zijn ruimtelijke opzet en visuele kwaliteit. Maar het kan evenzeer gaan om architectonische curiositeiten of om gebouwen waarvan één of meerdere onderdelen in dat opzicht van bijzonder belang zijn.
3. Uitvoeringskwaliteit:
   Wat is, gemeten naar de stand van de technologie in de ontstaansperiode, de kwaliteit van de historische bouwtechniek, het vakmanschap en de verwerking van materialen? Het gaat hier om de historische toepassing, bewerking en samenstelling van materialen. De zeldzaamheid van het object heeft weer invloed op de score.

4. Betekenis in het oeuvre van de architect:
   Het gaat om de betekenis van het gebouw binnen het oeuvre van een belangrijke architect of bouwmeester. Wanneer de architect of bouwmeester bekend is en het is iemand van naam, dan wordt hier het belang van het gebouw ais voorbeeld van zijn werk genoteerd. Het gaat nadrukkelijk om bouwmeesters/architecten die in (inter-)nationale vakkringen als belangrijk worden geoormerkt.
5. Belang m.b.t. geschiedenisthema's:
   Dit criterium weegt het gebouw in zijn relatie tot brede thema's uit de vaderlandse geschiedenis, zoals de strijd tegen het water, staatsvormingsproces (gewestelijke besturen en stedelijke macht), handelsexpansie, industrialisatie, opkomende infrastructuur (verkeer en vervoer) en de wereldoorlogen.
6. Belang m.b.t. lokale historische ontwikkelingen:
   Hoe goed laat het gebouw een belangrijke fase zien uit de specifieke historische ontwikkeling van een streek, stad, dorp of een nog kleinere gemeenschap? Is het gebouw hierin een historische bron of een merkteken? Het gaat hier niet om de huidige situatie. De betekenis kan ontleend zijn aan allerlei historische ontwikkelingen, zoals sociaaleconomische, politiek-bestuurlijke, geografische, geestelijke of culturele ontwikkelingen.
7. Relatie met historische persoon of gebeurtenis:
   Het gaat om een eventueel bestaand nauw verband van het gebouw met belangrijke historische personen (eigenaar. bewoner, stichter, gebruiker) of historische gebeurtenissen. Gebeurtenissen van lange duur vallen onder 'geschiedenisthema's of onder 'plaatselijke, historische ontwikkelingen'. Dat geldt ook voor steeds terugkerende gebeurtenissen. zoals jaarlijkse herdenkingen of kerkelijke processies.
8. Betekenis van omgeving voor gebouw:
   Het gaat om de meerwaarde die de context van het gebouw voor het gebouw oplevert. Eenzelfde gebouw zal in een gave, samenhangende context onaanraakbaar zijn dan in een context waaraan in historische en ruimtelijk-visuele zin nauwelijks meer betekenis is toe te kennen. In het laatste geval kan het gebouw daaraan wel een zekere 'weeromstuit—waarde' ontlenen als het als laatste historische relict op deze plek bewaard is gebleven. In de beoordeling wordt met name ook de kwaliteit van de zeer directe omgeving van het gebouw, het eigen erf, de bijgebouwen betrokken.
9. Betekenis van gebouw voor omgeving:
   Hier betreft het de beeldondersteunende of –bepalende rol die het gebouw vervult voor de context waarin het is geplaatst. Er wordt daarbij uitgegaan van een positieve kwaliteit van de omgeving. Het kan soms voorkomen dat het gebouw door eigen geringe kwaliteit een onbetekenend of zelfs storend effect heeft op zijn ruimtelijke omgeving. De kwaliteit van de zeer directe omgeving van het gebouw, het eigen erf, de bijgebouwen, wordt weer in het oordeel betrokken.
10. Hoeveel resteert van historische materie:
    In hoeverre is historisch materiaal nog aanwezig. Ook de zichtbaarheid, aanraakbaarheid en beleving van dit materiaal is hierbij van belang.
11. Technische staat:
    Dit criterium weegt de conditie van alle constructies en materialen. Zijn er constructieve problemen of is er andere materiële schade door verwering, slijtage, achterstallig onderhoud, maar ook constructie- en materiaalfouten bij onoordeelkundige aanpassing in het verleden.

tabel 2 | *Verzamelstaat bepaling Mo-coëfficiënt.*

Object: Aquarium Artis, Amsterdam.

vraag	item	score P	score Q	score R	score S	
1	kwaliteit bouwstijl en -type 1- indien zeldzaam of...	•				
	kwaliteit bouwstijl en -type 2- indien algemeen					
2	kwaliteit architectuur 1- indien zeldzaam of...	•				*Architectuurhistrorische waarden*
	kwaliteit architectuur 2- indien algemeen					
3	uitvoeringskwaliteit 1- indien zeldzaam of...	•**	•*			
	uitvoeringskwaliteit 2- indien algemeen					
4	betekenis in oeuvre architect	•				
5	belang m.b.t. geschiedenisthema's		•			*Cultuurhistorische waarden*
6	belang m.b.t. lokale historische ontwikkelingen	•				
7	relatie met historische persoon of gebeurtenis		•			
8	betekenis van omgeving voor gebouw	•				*Contextwaarde*
9	betekenis van gebouw voor omgeving	•				
10	hoeveel resteert van historische materie		•			*Compleetheid*
11	technische staat			•**	•*	
totaalscore (optelling kolommen P, Q, R en S)		6xP	3-5xQ	0-2xR	0xS	
Toegekende Aanraakbaarheidscategorie (A, B, C of X)				**B/C**		
Getalswaarde van de Mo-coëfficiënt				**1,5* - 1,6****		

P geeft een zeer positieve score op het beoordeelde punt weer
Q geeft een positieve tot redelijke score op het beoordeelde punt weer
R geeft een matige score op het beoordeelde punt weer
S geeft een negatieve of zelfs storende score op het beoordeelde punt weer
* *geeft de score vóór restauratie*
** *geeft de score ná restauratie*

De aanraakbaarheidscategorie van het aquarium is B/C. Dit betekent dat delen van het gebouw een status hebben die aansluiten bij de definitie van museaal-functioneel' én delen 'monumentaal-flexibel'. De maatregelen die onderdeel uitmaken van ons plan sluiten aan bij deze aanraakbaarheidscategorie. De onderdelen van het gebouw die van hoge monumentwaarde zijn aangemerkt, zijn in het herbestemmings- en restauratieplan meegenomen, zodat de maatregelen passen binnen de randvoorwaarden voor goede monumentenzorg.

De gemiddelde Mo-coëfficiënt die is aangehouden voor het gebouw in is 1,5. Deze getalswaarde is in berekening voor de bestaande toestand meegenomen. Voor de nieuwe toestand houden wij echter een wat hogere waarde van 1,6 aan. Reden daarvoor is dat door het pand op een aantal punten te restaureren monumentale waarde hersteld wordt. Het architectenbureau dat bij dit project is betrokken, Verlaan & Bouwstra architecten, is gekwalificeerd voor het monumentspecifieke werk dat hier nodig is en is gecertificeerd restauratie-architect, conform Erkenningsregeling GEAR. Goed restauratiewerk resulteert

ons inziens in een hogere Mo-coëfficiënt. Deze waarden voor de Mo-coëfficiënt zijn in het DuMo-rekenmodel bij de betreffende scenario's meegenomen.

4.3.3 Du-coëfficiënt

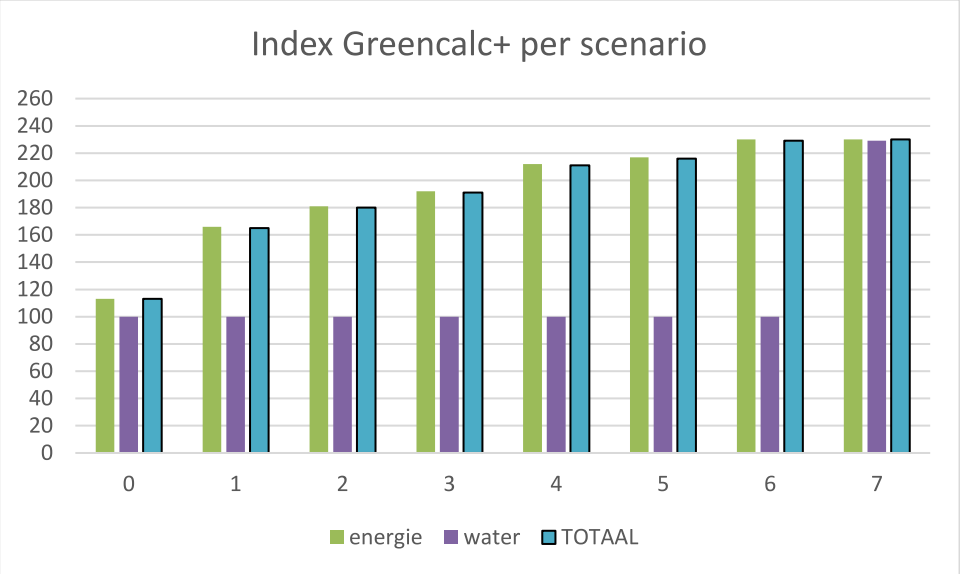
De in paragraaf 4.2 genoemde verduurzamingsmaatregelen zijn met Greencalc+ doorgerekend om te komen tot de Du-coëfficiënt, die vervolgens onderdeel uitmaakt van de DuMo-score. In de basis is hier gerekend met het huidige gebouw als referentie. Greencalc+ kent een beperkt aantal gebruiksfuncties, namelijk woning, kantoor, school, gezondheidszorg en winkel. Het aquarium valt niet onder één van deze functies, maar is ingevoerd als kantoorfunctie in Greencalc+. De waarden voor de energieprestatie zijn in Greencalc+ ingevoerd op basis van externe energieprestatieberekeningen. Deze zijn uitgevoerd op basis van de huidige rekenmethodiek voor energieprestatie met Uniec (v2.2). Vervolgens zijn een aantal scenario's doorgerekend, om zo ook zicht te krijgen op de invloed van de individuele maatregelen op de score. Dit is opbouwend, wat wil zeggen dat gestart wordt met de huidige situatie, vervolgens een aantal maatregelen zijn doorgevoerd voor het eerste scenario, een aantal maatregelen worden toegevoegd aan het eerste scenario om te komen tot het tweede scenario, enzovoorts. Hierbij wordt, analoog aan de trias energetica, gestart met het beperken van de energievraag door bouwkundige maatregelen, dan vervanging van installaties (startend met de minst ingrijpende), en tenslotte duurzame opwekking. Tabel 3 geeft de scenario's weer en de doorgevoerde maatregelen.

tabel 3 | *Doorgerekende scenario's*

scenario	omschrijving
0 (basis)	bestaande situatie, met bestaande installaties en thermische schil
1	opwaardering thermische schil, waaronder het dak, gevels en vensters
2	vervangen van de verlichting door LED
3	vervangen van de ventilatie-installatie door een installatie met warmteterugwinning
4	vervangen verwarmingsketels en koelmachine door efficiëntere exemplaren
5	aansluiten gebouw op warmtenet met WKO
6	toevoegen opwekking elektra met PV-installatie
7	toevoegen grijswatersysteem (hemelwater) t.b.v. toiletdoorspoeling

Scenario 4, het vervangen van de bestaande conventionele opwekking voor verwarming en koeling door nieuwe efficiëntere exemplaren, is in de voorgaande paragraven niet omschreven. Op de lange termijn is de bedoeling het aquarium aan te sluiten op een centrale opwekkingsinstallatie van Artis voor meerdere gebouwen. Deze opwekking is gebaseerd op een WKO-systeem (warmte- en koude-opslag in de bodem). Deze centrale opwekkingsinstallatie moet echter nog worden gerealiseerd, waardoor vervanging door nieuwe efficiëntere lokale opwekking als tussenoplossing kan dienen.

De grafieken met resultaten van Greencalc+ zijn te vinden in bijlage 5 per scenario. Figuur 15 toont een samengestelde grafiek met alle resultaten. In tabel 4 staat het effect van de verschillende scenario's op het energieverbruik, zoals dit volgt uit Greencalc+. Beperking van deze berekening is dat het energieverbruik van de installaties voor de aquaria hier niet in is verdisconteerd. Dit betreft dus enkel een indicatie van het energieverbruik en de besparing voor de gebouwgebonden installaties (ventilatie, verwarming, koeling en verlichting). De verwachting is dat, met nieuwe efficiëntere filterinstallaties, de aquaria ook minder energie gaan vergen en de werkelijk optredende besparing derhalve hier wordt onderschat.



figuur 15 | *Index berekend met Greencalc+ van alle scenario's. Dit overzicht geeft een beeld hoe de duurzaamheid met elke stap aan maatregelen wordt verbeterd van de huidige situatie (scenario 0) tot de beoogde nieuwe situatie(scenario 7).*

tabel 4 | *Energiebesparing (gebouwgebonden) doorgerekende scenario's*

scenario	**Du-coëfficiënt**	**besparing**			
		elektra (kWh)	*aardgas (m^3)*	*energie* (%)*	*water (m^3)*
0	113	0 (van 226.021)	0 (van 130.787)	0%	0 (van 1.120)
1	166	7.675	69.481	39%	0
2	182	47.206	66.553	43%	0
3	193	47.159	74.519	48%	0
4	214	54.668	84.353	54%	0
5	219	-50.641	130.787	64%	0
6	233	-35.435	130.787	67%	0
7	234	-35.435	130.787	67%	631

** bepaald op basis van karakteristiek energieverbruik, bepaald met energieprestatieberekeningen met Uniec (v2.2).*

4.3.4 DuMo-score bij maatregelen

Uit de berekening met Greencalc+ volgt een score die de Du-coëfficiënt vormt. De Du-coëfficiënt vermenigvuldigd met de Mo-coëfficiënt levert de DuMo-score op. Deze score kan, conform het DuMo-rekenmodel, worden omgezet in een label. De indeling van deze labels in weergegeven in tabel 5.

tabel 5 | *Label conform DuMo-rekenmodel*

Labelindeling DuMo-rekenmodel

conform Greencalc+ 2.2

profielscore		label
ondergrens	*bovengrens*	
≥ 793		A+++
528	792	A++
352	527	A+
234	351	A
216	233	B
198	215	C
163	197	D
145	162	E
127	144	F
	≤ 126	G

tabel 6 | *Energiebesparing (gebouwgebonden) doorgerekende scenario's*

scenario	omschrijving	Mo-coëfficiënt	Du-coëfficiënt	DuMo-profiel	Label
0	bestaande situatie	1,5	113	170	D
1	opwaardering thermische schil	1,6	166	266	A
2	LED verlichting	1,6	182	291	A
3	ventilatie met warmteterugwinning	1,6	193	309	A
4	efficiëntere opwekking	1,6	214	342	A
5	warmtenet met WKO	1,6	219	350	A
6	PV-installatie	1,6	233	373	A+
7	grijswatersysteem	1,6	234	374	A+

In tabel 6 staan de DuMo-scores van de verschillende scenario's en het bijbehorende label, gebaseerd op de hiervoor bepaalde Mo- en Du-coëfficiënt. Voor de Mo-coëfficiënt is bij scenario 0 (bestaande situatie) 1,5 gehanteerd en in de overige scenario's 1,6, zoals hiervoor bij de Mo-coëfficiënt is onderbouwd.

Scenario 0

In de bestaande situatie scoort het gebouw iets hoger dan de referentie. Dit heeft te maken met het gebruik, waar Greencalc+ in de referentie een op detail afwijkende aanname doet. De beperkte thermische kwaliteit van de gebouwschil, wat resulteert in een relatief lage Du-coëfficiënt wordt gecompenseerd door de Mo-coëfficiënt. Daarmee wordt het DuMo-label E.

Scenario 1

Isolatie van dak, vensters en delen van de gevels levert direct een forse energiebesparing op. Dit heeft ook direct zijn weerslag op de Du-coëfficiënt en daarmee op het DuMo-label. Omdat maatregelen worden getroffen als onderdeel van een totale

restauratie van het gebouw, wordt de score nog verder verhoogd met de iets hogere Mo-coëfficiënt (1,6) DuMo-label A wordt nu bereikt.

Scenario 2
Het toepassen van LED-verlichting is een relatief eenvoudige ingreep die ook direct een energetische besparing oplevert. De maatregel resulteert, samen met de hiervoor doorgevoerde maatregelen, niet direct tot een hoger DuMo-label ten opzichte van scenario 1. Het DuMo-profiel stijgt echter wel verder.

Scenario 3
Het toepassen van ventilatie met warmteterugwinning levert een verder energetische besparing op. Het DuMo-profiel stijgt met 18 punten.

Scenario 4
Vernieuwing van de opwekking voor verwarming en koeling, waarbij de rendementen hoger worden, doet het DuMo-profiel stijgen met 33 punten. Het label blijft A.

Scenario 5
Het effect van de centrale opwekking met WKO in plaats van de lokale opwekking met efficiënte conventionele installaties is gering op het DuMo-profiel (8 punten stijging). Wel heeft dit als resultaat dat het gebouw geen aardgas (fossiele brandstof) meer gebruikt, en daarmee meer toekomstbestendig wordt. Doordat het elektraverbruik echter stijgt, is het effetct op het DuMo-profiel zeer beperkt. Het DuMo-labelniveau blijft A.

Scenario 6
De opwekking van groene stroom op de daarvoor geschikte dakdelen levert een besparing op van het elektraverbruik. Deze besparing zorgt voor een stijging van het DuMo-profiel en een stijging van label A (scenario 5) naar A+.

Scenario 7
Op gebied van het waterverbruik heeft een grijswatersysteem, dat bij scenario 7 is toegevoegd, een groot effect. Greencalc+ gaat uit van een halvering van het drinkwaterverbruik. De energieprestatie wijzigt niet ten opzichte van scenario 6. Dit resulteert echter in een zeer geringe toename van de Du-coëfficiënt en daarmee in een gering effect op het DuMo-profiel en label. Deze laatste stap lijkt dus geen groot effect te hebben, conform de DuMo-methodiek.

5 Advies

Het Aquariumgebouw van Artis betreft een rijksmonument daterend uit 1881. Onder andere vanwege de zeldzaamheid van dit gebouwtype uit deze bouwperiode is het van grote cultuurhistorische waarde. Al langere tijd beraadt Artis zich op de toekomst van het gebouw. Daarin worden diverse aspecten meegewogen, waaronder functionaliteit, routing van het publiek, kwaliteit en staat van onderhoud en duurzaamheid. In dit rapport zijn de mogelijkheden tot verbetering van de duurzaamheid behandeld, die onderdeel vormen van plannen voor restauratie. Uiteraard dient dit te gebeuren met respect voor de cultuurhistorische waarde. Om dit te bereiken is ten eerste gekeken naar de kwaliteiten die in het pand aanwezig zijn. Vervolgens zijn de mogelijke stappen in verduurzaming bepaald, met inachtneming van de cultuurhistorische waarde.

Bij het bepalen van stappen in de verduurzaming van het pand is gebruik gemaakt van de Trias Energetica. Hierbij wordt allereerst de energievraag zoveel mogelijk beperkt, vervolgens wordt getracht om zoveel mogelijk duurzame energie te gebruiken en tenslotte wordt de eventueel nog nodige fossiele energie efficiënt ingezet. Deze laatste stap willen we bij voorkeur geheel vermijden. De stappen hebben geleid tot een 7-tal scenario's die zijn doorgerekend op basis van het DuMo-rekenmodel.

Uit de 7 scenario's blijkt dat met het verbeteren van de thermische schil reeds een grote stap wordt gezet. De installaties zijn grotendeel aan het eind van hun levensduur, en dienen integraal te worden vervangen. Dit zijn de volgende stappen naar een duurzamer gebouw. Tenslotte worden met een PV-installatie en grijswatersysteem de laatste stappen gezet. Het effect van dit grijswatersysteem op het DuMo-profiel is zeer beperkt, echter gezien de aanzienlijke drinkwaterbesparing die dit kan opleveren en recente ontwikkelingen rondom de drinkwatervoorziening (toenemende droogte), wordt toch geadviseerd dit (indien het budget het toelaat) door te voeren. In de systematiek van de subsidieregeling restauratie rijksmonumenten 2019–2020 wordt deze maatregel ook gewaardeerd. Dit is daarom ook opgenomen als onderdeel van het installatietechnisch ontwerp van Halmos in het Bestek en voorwaarden W en E-installaties, d.d. 15 mei 2019. Het DuMo-profiel van de bestaande situatie is 170 (label E) en wordt in scenario 7, met alle maatregelen, 234 (label A+). Totaal wordt een, op basis van de energieprestatieberekeningen bepaalde, energetische verbetering van 67% behaald.

Alle omschreven maatregelen zijn samengevat in bijlage 7, op basis van de maatregelenlijst behorende bij de subsidieregeling restauratie rijksmonumenten 2019–2020. Hieruit blijken 19 punten te worden behaald. Voor subsidie zijn tenminste 14 punten nodig, waaraan dus wordt voldaan.

Met de beschreven maatregelen in de scenario's wordt, stap voor stap, de bestaande kwaliteit beter benut en aangevuld met nieuwe elementen die de kwaliteit naar de toekomst verbeteren, zonder de rijke historie van het pand schade toe te brengen. Daarbij worden zowel het comfort, de beleving en het binnenklimaat, als het energieverbruik verbeterd. Hiermee is het pand beter toekomstbestendig, waardoor het aannemelijker is dat het in gebruik blijft en behouden blijft voor toekomstige generaties.

Bijlage 1 | *Tekeningen waardestelling*
Bijlage 2 | *Rapport bouwhistorie*
Bijlage 3 | *Tabel waardestelling en bouwtechnische staat*
Bijlage 4 | *Tekening maatregelen thermische schil*
Bijlage 5 | *Berekening Greencalc+*
Bijlage 6 | *EPC-berekeningen scenario 0 (basis) en 6 (alle energetische maatregelen)*
Bijlage 7 | *Maatregelenlijst subsidieregeling restauratie rijksmonumenten 2019–2020*
Bijlage 8 | *Definitief Ontwerp werktuigbouwkundige installaties*
Bijlage 9 | *Definitief Ontwerp elektrotechnische installaties*

Legenda toegepaste uitzonderingsgrondslagen

In dit document zijn gegevens definitief geanonimiseerd op grond van:

Wet	Artikel	Omschrijving	Pagina's
Wet open overheid	Art. 5.1 lid 2 sub e	De eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer	3, 6, 8, 19, 28