

**Duurzaamheidsvisie
Renovatie Binnenhof**

Duurzaamheidsvisie Renovatie Binnenhof

Versie 3.7_190823_DEF

Andy van den Dobbelsteen (redactie)

Onderzoeksteam en auteurs



TU Delft, Faculteit Bouwkunde
Julianalaan 134
2628 BL Delft

Afdeling Architectural Engineering + Technology

Prof.dr.ir. Andy van den Dobbelsteen – Climate Design & Sustainability

Dr.ir. Martin Tenpierik – Building Physics & Services

Dr.ir. Wido Quist – Heritage & Technology

Afdeling Management in the Built Environment

Ing. Peter de Jong – Design & Construction Management

Opdrachtgever

Rijksvastgoedbedrijf, Directie Transacties & Projecten

Managementsamenvatting

Met deze duurzaamheidsvisie wordt een aanpak voorgesteld voor de omgang met duurzaamheid bij de renovatie van het Binnenhofcomplex, waarbij rekening wordt gehouden met erfgoedwaarde, bouwfysica en kostenaspecten. De insteek van het renovatieproject is tot dusverre ‘sober en doelmatig’ geweest. Onderzocht is welke aanvullende duurzaamheidsmaatregelen kunnen worden getroffen ten opzichte van het voorontwerp (VO) van de Tweede Kamergebouwen, met de intentie deze ook representatief te laten zijn voor de rest van het Binnenhof.

Voorbeeldfunctie

De renovatie van het Binnenhofcomplex zal nationaal en internationaal, bedoeld of onbedoeld, worden gezien als een voorbeeldproject van hoe in de huidige tijd om kan worden gegaan met monumentale publieke gebouwen. Ook in dat kader is het van belang om aandacht te besteden aan de verduurzaming van het gebouw.

Het afgelopen decennium zijn vele spraakmakende, prachtige projecten opgeleverd met een duurzaam resultaat, waaronder ook rijks- en gemeentelijke monumenten. Het is daarom geen onredelijke gedachte om het Binnenhofcomplex tot een toonbeeld van duurzaamheid te maken.

Bouwfysica, monumentaliteit en toekomstwaarde

In het voorliggende rapport zijn verschillende duurzaamheidsaanpakken besproken, evenals de mogelijkheden voor en kanttekeningen omtrent aanvullende maatregelen, vanuit het oogpunt van bouwfysische aspecten en behoud van monumentaliteit enerzijds en het realiseren van toekomstwaarde anderzijds. Bij die laatste term zit een CO₂-neutrale, klimaatadaptieve en circulaire maatschappij inbegrepen.

Het huidige VO

In het VO voor de renovatie van de Tweede Kamer lijkt het er erop dat bouwkundig de noodzakelijke maatregelen genomen zijn die goed passen binnen de kaders van soberheid en doelmatigheid. Verder is er veel aandacht uitgegaan naar de installatietechnische voorzieningen en de duurzaamheid daarvan. Dit maakt het mogelijk om aan te sluiten bij allerlei duurzame initiatieven die op andere plaatsen in Den Haag plaatsvinden, zoals EnergieRijk Den Haag 2.0.

Duurzaamheidsdoelen voor de toekomst

De huidige plannen corresponderen dus met de omschrijving ‘sober en doelmatig’, maar als de Binnenhofrenovatie daarop wordt gebaseerd bestaat het risico dat het complex binnen de gestelde doeltermijn (25 jaar) op vele wijzen niet meer voldoet aan de eisen van dan. Zoals beschreven in het rapport zouden alle bouwprojecten vanaf nu moeten voldoen aan de volgende eigenschappen: klimaatadaptief, CO₂-neutraal¹, circulair en waardecreërend. Op dit moment voldoet het renovatieplan voor het Binnenhof hier op diverse wijzen niet aan. Het kan dus beter en zal daarmee bijdragen aan een duurzamere, toekomstbestendige binnenstad van Den Haag.

De momenteel al betrokken adviseurs hebben voldoende kennis in huis om dit te ondersteunen.

¹ Waar in het rapport wordt gesproken over CO₂, gaat het om alle broeikasgassen (naast kooldioxide ook methaan, waterdamp en lachgas). ‘CO₂-neutraal’ betekent hier dus ‘klimaatneutraal’.

Maatregelen

Daarom zien wij, in aanvulling op de reeds door het ontwerp- en adviseursteam geïdentificeerde maatregelen, mogelijkheden om de duurzaamheid van het Binnenhofcomplex verder te verhogen middels de renovatieplannen. Deze staan hier opgesomd; ze zijn aanvullend op elkaar.

Geadviseerde aanvullende duurzaamheidsmaatregelen
1. Duurzame warmtebronnen in het gemeentelijke warmtenet
2. Lokale warmte- en koudebronnen
3. Na-isolatie, ramen vervangen en kierdichting op meer plekken
4. Alternatieve ventilatiesystemen
5. PV-systemen en zonnecollectoren op daken
6. Kortcyclische warmte- en koudeopslag
7. Opslag van eigen elektriciteit
8. Circulaire materialen en producten
9. Gebruik van hemelwater en gezuiverd grijs water
10. Duurzame groenvoorzieningen
11. CO ₂ -accountancy en -verantwoording
12. Certificering middels BREEAM-NL
13. Actieve gebruikersparticipatie

Elk van deze aanbevolen aanvullende maatregelen worden in het rapport uitgebreid besproken op technische mogelijkheden, overwegingen en financiële consequenties. Enkele opmerkingen daarover:

- De warmtevraag van het Binnenhofcomplex kan bij na-isolatie van de schil en vervanging van ramen voor een deel naar lagetemperatuursystemen. Deze kunnen worden gevoed door lokale warmte- en koudebronnen (restwarmte, bodem en Hofvijver), waarvan kleine en kortcyclische verschillen in aanbod en vraag met lokale buffers kan worden opgevangen en die seizoensmatig kan worden opgeslagen in de al voorziene warmte-koudeopslag (WKO).
- De energievraag van het Binnenhof kan verder omlaag door de inzet van overdekte binnentuinen als voorverwarmer of juist afvoerplek voor ventilatielucht. Ook is op verschillende plekken in het Binnenhof decentrale ventilatie mogelijk, waarmee uitgebreide ventilatievoorzieningen niet meer nodig zijn.
- Zonnepanelen (PV-panelen) kunnen zondermeer worden toegepast op platte daken, op verborgen schuine daken en op het sheddak van de Tweede Kamer. Daarnaast wordt aangeraden een (onzichtbaar) proefdak met PV-dakpannen of PV-leien aan te leggen waar de pannen of leien sowieso vervangen gaan worden en dan meteen dakisolatie kan worden gelegd. Voor de eigen productie wordt aangeraden lokale elektriciteitsopslag te voorzien, die meteen als noodstroomvoorziening kan dienen.
- In het hele renovatieproces zouden alleen circulaire producten moeten worden toegepast, in de zin van oneindig herbruikbaar, recycleerbaar, gebaseerd op nagroeibare materialen, of alledrie. Geadviseerd wordt te werken met product service systems, die door de leverancier worden vervangen en teruggenomen.
- Aangeraden wordt – om meerdere redenen van mitigatie, adaptatie en waardecreatie – om meer groen toe te passen en hemelwater op te vangen, op te slaan en te gebruiken voor het groen, voor de toiletspoeling of voor wasfuncties.

- Als overheid die zijn verantwoordelijkheid neemt, hoort met het Binnenhofrenovatie gestart te worden met een boekhouding van alle CO₂-equivalenten, zowel van de huidige situatie, als van de toekomstige situatie en wat daarvoor aan ingrepen nodig is. Ook wordt aangeraden het renovatieproces te laten certificeren met BREEAM-NL.
- Ten slotte en niet minst wordt aangeraden de toekomstige gebruikers van het Binnenhof actief te betrekken bij het proces.

Financiën

Het is lastig een indicatie te geven voor de budgetconsequentie van genoemde maatregelen, omdat die sterk afhangt van de gekozen variant. Wij adviseren tenminste alle maatregelen toe te passen waarmee over de doelperiode van 25 jaar een financieel neutraal resultaat wordt geboekt (maar waar wel 15-20% extra investeringsbudget² nodig zal zijn. Dit betreft alle maatregelen behalve het zuiveren en gebruiken van grijs of zwart afvalwater, evenals grootschalige toepassing van groenvoorzieningen, waartoe op het Binnenhof ook onvoldoende ruimte beschikbaar is.

Aangezien nog niet helder is of, in welke mate, en op welke specifieke wijze gevolg zal worden gegeven aan de technische en procesadviezen uit dit rapport, wordt het Rijksvastgoedbedrijf aangeraden een aanvullende financiële studie voor te laten doen.

Veel aandacht is op verzoek van het Rijksvastgoedbedrijf uitgegaan naar de kostenconsequenties van aanvullende duurzaamheidsmaatregelen, maar een minstens even relevante wedervraag zou zijn: wat kost het de Nederlandse maatschappij als niets wordt gedaan? Dat verdient nader onderzoek.

² Inclusief BTW.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	4
1. Inleiding	11
1.1. Achtergrond van dit rapport	11
1.2. Probleemstelling	11
1.3. Doelstelling	11
1.4. Onderzoeksvragen	12
1.5. Methodiek	12
1.6. Relatie met andere onderzoeken	13
2. Duurzaamheid	15
2.1. Introductie	15
2.2. De grootste uitdagingen	15
2.2.1. Klimaatverandering	15
2.2.2. Klimaatadaptatie	16
2.2.3. Klimaatmitigatie: CO ₂ -neutraliteit	17
2.2.4. Circulaire economie, circulaire organisaties, circulaire producten	18
2.2.5. Extra waardecreatie	18
2.3. Referenties voor duurzaam erfgoed	19
2.3.1. Duurzaam Nederlands erfgoed	19
2.3.2. Internationaal perspectief	20
2.3.3. Voorbeelden van andere parlamentsgebouwen	20
2.3.4. Veranderend maatschappelijk inzicht in duurzaam erfgoed	22
2.4. Duurzaamheidsaanpak, -beoordeling en -certificering	22
2.4.1. Methoden voor duurzaamheidsaanpak	22
2.4.2. Beoordelingsmodellen en certificeringsmethoden	23
2.5. Uitgangspunten voor het Rijksvastgoedbedrijf	24
3. Korte analyse van de plannen voor het Binnenhof	27
3.1. Financiële randvoorwaarden	27
3.2. Samenvatting waardebepalingsonderzoek	27
3.3. Omgaan met erfgoed	27
4. Reeds geplande duurzaamheidsmaatregelen	31
4.1. Geplande bouwkundige ingrepen	31
4.2. Geplande installatietechnische voorzieningen	32
4.3. Huidige overige duurzaamheidsvoorstellen	33
4.4. Recente ontwikkelingen in het 'VO-max'	34
4.5. Samenvatting van kansen en uitdagingen	35

5.	Uitwerking van enkele aanvullende maatregelen	43
5.1.	Isolatie van de schil	43
5.2.	Thermisch verbeteren van glas, ramen en kozijnen	46
5.3.	Luchtbehandeling	50
5.4.	Binnenhoven	52
5.5.	Zonnepanelen en -collectoren	53
6.	Financiële afweging	57
6.1.	Van budget naar levensduurkosten	57
6.2.	Bevordering van duurzame bouwinnovatie	59
6.3.	Kostenklassen en maatregelenpakketten	60
6.3.1.	Ingrediënten	61
6.3.2.	Kostenklassen	62
6.3.3.	Maatregelenpakketten	62
6.4.	De aanvullende maatregelen en hun kosteneffecten	63
7.	Conclusies en aanbevelingen	67
7.1.	Conclusies	67
7.1.1.	Duurzaamheid	67
7.1.2.	Ingrepen, erfgoedwaarde en bouwfysica	68
7.1.3.	Financiële consequenties van ingrepen	70
7.2.	Advies over ambities en uitgangspunten	71
7.3.	Advies over aanvullende duurzaamheidsmaatregelen	73
7.3.1.	Overzicht	73
7.3.2.	Specifieke maatregelen	74
7.4.	Financieel advies	76
7.4.1.	Kostenklassen	76
7.4.2.	Nader onderzoek	77
8.	Referenties	79
	BIJLAGEN	83
B1	Climate Action, visiedocument TU Delft	
B2	Duurzaamheidsaanpakken	
B3	Verbetering van de thermische schil	
B4	Luchtbehandeling	

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van dit rapport

De gebouwen van het Binnenhof en de Tweede Kamer gaan in de jaren tot 2025 gerenoveerd worden om ze functioneel en technisch aan te passen aan de eisen van nu, met de bedoeling tenminste 25 jaar vooruit te kunnen zonder verdere aanpassingen. Bij het aanpassen aan de eisen van nu geldt dat het Binnenhof deels bestaat uit eeuwenoude monumenten. Het is de ambitie om het comfort in deze monumenten binnen de mogelijkheden op een optimaal niveau te brengen³.

1.2 Probleemstelling

Het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) wil, in een tijd dat Nederland moet voldoen aan het Klimaatakkoord van Parijs en Katowice, een overkoepelende visie op duurzaamheid in relatie tot het Binnenhof presenteren en onderzocht hebben welke maatregelen gezien de financiële kaders en het monumentale karakter kunnen worden genomen op het gebied van duurzaamheid. In 2015, toen de opdracht voor de renovatie werd gegeven, heeft het kabinet besloten een bescheiden bedrag te reserveren voor investeringen in duurzaamheid. Verschillende betrokken partijen, inclusief het RVB, hebben wel een visie op de duurzaamheid van de panden, maar er ontbreekt een overkoepelend visiestuk over hoe om te gaan met een ingewikkeld complex als de Tweede Kamer en het Binnenhof, inclusief alle historische panden. Het RVB heeft de TU Delft gevraagd een dergelijke duurzaamheidsvisie te schrijven.

1.3 Doelstelling

Met het schrijven van deze duurzaamheidsvisie wordt een aanpak voorgesteld voor de omgang met duurzaamheid bij de renovatie van het Binnenhof, inclusief de Tweede Kamer, waarbij rekening wordt gehouden met erfgoedwaarde, bouwfysica en kostenaspecten. Daarmee wordt getracht bij te dragen aan een weloverwogen integrale duurzame renovatie. Daarbij wordt aangesloten op EnergieRijk Den Haag, dat een gebiedsgerichte aanpak van duurzaamheid tot doel heeft.

Het zwaartepunt van deze studie ligt bij de Tweede Kamer, echter met het doel representatief te zijn voor het hele Binnenhofcomplex. Vertrouwelijke onderdelen, zoals de plannen voor het Ministerie van Algemene Zaken en beveiligingsplannen, zijn buiten beschouwing gelaten.

³ Dit betekent overigens niet per definitie dat meer klimaatinstallaties nodig zijn, zeker als uitgegaan wordt van de tegenwoordig gebruikelijke 'adaptieve' thermische comforteisen [Kurvers et al. 2012] met ruimere marges (Adaptieve Temperatuur Grenswaarden) voor de binnentemperatuur, die meer natuurlijke en hybride vormen van klimatisering mogelijk maken.

1.4 Onderzoeksvragen

Duurzaamheid

- Wat is de definitie van duurzaamheid en wat wordt verstaan onder integrale duurzaamheid?
- Wat zijn de grootste uitdagingen voor duurzaamheid in de gebouwde omgeving?
- Welke gebiedsgerichte duurzaamheidsmaatregelen kunnen worden getroffen?
- Wat zijn recente nationale en internationale ontwikkelingen en benchmarks?

Ingrepen, erfgoedwaarde en bouwfysica

- Hoe kan bij de duurzaamheidsopgave worden omgegaan met de erfgoedwaarde van vastgoed?
- In welke mate en hoe verstrekkend mogen ingrepen zijn in gebouwen met erfgoedwaarde?
- Wat zijn bouwfysisch gezien verstandige duurzame ingrepen in gebouwen met erfgoedwaarde?
- Kan een gebouw het best zijn duurzame energie zelf opwekken of centraal aangeleverd krijgen?

Financiële consequenties van ingrepen

- Wat zijn de investeringen, terugverdiertijden en restkosten en –waarden van duurzaamheidsingrepen?
- Kunnen er maatregelen genomen worden die (gezien het monumentale karakter) een hoge investering maar een reële terugverdiertijd kennen?
- Welk financieel afwegingssysteem kan de hoogte van de investeringen, verschillende terugverdiensperiodes en maatregelenpakketten meenemen?

Specifiek voor de verbouwing van het Binnenhof en de Tweede Kamer

- Wat zijn verstandige duurzame ingrepen voor het Binnenhof en de Tweede Kamer?
- Zijn er 'no-regret' maatregelen (lage investeringen, groot effect), die tijdens de renovatie van het Binnenhof kunnen worden meegenomen?
- Kunnen door de gebiedsgerichte aanpak schaalvoordelen worden behaald, waarmee met dezelfde hoeveelheid geld meer effect wordt bewerkstelligd?
- Welke voorstellen kunnen worden gedaan richting de staatssecretaris, bijvoorbeeld voor noodzakelijk aanvullend investeringsbudget, en hoe kan dit worden verantwoord?

1.5 Methodiek

In dit onderzoek zijn de volgende stappen gevolgd:

1. Er vond nauw en regelmatig overleg plaats tussen onderzoekers en opdrachtgever.
2. Algemene literatuur over duurzame monumentenzorg en andere relevante zaken is verzameld en bestudeerd.
3. Voor de renovatie van het Binnenhof en de Tweede Kamer zijn studies, verbouwingsplannen en duurzaamheidsperspectieven bestudeerd.
4. Op basis van de laatst beschikbare verbouwingsplannen van het Binnenhof en de Tweede Kamer zijn specifieke duurzaamheidsuitdagingen, die speciale aandacht behoeven, geïnventariseerd.
5. In hoofdlijnen is een duurzaamheidsvisie uitgewerkt, met een inhoudsopgave en beschrijving van te behandelen onderdelen.

6. Na overleg is deze duurzaamheidsvisie in een rapport uitgeschreven, inclusief beeldmateriaal.
7. Na diverse besprekingen zijn aanvullingen en wijzigingen doorgevoerd in het voorliggende definitieve rapport. In het rapport is een onafhankelijk advies geschreven aan het RVB en de staatssecretaris.

1.6 Relatie met andere onderzoeken

Dit onderzoek heeft een nauwe relatie met eerder uitgevoerde of nog lopende onderzoeken aan de TU Delft, zoals die in de hoek van de stedelijke energietransitie (EU-projecten City-zen, Celsius, Planheat, Smart Urban Isle), stedelijke energieaanpakken (REAP en LES) en diverse duurzame-ontwerpstudies. Daarnaast sluit de studie aan bij diverse erfgoedstudies, zowel technisch, ontwerp-technisch als waardegebaseerd, bijvoorbeeld het KaDER-project in opdracht van de Provincie Gelderland.

2 Duurzaamheid

2.1 Introductie

Integrale duurzaamheid heeft betrekking op zowel de klimaatdoelstellingen (CO₂-neutraliteit), klimaatadaptatie en circulariteit van alle essentiële stromen (energie, water, materialen en hun afvalstromen), waarbij rekening gehouden wordt met de cultuurhistorische, sociaal-culturele, functionele en technische waarden en bouwfysische aspecten van de onderhavige panden, evenals de financiële consequenties. Er zal hierbij aandacht worden besteed aan nationale en internationale ontwikkelingen en benchmarks.

2.2 De grootste uitdagingen

2.2.1 Klimaatverandering

Klimaatverandering en haar oorzaak

Dat het klimaat aan het veranderen is, staat volgens alle meteorologische instituten in de wereld als een paal boven water, en dat het sneller verandert dan ooit tevoren is uit wetenschappelijk onderzoek ook vast te stellen. De enige legitieme verklaring hiervoor is de uitstoot van broeikasgassen⁴ en dus de menselijke activiteiten die dit veroorzaken. Onlangs werd vastgesteld dat er een kans van 1 op 3 miljoen is dat klimaatverandering niet door CO₂-uitstoot wordt veroorzaakt. Daarmee heeft dit vastgestelde mechanisme een zogenaamde ‘gouden standaard’ verkregen, een zeldzaamheid in de wetenschap.

Recentelijk is er vanuit sceptische hoek een discussie aangewakkerd over de betrouwbaarheid van de moderne klimaatwetenschap en het VN-platform daarvoor, de International Panel on Climate Change (IPCC). Echter, gezien de ongekennde academische eensgezindheid onder terzake deskundigen zou de validiteit van klimaatwetenschap in het geheel niet ter discussie moeten staan.

De beweging tegen de wetenschappelijke consensus is een van de aanleidingen geweest dat vanuit de TU Delft recentelijk openbaar een visiestuk is gepubliceerd over *Climate Action*, waarin de laatste kennis op het gebied van klimaatwetenschap, klimaatadaptatie en klimaatmitigatie wordt besproken, aan de hand van kennis van tientallen wetenschappers aan de TU Delft die zich bezighouden met klimaatgerelateerde onderzoeken. Deze visie van de TU Delft over Climate Action is als bijlage bij dit rapport gevoegd. Dit stuk zou de basis moeten zijn voor alle discussie binnen de politiek en binnen overheden, voor zover dit noodzakelijk is.

De verwachte gevolgen van klimaatverandering

Voor klimaatverandering hebben zowel het IPCC [IPCC 2014; IPCC 2018] als het Nederlandse KNMI [Klein Tank et al. 2015] verschillende scenario's geformuleerd en de keuze daaruit hangt samen met de doortastendheid van klimaatbeleid over de hele wereld. De Klimaatakkoorden van Parijs en

⁴ Naast CO₂ (kooldioxide) gaat het ook om CH₄ (methaan), N₂O (lachgas), HCF's (chloorfluorkoolwaterstoffen) en H₂O (waterdamp), waarvan CO₂ het meest persistent is en dus als referentie wordt genomen ('CO₂-equivalenten').

Katowice richten zich op het beperken van temperatuuroptoe name tot 1,5 graad boven het pre-industriële tijdperk. Recent klimaatwetenschappelijk onderzoek wijst echter al op de onhaalbaarheid van dat doel. De aarde zal daarom naar verwachting met 2 graden of meer opwarmen. Voor Nederland stelt het KNMI dat een temperatuuroptoe name met 2 tot 3 graden mogelijk is.

Wereldwijd zijn de verwachte gevolgen frequentere hittegolven, langere periodes van droogte, afgewisseld met periodes met zware neerslag, zeespiegelstijging, en meer en heftigere stormen. Voor Nederland speelt zeespiegelstijging en de gemiddelde toename van neerslag een belangrijke rol, met langere periodes van droogte en geconcentreerde periodes van zware neerslag. Daarnaast wordt eerdergenoemde temperatuuroptoe name verwacht.

Verwachte gevolgen voor het Binnenhof

In Nederland zijn de meeste gebouwen niet ontworpen voor een warm klimaat, en dat geldt in het bijzonder voor gebouwen uit de zeventiende en achttiende eeuw (zoals op het Binnenhof), toen ons land een 'Kleine IJstijd' doormaakte. Met een temperatuuroptoe name van 2 tot 3 graden Celsius zullen gebouwen meer koeling gaan vragen, terwijl ze vooral geëquipeerd zijn voor verwarming. Daarbij komt dat we in Nederland vanwege de donkere winters veel daglichttoetreding nastreven, terwijl grote ramen bij een warmer klimaat voor ongewenste zinstraling zorgen in een steeds grotere periode van het jaar.

Naast warmte is het wateraspect van klimaatverandering ook van belang voor het Binnenhof. Een binnenstadslocatie kan niet meer ongelimiteerd hemelwater lozen op het riool en oppervlaktewater, aangezien dit wateroverlast zal veroorzaken. Hemelwater zal langer gebufferd en liefst ook nuttig gebruikt moeten worden.

2.2.2 Klimaatadaptatie

Zelfs als de mensheid vandaag de uitstoot kon reduceren tot nul, zou het na-ijleffect van eerder ingezette veranderingen nog een mensenleven voortduren. Dus ongeacht het (voor toekomstige generaties noodzakelijke) klimaatbeleid, zal men naar verwachting grote effecten merken van klimaatverandering. Klimaatadaptatie is een harde noodzaak.

Dit betekent dat ook Nederland zich beter kan aanpassen aan klimaatverandering, bijvoorbeeld door de gebouwde omgeving beter af te stemmen op hogere temperaturen (en dus een grotere koelbehoefte), langere periodes van droogte, afgewisseld met periodes met heftige neerslag. Concreet betekent dit dat we onze gebouwde omgeving eigenlijk meer moeten (her)ontwerpen op een warmer klimaat, dus meer gericht op het voorkomen van koeling dan van verwarming, en op regenwateropslag als buffer voor drogere tijden. Dit geldt ook voor het Binnenhof en alle daaraan verbonden panden: die zullen na renovatie ook bij een 2-3 graden warmer klimaat comfortabel en energie-efficiënt moeten zijn.

Bij de renovatie van het Binnenhofcomplex zal meer dan voorheen rekening moeten worden gehouden met een hogere referentietemperatuur, met het voorkomen van ongewenste opwarming en met meer koelcapaciteit.

Daarnaast zal het complex een beter antwoord op regenwateroverschotten en –tekorten moeten hebben dan de huidige aanpak van lozing in het riool. De Hofvijver kan daarbij als waterbuffer functioneren, en als energiebron; daarover verderop meer.

Hemelwaterbuffering en –gebruik zou in het kader van klimaatadaptatie aandacht moeten krijgen in de Binnenhofrenovatie. Opslag kan onder of nabij de gebouwen, in bakken, tanks, vijvers en groenvoorzieningen, en gebruik kan voor groenvoorzieningen, toiletspoeling en wasfuncties.

2.2.3 Klimaatmitigatie: CO₂-neutraliteit

Ook zonder het effect op klimaatverandering is het verstandig afstand te nemen van fossiele energiebronnen. Gebaseerd op bewezen voorraden van steenkool, aardolie en aardgas zou de mensheid het zonder aanpassing van haar gedrag nog ongeveer één mensenleven kunnen volhouden met deze fossiele energie. Dat alleen al is een goede reden om over te schakelen naar hernieuwbare energiebronnen.

Maar de belangrijkste reden zou toch klimaatverandering moeten zijn. Puur vanuit wetenschappelijk vastgestelde feiten kunnen wij niet anders dan onze verantwoordelijkheid nemen en maatregelen treffen om excessieve klimaatverandering te voorkomen. Conform de klimaatverdragen van Parijs en Katowice zal de gebouwde omgeving in 2050 CO₂-neutraal moeten zijn, en conform EU-regels hoort nieuwbouw in 2020 al ‘nearly zero-energy’ te zijn. Die laatste eis vinden wij vanuit wetenschappelijk oogpunt en vanuit onze praktijkervaring een zwaktebod: nieuwbouw kan nu al energieneutraal en zou zelfs energiepositief moeten zijn als we ervan uitgaan dat de bestaande bouw lang niet overal naar netto nul energie gebracht kan worden.

De grootste opgave zal niet energieneutrale nieuwbouw zijn, maar de aanpak van bestaande bouw, erfgoed in haar volle diversiteit. Het Binnenhof is daar een buitengewoon voorbeeld van, dat als voorbeeld kan dienen voor de aanpak van monumentale complexen. Geen eenvoudige opgave, maar een die niet ontlopen kan worden.

Recentelijk zijn veel publicaties en hulpmiddelen verschenen die de duurzame aanpak van erfgoed ondersteunen:

- Toolkit Duurzaam Erfgoed (<http://www.toolkitduurzaamerfgoed.nl>),
- De Groene Menukaart (<https://www.degroenemenukaart.nl>),
- Uw Monument Energiezuinig (<https://www.stichtingerm.nl/publicaties/waaier-uw-monument-energiezuinig>).

Ook wordt momenteel een laatste hand gelegd aan de Routekaart Verduurzaming Monumenten. De partijen achter deze routekaart streven naar een CO₂-reductie van 40 procent in 2030 en 60 procent in 2040, als gemiddelde over de gehele voorraad monumenten, dus inclusief ‘s lands belangrijkste monumenten en andere ‘lastige gevallen’.

Als de overheid haar eigen vastgoed CO₂-neutraal weet te maken, zal zij daarmee een positief voorbeeld stellen voor Nederlandse bedrijven en burgers.

2.2.4 Circulaire economie, circulaire organisaties, circulaire producten

De derde grote technische opgave – naast klimaatadaptatie en CO₂-neutraliteit – is het realiseren van een circulaire economie. Gezien de schaarste aan grondstoffen, maar ook voor het voorkómen van onnodige productie van afvalstromen, is het noodzakelijk dat Nederland op termijn een volledig circulaire economie wordt en zijn grondstoffenstromen hergebruikt of recycleert, of ze uit biologische, nagroeibare bronnen haalt. In de wereld van het facilitymanagement – van oudsher de discipline die gaat over inkoop en onderhoud van gebouwen, met een aantal invloedrijke duurzame adviseurs – is circulariteit een groot aandachtspunt aan het worden, en langzaamaan wordt het ook een begrip in de bouw. De lange levensduur van veel panden van het Binnenhof zouden we al kunnen zien als vorm van circulariteit, en voor de renovatie-ingrepen in de komende jaren is het belangrijk om circulariteit als uitgangspunt te nemen.

2.2.5 Extra waardecreatie



Figuur 2.1: Het Prêt-à-Logerhuis, inzending van het studententeam van de TU Delft voor de Solar Decathlon Europe 2014 in Versailles: een oorspronkelijk energieverpillend, ongezond, krap rijtjeshuis uit 1960 dat met duurzaamheidsingrepen energieneutraal, comfortabel, ruimer en ecologisch waardevol werd. Het prijswinnende ontwerp is nu nog te bezichtigen op The Green Village, het experimenteerterrein van de TU Delft.

Voorgaande technische duurzaamheidsdoelstellingen hebben in de meeste gevallen naast hun effect op bijvoorbeeld een gereduceerd overstromingsrisico, verminderde CO₂-uitstoot en beperking van materiaalverspilling ook toegevoegde waarde voor milieu, mens en economie. Toch is het goed bij alle duurzaamheidsinspanningen speciaal aandacht te besteden aan de meerwaarde die met de maatregelen kan worden bereikt. Voor burgers is investeren in energiemaatregelen natuurlijk zinvol als daarmee woonlasten kunnen worden verminderd, maar het heeft nog meer waarde als daarmee ook het binnencomfort verbetert, de woonruimte vergroot wordt en de buurt verandert in een gezonde, ecologisch waardevolle plek (figuur 2.1). Zo kan over elke maatregel worden nagedacht: kan het meerdere doelen dienen, waarvoor dan de terugverdientijd als eendimensionale financiële indicator onvoldoende inzicht zou geven.

Sommige maatregelen zullen elkaar versterken, andere zullen elkaar tegenwerken, dus naast de beantwoording van deze vragen wordt ook gekeken naar het optimaliseren van synergie tussen de verschillende maatregelen.

Verderop in dit rapport zullen wij meer voorbeelden van extra waardecreatie geven.

2.3 Referenties voor duurzaam erfgoed

2.3.1 Duurzaam Nederlands erfgoed

Een duurzame renovatie van het Binnenhof staat niet los van jarenlange ontwikkelingen in de gebouwde omgeving. Met de afnemende activiteit rondom nieuwbouw en groeiende noodzaak voor (energetische) aanpassing van bestaande bouw, is het accent van de bouwindustrie allang verschoven naar instandhouding, renovatie en transformatie. Dat deze – afgezien van het feit dat hergebruik van een gebouw doorgaans milieuvriendelijker is dan sloop en nieuwbouw [Dobbelsteen 2004] – duurzaam worden uitgevoerd, is ook een goed gebruik aan het worden. Wie het afgelopen decennium de Gulden Feniks⁵ heeft gevolgd, weet dat vele spraakmakende, prachtige projecten vaak ook een duurzaam resultaat hebben opgeleverd, in de zin van een extreem laag energie- en watergebruik en de toepassing van duurzame materialen. Ook rijks- en gemeentelijke monumenten zijn tot bijna-energieneutraal gebracht, zoals de Tempel in Den Haag, het 18^{de}-eeuwse Hofstede de Grote Kuil op Landgoed Rhijnauwen in Utrecht, of Veerhuis Landlust tussen Schalkwijk en Culemborg. Een ander recent gerenoveerd en gerestaureerd gebouw dat goed scoort op het gebied van duurzaamheid is het Rijksmuseum in Amsterdam. In 2017 ontving dit gebouw als eerste museum ter wereld een BREEAM-NL In-Use duurzaamheidscertificaat met als beoordeling Excellent⁶. Dit laat zien dat het geen onredelijke gedachte is om ook het Binnenhofcomplex (inclusief Tweede Kamer) tot een toonbeeld van duurzaamheid te maken, natuurlijk binnen alle harde randvoorwaarden die ervoor gelden.

⁵ Benaming voor de nationale prijs voor renovatie- en transformatieprojecten, evenals voor gebiedstransformatie (georganiseerd door het Nationaal Renovatieplatform).

⁶ <https://www.rijksmuseum.nl/nl/nu-in-het-museum/nieuws/het-rijksmuseum-krijgt-als-eerste-museum-ter-wereld-4-sterren-voor-duurzaamheid>

2.3.2 Internationaal perspectief

Niet alleen in Nederland wordt nagedacht over verduurzaming van monumenten. In diverse andere Europese landen zijn vergelijkbare discussies gaande. In deze discussies is bijvoorbeeld ook veel aandacht voor na-isolatie. In Nederland zijn monumenten in beginsel vrijgesteld van eisen met betrekking tot de isolatiewaarde (Rc-waarde) van de schil.

In Engeland onderschrijft English Heritage de ambities van de Engelse overheid om het energiegebruik van de gebouwde omgeving sterk terug te dringen. Daarbij geldt wel als grondbeginsel dat dit niet ten koste mag gaan van de monumentale waarde en dat dit niet de technische staat van het monument negatief mag beïnvloeden [Wood, 2011]. Daarom zijn monumenten in Engeland en Schotland vrijgesteld van de eisen omtrent energie-efficiëntie uit deel L van het Engels Bouwbesluit [HM Government, 2019]; dit geldt echter niet voor veel historische gebouwen die niet op de monumentenlijst staan.

Ook Duitsland hanteert het principe dat energiebesparingsmaatregelen niet ten koste mogen gaan van de monumentale waarde en van de technische staat van het monument [Staatsministerium des Inneren der Freistaat Sachsen, 2010] met als gevolg dat gebouwen van hoge monumentale waarde uitgezonderd kunnen worden van energiebesparingseisen. Desondanks is in al deze landen de trend om toch waar mogelijk – dus waar dit niet ten koste gaat van de erfgoedwaarde – ook monumentale gebouwen na te isoleren. Recent is in dit kader in de Verenigde Staten ook een nieuwe richtlijn uitgebracht door ASHRAE (ASHRAE Guideline 34-2019: Energy Guideline for Historic Buildings) die aangeeft welke energetische maatregelen getroffen kunnen worden om monumenten energiezuiniger te maken. In Nederland bestaat een vergelijkbare Europese norm voor het energiezuiniger maken van monumenten (NEN-EN 16883:2017: Behoud van cultureel erfgoed – Richtlijnen voor verbetering van de energieprestatie van historische gebouwen). Deze normen en richtlijnen zijn echter vrij algemeen: ze geven niet aan welke maatregelen er getroffen kunnen worden, maar beschrijven vooral het proces dat gevolgd moet worden.

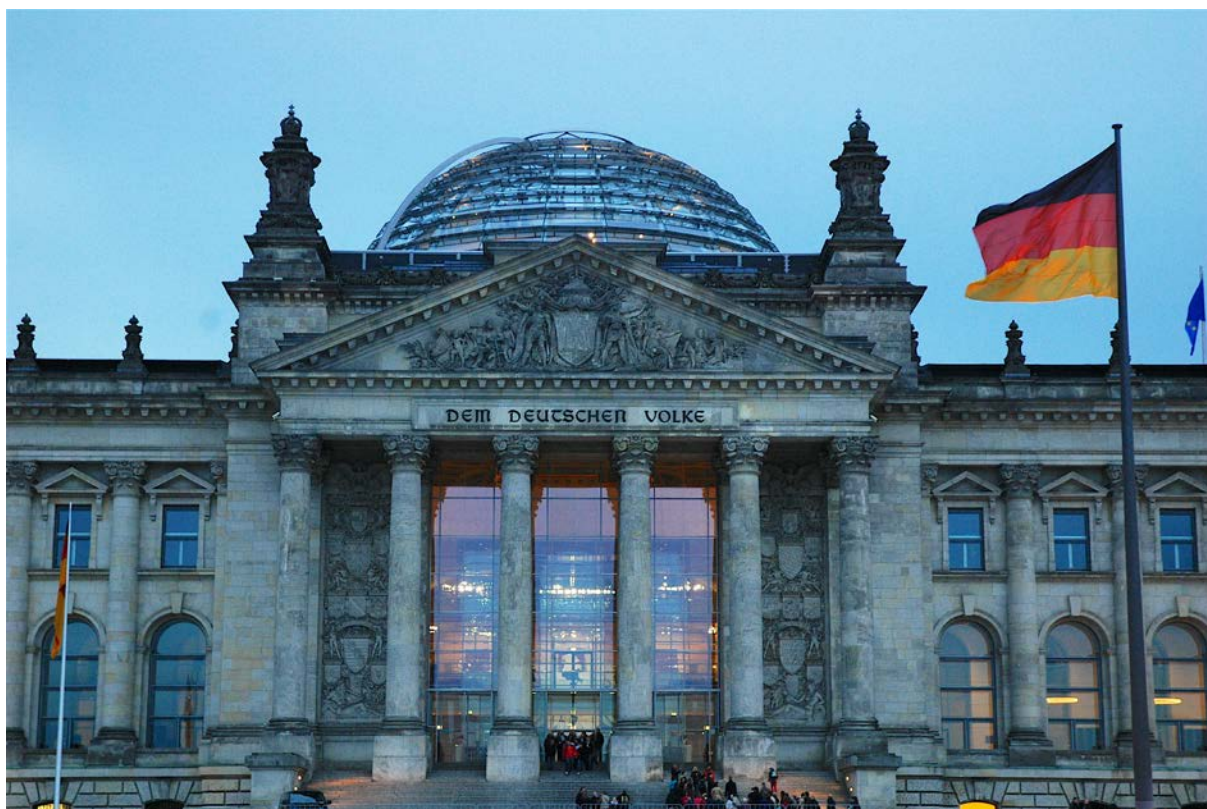
2.3.3 Voorbeelden van andere parlamentsgebouwen

Een bekend voorbeeld van een historisch parlamentsgebouw dat gerenoveerd en verduurzaamd is, is het gebouw van de Reichstag in Berlijn, Duitsland (figuur 2.2). Eind jaren '90 van de vorige eeuw is dit gebouw onder leiding van het Britse architectenbureau Foster & Partners verbouwd. Een belangrijke toegevoegde *eye catcher* is de glazen koepel op het dak bovenop de plenaire zaal. Deze koepel geeft bezoekers niet alleen uitzicht over Berlijn en op de plenaire zaal maar laat tevens daglicht de plenaire zaal binnen. Voorts bevat deze koepel zonwerende elementen die de baan van de zon volgen waardoor verblinding door zonlicht en oververhitting in de plenaire zaal worden voorkomen. Begin deze eeuw is verder een uitgebreid warmtenet aangelegd tussen alle overheidsgebouwen in het Spreebogen gebied dat gevoed wordt door warmtekrachtcentrales draaiend op biobrandstoffen en beschikt over warmte-koude-opslag in de bodem⁷. Dit systeem kan worden aangevuld via warmwaterboilers voor piekverwarming en absorptiekoelmachines voor piekkoeling⁸. Daarnaast zijn op het dak van de

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=HTx1KwVhQHk>

⁸ <https://www.bundestag.de/en/visittheBundestag/energy>

Reichstag PV panelen aangebracht met een totaal vermogen van 28.000 kW⁹. Verder zorgt een mechanisch ventilatiesysteem voor de verse lucht benodigd in de plenaire zaal. Deze lucht verlaat het gebouw via roosters in de koepel boven de zaal¹. De overige delen van het gebouw beschikken over een hybride ventilatiesysteem waarbij indien mogelijk prioriteit wordt gegeven aan natuurlijke ventilatie¹⁰. Tot slot, de gevels van het gebouw zijn na-geïsoleerd, goede zonwering is aangebracht en efficiënte verlichting is geïnstalleerd.



Figuur 2.2: De Reichstag in Berlijn, met de markante glazen koepel, die door Fosters & Partners duurzaam is gerenoveerd.

Momenteel wordt ook gewerkt aan de plannen voor de restauratie en vernieuwing van de Britse parlamentsgebouwen (Westminster Palace en het Northern Estate) in Londen, Engeland. Hoewel de details van de plannen nog onbekend zijn, zullen in elk geval alle elektrische, werktuigkundige en brandveiligheidsinstallaties worden vervangen en opgewaarderd naar moderne standaarden en zullen duurzaamheid en energie-efficiëntie onderdeel zijn van de plannen¹¹.

De renovatie van het Binnenhofcomplex zal nationaal en internationaal, bedoeld of onbedoeld, worden gezien als een voorbeeldproject van hoe in de huidige tijd om kan worden gegaan met monumentale gebouwen. Ook in dat kader is het van belang om aandacht te besteden aan de verduurzaming van het gebouw.

⁹ <https://www.kbp.de/en/projekt/reichstag-berlin/>

¹⁰ <https://www.bundestag.de/en/visittheBundestag/energy>

¹¹ https://northernestate.uk/wp-content/uploads/2019/05/NEP.VisionDocument.Final_StdSpreads.pdf

2.3.4 Veranderend wetenschappelijk inzicht in duurzaam erfgoed

Vanwege de vele renovatie en transformatieprojecten wereldwijd verandert de laatste jaren in hoog tempo het inzicht in en groeit de ervaring met duurzaamheidsingrepen in gebouwd erfgoed. Dit wordt onderstreept door de vele internationale onderzoeksprojecten die zich richten op verduurzaming van bestaande gebouwen, wijken en steden. Vooral de EU heeft de laatste jaren met haar FP7- en Horizon2020-programma's injecties gedaan in onderzoek naar verduurzamingsmogelijkheden en – beperkingen in erfgoed. Voorbeelden van deze projecten zijn Climate for Culture¹² (impact van klimaatverandering op cultureel erfgoed) en 3enCult (efficiënte energiestrategieën voor cultureel erfgoed). In de laatste onderzoekscall vanuit Horizon2020 is een speciaal thema 'Decarbonising the EU Building Stock'. Kortom, de ontwikkelingen in de wetenschap van duurzaam gebouwd erfgoed gaan snel, en het is daarom aan te raden goed op de hoogte te blijven van de laatste inzichten.

2.4 Duurzaamheidsaanpak, -beoordeling en -certificering

2.4.1 Methoden voor duurzaamheidsaanpak

In Bijlage 2 worden verschillende duurzaamheidsbenaderingen en -methodieken besproken. De basis daarvoor is de Nieuwe Stappenstrategie [Dobbelsteen, 2008], die aan de universiteit en op veel plekken in de praktijk de Trias Energetica uit de jaren '90 heeft vervangen.

De Nieuwe Stappenstrategie:

1. **Research:** bestudeer de lokale omstandigheden en energiekarakteristieken
2. **Reduce:** reduceer de energievraag door (passieve) bouwkundige maatregelen
3. **Reuse:** stem programmatisch af, wissel restenergie uit, cascadeer en sla op
4. **Produce:** wek energie op van hernieuwbare bronnen

In Bijlage 2 worden ook stedelijke energieaanpakken besproken, zoals REAP (Rotterdamse Energie-Aanpak & Planning) en LES (Leidraad Energetische Stedenbouw).

Het nut van REAP voor het Binnenhof zit in de opschaalbaarheid van het energievraagstuk voor zover dat niet in de afzonderlijke panden zelf kan worden opgelost. Zo kunnen koel- en warmtecapaciteit centraal worden afgestemd door een warmtepompstelsel met warmte- en koudelevering aan alle panden. Dit is ook in de plannen voorzien: een centrale installatie die alle panden bedient.

Naast (acceptabele) vraagreductie en warmteterugwinning in afzonderlijke gebouwen kan worden gekeken naar afstemming van het energiesysteem op het niveau van het gehele complex van Binnenhof en Tweede Kamer.

¹²

Het opschalen volgens REAP betekent ook dat wordt aangesloten op de energieplannen buiten de grenzen van het Binnenhofcomplex, zoals vastgelegd in EnergieRijk Den Haag. Daarmee hoeft het Binnenhof zelf niet al zijn warmte (of koude) zelf op te wekken, maar kan gebruik gemaakt worden van het stadswarmtesysteem, dat op termijn duurzaam voorzien zal moeten worden van geothermie, zonnewarmte en restwarmte (of van duurzame koude).

Een andere waarde van met name LES is de heldere categorisering van duurzaamheidsmaatregelen.

Duurzaamheidsmaatregelen kunnen het beste worden gekoppeld aan technische specificaties, concrete prestatiecijfers, kostenaspecten en procesvoering. Zeker gezien de voorbeeldfunctie van het project, evenals de politieke gevoeligheid rondom specifieke maatregelen, is het aan te raden alle keuzes op een overzichtelijke wijze te presenteren.

Het Europese project City-zen heeft een gestructureerde aanpak voor de stedelijke energietransitie uitgewerkt, startend bij een goed overzicht van de huidige situatie en het uitstippelen van een routekaart naar een goed omschreven duurzaam doel.

De huidige situatie van het Binnenhof is bij alle voorbereidingen goed in kaart gebracht, maar de precieze gewenste toekomstige situatie, ook op basis van mogelijke scenario's (klimaat, politiek, economie, demografie, etc.) is niet helemaal helder, ook blijkens de opdracht voor deze studie. Een belangrijke bevinding van City-zen heeft te maken met het proces rondom verduurzaming.

Intensieve stakeholderworkshops zijn een nuttige wijze waarop experts en creatieve ontwerpers met eigenaars, toekomstige gebruikers en andere belanghebbenden samenwerken aan breed gedragen duurzaamheidsstrategieën en oplossingen.

Bijlage 2 behandelt ook nog de gestructureerde aanpak van circulariteit, waarbij onder andere het 10R-model van Cramer wordt besproken, evenals de benadering van de 'positieve voetafdruk', waarbij getracht niet minder slechte effecten te bereiken, maar positieve, synergetische effecten voor de mens en de natuur.

Binnen de verduurzamingsopgave van het Binnenhofcomplex is het van belang om zoveel mogelijk synergiën op te zoeken en te benutten.

Al met al valt te constateren dat er in de loop der tijd veel nuttige methodes ontwikkeld zijn die partijen kunnen helpen bij het duurzaam ontwerp en herontwerp van gebouwen, wijken en hele steden. Het Rijksvastgoedbedrijf en de overheid in het algemeen kan hier gebruik van maken.

2.4.2 Beoordelingsmodellen en certificeringsmethoden

Milieubeoordelingsmethoden

In de bouwwereld is het sinds 1990 steeds gewoner geworden om rekening te houden met duurzaamheidsbeoordelingen. In feite is de energieprestatienormering (EPN) een van de eerste

geïstitutionaliseerde duurzaamheidsbeoordelingen. Op watergebied is er in de jaren '90 ook een poging gedaan om een waterprestatienormering in gang te zetten, maar hoewel zo'n WPN eenvoudiger was dan een EPN, is het er nooit van gekomen. Op materiaalgebied is ook een poging gedaan met een materiaalprestatienormering (MPN) en materiaalgebonden milieuprofiel van gebouwen (MMG), maar ook deze pogingen zijn gestrand, vooral door weerstand bij de industrie.

Wat wel steeds serieuzere vormen heeft aangenomen sinds de introductie van de levenscyclusanalyse (LCA) – zonder officieel in beleid opgenomen te zijn – is de milieubeoordeling van bouwproducten. Tal van milieubeoordelingsmodellen hebben deze LCA's geïncorporeerd, aanvankelijk nog in verschillende vormen en met diverse wegingsmethoden, maar sinds de 'harmonisatie' van de LCA-database, is veel overeenstemming bereikt in de beoordeling van bouwmaterialen en –producten.

Certificeringsmethoden

Een andere ontwikkeling is die van de multicriteriamethoden, zoals LEED, BREEAM en GreenStar, die eveneens worden gebruikt om projecten te certificeren. Alleen geaccrediteerde beoordelaars kunnen de soms uitgebreide rekenexercities vertalen in een score per onderdeel en over het geheel. Deze methoden hebben de markt van de duurzaamheidscertificering veroverd, in Nederland vooral BREEAM-NL. BREEAM-NL gebruikt in haar beoordeling van energie en materialen de EPN respectievelijk LCA-gebaseerde rekenmethodes en is beschikbaar voor zowel nieuwbouw- en renovatieprojecten, als voor bestaande bouw en gebiedsontwikkeling. Meerdere soorten gebouwen kunnen ervoor gecertificeerd worden en in de gebouwde omgeving doen bedrijven tegenwoordig hun best om een viersterren- ('excellent') of de hoogste vijfsterrenscore ('outstanding') te halen. Buiten de uiteindelijke waardering in een eindscore zijn deze beoordelingen vooral ook belangrijk om nieuwbouw-, renovatie- en transformatieprocessen vanaf het begin integraal aan te pakken en daarbij geen duurzaamheidsaspecten¹³ over het hoofd te zien.

Recent in opmars is certificering van de gezondheidswaarde van gebouwen, middels WELL.

2.5 Uitgangspunten voor het Rijksvastgoedbedrijf

Met een lange gebruiksduur voor ogen na realisatie van de huidige plannen is het niet meer dan logisch dat de renovatie van het Binnenhof – en alle andere bouwprojecten van de overheid – een antwoord heeft op en daarmee een voorbeeld geeft voor de pregnante technische duurzaamheidsuitdagingen van deze tijd: klimaatadaptatie, CO₂-neutraliteit en circulariteit.

Na renovatie van het Binnenhof zou het complex comfortabel moeten zijn in een klimaat dat gemiddeld 3 graden warmer is dan nu, met een lokale oplossing voor excessieve neerslag, volledig CO₂-neutraal en aangepast met circulaire materialen en producten.

¹³ Bij BREEAM-NL zijn dit kanalsysteem voor toe- en afvoer.erse lucht, waarmee in het pand enkel nog mechanische afzuiging nodig is, en geen uitgebreid Management, Gezondheid en Comfort, Energie, Transport, Water, Materialen, Afval, Landgebruik en Ecologie, en Vervuiling kanalsysteem voor toe- en afvoer.erse lucht, waarmee in het pand enkel nog mechanische afzuiging nodig is, en geen uitgebreid

Bij historische complexen speelt altijd de vraag of en hoe ingegrepen mag worden in bestaande structuren, schil en inbouw. Bij duurzame renovaties is dit in het bijzonder het geval vanwege het spanningsveld tussen energiebesparende of -producerende maatregelen die in de schil moeten worden opgelost, terwijl bij gebouwd erfgoed de schil doorgaans zeer grote cultuurhistorische waarde vertegenwoordigt. Dus hoewel een radicale oplossing – dikke thermische isolatie, drielagig glas, maximale PV op gevel en dak – theoretisch en technisch tot de mogelijkheden behoort, zal dit om andere redenen niet altijd wenselijk zijn, en moet een genuanceerdere oplossing worden gevonden waarmee de cultuurhistorische waarde wordt behouden maar waarmee eveneens significante energiebesparing kan worden bereikt.

Op soortgelijke wijze kunnen voor de renovatie van het Binnenhof verschillende gradaties van ingrepen worden afgewogen.

De renovatie van het Binnenhofcomplex zal in Nederland en in andere landen door de samenleving worden gezien als een voorbeeldproject over hoe op een goede manier kan worden omgegaan met monumentale gebouwen en hoe deze toekomstbestendig gemaakt kunnen worden. Het is van belang de renovatie in dat licht te bezien, waardoor positieve effecten en synergiën des te belangrijker zijn.

In de komende hoofdstukken zullen eerst kort de plannen voor het Binnenhof worden besproken en vervolgens zal geanalyseerd worden welke duurzaamheidsmaatregelen al wel en nog niet worden meegenomen in die plannen, gevolgd door een nadere uitwerking van specifieke maatregelen.

3 Korte analyse van de plannen voor het Binnenhof

Aan het onderzoeksteam zijn alleen op detailniveau de plannen voor de renovatie van de gebouwen van de Tweede Kamer ter beschikking gesteld omdat tijdens het schrijven van dit rapport de plannen voor de overige delen van het Binnenhofcomplex nog onvoldoende uitgewerkt waren. De analyse van de bouwkundige en installatietechnische ingrepen in § 4.1 en § 4.3 en overige duurzaamheidsmaatregelen in § 4.3 betreffen daarom uitsluitend de renovatie van de gebouwdelen van de Tweede Kamer.

3.1 Financiële randvoorwaarden

De vraagstelling van de renovatie was *sober* en *doelmatig*. Dit betekent concreet dat in de plannen aanvankelijk alleen die maatregelen opgenomen zijn die minimaal noodzakelijk zijn om de technische staat van het complex voor de komende 25 jaar te borgen en om de gebruikers van het complex een goed niveau van comfort met betrekking tot het binnenmilieu te bieden.

3.2 Samenvatting waardebepalingsonderzoek

In 2015 is de Objectvisie Binnenhof samengesteld; hierin is de geschiedenis van het complex bijeengebracht en is de architectonische kwaliteit geanalyseerd. In een hoofdstuk ‘Karakter en waarde’ is in deze visie een beschrijving van de kwaliteiten weergegeven waarop in het hoofdstuk ‘Aanbevelingen per gebouwdeel’ wordt teruggegrepen.

De centrale boodschap van de objectvisie is “dat de monumentale waarden en de architectonische kwaliteit versterkt moeten worden en slimmer benut kunnen worden dan nu het geval is. Dit kan leiden tot een beter functionerend complex, dat door flexibiliteit in de toekomst veel minder vaak aangepast hoeft te worden.” De objectvisie daagt ondanks, of wellicht juist dankzij de hoge monumentale waarde en architectonische kwaliteit nadrukkelijk uit om – natuurlijk weloverwogen – in te grijpen in het Binnenhofcomplex.

Deze objectvisie ligt ten grondslag aan de ontwerpen voor het Binnenhofcomplex. Aanvullend is bouwhistorisch onderzoek gedaan en is er per gebouw(deel) een waardestelling gedaan. De resultaten van dit onderzoek zijn op het moment van schrijven van dit rapport nog niet bekend gemaakt.

3.3 Omgaan met erfgoed

In hoeverre en op welke manier speelt het feit dat het Binnenhofcomplex van hoge monumentale waarde is een rol bij het bepalen van de mogelijkheden om aan energiebesparing en/of aan duurzame energieopwekking te doen?

Zichtbaarheid

De publieke opinie hierover heeft vaak te maken met zichtbaarheid: is een ingreep zichtbaar, dan wordt het veelal negatief beoordeeld omdat het afbreuk doet aan het monumentale karakter; wanneer een ingreep niet zichtbaar is, dan staat men er vaak positief tegenover. Dit staat in contrast met de professionele opinie hierover. Redenerend vanuit de traditionele restauratiecharters wordt vaak gesteld dat ingrepen zichtbaar en herkenbaar zouden moeten zijn, en zo veel mogelijk reversibel, maar in ieder geval compatibel met het bestaande monument en zo veel mogelijk 'herbehandelbaar'. Onzichtbare of nauwelijks zichtbare ingrepen kunnen tot vertroebeling van het origineel leiden en de onzichtbaarheid zegt daarnaast niets over de technische compatibiliteit of mogelijkheden tot opnieuw ingrijpen in de toekomst.

Binnenisolatie versus zonnepanelen

Zo lijkt het aanbrengen van binnenisolatie tegen een monumentale gevel een gemakkelijke opgave, waarmee eenvoudig energie bespaard kan worden, die door vele niet-monumentenprofessionals als positief wordt gezien. Echter, vanwege de mogelijke bouwfysische implicaties, de gevolgen voor eventuele monumentale binnenafwerkingen en voor doorbraken door de muur (deuren en ramen), is dit vanuit professioneel standpunt niet altijd voor de hand liggend.

Aan de andere kant is er vaak een grote aversie tegen het aanbrengen van PV-panelen op een monumentaal dak, vanwege de zichtbaarheid. Echter, redenerend vanuit reversibiliteit en wetend dat PV-panelen er ook niet allemaal hetzelfde uitzien, liggen hier wellicht toch mogelijkheden die vooraf als onhaalbaar werden afgedaan.

Binnenklimaat en comfort

Een vergelijkbare situatie doet zich voor ten aanzien van binnenklimaat en comfort: op voorhand zal iedereen er voorstander van zijn dat een monumentaal gebouw met betrekking tot binnenklimaat en comfort aan de moderne eisen en wensen zal moeten voldoen, maar tot welke prijs? Hoe kan een overschrijding van de gewenste binnentemperatuur (en dus een lager comfort op enkele dagen in het jaar) worden afgewogen tegen grote doorbraken door monumentale vloeren en muren ten behoeve van kanalen voor installaties?

Wat betekent dit voor de mogelijkheden tot het verduurzamen van het Binnenhofcomplex?

Naast de financiële afweging kan de opdrachtgever met hulp van deskundigen een afweging maken ten opzichte van de erfgoedwaarde: op welke manier beïnvloedt de ingreep de monumentale waarde?

Technische mogelijkheden kunnen relatief eenvoudig op een rij worden gezet en een financiële afweging kan rekenkundig worden gemaakt, maar dat kan niet voor de monumentale waarde. Monumentale waarden kunnen niet in absolute getallen worden vastgelegd en gekwantificeerd en daarmee ook niet de invloed van (verduurzamende) ingrepen hierop. Monumentale waarde kan alleen subjectief of intersubjectief worden bepaald. In deze intersubjectiviteit ligt de uitdaging: enerzijds bij het bepalen van de monumentale waarden en anderzijds bij het bepalen van de acceptabel geachte invloed van (verduurzamende) maatregelen hierop.

Gezien het nationale belang van het Binnenhofcomplex, de vele officiële en officieuze stakeholders en de complexe monumentaliteit hiervan, gebaseerd op materiële en immateriële cultuurhistorische waarden is het onmogelijk om aan te geven welke ingrepen acceptabel zijn en welke niet.

De enige manier om tot breed gedragen (intersubjectieve) voorstellen voor interventies te komen, is om deze breed te ontwikkelen met de eigenaar, gebruikers, erfgoedprofessionals, duurzaamheidsprofessionals en andere belanghebbenden, en de invloed hiervan op de monumentaliteit open te bediscussiëren. Het proces is hierbij wellicht van groter belang dan de uiteindelijke uitkomst.

4 Reeds geplande duurzaamheidsmaatregelen

4.1 Geplande bouwkundige ingrepen

Uitgangspunt met betrekking tot het verlagen van het primair energiegebruik van het Binnenhof-complex is geweest de Trias Energetica [Lysen, 1996] die zijn grondslag heeft in de Driestappenstrategie van Duijvestein [1989], ook wel de Trias Ecologica genaamd. Deze drie stappen gaan uit van het verminderen van de vraag (naar energie, water of materiaal), het gebruik van energie, water of materiaal uit duurzame bronnen en tot slot de inzet van niet duurzame bronnen op een efficiënte en schone manier. Eerder en in Bijlage 2 is uitgelegd dat deze strategie enkele jaren geleden is verbeterd tot de Nieuwe Stappenstrategie [Dobbelsteen, 2008], die ook circulariteitsaspecten meeneemt en expliciet het gebruik van niet-duurzame bronnen uitfaseert.

Op basis van de Trias Energetica zijn in het voorontwerp (VO) voor de renovatie van de Tweede Kamer bouwkundige en installatietechnische ingrepen voorzien die direct betrekking hebben op duurzaamheid. De bouwkundige ingrepen zijn weergegeven in tabel 4.1. Daarnaast is er door het ontwerpteam over maatregelen nagedacht die momenteel niet zijn voorzien in het VO, maar die wel zouden kunnen worden opgenomen in het definitief ontwerp. Deze zijn weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.1: Bouwkundige maatregelen WEL voorzien in het VO renovatie Tweede Kamer

Bouwkundige ingrepen WEL voorzien	Gebouwen
Verbetering luchtdichtheid gebouwschil	A, B, C, H, J, K
Dakisolatie en/of zoldervloerisolatie	A, B, C, H, J, K, N
Gevelisolatie buitenzijde (vervanging huidig)	H
Radiatorfolie	A, B, C, J, K
Verminderen verliesoppervlak door overkappen patio's	K
HR++ glas	H

Tabel 4.2: Bouwkundige maatregelen NIET voorzien in het VO renovatie Tweede Kamer maar wel benoemd als mogelijkheid voor het DO

Bouwkundige ingrepen NIET voorzien	Gebouwen
HR++ glas en/of voorzetbeglazing	A, B, C, J, K, N
Keldervloerisolatie en kelderwandisolatie	A, B, C, H, J, K
Gevelisolatie binnenzijde	A, B, C, J, K
Radiatorfolie *	H
Natuurlijke spuiventilatie Statenpassage	

* Omdat bij gebouw H de thermische isolatielaag wordt verbeterd, is het effect van radiatorfolie beduidend minder dan bij een niet-geïsoleerde gevel maar kan dit nog steeds zinnig zijn.

Wat opvalt is dat in het huidige VO de meeste van de bouwkundige maatregelen meegenomen zijn die relatief eenvoudig uit te voeren zijn of toch al moeten worden meegenomen in verband met de relatief slechte staat van de daken van het complex. Ook de gevel van gebouw H kan vanwege het niet-monumentale karakter goed worden aangepakt. Ook het verbeteren van de luchtdichtheid is een maatregel die dient te worden genomen, gezien de luchtlekken die zichtbaar zijn op de IR-foto's. Dit alles past binnen de doelstelling van 'sober en doelmatig' en sluit aan op de goede staat van het bouwkundig onderhoud. De bouwkundige maatregelen waarover wel is nagedacht, maar die nog niet

zijn opgenomen in het huidige VO zijn technisch lastiger uit te voeren en raken letterlijk het monumentale karakter van de gebouwen, en daarmee zijn ze kostbaarder. Echter, zoals later verder zal worden toegelicht, kunnen deze maatregelen wel zinvol of noodzakelijk zijn om het Binnenhof-complex toekomstbestendig te maken om daarmee in de toekomst nieuwe ingrepen te voorkomen.

4.2 Geplande installatietechnische voorzieningen

De installatietechnische voorzieningen die opgenomen zijn in het VO van de renovatie van de Tweede Kamer zijn weergegeven in tabel 4.3; ook hier is door het ontwerpteam nagedacht over maatregelen die meegenomen zouden kunnen worden richting DO maar nog niet in het VO opgenomen zijn. Deze staan in tabel 4.4 samengevat.

Tabel 4.3: Installatietechnische maatregelen WEL voorzien in het VO renovatie Tweede Kamer

Installatietechnische ingrepen WEL voorzien
Warmteterugwinning in luchtbehandelingskasten
Energiezuinige ventilatoren
Energiezuinige toerengeregelde circulatiepompen
CO ₂ -regeling op grote bijeenkomstruimtes
Aanwezigheidsdetectie
Geregelde radiatorventielen in grote ruimten
LED verlichting en daglichtregelingen
Nachtkoeling
Uitvoerig gedetailleerde bemetering
Optimale warmte- en koude-uitwisseling tussen gebouwen
Toepassing en efficiënte(re) inzet van WKO-systemen en warmtepompen
Aansluiting op en voorbereidingen voor EnergieRijk Den Haag 2.0 en aardgasloos
Flexibiliteit en aanpasbaarheid in de energie-infrastructuur
Goede onderhoudbaarheid en regelbaarheid
Toepassen van vrije koeling door dry-coolers en inzet HT koeling

Tabel 4.4: Installatietechnische maatregelen NIET voorzien in het VO renovatie Tweede Kamer maar wel benoemd als mogelijkheid voor het DO

Installatietechnische ingrepen NIET voorzien
Geregelde radiatorventielen in kantoren
CO ₂ -regeling op grote kantoren
Zonnepanelen platte daken ¹⁴ , plenaire zaal en glasdaken van gebouwen H, K en N
Buffering elektrische energie i.c.m. zonnepanelen
Indirecte adiabatiese koeling met regenwater

Wat betreft de installatietechnische voorzieningen is door het ontwerpteam gekozen voor een centrale warmte- en koudevoorziening en een centrale ringleiding onder het hoofdplein van het Binnenhofcomplex. Hierbij wordt gezocht naar aansluiting op EnergieRijk Den Haag 2.0 en wordt gebruik gemaakt van warmteopslag in de bodem via een WKO. Ook wordt er gebruikt gemaakt van warmtepompen. Deze opzet biedt ruimte aan een duurzame warmte- en koudevoorziening van het

¹⁴ Dit is deels toegezegd door Staatssecretaris Knops, in zijn brief aan de Tweede Kamer d.d. 28 maart 2019.

Binnenhofcomplex en maakt het mogelijk om aan te sluiten bij toekomstige initiatieven in de bredere omgeving van het complex.

Voor de ventilatievoorziening wordt ingezet op een volledig gebalanceerd ventilatiesysteem met luchtbehandelingskasten (LBK's) voorzien van warmteterugwinning. Dit betreft voor een groot deel vernieuwing en verbetering van de bestaande infrastructuur voor ventilatie. Deze voorziening wordt (deels) gescheiden uitgevoerd voor de diverse gebouwen van het complex. Door gebruik te maken van bestaande bouwkundige mogelijkheden zoals schoorstenen en schouwen worden de luchtkanalen op een slimme manier in de bestaande structuren ingepast. Tevens wordt gebruikt gemaakt van een groot deel van de voorzieningen die reeds aanwezig zijn. De vernieuwing en verbetering van deze ventilatievoorziening leidt tot een energie-efficiënt systeem, waarbij met name de energieverliezen door ventilatie verder teruggedrongen worden. Momenteel is in het huidige VO van de Tweede Kamer nog geen CO₂-regeling voorzien voor de (grote) kantoren. Een dergelijke regeling minimaliseert de hoeveelheid ventilatie tot die hoeveelheid die echt benodigd is. Indien een kantoor niet, incidenteel of nauwelijks gebruikt wordt, hoeft deze immers ook nauwelijks geventileerd te worden.

Tot slot: ook een energiezuinig verlichtingssysteem vormt onderdeel van het VO van de renovatie van het Tweede-Kamercomplex. Aandachtspunt hierbij is wel dat er een goede keuze moet worden gemaakt gezien het grote aantal aanwezige historische armaturen. Wellicht zijn 'erfgoed-LED'-opties geschikt. In de LED-verlichting hebben de laatste jaren immers veel ontwikkelingen plaatsgevonden in zowel de vormgeving van LED-lampen en -armaturen als in de lichtkwaliteit; momenteel bestaat er een grote collectie varianten waaruit gekozen kan worden, ook voor erfgoed.

Grote installatietechnische maatregelen waar over wel nagedacht is, maar die momenteel niet meegenomen zijn, betreffen PV-panelen (zonnepanelen die elektriciteit opwekken), opslag van elektriciteit opgewekt met deze PV-panelen en indirecte adiabatische koeling.

4.3 Huidige overige duurzaamheidsvoorstellen

Met betrekking tot circulair materiaalgebruik wordt in het VO het 10R-model van Jacqueline Cramer als uitgangspunt genoemd [Bastein en Rietveld, 2016]. Een vergelijkbaar model is ontwikkeld door de Ellen MacArthur Foundation, waarin, in navolging van de Cradle-to-Cradle-systeembenadering, ook onderscheid gemaakt wordt tussen een biologische cyclus en een technologische cyclus¹⁵.

Tabel 4.5 geeft een overzicht van de overige duurzaamheidsmaatregelen die momenteel reeds zijn voorzien in het VO van de renovatie van de Tweede Kamer; en tabel 4.6 geeft een overzicht van maatregelen waarover is nagedacht, maar die nog niet zijn opgenomen in de plannen. Dit betreft maatregelen omtrent materiaalcirculairiteit, het gebruik van groen, en waterbesparing.

Uit dit overzicht blijkt dat momenteel alleen waterbesparende tappunten en sanitaire toestellen zijn meegenomen in het VO. Overige maatregelen, die betrekking hebben op vermindering van het gebruik van drinkwater en de opslag en inzet van duurzame bronnen van water (hemelwater), zijn wel geïdentificeerd maar nog niet meegenomen. Verder zijn zaken omtrent het toepassen van groen,

¹⁵ <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/infographic>

aspecten omtrent circulariteit van materialen en aspecten van duurzame mobiliteit geïdentificeerd maar nog niet expliciet meegenomen in het VO.

Tabel 4.5: Overige duurzaamheidsmaatregelen WEL voorzien in het VO renovatie Tweede Kamer.

Overige duurzaamheidsmaatregelen WEL voorzien
Waterbesparende tappunten en sanitaire toestellen
Circulariteit van materialen in algemene niet-concrete bewoordingen

Tabel 4.6: Overige duurzaamheidsmaatregelen NIET voorzien in het VO renovatie Tweede Kamer maar wel benoemd als mogelijkheid voor het DO

Overige duurzaamheidsmaatregelen NIET voorzien
Opvang hemelwater en hergebruik voor toiletten, irrigatie en koeling
Vegetatiedaken
Groene Schepelhal / serre met beplanting
Regenwaterretentie
Hergebruik bestaande materialen uit het complex
Toepassen glasvezel i.p.v. koperkabels
Stimuleren duurzame vormen van mobiliteit en het daarvoor geschikt maken van de parkeergarage: garage als mobiliteitsterminal en fietsenstalling

4.4 Recente ontwikkelingen in het 'VO-max'

Op 22 mei 2019 vond een bijeenkomst plaats van het Kwaliteitsteam Renovatie Binnenhof, waar Andy van den Dobbelen ook deel van uitmaakt, tijdens welke gelegenheid door ontwerpers en adviseurs van de Binnenhofrenovatie een update werd gegeven van de plannen, zijnde een aanpassing van het VO zoals eerder gepresenteerd en nu 'VO-max' geheten¹⁶. In de plannen van het VO-max waren duidelijk aspecten meegenomen die door het onderzoeksteam dezes in een eerder stadium waren gecommuniceerd aan het Rijksvastgoedbedrijf, gepresenteerd in een qua duurzaamheid ambitieuzer plan.

Een greep uit de wijzigingen ten opzichte van het VO:

- Door architectenbureau Fritz is een detailstudie uitgevoerd van alle ramen en gevels van het Tweede-Kamercomplex, waarbij onderzocht is welke radicale energie-ingrepen mogelijk zijn, evenals minder ingrijpende oplossingen tot minimale aanpassingen. Wat betreft ramen ging het daarbij om volledige vervanging door goed isolerende ramen, plaatsen van achterzetramen, versus nietsdoen. Ten aanzien van na-isolatie ging het om dikke binnenisolatie, aerogelstucwerk, reflectiefolie, of helemaal niets doen.
- Bij aanvullende duurzaamheidsmaatregelen is adviesbureau DGMR uitgegaan van de omgekeerde trias: eerst is bekeken hoeveel duurzame opwekking in het complex mogelijk is (470 kWp maximaal¹⁷), waarna vraagreductie door bijvoorbeeld na-isolatie, aerogelstuc en LED-verlichting is berekend¹⁸.

¹⁶ Ook 'VO-herzien' genoemd. Door de adviseurs werd de term 'VO-max' gebezigd.

¹⁷ Onbekend is of dit inderdaad het absolute maximum is, met medeneming van alle dakoppervlakken.

¹⁸ Noot: er is dus niet uitgegaan van de Nieuwe Stappenstrategie, waardoor in dit geval de optie van slimme programmatische afstemming, uitwisseling tussen verschillende panden en functies en opslag nog niet lijken te zijn meegenomen.

- Voor zowel het VO als VO-max is een beoordeling van de CO₂-uitstoot gedaan. Hieruit bleek dat het VO een besparing van gemiddeld 41,8% CO₂ bereikt, terwijl het VO-max 62,3% CO₂-reductie haalt, leidend tot een EPC van 0,821, hetgeen 18% beter is dan momenteel wettelijk gevraagd wordt van (niet-energieneutrale) nieuwbouw.
- Ook is een quickscan voor een certificering middels BREEAM-NL Nieuwbouw & Renovatie gedaan. Daaruit bleek dat het VO 3 sterren (*very good*) zou halen, terwijl het VO-max 4 sterren (*excellent*) bereikt.
- Eveneens is nu wel over klimaatadaptatie nagedacht: het VO-maxvoorstel, zoals gepresenteerd, houdt hemelwater vast en gebruikt dit voor toiletten; ook is meer groen voorzien.
- Volgens het team is circulariteit 'smarter' gemaakt, maar op welke wijze is wegens tijdgebrek niet toegelicht.

Disclaimer

De duurzaamheidsambities van het ontwerpteam waren altijd al hoog, maar de opdracht liet daartoe weinig ruimte. Aangemoedigd door de Tweede Kamer worden met de recente ontwikkelingen meer duurzaamheidsingrepen mogelijk. Desondanks betreft het hier nog prijzenswaardige plannen die nog geen garantie zijn voor opnemings in het definitief ontwerp.

Dit wordt eens te meer onderstreept door een recent besluit van de Tweede Kamer over het verzoek om extra budget voor duurzaamheid vrij te maken door een langere terugverdientijd van 10 jaar te accepteren: dit voorstel werd door de Tweede Kamer afgekeurd.

Daarom gaan wij in het vervolg van dit rapport nog steeds uit van het VO voor de Binnenhofrenovatie, die nog grotendeels is gebaseerd op de lagere duurzaamheidsambitie van tijdens de initiatie van de plannen. Daarmee is het mogelijk dat in dit rapport maatregelen worden besproken die door het ontwerp- en adviseursteam van de Tweede Kamer in het eerdergenoemde VO-max zijn meegenomen. In dit geval kan dit rapport worden beschouwd als steun voor dergelijke voorstellen.

4.5 Samenvatting van kansen en uitdagingen

Samengevat lijkt het er erop dat bouwkundig de noodzakelijke maatregelen zijn genomen die goed passen binnen de kaders van soberheid en doelmatigheid. Verder is er veel aandacht uitgegaan naar de installatietechnische voorzieningen en de duurzaamheid daarvan. Dit maakt het mogelijk om aan te sluiten bij allerlei duurzame initiatieven die op andere plaatsen in Den Haag plaatsvinden, zoals EnergieRijk Den Haag 2.0.

Desondanks zien wij, in aanvulling op de reeds door het ontwerpteam geïdentificeerde maatregelen, mogelijkheden om de duurzaamheid van het Binnenhofcomplex verder te verhogen middels de renovatieplannen. Deze staan opgesomd in tabel 4.7 en worden hieronder verder toegelicht.

Tabel 4.7: Aanvullende duurzaamheidsmaatregelen nog niet voorzien in VO en nog niet geïdentificeerd door het ontwerpteam van de gebouwen van de Tweede Kamer.

Aanvullende duurzaamheidsmaatregelen NIET voorzien en NOG NIET geïdentificeerd
1. Duurzame warmtebronnen in het gemeentelijke warmtenet
2. Lokale warmte- en koudebronnen
3. Na-isolatie, ramen vervangen en kierdichting op meer plekken
4. Alternatieve ventilatiesystemen
5. PV-systemen en zonnecollectoren op daken
6. Kortcyclische warmte- en koudeopslag
7. Opslag van eigen elektriciteit
8. Circulaire materialen en producten
9. Gebruik van hemelwater en gezuiverd grijs water
10. Duurzame groenvoorzieningen
11. CO ₂ -accountancy en -verantwoording
12. Certificering middels BREEAM-NL
13. Actieve gebruikersparticipatie

1. Duurzame warmtebronnen in het gemeentelijk warmtenet

Om tot een duurzame toekomstbestendige energievoorziening te komen voor het Binnenhofcomplex speelt de aansluiting op het warmtenet van Den Haag en aantakking bij de plannen van Energierijk Den Haag 2.0 een belangrijke rol. De huidige warmtevraag is namelijk slechts deels op te lossen met lagetemperatuursystemen en warmtepompen. Bij veel van de gebouwen zal de gevraagde warmte van hoge of middelhoge temperatuur zijn. Desondanks kan getracht worden op zoveel mogelijk plekken naar lagetemperatuurvraag (toelevering: 25-40°C) te gaan door na-isolatie, vervanging van ramen en kierdichting, waarover zo meer. Warmteterugwinning op ventilatielucht vindt al plaats in de plannen.

Voor een duurzame warmtelevering is het belangrijk dat de vraagtemperatuur in het Binnenhof zo laag mogelijk wordt.

Waar lagetemperatuurverwarming niet mogelijk is, zou middentemperatuur (40-70 graden) de norm moeten zijn. Een reden daarvoor is ook dat het stedelijk warmtenet, nu draaiend op warmtekrachtkoppeling (WKK, op aardgas), industriële restwarmte (veelal van fossiele oorsprong), afvalverbranding (in de toekomst bij een nagenoeg circulaire economie minder beschikbaar) en krachtcentrales (ook op fossiele energie), in de toekomst nog maar weinig hogetemperatuurbronnen (hoger dan 70 graden) zal hebben. Daarentegen zijn er meer midden- en lagetemperatuurbronnen. Ook geothermie zal rond de 70 graden zijn en lager in retourtemperatuur.

Aangeraden wordt om via EnergieRijk Den Haag aan te dringen op snelle omschakeling naar een duurzame warmtebron voor het stadswarmtenet.

2. Lokale warmte- en koudebronnen

Een duurzame bron voor zowel warmte als koude zou de directe bodem onder het Binnenhof kunnen zijn, via verticale of horizontale (onder bestrating gelegen) bodemlussen, gekoppeld aan een warmtepompsysteem. In de zomer zou op deze wijze warmte uit de bestrating worden weggehaald en kunnen worden opgeslagen in de WKO. Dit zou helpen om dit versteende deel van de stad in de zomer

te koelen. In de winter zou het omgekeerde kunnen gebeuren. Daarmee verstoort het warmtepompsysteem in de zomer niet de buitenluchttemperatuur en zijn geen luidruchtige warmtepompen in de buitenruimte nodig.

Voor de energiehuishouding is het aan te bevelen nader onderzoek te doen naar benutting van de ondergrond als lage-temperatuur warmtebron en als hoge-temperatuur koudebron voor het warmtepompsysteem.

Ook de Hofvijver kan in zekere mate fungeren als warmtebron, via warmtewisselaars in het water of aan de kademuren. Daarvoor is dan wel goede circulatie van het Hofvijverwater nodig, hetgeen kan worden bewerkstelligd als deze weer een onderdeel wordt van een watercirculatiesysteem om en onder het Binnenhof door.

Bijkomende kans hiervan is het sneller beschaatsbaar maken van de Hofvijver in de winter, waar natuurlijk veiligheidsconsequenties zitten, maar waarmee een interessante toeristische mogelijkheid ontstaat. In Den Haag kan haast nergens op natuurijs worden geschaatst.

Ook in de zomer zou warmte aan de Hofvijver kunnen worden onttrokken en opgeslagen voor de winter of direct gebruikt in warmwatertoepassingen, waarmee 's zomers de watertemperatuur en daarmee het stedelijk hitte-eiland en de waterkwaliteit positief kan worden beïnvloed.

Gezien de voordelen voor de energiehuishouding, het Urban Heat Island effect, de waterkwaliteit en recreatiemogelijkheden, is het aan te bevelen nader onderzoek te doen naar benutting van de Hofvijver als lage-temperatuur warmtebron.

3. Na-isolatie, ramen vervangen en kierdichting op meer plekken

Om aan te kunnen sluiten op een warmtenet van middelhoge of lage temperatuur, en om uitwisseling tussen gebouwen eenvoudiger te maken, is het noodzakelijk om de energieverliezen via ventilatie en via transmissie (en infiltratie) door de buitenschil van het complex sterk te reduceren. Dit geldt voor zowel het vasthouden van warmte in de winter, als voor het buitenhouden van warmte in de zomer (in dat geval ook met behulp van gepaste zonwering). In het huidige VO wordt het aspect van het verminderen van de infiltratieverliezen en ventilatieverliezen goed opgepakt. Ook worden de transmissieverliezen door de daken sterk gereduceerd en wordt de buitengevelisolatie van gebouw H vervangen. Het verder verbeteren van de thermisch schil (gevels van de andere gebouwen en de kelders) wordt wel als mogelijkheid benoemd maar vormt nog geen onderdeel van het huidige VO.

Omdat de huidige renovatie ervoor moet zorgen dat de komende 25 jaar geen noemenswaardige aanpassingen aan het complex hoeven te worden gedaan, moet nu ook serieus worden nagedacht over na-isolatie van de overige gevels en de kelders, over het goed luchtdicht maken van de schil en over het verbeteren van de thermische eigenschappen van het glas.

Bovendien geldt dat des te verder de warmte- en koudebehoefte kan worden teruggedrongen door bouwkundige maatregelen, des te kleiner het vermogen van de technische installaties hoeft te zijn, des te beter lagetemperatuurverwarming en hogetemperatuurkoeling kunnen worden ingezet, des te beter het complex geschikt is voor duurzame bronnen van warmte, des te lager de kosten van het

installatiesysteem zullen uitpakken en des te lager de operationele kosten voor verwarming en koeling zullen zijn. De exacte bepaling hiervan kan niet zonder nader onderzoek.

4. Alternatieve ventilatiesystemen

Voor het Binnenhof is nu veelal gekozen voor mechanische ventilatie met warmteterugwinning, waarbij de installatie centraal wordt gepositioneerd in het betreffende pand, meestal op zolder of op het dak, met stijgleidingen naar de verschillende etages.

In de meeste gevallen lijkt ons dit de juiste keuze. In sommige gevallen echter vragen wij ons af of een heel complex van mechanische ventilatie moet worden voorzien: een hybride oplossing lijkt in die gevallen ook mogelijk, waarbij natuurlijke toevoer of afvoer via al dan niet overkapte binnentuinen kan plaatsvinden. Daarnaast is het mogelijk dat gang- en entreezones niet per se mechanisch geventileerd hoeven te worden en daaraan gekoppeld zelfs een ‘ruwer’ klimaat zouden mogen hebben (iets kouder in de winter, iets warmer in de zomer, als buffer tussen binnen en buiten).

Een andere ventilatieoplossing betreft decentrale ventilatiesystemen, waarmee grote ventilatiekanalen kunnen worden voorkomen. Bij decentrale ventilatie wordt aan de gevel een ventilatie-unit aangebracht die lucht van binnen naar buiten afvoert via een warmtewisselaar en verse lucht van buiten via diezelfde warmtewisselaar (en eventueel na-verwarming of –koeling) binnenhaalt, waarbij minimale warmteverliezen optreden. Decentrale ventilatiesystemen zijn vooral geschikt voor niet te grote, diepe vloeroppervlakken. Nadeel kan zijn dat in de gevel per ventilatie-unit twee roosters moeten worden aangebracht. Ze vervangen in feite de decentrale radiatoren van een traditionele centrale verwarming en zullen aan een vergelijkbaar regime van onderhoud en controle onderhevig zijn.

Koloniën

Specifiek voor het Koloniëgebouw (gebouw K) kunnen wij suggesties doen voor andere ventilatiesystemen. In het VO+ wordt voorgesteld de huidige onhandige en onesthetische ventilatieboxen te vervangen (een terecht besluit, o.i.), en dat te doen door een mechanisch systeem dat zijn verdeling in de zolderetage heeft, waardoor de vloer aldaar moet worden verhoogd, met als gevolg dat de vrije ruimte onder de markante kapconstructie te krap wordt en vervolgens wordt voorgesteld het dak met de kapconstructie op te heffen.

Het is ons niet duidelijk of andere ventilatiealternatieven – die de ophoging van het dak onnodig maken – voldoende overwogen zijn. Daarbij denken wij aan de eerdergenoemde decentrale verwarmingssystemen, die bij na-isolatie en vervanging van ramen geen en bij gebrek aan na-isolatie wel een na-verwarmingselement (warmwaterleiding of elektrisch) nodig hebben.

Een andere optie zou zijn om de (momenteel functieloze) binnenplaats van Koloniën te overkappen tot atrium en dit als bufferruimte te gebruiken, ook voor toevoer van verse lucht, waarmee in het pand enkel nog mechanische afzuiging nodig is, en geen uitgebreid kanaalsysteem voor toe- en afvoer. Hierover verderop meer.

Op diverse plekken op het Binnenhof kunnen hybride en decentrale ventilatiesystemen worden overwogen teneinde grote installatievoorzieningen en uitgebreide luchtkanalen te voorkomen.

5. PV-systemen en zonnecollectoren op daken

Dit betreft zowel zonnepanelen en andere PV-systemen die elektriciteit opwekken, als zonnecollectoren die warm water produceren. Ze worden in hoofdstuk 5 uitgebreider besproken.

6. Kortcyclische warmte- en koudeopslag

Naast het al voorziene WKO-systeem in een ondergrondse aquifer zijn andere, meer kortcyclische mogelijkheden van opslag mogelijk in water- of zoutreservoirs (eventueel in kelders of kruipruimten), in PCM's (*phase change materials*), of in warmwatertanks na verdere opwarming middels warmtepompen of elektrische spiralen (waarbij de warmteopslag tevens opslag van overtollige elektriciteit kan zijn). In al deze vormen is sprake van kleinere capaciteiten dan WKO, en ze zijn niet geschikt voor langere opslagperioden (zoals de zomer-wintercyclus), maar flexibeler om dag- en weekverschillen te kunnen opvangen.

Naast het geplande WKO-systeem zijn andere warmte- en koudeopslag-systemen te overwegen voor meer kortcyclische verschillen in vraag en aanbod.

De meeste effectieve maatregel om opslagcapaciteit te verminderen is het gelijktijdig afstemmen van vraag en aanbod, wat met het voorgestelde systeem van warmte- en koude-uitwisseling ook wordt gedaan.

7. Opslag van eigen elektriciteit

Opslag van eigen opgewekte, overtollige elektriciteit kan onder andere worden gedaan in batterijen, waterstof, warmwater (zoals hiervoor beschreven) en extra koude (van bijvoorbeeld koel- en vrieshuizen). Een opslag in batterijen en waterstof (met brandstofceltechnologie) kan onderdeel zijn van de noodstroomvoorziening van het Binnenhof, waarmee dan aggregaten draaiende op diesel of gas niet nodig zijn. Op het moment dat de batterijen of waterstofvoorraad leeg raken en daarmee de backupfunctie in gevaar komt, kunnen deze ook worden geladen met duurzame ingekochte stroom.

Een opslagsysteem van overtollige duurzaam opgewekte elektriciteit kan meteen ook onderdeel zijn van een noodstroomvoorziening.

8. Circulaire materialen en producten

Wat nu niet expliciet aandacht krijgt, is de duurzaamheidskwaliteit van de materialen, producten en installaties die door de renovatie van het Binnenhof worden ingebracht. Circulariteit van materialen en producten wordt wel in het TPvE en enkele malen in de plannen genoemd maar blijft hangen in algemene bewoordingen. Van een bouwproject anno 2020, zeker bij dit voorbeeldproject voor het land, mag meer worden verwacht. In de uitvraag naar aannemers kunnen circulaire materialen en producten worden opgenomen, eventueel verantwoord met materiaalpaspoorten. Daarbij is het ook goed om in de gaten te houden hoe de producten na afloop van hun levensduur teruggenomen (kunnen) worden door de betreffende leverancier of op een andere manier in een circulaire keten terugkeren.

Ook bestaat de mogelijkheid om gebruik te maken van *'product service systems'*, waarmee de verantwoordelijkheid voor het circulair produceren, monteren, verwijderen en verwerken van bouwmaterialen, -producten en installaties bij de leverancier komt te liggen en het Rijksvastgoedbedrijf

betaalt voor de service – een soort leasecontract. Hiermee wordt momenteel op verschillende plekken geëxperimenteerd, onder andere bij de TU Delft.

Over circulariteit kunnen in het renovatieontwerp voor het Binnenhof specifiekere voorstellen gedaan worden voor toe te passen materialen, producten en *product service systems*.

9. Gebruik van hemelwater en gezuiverd grijs water

Bepaalde aspecten omtrent watergebruik zijn meegenomen in de vorm van waterbesparende voorzieningen (tappunten en sanitaire toestellen) en er zijn enkele aspecten geïdentificeerd, zoals waterretentie en opvang en gebruik van hemelwater.

Naast waterbesparende maatregelen kan worden gedacht aan het opvangen, opslaan en gebruiken van hemelwater.

Ook behoort het lokaal zuiveren van grijs afvalwater, bijvoorbeeld in zogenaamde helofyten langs de Hofvijver of in een waterzuiveringscascade met diverse verschillende planten in een overdekte binnentuin¹⁹. Beide systemen kunnen goed worden gecombineerd met een gescheiden leidingensysteem voor drinkwater en grijswater.

Lokaal zuiveren is beter voor circulariteit en waarschijnlijk ook voor klimaatadaptatie. Vanwege emissies in het zuiveringsproces zou het effect op uitstoot van CO₂(-equivalenten) nader onderzocht moeten worden voor een totaaloordeel.

10. Duurzame groenvoorzieningen

Het Binnenhof is momenteel een sterk versteend gebied dat 's zomers onder invloed van het *Urban Heat Island* effect door de absorptie van zonnewarmte behoorlijk kan opwarmen, wat een grotere koelvraag genereert en – belangrijker – gezondheidsrisico's met zich mee brengt.

Het historische ontwerp van het complex zal niet alles toelaten, maar op dit moment is het toepassen van groen – als natuurlijke airconditioner, als CO₂-absorber, als regenwaterretentiemiddel en als bevorderaar van biodiversiteit en leefkwaliteit – niet zichtbaar opgenomen in de plannen voor de renovatie.

Het kan geen kwaad – zou zelfs meerwaarde opleveren voor CO₂-absorptie, verkoeling, waterretentie, biodiversiteit en leefkwaliteit – als groen een prominere rol krijgt in de renovatieplannen voor het Binnenhof.

Dat hierboven 'duurzame' groenvoorzieningen staat, heeft ermee te maken dat niet alle groen per definitie 'groen' is. Als de inheemse of exote oorsprong, het soort substraat, de voedingsmiddelen en onkruid- en ongediertebestrijding, de kweek- en onderhoudswijze, en de waarde voor biodiversiteit worden meegenomen, is het toepassen van groen niet altijd duurzaam. Een organisatie als NL Greenlabel probeert hiervoor al jarenlang bewustzijn te kweken en groenproducten en –plannen op verschillende schaalniveaus te certificeren.

¹⁹ Dit is bijvoorbeeld gedaan in het kantoorgebouw Covent Garden van de Europese Unie in Brussel [Art & Build Architect, 2007; Tenpierik et al., 2016].

11. CO₂-accountancy en -verantwoording

Als onderdeel van de 95% CO₂-neutrale gebouwde omgeving, zoals in het Parijsakkoord is afgesproken, zouden de renovatieplannen van het Binnenhof ook tot een CO₂-neutraal project moeten leiden. Dit kan alleen worden bereikt als de huidige CO₂-uitstoot, die van de ingrepen en die van het gebruik naderhand wordt gemeten of berekend en gemonitord.

Gezien de druk die met het Klimaatakkoord op het Nederlandse volk en bedrijfsleven wordt gelegd, kan de Tweede Kamer niet anders dan zelf het goede voorbeeld geven en verantwoording afleggen over haar eigen CO₂-uitstoot en inspanningen om die te reduceren.

12. Certificering middels BREEAM-NL

Voor de renovatie van het Binnenhof is gesproken over de wens, al dan niet, om het proces en eindresultaat van de plannen met BREEAM-NL (Nieuwbouw/Renovatie) te beoordelen. Vanwege de grote gecompliceerdheid van het hele Binnenhofcomplex, inclusief de Tweede Kamer, Raad van State, Eerste Kamer, Ridderzaal en Grafelijke zalen, en de lastige eenduidige beoordeling van alle panden met verschillende historische achtergronden, is daar nog geen besluit over genomen. Het blijft echter mogelijk en kan in overleg met de Dutch Green Building Council op maat worden afgestemd.

Duurzaamheidscertificering van de renovatie van het Binnenhof middels BREEAM-NL zou een goede internationale benchmark zetten voor toekomstige renovaties van ingewikkelde complexen.

13. Gebruikersparticipatie

Als onvoldoende rekening wordt gehouden met gebruikersparticipatie zijn recente observaties dat duurzame kantoorgebouwen minder besparing halen doordat de gebruikers daarvoor geheel op het gebouw vertrouwen [Dubbeling, 2014; Thoolen et al., 2014]. Ook met een slim gebouw is het gedrag van de gebruikers nog steeds van invloed, en moeten ze dus mee worden genomen in het bouwproces om de optimale doelstelling te behalen. In die zin is de huidige restrictie met geheimhouding contra-productief voor de visie op duurzaamheid.

Waar geen sprake is van een veiligheidsrisico, moet het mogelijk zijn om ingrepen tot een vergaand niveau met gebruikers te bespreken.

Daarbij is een eendimensionale focus op investeringskosten, architectonisch beeld of energiebesparing is contraproductief in de discussie met gebruikers, andere belanghebbenden en geïnteresseerden. Los van de feitelijke uitvoering kan een tuin bijvoorbeeld een zeer zinnige maatregel in het kader van klimaatbeheersing zijn.

5 Uitwerking van enkele aanvullende maatregelen

5.1 Isolatie van de schil

Na-isolatie van de buitengevels, het dak en de kelder kan een belangrijke rol spelen in het verminderen van de warmtevraag van het binnenhofcomplex. Detailinformatie kan worden gevonden in Bijlage 3.

Na-isolatie van daken

Vernieuwing en isolatie van het dak of de zoldervloer is al opgenomen in het huidige VO van het binnenhofcomplex, in elk geval van het deel betreffende de Tweede Kamer.

In die gevallen waar de dakbedekking (leien of dakpannen) vervangen wordt, kan worden overwogen de isolatie aan de buitenkant van het dakbeschot aan te brengen, waaroverheen dan de nieuwe bedekking wordt gelegd. Dit zal hier echter niet verder worden besproken.

Verbetering van gevels

Na-isolatie van gevels kan in beginsel op drie manieren: isolatie aan de buitenzijde, isolatie van een aanwezige spouw en isolatie aan de binnenzijde.

Omdat de rapportage van het bouwhistorisch onderzoek tijdens het schrijven van dit rapport nog niet voorhanden was, kan hier slechts in algemene bewoordingen iets worden gezegd. Op basis hiervan is in algemene zin een classificatie gemaakt die verwoord is in tabel 5.1. Uitgebreid nader bouwhistorisch en bouwtechnisch onderzoek naar de individuele gevels is vereist om een weloverwogen keuze hieromtrent te maken. Achteraf kunnen de bouwfysische effecten worden gemonitord.

Tabel 5.1: *Grove classificatie na-isolatiepotentieel diverse gebouwdelen op basis van monumentale waarde (nader onderzoek naar individuele gevels is vereist om een weloverwogen keuze te maken).*

Gebouwen J, C, K	Gebouwen A en B	Gebouw H
Volgens het ontwerpboek van het VO hebben diverse gevels in deze gebouwen aan de binnenzijde afwerking van (monumentale) waarde. Deze gebouwen hebben daardoor minder na-isolatiepotentieel.	Met uitzondering van enkele gevels met binnenafwerking van (monumentale) waarde, is hier na-isolatiepotentieel aanwezig.	Dit gebouwdeel is geen Rijksmonument, wel beschermd stadsgezicht; dat betekent dat er meer mogelijkheden voor ingrepen zijn. De isolatiewaarde kan zonder bezwaren worden verbeterd.
Kies ervoor om niet na te isoleren bij monumentale binnenafwerking. Indien geen monumentale binnenafwerking, dan kan een middenambitieniveau met binnengevelisolatie aangehouden worden.	Kies voor een midden of hoog ambitieniveau op basis van binnengevelisolatie.	Kies voor hoog ambitieniveau op basis van buitengevelisolatie.

Voor die gevels waar de monumentale waarde aan de binnenkant beperkt is, zouden ambitieniveaus kunnen worden geformuleerd zoals weergegeven in tabel 5.2. Een uitgebreide beschrijving wanneer binnenisolatie wel en niet kan worden toegepast is te vinden in Bijlage 3.

Tabel 5.2: Ambitieniveaus voor na-isolatie van het Binnenhofcomplex

Niveau Laag	Niveau Midden	Niveau Hoog
Herstel en reparatie van het metselwerk en de voegen	Herstel en reparatie van het metselwerk en de voegen	Herstel en reparatie van het metselwerk en de voegen
Algemeen: geen na-isolatie; wel plaatsen radiatorfolie of 1 cm dik vacuümisolatiepaneel achter radiatoren.	Algemeen: waar mogelijk binnenisolatie op basisniveau met traditionele materialen of dampopen capillair actieve materialen. $R_c = 1,5 \text{ à } 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Pas op voor vochtproblemen!	Algemeen: waar mogelijk binnenisolatie op hoog niveau met vacuümisolatiepanelen en aerogel $R_c = 3,5 \text{ à } 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Pas op voor vochtproblemen!
Gebouw H: nieuwe buitengevelisolatie met $R_c = 3,5 \text{ à } 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.	Gebouw H: nieuwe buitengevelisolatie met $R_c = 3,5 \text{ à } 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.	Gebouw H: nieuwe buitengevelisolatie met $R_c = 3,5 \text{ à } 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Toegevoegde dikte binnen: 0 cm	Toegevoegde dikte binnen: 5-15 cm	Toegevoegde dikte binnen: 4-5 cm
Niet geschikt voor LT verwarming	Beperkt geschikt voor LT verwarming	Zeer geschikt voor LT verwarming
	Extra directe kosten na-isolatie: 75 – 110 Euro/m ² gevel * ²⁰	Extra directe kosten na-isolatie: 230-310 Euro/m ² gevel * ²¹

* De directe kosten²² die hier genoemd worden betreffen de kosten die door een hoofdaannemer worden betaald aan een derde partij voor levering en aanbrengen (excl. BTW), dus exclusief opslagen van de hoofdaannemer en van het RVB.

Na-isolatie aan de gevelbuitenzijde

Bij de monumentale gebouwen van het Binnenhofcomplex is buitenisolatie niet wenselijk omdat dit het uiterlijk van het gebouw te veel aantast. Na-isolatiepotentieel aan de buitenzijde is wel aanwezig bij gebouw H.

Na-isolatie aan de gevelbinnenzijde

Ondanks de risico's van na-isoleren aan de binnenzijde van de gevel, lijkt hiervoor bij het potentieel te bestaan bij de gebouwen van de Tweede Kamer, bijvoorbeeld in gebouwdelen A en B en in beperkte mate in C, J en K.

Aangezien de gevels van het Binnenhofcomplex monumentale waarde hebben en omdat er in de buitengevels geen luchtsponnen aanwezig zijn, is isolatie aan de binnenzijde van de gevels de enige reële optie, met uitzondering van gebouw H.

²⁰ Een vlakke geïsoleerde basisvoorzetwand kost in de huidige markt € 45,- /m² onderaanneming. Echter betreft dit gevels met veel kozijnopeningen en neggeafwerkingen. Neggeafwerkingen zijn arbeidsintensiever en uitwendige hoeken dienen netjes te worden afgewerkt. Ook de aansluiting van de neggeafwerking vraagt extra kierdichting. Door de extra dikte is het zeer waarschijnlijk dat de bestaande vensterbanken moeten worden vervangen door 5-15 cm bredere vensterbanken. Dit resulteert in een hogere m²-prijs per netto oppervlak, voor voorzetwanden ter plaatse van kelders met circa 10% gevelopeningen € 75,-/m² en voor voorzetwanden met circa 30% gevelopeningen € 110,-/m². Met dank aan BASALT.

²¹ Een basiswand zonder openingen voorzien van vacuümisolatiepanelen en aerogel kost in de huidige markt € 180,-/m² onderaanneming. Echter betreft dit gevels met veel kozijnopeningen en neggeafwerkingen. Neggeafwerkingen zijn arbeidsintensiever en uitwendige hoeken dienen netjes te worden afgewerkt. Ook de aansluiting van de neggeafwerking vraagt extra kierdichting. Uitgangspunt is dat de vensterbanken niet vervangen worden. Bij dit systeem rekenen we met het afbikken van het bestaande stucwerk. Dit resulteert in een hogere m²-prijs per netto oppervlak, voor aerogel ter plaatse van kelders met circa 10% gevelopeningen € 230,-/m² en voor aerogel op binnensponwbladen met circa 30% gevelopeningen € 310,-/m². Met dank aan BASALT.

²² Voor een onderscheid met investeringskosten: zie NEN2699

Samengevat kan besluitvorming over na-isolatie van gevels worden gedaan volgens figuur 5.1.



Figuur 5.1: Keuzeschema voor na-isolatie in de gevel²³

Na-isolatie van vloeren

Bij de vloer gaat de voorkeur meestal uit naar na-isolatie aan de onderzijde, hetgeen bouwtechnisch voordelen heeft (minder problemen met koudebruggen). Dit kan goed indien er een kruipruimte onder de vloer aanwezig is. Bij het Binnenhofcomplex zijn echter weinig kruipruimtes aanwezig, waardoor of de isolatie op de vloer aangebracht dient te worden, of de vloer tijdelijk weggehaald dient te worden. Een alternatief is het isoleren van de onderzijde van de begane grondvloer, waarbij de kelder koud blijft. Er zijn diverse beproefde methoden van na-isolatie van vloeren op de markt, variërend van kunststofschuim tot reflecterende folies. Over het algemeen zijn daar goede ervaringen mee.

Warm Bouwen

Isolatie aan de binnenzijde kan al dan niet in combinatie met het principe van ‘Warm Bouwen’ (zie Bijlage 3). Omdat bij het Binnenhofcomplex een nieuw verwarmingssysteem zal worden aangebracht

²³ Zoals eerder gemeld niet alleen scheurvorming, ook afschilfering, vochtplekken, zouten, alg- en mosaangroei duiden op vochtproblemen. Een ander aspect is de eventuele aanwezigheid van waterleidingen in de gevel. Deze moeten eerst verplaatst worden naar de warme zijde voordat na-isolatie plaats kan vinden.

op basis van een warmtenet of warmtepomp met WKO wordt verwacht dat de extra besparing op primaire energie en daarmee CO₂ van 'warm bouwen' (ten opzichte van een situatie met dezelfde U-waarde van de gevel) beperkt zal zijn.

5.2 Thermisch verbeteren van glas, ramen en kozijnen

Bij gebruikers van het Binnenhof is tocht vaak een klacht. Naast de doelstelling van energiebesparing zijn beter isolerende ramen met goede kierdichting daarom ook van belang voor het comfort.

Tabel 5.3 geeft een overzicht van verschillende ambitieniveaus voor het thermisch verbeteren van transparante geveldelen van het Binnenhofcomplex. Bijlage 3 geeft meer detailinformatie.

Tabel 5.3: Ambitieniveaus voor het thermisch verbeteren van het glas, de ramen en kozijnen

Niveau Laag	Niveau Laag+	Niveau Midden	Niveau Hoog
Herstel en reparatie ramen en kozijnen, aanbrengen luchtdichting en herstel en reparatie luiken	Herstel en reparatie ramen en kozijnen, aanbrengen luchtdichting en herstel en reparatie luiken	Herstel en reparatie ramen en kozijnen, aanbrengen luchtdichting en herstel en reparatie luiken	Herstel en reparatie ramen en kozijnen, aanbrengen luchtdichting en herstel en reparatie luiken
Bestaand (enkel)glas: eventueel voorzien van low-e-folie. Geen of nauwelijks verbetering van de U-waarde.	Bestaand (enkel)glas plus modern goed sluitend isolerend rolgordijn (bediend aan de binnenkant) met witte of reflecterende folie aan de glaskant, $U \approx 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (dicht) Huidige U-waarde (open) Bestaand dubbelglas vervangen door HR++ glas.	Bij enkelglas: bestaand (enkel)glas plus achterzetbeglazing in HR++ variant $U \approx 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Bij reeds aanwezig achterzetbeglazing: herstel achterzetbeglazing en waar mogelijk vervangen door HR++ achterzetglas Bij bestaand dubbelglas: vervangen door HR++ glas.	Niet-waardevol enkelglas: huidig glas vervangen door het AGC-vacuümglas dat in 2021 op de markt komt, $U \approx 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Waardevol enkelglas: bestaand (enkel)glas plus achterzetbeglazing in HR++ variant, $U \approx 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Reeds aanwezige achterzetbeglazing: herstel achterzetbeglazing en waar mogelijk vervangen door HR++ achterzetglas of vacuümglas. Bestaand dubbelglas: vervangen door HR++ glas.
Niet geschikt voor LT verwarming	Beperkt geschikt voor LT verwarming	Geschikt voor LT verwarming	Geschikt voor LT verwarming

Niveau Laag	Niveau Laag+	Niveau Midden	Niveau Hoog
	Extra investeringskosten gordijn: 70 – 180 Euro/m ² * ²⁴	Extra investeringskosten aanbrenen achterzetbeglazing: 180 – 600 Euro/m ² * ²⁵	Extra investeringskosten vervangen glas door vacuümglas: 280 – 700 Euro/m ² * ²⁶

* De directe kosten die hier genoemd worden betreffen de kosten die door een hoofdaannemer worden betaald aan een derde partij voor levering en plaatsing (excl. BTW), dus exclusief opslagen van de hoofdaannemer en van het RVB, en excl. toeslag weerstandsklasse i.v.m. beveiliging.

Opvallend aan het Binnenhofcomplex is de grote variëteit aan vensters: historisch, historiserend, modern en al deze varianten dan ook nog eens met of zonder voorzet- of achterzetbeglazing. De technische kwaliteit en de monumentale waarde zal bijna van ieder venster apart moeten worden bepaald om tot een voorstel voor verbetering te komen.

Tabel 5.4: Gemeten U-waardes en temperaturen van diverse manieren om bestaande vensters in monumenten te verbeteren (aangepast van [Wood, 2011, p.37]).

Raam in oorspronkelijke staat	U-waarde [W/(m ² K)]	Afname warmteverlies	Oppervlakte-temperatuur kamerzijde [°C]
0 Midden op glas	5,3	-	12
1 Zware gordijnen	3,3	39%	20
2 Binnenluiken	2,0	62%	17
3 Tochtvrije binnenluiken	1,9	64%	17
4 Modern rolgordijn	3,4	37%	18
6 Modern rolgordijn met warmte-reflecterende laag aan raamzijde	1,8	66%	19
7 Modern rolgordijn met warmte-reflecterende laag aan kamerzijde	2,7	50%	18

Raam na verbetering houtwerk			
1 Gordijnen	3,3	39%	21
2 Binnenluiken	2,1	61%	17
4 Rolgordijn	3,2	40%	18
10 Achterzetbeglazing	1,9	64%	18

²⁴ De € 70,-/m² is voor leveren en aanbrenen isolerend rolgordijn met witte of reflecterende folie. De € 180,-/m² is gemiddeld voor glasvervanging HR++ in de bestaande kozijnen. De bestaande kozijnen zijn zeer veelzijdig in vorm en uitvoering. Met dank aan BASALT.

²⁵ De € 180,-/m² is gemiddeld voor glasvervanging HR++ in de bestaande achterzetkozijnen. De bestaande kozijnen zijn zeer veelzijdig in vorm en uitvoering. De € 600,-/m² is gemiddeld voor nieuwe stalen achterzetramen met de eis om ramen te kunnen openen. De bestaande kozijnen zijn zeer veelzijdig in vorm en uitvoering. Elk kozijn is speciaal gemaakt conform bestaande opening, er is geen sprake van repetitie. Met dank aan BASALT.

²⁶ Het genoemde product komt pas in 2021 op de markt. De prijs van onderaannemers is derhalve niet beschikbaar. Voor het vergelijk van tabel 5.3 rekenen we met monumentenglas met isolerende eigenschappen. De € 280,-/m² is gemiddeld voor glas vervangen met isolerend monumentenglas in de bestaande achterzetkozijnen. De bestaande kozijnen zijn zeer veelzijdig in vorm en uitvoering. De € 700,-/m² is gemiddeld voor nieuwe stalen achterzetramen met monumentenglas en de eis om ramen te kunnen openen. De bestaande kozijnen zijn zeer veelzijdig in vorm en uitvoering. Met dank aan BASALT.

Raam na tochtwering				
1	Gordijnen	3,3	38%	20
2	Binnenluiken	2,1	61%	17
4	Rolgordijn	3,3	38%	18
10	Achterzetbeglazing	2,0	63%	19
11	Achterzetbeglazing plus binnenluiken	1,4	73%	20

Luiken

Als een volgende stap kan in eerste instantie gedacht worden aan het herstel en het terugbrengen van luiken. Deze luiken vorm(d)en een beeldbepalend onderdeel van het binnenhofcomplex. De luiken dicht geeft een verlaging van het energieverlies door transmissie via het glas van 61 à 64%. Het is daarbij dan wel van belang dat deze luiken ook daadwerkelijk zullen worden bediend (automatisch of handmatig op de juiste manier: 's winters overdag open, 's nachts dicht; 's zomers overdag dicht, 's nachts open. Een goed alternatief voor luiken zijn rolgordijnen aan de binnenkant van het glas met een goede reflecterende folie gericht naar buiten. Dergelijke rolgordijnen kunnen het transmissieverlies door het glas tot 66% verlagen.

Als PCM's (*phase change materials*, faseveranderingsmaterialen) in de luiken worden geïntegreerd, ontstaat een Trombe-achtige constructie die in de winter overdag, indien opengeklapt voor de gevel, warmte van de zon kan opvangen en bufferen. 's Nachts, in dichte stand, ontstaat dan een warme laag voor het glas, die de nachtelijke transmissieverliezen beperkt. Trombe-wanden op basis van PCM's kunnen tot een goede verlaging van het energiegebruik leiden, bij een Trombe-wand achter het glas in een gematigd klimaat zelfs tot gemiddeld 36% op de warmtevraag.

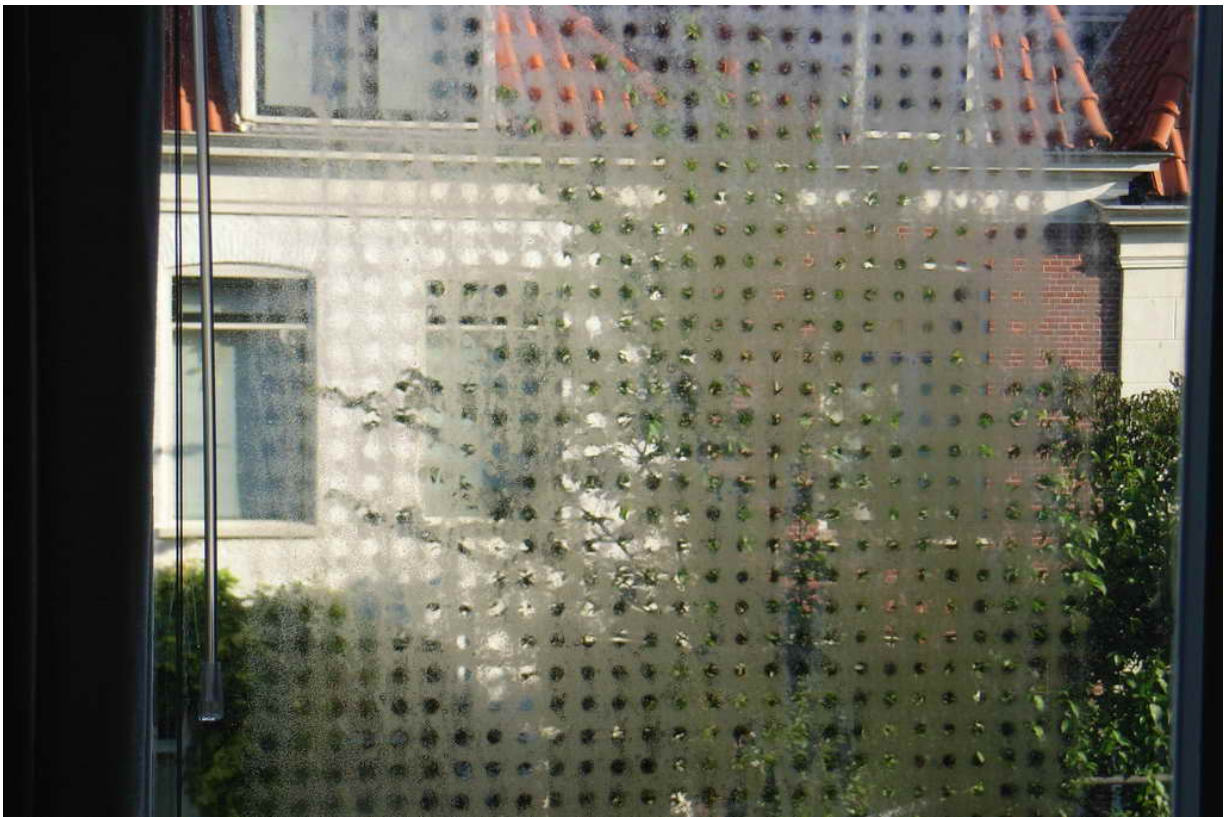
Verbetering van de ruiten

Naast herstel van kozijnen en ramen, verbetering van de kierdichting en het gebruik van luiken, dikke overgordijnen of rolgordijnen met reflecterende folie kan ook worden gedacht aan de verbetering van de ruiten. Mogelijkheden die geschikt zijn voor een monumentaal complex als het Binnenhof zijn:

- Enkel glas of gelaagd glas met een low-e coating. Dan is de isolatiewaarde iets beter dan bij normaal enkelglas en zijn geen aanpassingen nodig aan de kozijnen en ramen. Met een tussenliggende folie kan gelaagd glas inbraakwerend of zonwerend worden uitgevoerd.
- Dun dubbelglas bestaande uit twee ruiten en een spouw gevuld met een mengsel van krypton en xenon. Dit glas is relatief dun en goed in te passen in bestaande ramen en kozijnen. Het is echter wel relatief duur en zwaarder dan normaal enkelglas, dus de ramen dienen sterk genoeg te zijn.
- In-situ gemaakt dubbelglas. Door middel van enkele afstandhouders aan de rand en kit wordt dan een tweede glasplaat aan de binnenzijde bevestigd op de bestaande ruit. Op die manier ontstaat dubbelglas met een met lucht gevulde spouw. De isolatiewaarde is vergelijkbaar met normaal dubbelglas. Deze methode is echter niet reversibel. Een alternatief is om de tweede plaat te vervaardigen uit kunststof en deze vast te zetten met een kliksysteem of magneten. In beide gevallen is neemt de aanzichtbreedte van glasroeden toe en is de bevestiging of afstandhouder van buitenaf zichtbaar. Ook deze oplossing is zwaarder, dus vraagt mogelijk om aanpassingen aan ramen en hang- en sluitwerk.
- Voor- of achterzetramen. Voor het Binnenhofcomplex lijkt achterzetbeglazing in eerste instantie een betere keuze dan voorzetbeglazing, omdat daarmee het beeld aan de buitenkant minder ingrijpend verandert. Met enkellaags achterzetbeglazing is ook een goede isolatiewaarde haalbaar. Het voordeel van deze oplossing is dat het beeld aan de buitenkant niet verandert en

dat de bestaande ramen, kozijn en beglazing kunnen worden gehandhaafd. Daarnaast is de oplossing reversibel. Indien het lukt de achterzetbeglazing luchtdicht uit te voeren, treedt ook geen condensatie meer op, maar als dat niet lukt, neemt de hoeveelheid condensaat op de buitenruit in de winter toe.

- Vacuümglas. Vacuümglas bestaat uit twee dunne glasplaten met daartussen een dunne, vacuüm gezogen spouw. Er is ook vacuümglas met een low-e coating. De isolatiewaarde is daarmee vergelijkbaar met drielagig glas. Nieuw vacuümglas kan zelfs nog beter isoleren. Het voordeel van vacuümglas is dat het gewicht en de dikte vergelijkbaar zijn aan dat van enkelglas en dat toch goede isolatiewaarden worden gerealiseerd. Het nadeel zijn de afstandshouders tussen de glasplaten die ervoor zorgen dat de platen niet tegen elkaar gedrukt worden; deze afstandshouders zorgen voor kleine koudebruggen (zie figuur 5.6). Een ander nadeel is de zichtbare nippel waarmee het paneel vacuüm gezogen is, en de momenteel nog hoge kosten.



Figuur 5.6: Condensatie op vacuümisotatieglas (foto: Kees van der Linden)

Er zijn risico's en randvoorwaarden verbonden aan het verbeteren van de thermische kwaliteit van met name het glas en aan het verbeteren van de kierdichting:

- Indien het bestaande enkelglas vervangen wordt door isolatieglas of voorzet-/achterzetramen, kan het risico op condensatie op het binnenoppervlak van het metselwerk of op het hout toenemen. Dit risico kan worden beperkt door het verbeteren van de isolatiewaarde van het metselwerk, door het vergroten van de hoeveelheid ventilatie en door een lage relatieve luchtvochtigheid binnen.
- Bij kierdichting neemt infiltratie af – voorheen belangrijk voor het droog houden van de houten kozijnen en ramen en als bron voor verse lucht – en is het noodzakelijk om te zorgen dat er

voldoende ventilatie aanwezig is langs andere weg. Tevens is het van belang de relatieve luchtvochtigheid van de binnenlucht in de winter niet te hoog te laten zijn, om condensatieproblemen in de hand te houden.

- Ouderwets glas zoals cilinderglas, slinger glas en getrokken glas is vaak karakteristiek in de onregelmatigheid van het oppervlak. Modern floatglas is daarentegen vlak, wat bij historische gebouwen het beeld van de gevel negatief kan beïnvloeden. Monumentenglas vertoont meer onregelmatigheden aan het oppervlak; het totale glaspakket wordt echter wel dikker en zwaarder.

Het is verstandig om bij de renovatie van het Binnenhofcomplex ramen, kozijnen en luiken te herstellen en te repareren, en om luchtdichting aan te brengen. In combinatie met een goed gebruik van de luiken (al dan niet geautomatiseerd) kan dit herstel tot een belangrijke energiebesparing leiden. Daarnaast is het verstandig om waar mogelijk de isolatiewaarde van het glas te verbeteren. Zo kan een energiebesparing worden bereikt zonder de monumentale waarde van het complex aan te tasten.

5.3 Luchtbehandeling

Meer gedetailleerde informatie over luchtbehandeling kan worden gevonden in Bijlage 4.

Natuurlijke toevoer

Waar in het huidige Binnenhofcomplex momenteel reeds voorzien is in systemen voor mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht, ligt het voor de hand om daar gebruik van te maken. Elders kan natuurlijke toevoer van verse lucht worden overwogen.

Voordelen:

- Mensen ervaren natuurlijk toegevoegde lucht vaak als frisser dan mechanisch ingeblazen lucht.
- Toevoerluchtkanalen zijn niet nodig (ruimtebesparing, geen aantasting binnenkant monument).
- Er zijn geen toevoerventilatoren nodig (energiebesparing ventilatoren).
- Afgezogen lucht kan als bron dienen voor een warmtepomp die water opwarmt.

Nadelen:

- Mogelijke tochtklachten, zeker bij een lage-temperatuur verwarmingssysteem.
- Ventilatioosters in de gevel (impact op het gevelbeeld). Bij het gebouw Hotel zijn roosters reeds in de gevel aanwezig en in sommige andere gebouwen komen her en der ventilatioosters voor.
- Verwarming van inkomende verse lucht (hoog energiegebruik in de winter). Dit kan deels worden gecompenseerd door vraaggestuurde ventilatie op basis van CO₂-monitoring, door aansturing van de afzuigventilatoren en door regelbare toevoerosters. Binnenkomende koude lucht kan ook worden voorverwarmd in een ongeklimateerde overdekte binnenhof (zie § 5.4).

Conventionele ventilatie met luchtbehandelingskasten

Voor grote gebouwcomplexen is dit de meest voorkomende ventilatieoplossing.

Voordelen:

- Hoeveelheid toe- en afgevoerde ventilatielucht goed regelbaar en controleerbaar.
- Lucht kan worden gefilterd.

- In de LBK's kan warmte (en vocht) kan worden teruggewonnen uit afvoerlucht (verlaging warmte-verliezen, verlaging verwarmingsvermogen).
- Hoog elektriciteitsgebruik ventilatoren, in de hand te houden door relatief grote kanalen en grote ventilatoren. Grote kanalen leiden tot minder geluidsoverlast, maar zijn lastiger in te passen in bestaande gebouwen.

Nadelen:

- Uitgebreid netwerk van toe- en afvoerkanalen, vaak lastig in te passen in historische gebouwen.
- Regelmatig en goed onderhoud nodig om gezondheidsklachten te voorkomen.

Hybride ventilatie

Hybride systemen maken in de zomer gebruik van natuurlijke luchttoevoer en in de winter van een volledig gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem met warmteterugwinning.

Voordelen:

- In de zomer kunnen toevoerventilatoren worden uitgezet; in de winter ontstaat vanwege de WTW een energie-efficiënt systeem (energiegebruik op jaarbasis lager).

Nadelen:

- Goede ventilatievoorzieningen in de gevel nodig.
- Systeem moet goed worden ingeregeld en moet goed kunnen schakelen tussen de zomer- en wintermodus.

Een hybride vorm van ventilatie, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen winter- en zomercondities, is een goede mogelijkheid voor het Binnenhofcomplex. Hierbij wordt aanbevolen te zoeken naar mogelijkheden waarbij te openen ramen worden ingezet voor de toevoer van verse lucht (en niet roosters) en waarbij de binnenhoven onderdeel zijn van een deel van de toevoervoorzieningen, mogelijk zelfs in de winter.

Decentrale ventilatie

Bij decentrale ventilatie vindt natuurlijke ventilatie plaats via roosters in de gevel of via te openen ramen. De beste vorm maakt gebruik van CO₂-gestuurde ventilatie en warmteterugwinning, zoals het product Fresh-r²⁷.

Voordelen:

- Warmtevraag vermindert ten opzichte van volledig natuurlijke ventilatie, terwijl de hoeveelheid energie benodigd voor de ventilatoren beperkt blijft.
- Geen grote kanalen door het gebouw nodig, waardoor intern geen monumentale waarden worden aangetast.

Nadeel:

- Ventilatieopeningen (10-15 cm doorsnede) nodig in de gevel, met afdekroosters. Deze kunnen het externe monumentale karakter van de gevel beïnvloeden.

Voor de onderste verdiepingen van gebouwdeel H is een decentraal ventilatiesysteem een geschikt alternatief. Hierdoor kan een uitgebreid netwerk aan ventilatiekanalen worden voorkomen.

²⁷ <https://fresh-r.eu/>

5.4 Binnenhoven

Door het overkappen van binnenhoven ontstaat er een tussenklimaat in de nieuwe ruimte grenzend aan de gevel. In dat geval is na-isolatie van de gevel minder van belang omdat de warmteverliezen door de aangrenzende onverwarmde ruimte worden beperkt. Hierover is meer te vinden in Bijlage 4.

Het Binnenhofcomplex kent diverse binnenhoven waarvan er reeds enkele overkapt zijn. Voordelen van overkappen van binnenhoven:

- Er ontstaat een nieuwe binnenruimte die een deel van het jaar door gebruikt kan worden.
- De bestaande buitengevels in het nieuwe atrium worden niet meer blootgesteld aan buitencondities waardoor het risico op scheurvorming, vorstschade en vochtschade vermindert.
- Transmissie- en infiltratieverliezen door de gevel nemen sterk af.
- Een atrium kan worden gebruikt om verse buitenlucht voor te verwarmen alvorens deze de kantoren in wordt gebracht.
- Een atrium kan worden gebruikt als voorziening om gebruikte lucht uit de kantoren af te voeren. Dit is eventueel mogelijk met het vorige punt, met omkerende ventilatierichting.

Overkapt binnenhoven kunnen geklimatiseerd of niet geklimatiseerd worden ontworpen.

Binnenhoven als atrium, geklimatiseerd

Het klimatiseren van een atrium heeft alleen zin indien dit atrium gebruikt wordt als een ruimte waar mensen langdurig verblijven. Door de grootte en hoogte betekent dit dat het volledig verwarmen of koelen van een atrium over het algemeen niet energie-efficiënt is. Indien mensen langdurig verblijven in een groot atrium kunnen lokale verwarmingsoplossingen uitkomst bieden, zoals lokale stralingspanelen. Op het Binnenhofcomplex kan een geklimatiseerd atrium worden gekoppeld aan het nieuwe ringleidingnet.

Binnenhoven als atrium, ongeklimatiseerd

Afgezien van de grote binnenpleinen, zijn er in het Binnenhofcomplex negen kleine binnenhoven aanwezig. Enkele daarvan zijn reeds overkapt met een glazen dak. Gezien de relatief kleine maat is niet te verwachten dat deze als verblijfsgebied gebruikt zullen worden. Ze hoeven daarom niet (volledig) te worden geklimatiseerd maar vormen wel een buffer tussen de bestaande gevel en de buitenlucht, waardoor de transmissie- en infiltratieverliezen worden verminderd.

Aan te raden is atria op het Binnenhof onderdeel te laten zijn van de ventilatiestrategie:

- 1. Als voorverwarming van toegevoerde verse lucht in de winter; dit verlaagt de warmtevraag.**
- 2. Als natuurlijke afvoer van geventileerde lucht. Het atrium is dan warmer dan bij strategie 1; lucht kan bovendien langs een WTW-unit in de LBK worden geleid.**

Tevens kan het dak van het atrium deels worden benut voor de installatie van zonnepanelen. Daarbij kan gedacht worden aan zonnepanelen geïntegreerd in een glazen dak.

Om rekening mee te houden bij (hoge) atria of overkapt binnenhoven:

- Goede zonwering en voldoende spuiing met buitenlucht om temperaturen in de hand te houden.

- Afscherming van plekken waar mensen verblijven om tochtklachten te voorkomen.
- Aanbrengen van voldoende geluidsabsorberend materiaal om geluidsoverlast te verminderen.
- Realisatie van voldoende daglicht, zeker als in het glasdak zonnecellen zijn geïntegreerd.

Een mogelijkheid is om het atrium of de atria en/of de Hofvijver te benutten voor de zuivering van grijswater of eventueel zwartwater uit het Binnenhofcomplex. Dit grijswater kan vervolgens worden hergebruikt in het gebouw voor toiletspoeling, schoonmaak en bewatering voor planten. Een dergelijke mogelijkheid kan ook voor het Binnenhofcomplex worden onderzocht. Het is echter de vraag of een eigen waterzuiveringssysteem verstandig is als er al veel gemeentelijke infrastructuur is, en als het afvalwater duurzaam wordt verwerkt in een RWZI.

Daarom wordt geadviseerd om in het Binnenhofcomplex geen eigen zwartwaterzuiveringssysteem onder te brengen. Grijswaterzuivering is wel een optie, bijv. in of bij de Hofvijver.

Binnenhoven als tuin

Uitzicht op groen levert visueel comfort en een positieve beleving van kantoormedewerkers op. Daarnaast zorgen planten in de zomer voor enige verkoeling door het verdampen van vocht via hun bladeren en via de bodem. Indien de binnenhoven niet worden overkapt met een glazen dak, dan kunnen deze daarom het beste als tuin worden uitgevoerd.

De koelere lucht in de binnenhoven kan in de zomer worden gebruikt als onderdeel van de ventilatiestrategie. Daarnaast kunnen de binnenhoven onderdeel zijn van hemelwateropslag.

5.5 Zonnepanelen en -collectoren

Zoals uit de analyse van het VO (en het daaraan ten grondslag liggende oorspronkelijke programma van eisen) blijkt, is in de renovatie van het Binnenhof nog niet voorzien in (uitgebreide) toepassing van actieve zonnetechnologie. Daaronder kunnen worden verstaan: zonnecollectoren en –boilers voor de warmwatervoorziening (zon-thermische technologie), en photovoltaïsche (PV) technologie, zoals toegepast in zonnepanelen of PV-panelen die elektriciteit opwekken. Er bestaat ook een tussenvorm, PVT-panelen, die zowel stroom als warmte opwekken.

In het Binnenhof gaat het, vanwege de beperkte warmwatervraag, vooral om de overweging of en waar PV-technologie kan worden geplaatst. Wij schrijven met opzet ‘PV-technologie’, omdat het niet per se hoeft te gaan om de typische blauwe of zwarte mono- en polykristallijne zonnepanelen zoals die het meest worden toegepast op daken en waartegen soms, om esthetische en historische redenen, bezwaar bestaat (zie ook figuur 5.8). Deze panelen zijn doorgaans het meest kosteneffectief (in termen van opbrengst versus investering, dus terugverdientijd).

Gewoonlijk is het uitgangspunt bij monumentale panden dat PV-panelen niet zichtbaar mogen zijn, op daken die vanaf de grond of vanuit andere uitzichtpunten niet in het zicht liggen. Het Binnenhof heeft door zijn complexe constellatie van panden diverse daken waarvoor dit geldt, zowel schuine als platte daken.

Geadviseerd wordt om op voor de gebruiker en bezoeker onzichtbare daken zondermeer PV-panelen toe te passen, van het soort met de beste verhouding tussen opbrengst en investering: monokristallijn-siliciumpanelen.



Figuur 5.8: Zonnepanelen en zonnecollectoren op daken in een dorp in Duitsland, voor velen een gruwelbeeld [foto: Andy van den Dobbelsteen]

Een ander dak dat weliswaar vanuit sommige hoeken en hogere gebouwen zichtbaar is, maar dat acceptabel kan worden voorzien van PV-technologie, betreft het sheddak van het Tweede-Kamergebouw. Dat heeft momenteel een glazen dak, waarvan aan een zijde (de westzuidwestzijde, richting de Hofweg) lijkt hiervoor het meest geschikt het glas vervangen zou kunnen worden door op maat gemaakte PV-panelen, ook van de meest productieve, monokristallijne soort. Of deze panelen zouden boven het glas gemonteerd kunnen worden. Daarnaast is het mogelijk de andere shedzijde, oostnoordoost georiënteerd, te voorzien van transparant PV-glas, maar de opbrengst/investeringsverhouding hiervan zal minder gunstig zijn, zeker als de verminderde daglichtopbrengst in ogenschouw wordt genomen.

Op de westzuidwest georiënteerde vlakken van het sheddak van de Tweede Kamer kunnen (al dan niet op maat gemaakte) PV-panelen (van monokristallijn silicium) worden geplaatst.

Niet onbelangrijk: het daklandschap van het Binnenhof bestaat vooral uit schuine daken met dakpannen. Zoals eerder betoogd in hoofdstuk 3 is het bespreekbaar of het toevoegen van zonnetechnologie op historische daken – waarvan overigens de dakpannen ook al meermaals zijn vervangen – niet een ingreep is waar de moderne tijd om vraagt. In het verleden betekenden ingrepen zoals de

aanleg van een centrale verwarming, kunstverlichting en waterleiding- en rioleringsysteem ook een aantasting van de originele staat van historische panden, maar waren deze simpelweg noodzakelijk waren vanwege de toenemende eisen van de moderne tijd. Misschien vraagt de huidige tijd om een aanpassing van de dakpannen, teneinde deze energieproducerend te maken.

In dat geval zouden wij wel voorstellen om de dakpannen – en op sommige plekken: dakleien – te vervangen door PV-geïntegreerde producten, die eruitzien als de originele pannen en leien. Hiervoor gaan de productontwikkelingen snel richting architectonisch en historisch acceptabele oplossingen (zie figuur 5.9). Gezien de enorme omvang van het Binnenhofcomplex, is het voor te stellen dat met een producent direct afspraken te maken zijn over specifiek voor het Binnenhof op maat gemaakte producten.

Het is aan te bevelen serieus te kijken naar de mogelijkheid om voor het gehele Binnenhof PV-dakpannen en PV-dakleien toe te passen en daarover met een producent afspraken te maken voor op maat gemaakte producten.



Figuur 5.9: Dakpan- en dakleigeïntegreerde PV-technologie, zoals die momenteel door Tesla wordt ontwikkeld [bron: <http://stichtingmilieunet.nl>]; er zijn meer producenten mee aan de gang.

Ten slotte willen wij het Rijksvastgoedbedrijf wijzen op de grote en immer groeiende verzameling van PV-producten die veel beter architectonisch geïntegreerd kunnen worden in daken, gevels en andere oppervlakken. Ten opzichte van de traditionele blauwe en zwarte PV-cellen zijn inmiddels alle kleuren van de regenboog mogelijk – zij het met variatie in de stroomopbrengst – in zowel de traditionele 10-15 cm cellen, als in complete gevelpanelen en (semi-)transparante toepassingen als PV-glas (zie figuur 5.10). De transparante opties worden tegenwoordig ook in moderne glas-in-loodtoepassingen meegenomen.

Het is bij de renovatie van het Binnenhof aan te raden opties voor geïntegreerde PV-producten mee te nemen in de afweging bij onderdelen waar dit esthetisch en historisch gezien mogelijkheden biedt.



Figuur 5.10: Verschillende kleuren van keramische zonnepanelen zoals ontwikkeld door het Nederlandse Kameleon Solar (links) [bron: www.kameleonsolar.com], en transparante PV zoals toegepast in het Imec-gebouw [bron: <https://www.solarpowerworldonline.com>]

6 Financiële afweging

6.1 Van budget naar levensduurkosten

De geformuleerde onderzoeksvragen in § 1.4 gaan uit van een reflectie op een gegeven budget, binnen een overkoepelend kader sober en doelmatig. Het vehikel van een budget is echter niet geschikt voor een visie.

Het budget kan ten hoogste het resultaat zijn van een visie, en van de afwegingen die binnen een visie gemaakt zijn.

In de dagelijkse praktijk kan een budget goed worden gehanteerd. Zo kan het CBS rapporteren dat de gemiddelde verkoopprijs van een koopwoning in Nederland in 2018 is toegenomen tot ruim 287 duizend euro. Daar valt in sommige gevallen goed mee te rekenen. Aangezien iedereen woont, is er een goed beeld bij dat gemiddelde. Totdat Blaricum als duurste gemeente met 902 duizend en Delfzijl als goedkoopste met 142 duizend een aanzienlijke bandbreedte weerspiegelen. Is sober hetzelfde in Blaricum als in Delfzijl? De verschillen zijn ook groot omdat de gemiddelde afmetingen tussen woningen in beide steden nogal uit elkaar zullen lopen. Door te spreken over de waarde per m² ontstaat al iets meer duidelijkheid dan definitie in absolute bedragen. Renovaties in Blaricum en Delfzijl zullen nog verder uit elkaar lopen omdat bij een dergelijk prijsverschil ook een kwaliteitsverschil mag worden verondersteld.

Wonen is nog een redelijk eenduidige functie voor prijsvergelijkingen. Bovendien kan hier de definitie van 'sober en doelmatig' nog enigszins eenvoudig aan de eerste levensbehoeften en minimale comfort- en veiligheidseisen worden gekoppeld. Als er vanuit het gebruik allerlei functionele eisen aan worden gesteld, dan wordt die definitie van sober en doelmatig aanzienlijk ingewikkelder. Een winkel waar één klant in past is misschien wel sober en doelmatig, maar niet per se rendabel. Een functie als een parlement heeft per definitie een zeer inefficiënt ruimtegebruik waar elk kamerlid naast dé zetel nog vele andere zetels moet hebben, in werkkamers en commissiekamers, en wellicht ook nog bij andere ondersteunende functies als restaurant en persruimte. Met ook nog eens een beperking in dagen, in ieder geval voor sommige groepen, is een ruimtegebruik van 15% niet vreemd, waar andere commerciële functies daar een veelvoud van kunnen bereiken. Prijzen of budgetten per m² zijn dus niet altijd zinvol.

Zelfs binnen een functie ontstaan aanzienlijke verschillen door historische waarden. Indien een renovatie een toevoeging behelst die los van de context sober en doelmatig worden uitgevoerd, is het heel goed mogelijk dat het geheel daardoor in kwaliteit omlaag wordt gehaald. De gebruikers van het Binnenhof zullen hier hun eigen voorbeelden in kunnen vinden.

Naast de zeer betrekkelijke waarde van een budget om een ingreep te definiëren, zoals hierboven geschetst, ontbreekt ook de relatie met tijd en relevantie. De relevantie is het best te begrijpen aan de hand van voorbeelden. Er is een aantal 'onvoorwaardelijke' condities, zoals (brand)veiligheid. De enige trade-off voor renovatie is dan alternatieve sloop en nieuwbouw. Iets minder verplicht maar zeker net zo noodzakelijk zijn maatregelen ten aanzien van behoud, zoals het omgaan en voorkomen van

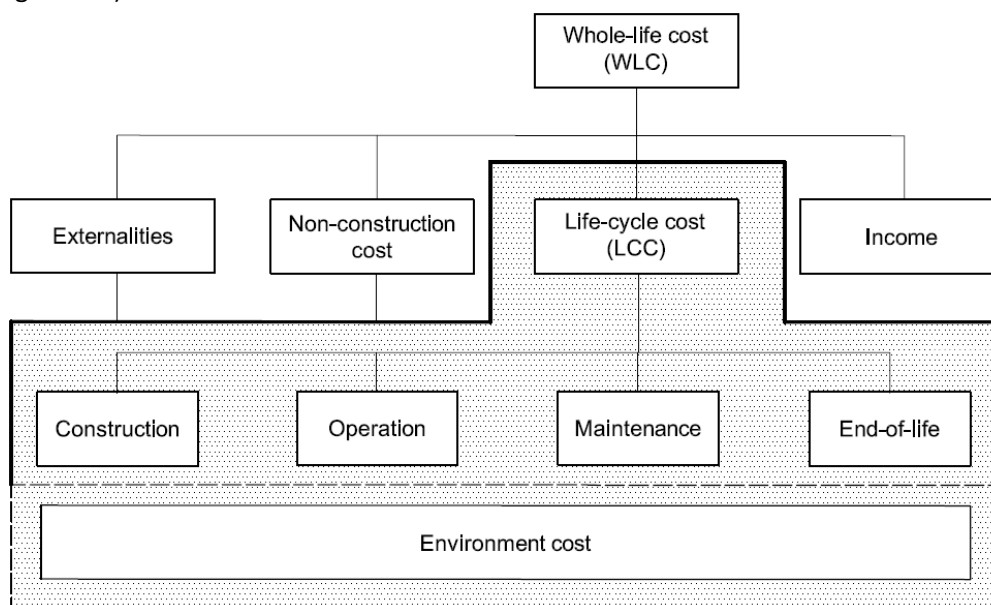
wateroverlast. Ook binnen de relatie tot relevantie moeten de maatregelen worden genoemd die te maken hebben met de doelstellingen. Een simpel voorbeeld is isolatie, waarbij een te sobere uitvoering betekent dat de noodzakelijke kwaliteitseisen niet worden gehaald, maar de trade-off moet worden gevonden in de maatschappelijke kosten-batenanalyse van het mogelijk niet halen van nationale doelen door een onvoldoende voorbeeldfunctie. Als laatste, nog steeds binnen het kader van sober en doelmatig, vallen wenselijke toevoegingen als verbetering in de functionaliteit en combinaties met het overige werk.

De relatie met de tijd komt ook slecht tot uitdrukking in het budget. Enerzijds hebben ingrepen zoals isolatie en zonnepanelen een directe link met het energiegebruik, en hebben daardoor een zekere terugverdientijd. Dit geldt overigens ook voor bouwkundig werk – de oriëntatie van het gebouw is een zeer belangrijke factor. Anderzijds is de materiaalkeuze sterk gerelateerd aan de levensduur. Dus om een behoud van 25 jaar te garanderen, is ook een sobere uitvoering van voldoende kwaliteit. Onze conclusie derhalve:

Om ruimte te geven aan een visie op duurzaamheid is het advies om het budget direct van tafel te halen en andere wegen te vinden om de uitgaven te beheersen, zoals middels levensduurkosten, of *total cost of ownership* over de doeltermijn van 25 jaar.

In het commerciële perspectief van ontwikkelaars en investeerders is huur en de relatie tot het begrip *'willingness to pay'* hét middel om waarde in tijd en geld uit te drukken. In het geval van het Binnenhof, of andere non-profit instellingen, gaat het er niet om dat gebruikers huur aan de gebouwbeheerder moeten gaan betalen, maar wel dat de verschillende ingrepen kunnen worden gewaardeerd op hun financiële invloed, uitgedrukt in de dimensies ruimte en tijd. In straattaal wordt dat huur genoemd. Die huurwaarde (of het behoud van huurwaarde) gedurende de beoogde periode van 25 jaar kan worden gerelateerd aan de investering.

Geavanceerder is het om de renovatie c.q. de verschillende ingrepen uit te drukken in levensduurkosten (figuur 6.1).



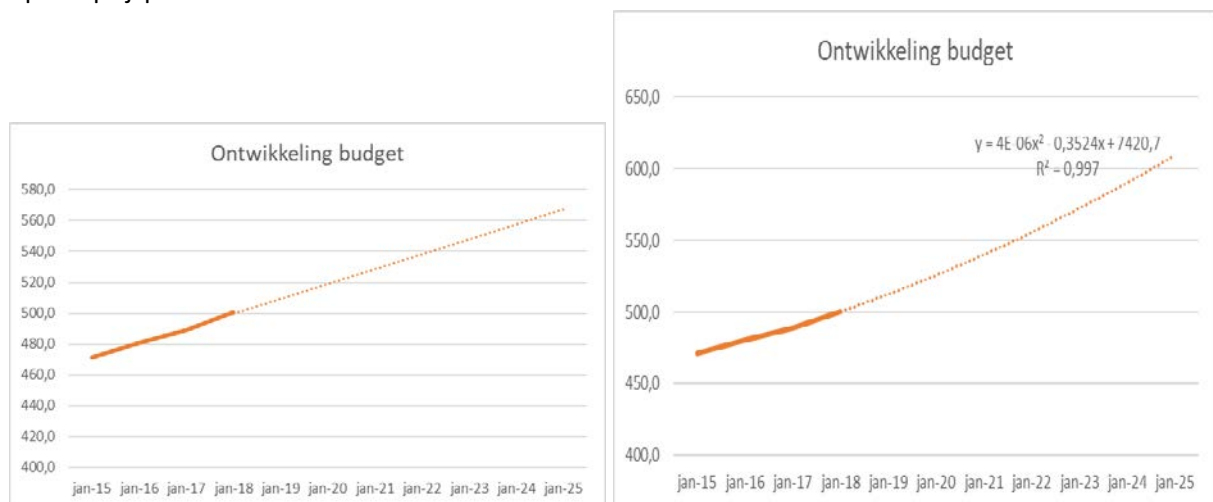
Figuur 6.1: WLC- en LCC-elementen [NEN-ISO, 2008]

Het RVB heeft ongetwijfeld de kennis in huis om een begroting in levensduurkosten op te zetten, in lijn met de Europese standaard en volgens Nederlandse norm NEN 2699 (2013). Zij hebben immers aan de totstandkoming van deze norm bijgedragen. Wellicht is zelfs ook al de begroting volgens deze vorm gemaakt. De uitdaging is om ook de beleidsmakers en gebruikers in deze terminologie mee te nemen.

Het is ook mogelijk om, met de NEN 2699 in de hand, met een gedefinieerde beschouwingsperiode en een beoogde restwaarde uit die levensduurkosten weer een budget te genereren, met het risico dat gebruikers, pers en publiek weer met het enkele bedrag aan de haal gaan, met name bij de hierna beschreven onvermijdelijke budgetoverschrijding.

6.2 Bevordering van duurzame bouwinnovatie

De bouwindustrie is conservatief en van oudsher gericht op de realisatie van gebouwen die worden opgeleverd aan een gebruiker. Die overdracht bestaat uit een gebouw versus een investering. Om hier sturing op te houden wordt de ontwikkeling van het gebouw gelimiteerd door een budget. Ook in het geval van een verbouwing, een renovatie, wordt in dergelijke termen naar het project gekeken. Ook hier is sprake van een budget. De gebruiker, die dus pas – hopelijk langdurig – profijt heeft van de verbouwing na afloop van het project, moet meegaan in die begrippen van een projectduur en een projectbudget. In het geval van de renovatie van het Binnenhof is dat budget gesteld op 475 miljoen²⁸, op het prijspeil van 2015.



Figuur 6.2: Ontwikkeling budget op basis van inputprijsindexcijfers CBS-index [bouwkosten.nl]. Lineaire extrapolatie vanaf januari 2019 tot 2025 versus polynoom

Op basis van de CBS-index kan ervan worden uitgegaan dat de investering in 2025 correspondeert met zo'n 575 miljoen in euro's van 2025, oftewel, in krantentermen van die tijd: een overschrijding van 100 miljoen. Het RVB werkt met de BDB-index, dat een vergelijkbaar beeld geeft. Ook andere indexen voor

²⁸ Ons is vaak gevraagd of dit een realistisch bedrag is. Het antwoord is dat dit lastig is vast te stellen. Via inzendingen voor de Gulden Feniks zouden prijzen per vierkante meter kunnen worden vergeleken; echter, het probleem is dat geen van die losse gebouwen technisch gezien vergelijkbaar is met de complexe verzameling aan panden aan het Binnenhof. Daarnaast komt dat het RVB door hun eigen inkoopbeleid al met +20% moet rekenen, waardoor vergelijking lastig wordt.

de bouw geven, op basis van recente prijsontwikkelingen, een min of meer lineaire extrapolatie – een bescheiden groei bovenop inflatie. Het is echter onwaarschijnlijk dat, met de druk op de capaciteit in de bouw ten gevolge van ‘grote projecten’, zoals de woningbouwopgave en de energietransitie, de prijsontwikkeling in de bouw deze trend ten opzichte van inflatie zal volgen. Een extra stijging kan juist worden verwacht op basis van de conservatieve houding van de bouw²⁹, waar de grotere bouwopgave en de energietransitie, net als de renovatie van het Binnenhof, juist om innovatie vragen. De tweede grafiek van figuur 6.2 is dan waarschijnlijker.

Het doel van de renovatie is echter niet om 475 of 600 miljoen euro uit te geven, maar om de waarde van het Binnenhof te behouden. Die waarde blijft ook na 2025 behouden, indien het onderhoud daar zorg voor draagt en indien de vraag blijft bestaan. Die blijvende vraag, het faciliteren van het democratische proces, is in de opgave gedefinieerd voor tenminste 30 jaar. In termen van het principe van levensduurkosten is daarmee nog geen einde van de levensduur gedefinieerd. Integendeel, de veronderstelling is behoud van kwaliteit bij voldoende onderhoud. In deze methodiek is de waarde van de renovatie met lineaire extrapolatie dan opgelopen tot 850 miljoen in 2055.

In de slag om duurzaamheid wordt een derde principe geïntroduceerd. Maatregelen om een bepaalde duurzame doelstelling te halen worden weggezet als meerkosten en gekoppeld aan de mogelijke besparing op de energierekening, uitgedrukt in een terugverdientijd. Het duurzame doel is breder dan energie, want immers ook andere grondstoffen en een optimaler functioneren (socialer, gezonder en veiliger) vraagt om een ruimer kostenbeeld, met ook maatschappelijke en ecologische kosten.

Het is ongetwijfeld waar dat sommige duurzame maatregelen zullen leiden tot aanvullende investeringen. In veel gevallen betekent dit werken met een alternatief en kan de integrale duurzame benadering leiden tot minder materiaalgebruik, goedkoper, en efficiënter gebruik.

6.3 Kostenklassen en maatregelenpakketten

Zoals wij eerder aangaven, zou het huidige budgetdenken – in combinatie met de premisse dat duurzame maatregelen niet een noodzaak maar extra zijn, dus vertaald in meerkosten en in het beste geval beschouwd als een investering die zich terug zou moeten verdienen – van tafel moeten om ruimte te geven voor een plan dat in alle opzichten op lange termijn verstandig is, economisch, sociaal en ecologisch.

Echter, de opdracht voor de renovatie van het Binnenhofcomplex is door de Tweede Kamer gegeven met harde randvoorwaarden met betrekking tot het beschikbare budget binnen het begrip ‘sober en doelmatig’, dus in deze paragraaf trachten wij de voorgestelde aanvullende maatregelen financieel te categoriseren naar investeringshoogte en langetermijneffect.

²⁹ Een van de verklaringen voor een relatief hogere index voor deze ‘productgroep’.

6.3.1 Ingrediënten

Om de verschillende duurzame ingrepen toch te kunnen waarderen en daarmee te prioriteren en te vergelijken met minder duurzame alternatieven kan een klassering worden opgesteld. Ingrediënten van deze klassering zijn:

- Passief of actief. Passieve maatregelen zijn veelal bouwkundige maatregelen die geen installatie-technische ingrepen en hulpenergie behoeven; bij actieve maatregelen is dat wel het geval. Daarmee zijn ze een alternatief voor een andere passieve maatregel, wat het vaak financieel om het even maakt; denk daarbij aan oriëntatie, zonering, compartimentering, optimale daglicht-toetreding, etc. Maar ook sommige actieve maatregelen betreffen de vervanging van een regulier product door een duurzamere variant die niet per se duurder hoeft te zijn; denk bijvoorbeeld aan waterbesparende armaturen of pompen met een hoger rendement. Vanuit duurzaamheid is de keus daarom bijna altijd eerst passief, waar nodig aangevuld met actief.
- Meerinvestering. Niet elke duurzame investering is ook een meerinvestering, zeker waar eenvoud een kwaliteit in de oplossing kan zijn. De term investering impliceert dat de kost voor de baat uitgaat en dat revenuen te verwachten zijn. Deze bepalen dan de terugverdientijd, waarover zo meer. Waar sprake is van meerkosten moet ook duidelijk kunnen worden gemaakt welke kwaliteit met deze meerinvestering wordt bediend.
- Terugverdientijd. Dit is de tijd waarover de investering in een maatregel zichzelf door (energie- of water)besparingen terug heeft verdiend. De terugverdientijd zal per project afhankelijk zijn van de randvoorwaarden en de technische uitwerking van de maatregel. Vanwege de lange doeltermijn van de Binnenhofrenovatie is, zou nagenoeg elke ingreep met een terugverdientijd kunnen worden toegepast. Toch is het wenselijk om elke individuele ingreep af te wegen op opbrengst, onderhoud en slijtage, evenals te verwachten technologische ontwikkeling.
- Conservering. Los van de monumentale waarde die het Binnenhof vertegenwoordigt, is een lange levensduur van gebouwen en de mate waarin ingrepen daaraan bijdragen een onderdeel van de klassering voor duurzame alternatieven. Naast het materiële hergebruik is die levensduur-optimalisatie een van de waarden van circulariteit.
- Flexibiliteit. Flexibiliteit kan ook gelden als een bepalend argument. Met 25 jaar als functionele termijn is duidelijk dat er een gerede kans is dat gebouwdelen in die periode een andere functie kunnen krijgen. Dat geldt in ieder geval voor de klimaatinstallaties, die doorgaans elke 15-20 jaar worden vervangen, zeker waar veel technologische vooruitgang is te verwachten³⁰.
- Andere voordelen. Hierbij gaat het om effecten van ingrepen die niet eenvoudig in kosten-consequenties vertaald kunnen worden, zoals gezondheid, leefkwaliteit en biodiversiteit. Middels onderzoek zou voor elk van deze voordelen berekend kunnen worden wat de (maatschappelijke) kosten en baten zijn, maar dit speelt vaak op langere termijn, en indirect, door bespaarde gezondheidskosten, een vitale economie of hogere landbouwopbrengsten.

Bovenstaande opsomming maakt opnieuw duidelijk dat de duurzame afweging zich lastig in een louter financieel model laat vatten. In sommige gevallen, zoals de terugverdientijd, is die financiële component herkenbaar. Bij bijvoorbeeld flexibiliteit gaat het eerder om risicobeheersing en verlenging van

³⁰ Om deze reden is een circulaire benadering middels product service systems aan te raden op die onderdelen waar nog veel technologische vooruitgang is te verwachten: de leverancier kan dan een nieuw product inbrengen zodra dat beschikbaar is, en het oude product laten verwerken.

de functionele levensduur, en daarmee de noodzaak voor opnieuw investeren op korte termijn na de ingreep.

6.3.2 Kostenklassen

Om meer duidelijk te scheppen in de financiële consequenties worden kostenklassen genoemd in het overzicht van maatregelen hieronder. Deze betekenen het volgende.

- Klasse 1: Veelal passieve maatregelen die niet tot een meerinvestering hoeven te leiden of zelfs direct financiële winst opleveren. Voorwaarde is dat de maatregelen op tijd worden meegenomen in het ontwerp; aanpassingen achteraf hebben vrijwel altijd (negatieve) kostenconsequenties.
- Klasse 2: Dit zijn maatregelen met een korte terugverdientijd: 7 jaar of minder; een andere wijze om dit te formuleren: binnen 7 jaar levert de maatregel financiële winst op.
- Klasse 3: Deze maatregelen hebben een lange terugverdientijd, maar wel binnen de 25 jaar termijn van de Binnenhofrenovatie; ze zijn dus over de levensduur financieel neutraal. Bij dergelijke lange termijnen zijn andere economische aspecten relevanter dan de terugverdientijd sec.
- Klasse 4: Deze maatregelen hebben een relatief geringe meerinvestering die zich niet binnen 25 jaar terugverdient; zij kunnen echter een bijdrage leveren aan een betere gezondheid, een lagere milieubelasting of in het algemeen tot een meerwaarde voor huisvesting.
- Klasse 5: Deze maatregelen betekenen een relatief grote meerinvestering die zich niet binnen 25 jaar terugverdient; deze vereisen derhalve een sterke argumentatie. Het zal duidelijk zijn dat maatregelen met hoge kosten en een relatief beperkt effect niet tot deze groep behoren. Eerdergenoemde gezondheid, leefkwaliteit en biodiversiteit vallen hieronder, en zoals gezegd wil dat niet zeggen dat deze op lange, indirecte wijze alsnog grote financiële voordelen kunnen hebben. Wat betreft de Binnenhofrenovatie geldt dat conservering of flexibiliteit een goed argument kunnen zijn, maar ook een eventuele grote CO₂-besparing die (vanwege het ontbreken van CO₂-taks) niet in geld is vertaald.

6.3.3 Maatregelenpakketten

Op basis van genoemde kostenklassen kunnen pakketten worden samengesteld van maatregelen, van weinig ambitieus tot gedurfd en gebalanceerd. De term 'gebalanceerd' wordt gebruikt om aan te geven dat het gaat om een pakket dat over de doeltermijn van 25 jaar financieel neutraal zal zijn. Daarbij is niet gekeken naar de hoogte van de investeringen³¹.

- Pakket D: het referentiepakket, sober en doelmatig, zonder aandacht voor duurzaamheid. We kunnen stellen dat het door de Tweede Kamer gefiatteerde plan aanstuurde op dit pakket.
- Pakket C: alle duurzaamheidsmaatregelen uit kostenklasse 1. Geen meerinvestering, wellicht wel winst in energie- en waterbesparing en dus financieel aantrekkelijker dan pakket D. In feite is het VO van de Binnenhofrenovatie gebaseerd op dit pakket: dankzij de betrokken adviseurs (zowel

³¹ Dit is van belang, want ook al verdient een maatregel zich in een jaar terug, op het moment dat er een hoge investering voor nodig is, zal het budget daarvoor toereikend moeten zijn: er is aan de startstreep een zak geld nodig die de investering mogelijk maakt – ook dus als die zich binnen een jaar terugverdient. Mede hierom stellen wij voor bij de Binnenhofrenovatie niet over een budget te spreken, maar over *total costs of ownership*, over de doeltermijn van 25 jaar.

vanuit de markt als van het Rijksvastgoedbedrijf) zijn er duurzaamheidsmaatregelen voorgesteld, maar enkel diegene die geen meerinvesteringen betekenen.

- **Pakket B:** alle maatregelen uit kostenklasse 1 en 2. Met dit pakket worden alle investeringen binnen 7 jaar terugverdiend en leveren zij binnen de doeltermijn van de Binnenhofrenovatie (25 jaar) een hoge financiële winst op. Desondanks heeft de Tweede Kamer hier in het voorjaar van 2019 tegen gestemd.
- **Pakket B+:** maatregelen uit kostenklasse 1, 2 en 4. De regering en het parlement kunnen zich afvragen of een grote resterende financiële marge van maatregelen uit klasse 1 en 2 het doel is van een publiek project. Daarom kunnen ze worden gecombineerd met maatregelen uit klasse 4 of 5, want de meerkosten worden gedekt uit de opbrengsten (na 7 jaar) van de maatregelen uit pakket 1 en 2. In dit geval zal de combinatie na 25 jaar naar verwachting nog steeds een financiële marge opleveren.
- **Pakket B++:** maatregelen uit kostenklasse 1, 2 en 5. Vanwege de relatief hoge restwaarde van maatregelen uit pakket 1 en 2 ligt een combinatie met maatregelen uit klasse 5 voor de hand, want hun relatief hoge meerinvestering kan worden gedekt uit de relatief hoge opbrengsten van pakket 1 en 2.
- **Pakket A:** maatregelen uit kostenklassen 1, 2 en 3. Met dit pakket worden alle investeringen binnen de doeltermijn van de Binnenhofrenovatie (25 jaar) terugverdiend, en vanwege de maatregelen uit klasse 1 en 2 zal zelfs geld overblijven.
- **Pakket A+:** maatregelen uit kostenklasse 1, 2, 3 en 4. In dit geval zal de resterende financiële marge van maatregelen uit klasse 1 en 2 de geringe meerinvestering van pakket 4 billijken.
- **Pakket A++:** maatregelen uit kostenklasse 1, 2, 3 en 5. In dit geval bestaat het risico dat niet alle meerinvesteringen worden terugverdiend; dat zal afhangen van het aandeel maatregelen uit klasse 1/2 versus klasse 3.
- **Pakket A+++:** maatregelen uit alle kostenpakketten. Die van 1, 2, 3 en 4 zullen na 25 jaar om en nabij financieel neutraal zijn. De maatregelen uit klasse 5 zijn dan extra, een permanente verhoging van het investeringsbudget dat niet wordt terugverdiend, maar waarvoor gereede argumenten zijn, zoals de eerdergenoemde gezondheid, leefkwaliteit, biodiversiteit enerzijds en conservatie, flexibiliteit en CO2-besparing met de renovatieplannen anderzijds.

6.4 De aanvullende maatregelen en hun kosteneffecten

Hieronder staan de elf aanvullende duurzaamheidsmaatregelen die wij als mogelijkheid zien voor het Binnenhof, met de verwachte kostenklasse.

1. Duurzame warmtebronnen in het gemeentelijke warmtenet

Klasse 1. Vermoedelijk geen kostenconsequenties, aardgas moet vervangen worden door andere, duurzame bronnen, wat op termijn sowieso moet. Gebruiker (Rijksvastgoedbedrijf) koopt deze warmte in, hoeft er zelf niet in te investeren.

2. Lokale warmte- en koudebronnen

Klasse 2/3. Ligt aan de soort van lokale warmte en koude en de mate van *proven technology*. Bodemlussen zijn de laatste jaren veel toegepast, behelzen in de exploitatie minder risico dan WKO's en zullen eerder klasse 2 zijn, terwijl aquathermie (gebruik Hofvijver) nog meer in de kinderschoenen

staat, meer risico's heeft en misschien meer klasse 3 is vanwege de *non-proven technology*, waar in de komende jaren veel vooruitgang in verwacht wordt vanwege de vele projecten die op stapel staan. Overigens is voor het Binnenhof al gekozen voor het gebruik van een WKO. Deze voeden met duurzame warmte en koude van het complex zelf (restwarmte uit de gebouwen, bodem en Hofvijver) lijkt niet meer dan een logisch besluit om het systeem robuust te maken.

3. Na-isolatie, ramen vervangen en kierdichting op meer plekken

Klasse 2 in de meeste gevallen. Het gaat hier om oplossingen die doorgaans snel resultaat opleveren in het energiegebruik. Alleen waar na-isolatie lastig en bewerkelijk is (begane grondvloer, complexe binnen- of buitengevels), zullen de investeringen en daarmee de terugverdientijd hoger uitvallen. Dit moet per geval (pand, gebouwonderdeel) worden bepaald.

4. Alternatieve ventilatiesystemen

Klasse 2 gemiddeld. Zeker waar al na-isolatie, raamvervanging en kierdichting heeft plaatsgehad, wordt ventilatie (en infiltratie) de grootste post voor energieverliezen, dus in dat geval is aanpak van de ventilatie het meest effectief. Hier gaat het om het vervangen van het systeem van gecentraliseerde, volledig mechanische ventilatie door hybride en decentrale systemen.

Als een hybride systeem aanvullend is op een mechanisch systeem – als de natuurlijke toevoer niet het hele jaar plaatsvindt – is sprake van een meerinvestering die zich alleen terugverdient door een verminderd energiegebruik van de mechanische installatie. Dan verwachten we eerder een lage klasse 3, terwijl dat klasse 2 zal zijn als in de winter de toevoer via overkapte binnenhoven plaatsvindt (op onderdruk door de mechanische afvoer), en in de zomer juist de afvoer (op overdruk vanuit de mechanische toevoer), waardoor hetzelfde mechanische systeem twee kanten werkt en daarmee minder uitgebreid hoeft te zijn.

Bij decentrale ventilatie worden veel ventilatiekanalen en ventilatievermogen voorkomen en zit de investering in het aanbrengen van (vergeleken met 1 centrale luchtbehandelingskast) relatief duurdere decentrale units, die echter heel effectief zijn in warmteterugwinning en lokale vraagsturing. De verwachting is dat deze ten opzichte van de referentie een lage klasse 2 betekenen, met overall (inclusief materiaalgebruik en comfort) een gunstiger duurzaamheidsprofiel.

5. PV-systemen en zonnecollectoren op daken

Klasse 2 of klasse 3, afhankelijk van het gekozen systeem. Standaard panelen met (zwarte en blauwe) mono- of polykristallijne cellen verdienen zich tegenwoordig terug binnen 7 jaar, zonder subsidie, en deze stellen wij voor op onzichtbare platte daken en op het sheddak van de Tweede Kamer. Wat betreft meer innovatieve PV-producten voor dakpannen en leien: daarvan verwachten wij een terugverdientijd tussen de 10 en 20 jaar, maar zeker niet meer dan dat. Zoals eerder besproken stellen wij een proefvlak voor deze technologie voor waar dakpannen of leien toch moeten worden vervangen (en waaronder dan dakisolatie kan worden aangebracht).

De terugverdientijd van zonnecollectoren ligt rond de 10-15 jaar, ruim binnen de productgarantie. Van PVT-panelen is ons de terugverdientijd niet bekend, maar deze zal vanwege de combinatie van elektriciteits- en warmwaterproductie in het bereik van 7 tot 10 jaar liggen, mogelijk lager in de komende jaren, als deze techniek vaker toegepast zal worden.

6. Kortcyclische warmte- en koudeopslag

Klasse 2/3. Deze maatregel voorkomt pieken en dalen in de afstemming van vraag en aanbod, waardoor minder inefficiënte 'bijstook' nodig is. Vermoedelijk zijn PCM's eerder klasse 2, terwijl opslag van warmte in tanks of vaten eerder klasse 3 is, tenzij deze gecombineerd worden met een zonne- of warmtepompsysteem (dan onderdeel van dat systeem en eerder klasse 2).

7. Opslag van eigen elektriciteit

Klasse 3, maar sterk afhankelijk van de randvoorwaarden. Dit ligt namelijk sterk aan de toekomstige prijs van overschotten en tekorten in het gemeentelijke elektriciteitsnet. Op het moment dat de prijs van 'lozen' op het net financieel wordt verrekend vanwege het af- en aanschakelen van centrales, heeft het lokaal opslaan van eigen elektriciteit al snel een korte terugverdiëntijd (evenals het toepassen van *peakshaving* en slimme gebouwbeheersystemen), terwijl dit bij een gelijkblijvende prijs zich niet zal terugverdienen. De verwachting is dat op termijn salderen van eigen productie met een groot verschil tussen zomer- en winterproductie zal worden afgeschaft, waardoor ook het Binnenhof niet dezelfde prijs krijgt voor teruggeleverde stroom als voor wat het inkoop. Dan klasse 2.

Op het moment dat eigen elektriciteitsopslag wordt gezien als onderdeel van de noodstroomvoorziening van het Binnenhof, is deze maatregel simpelweg nodig en kan het niet worden gezien als extra duurzaamheidsmaatregel, hoewel de batterij of andersoortige opslag dan nooit helemaal leeg mag lopen, vergelijkbaar met het minimumniveau van de regenwateropslag die tevens dient als watervoorraad voor het Sprinklersysteem.

8. Circulaire materialen en producten

Klasse 4, gemiddeld. Doorgaans zijn circulaire producten iets duurder dan referentiematerialen, ook simpelweg omdat ze nog niet standaard zijn geworden en omdat de maatschappelijke kosten van een hoge milieubelasting nog niet worden verrekend in de prijs van niet-circulaire producten. Dit kan dus veranderen, maar voor het Binnenhofproject kunnen we het beste uitgaan van klasse 4.

9. Gebruik van hemelwater en gezuiverd grijs water

Klasse 4 of klasse 5. Dit is een deels een maatregel die verstandig is om redenen van klimaatadaptatie (regenwateropvang) en deels om het verspillen van hoogwaardig drinkwater te voorkomen (regen- en grijswatergebruik).

Vanwege de besparing op drinkwater en een lagere waterschapsbelasting – te onderhandelen met het waterschap – verwachten wij dat de investering in regenwateropvang en –gebruik klasse 4 zal zijn. Dit ligt aan de lage drinkwaterprijs in Nederland, waardoor een alternatieve oplossing zich niet snel zal terugverdienen. Maar bij regenwater zal de meerinvestering naar verwachting beperkt zijn en om redenen van klimaatadaptatie een waardevolle zijn: wat is de prijs van een voorkomen overstroming? Voor het zuiveren en gebruiken van grijswater verwachten we dat de investeringen (niet zozeer die in een helofytenfilter, maar vooral in het systeem van verschillende opslagvaten en verbindende leidingen) ten opzichte van de prijs van drinkwater procentueel hoog zijn en zich niet terugverdienen. Klasse 5 dus, maar niet een klasse 5 met een bijzonder hoge investering.

10. Duurzame groenvoorzieningen

Klasse 4/5. Investerings in groen verdienen zich niet gemakkelijk terug, vertaald in een traditionele financiële vergelijking van kosten en baten. Klasse 4 of 5 hangt daarom enkel af van de mate waarin in groen geïnvesteerd wordt: grootschalig (klasse 5) of beperkt (klasse 4). Natuurlijk laten wij dan vele

positieve effecten van groen buiten beschouwing: biodiversiteit, natuurlijke koeling (door schaduw en verdamping), regenwaterbuffering, welbevinden en eventueel ook als onderdeel van het klimaatstelsel.

11. CO₂-accountancy en -verantwoording

Klasse 4. Hoewel het analyseren, meten en monitoren van de CO₂-uitstoot bewustzijn creëert en daarmee gedrag verandert, is dit lastig vooraf in te schatten en gaan we er voorlopig van uit dat het proces van CO₂-boekhouding een extra bezigheid is die een geringe meerinvestering vraagt (de jaarlijkse metingen en rapportages) die zich niet direct terugverdient, maar die vanwege de ernst van de situatie een verantwoordelijkheid hoort te zijn van een overheid die klimaatdoelstellingen formuleert en van maatschappelijke partijen verwacht zich hiervoor hard te maken. Het Rijk en andere overheden dienen zich als eerste te verantwoorden voor hun prestatie op dit vlak.

12. Certificering middels BREEAM-NL

Klasse 4: Er zijn ondertussen de nodige onderzoeken gedaan met betrekking tot de financiële effecten van certificering op het prijsniveau ten gevolge van de compensatie in de energierekening. Tegelijkertijd is er nog de nodige discussie over de vermeende meerwaarde van die certificering, tot wel 16% bij verkoop en 5% bij huur, omdat een duurzaam bouwproces, resulterend in zo'n certificaat van BREEAM, LEED of EnergyStar, altijd gepaard gaat met een ander bouwproces. In de meeste certificaten worden ook credits verdiend met een meer duurzaam proces, waarbij gebruikersparticipatie een vast onderdeel is. Doordat gebruikers dus eerder krijgen wat ze willen, is niet het hele prijsvoordeel aan die energiekant toe te wijzen.

13. Actieve gebruikersparticipatie

Klasse 1/4: Het startmoment van die participatie is de bepaling van de financiële ruimte, zoals aan het begin van dit hoofdstuk beschreven, de *trade-offs* op het niveau van de diverse ingrepen in hun relevante categorie. Op dat moment is het van belang dat het gedrag van de gebruiker ook van invloed kan zijn op het type ingreep en de effecten op de kosten. Dit geldt voor (brand)veiligheid, duurzaamheid en andere zaken. Een meer open benadering vergt extra kosten over wat allemaal besproken kan worden, maar ook dit is een *trade-off*. De extra kosten van het (niet) reageren op ruis brengt ook kosten met zich mee.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

7.1.1 Duurzaamheid

Originele onderzoeksvragen:

- Wat is de definitie van duurzaamheid en wat wordt verstaan onder integrale duurzaamheid?
- Wat zijn de grootste uitdagingen voor duurzaamheid in de gebouwde omgeving?
- Welke gebiedsgerichte duurzaamheidsmaatregelen kunnen worden getroffen?
- Wat zijn recente nationale en internationale ontwikkelingen en benchmarks?

Integrale duurzaamheid heeft betrekking op zowel de klimaatdoelstellingen (CO₂-neutraliteit), klimaatadaptatie en circulariteit van alle essentiële stromen (energie, water, materialen en hun afvalstromen), waarbij rekening gehouden wordt met de (cultuur-historische, sociaal-culturele, functionele en technische) waarden en bouwfysische aspecten van de onderhavige panden, evenals de financiële consequenties. Er zal hierbij aandacht worden besteed aan nationale en internationale ontwikkelingen en benchmarks.

De grootste uitdaging waar de gebouwde omgeving voor staat, heeft te maken met klimaatverandering, en de daaraan gekoppelde noodzaak tot klimaatadaptatie en klimaatmitigatie (CO₂-neutraliteit), en circulair bouwen.

De verwachte gevolgen van klimaatverandering zijn frequentere hittegolven, langere periodes van droogte, afgewisseld met periodes met zware neerslag, zeespiegelstijging, meer en heftigere stormen. Voor de gebouwde omgeving betekent dit dat met een temperatuurtoename van 2 tot 3 graden Celsius rekening gehouden moet worden en dus met meer behoefte aan koeling. Daarnaast zal hemelwater langer gebufferd en nuttig gebruikt moeten worden. Voor het Binnenhof en alle daaraan verbonden panden geldt dat die na renovatie ook bij een 2-3 graden warmer klimaat comfortabel en energie-efficiënt moeten zijn. Bij de renovatie zal meer dan voorheen rekening moeten worden gehouden met het voorkomen van ongewenste opwarming en met meer koelcapaciteit. Daarnaast zou hemelwaterbuffering en –gebruik aandacht moeten krijgen.

Conform de klimaatverdragen van Parijs en Katowice zal de gebouwde omgeving in 2050 CO₂-neutraal moeten zijn, en conform EU-regels hoort nieuwbouw in 2020 als ‘nearly zero-energy’ te zijn. De grootste opgave zal de aanpak van bestaande bouw zijn. Het Binnenhof is daar een buitengewoon voorbeeld van, dat als voorbeeld kan dienen voor de aanpak van monumentale complexen, een positief voorbeeld voor Nederlandse bedrijven en burgers.

Gezien de schaarste aan grondstoffen, maar ook voor het voorkomen van onnodige productie van afvalstromen, is het noodzakelijk dat Nederland op termijn een volledig circulaire economie wordt en al zijn grondstoffenstromen hergebruikt of recycleert of uit biologische, nagroeibare bronnen haalt. Voor renovatie-ingrepen in het Binnenhof is het belangrijk om circulariteit als uitgangspunt te nemen. Over circulariteit kunnen in het renovatieontwerp voor het Binnenhof specifiekere voorstellen gedaan worden voor toe te passen materialen, producten en product service systems.

Een duurzame renovatie van het Binnenhof staat niet los van jarenlange ontwikkelingen in de gebouwde omgeving. Het accent van de bouwindustrie is verschoven naar instandhouding, renovatie en transformatie. Het afgelopen decennium zijn vele spraakmakende, prachtige projecten opgeleverd met een duurzaam resultaat, waaronder ook rijks- en gemeentelijke monumenten. Het is daarom geen onredelijke gedachte om het Binnenhofcomplex tot een toonbeeld van duurzaamheid te maken.

In diverse andere Europese landen vindt verduurzaming van monumenten plaats. Veelal geldt, net als in Nederland, dat duurzaamheidsingrepen niet ten koste mogen gaan van de monumentale waarde. Desondanks is in al deze landen de trend om waar mogelijk monumentale gebouwen na te isoleren. Wellicht het bekendste internationale voorbeeld van een historisch parlamentsgebouw dat gerenoveerd en verduurzaamd is, is het gebouw van de Reichstag in Berlijn, Duitsland, dat gedurfd is aangepast in zowel bouwkundige als installatietechnische. Daarnaast is het aangesloten op een warmtenet.

In Nederland zijn in de afgelopen decennia verschillende instrumenten ontwikkeld om de duurzame transitie van zowel gebouwen als steden te ondersteunen, en bij de renovatie van het Binnenhof kan hiervan gebruik worden gemaakt. Dat geldt ook voor de duurzaamheidscertificering, waarmee naast een oordeel over de kwaliteit van de ingrepen, het proces en het eindresultaat ook een scherpe blik behouden blijft op het meenemen van alle relevante aspecten.

7.1.2 Ingrepen, erfgoedwaarde en bouwfysica

Originele onderzoeksvragen

- Hoe kan bij de duurzaamheidsopgave worden omgegaan met de erfgoedwaarde van vastgoed?
- In welke mate en hoe verstrekkend mogen ingrepen zijn in gebouwen met erfgoedwaarde?
- Wat zijn bouwfysisch gezien verstandige duurzame ingrepen in gebouwen met erfgoedwaarde?
- Kan een gebouw het best zijn duurzame energie zelf opwekken of centraal aangeleverd krijgen?

Ingrepen in gebouwen met erfgoedwaarde moeten altijd goed worden doordacht en afgewogen. Uitgangspunt daarbij moet altijd zijn dat de erfgoedwaarde moet worden meegewogen in de beslissing en dat de technische kwaliteit van het bouwwerk ten gevolge van de ingrepen niet aangetast mag worden (in de loop der jaren). Met andere woorden: de ingreep moet compatibel en zo duurzaam mogelijk zijn. Tegenwoordig komt daarbovenop de noodzaak om het gebouw tevens toekomstbestendig te maken. Het is daarom ook onrealistisch en achterhaald te stellen dat technische ingrepen niet tot aantasting van cultuurhistorische waarde mag leiden. Dit zou impliceren dat cultuurhistorische waarde absoluut kan worden vastgesteld en dat daar rekenkundig mee om kan worden gegaan.

De oplossing van dit soort vraagstukken ligt in het proces: het gaat om een afweging van ingrijpen versus niet-ingrijpen, met consequenties voor alle relevante criteria. Het coördineren en samenbrengen van wat gegeven en genomen wordt is een van de belangrijkste taken van een architect bij het omgaan met monumenten.

Veel gebouwen met monumentale waarde kunnen meestal aan de buitenkant niet worden na-geïsoleerd, hoewel dat bouwfysisch wel de beste optie is. Ook hebben veel oudere monumenten geen spouwmuur. Wat betreft isolatie blijft dan als enige mogelijkheid over het isoleren van de binnenkant van de gevels. Isoleren aan de binnenzijde is echter niet zonder risico. Vochtproblemen, vorst-

problemen, zoutuitbloei, etc. zijn aspecten om goed rekening mee te houden. Voordat overgegaan wordt tot na-isolatie aan de binnenzijde van de gevel van monumenten dient goed bouwtechnisch en bouwhistorisch onderzoek van de gevels plaats te vinden. Ook het (experimenteel) bepalen van de daadwerkelijke U-waarde van de (massieve) historische gevel kan bijdragen aan het ontwerpen van een beter geschikte isolatie-oplossing. Op basis daarvan kan een weloverwogen keuze gemaakt worden om wel of niet te isoleren. Desondanks is het vaak, ook in het Binnenhofcomplex, toch mogelijk om aan de binnenzijde te isoleren. Daarbij kan een van de volgende twee oplossingen gebruikt worden: isoleren aan de binnenzijde op een dampdichte manier (dampdichte isolatiematerialen of dampopen isolatiematerialen plus dampremmende laag aan de warme zijde); isoleren aan de binnenzijde met capillair actieve dampopen materialen. Deze eerste categorie verdient bij de uitvoering extra aandacht om te zorgen voor een dampdichte en luchtdichte binnenlaag. De tweede categorie vereist vooronderzoek op basis van dynamische thermisch-hygrische simulaties om vast te stellen of dit op een bouwfysisch verantwoorde manier kan.

Ook bij het verbeteren van de technische en thermische kwaliteit van de transparante delen van de gevels dient erfgoedwaarde en zichtbaarheid van de ingrepen meegewogen te worden. Bouwfysisch gezien zijn er diverse mogelijkheden die geschikt zijn. Allereerst kan de technische staat van de ramen, kozijnen en luiken worden verbeterd en de luchtdichtheid hiervan worden verhoogd. Dit betekent wel dat er minder lucht langs het hout stroomt waardoor droging van het hout wordt bemoeilijkt. Daarvoor is het noodzakelijk om voor voldoende ventilatie langs andere weg te zorgen en ervoor te zorgen dat de lucht in het gebouw niet te vochtig wordt. Verder kan de thermische kwaliteit van het glas worden verbeterd. Goede mogelijkheden voor het Binnenhofcomplex liggen in het aanbrengen dan wel verbeteren van achterzetramen, het aanbrengen waar mogelijk van HR++ glas en/of het gebruik van hoogwaardig vacuümglas. Deze maatregelen zullen slechts een beperkt (meestal acceptabel) effect hebben op de visuele kwaliteit van het monument.

Een belangrijke andere ingreep die extra aandacht vraagt is de ventilatievoorziening. Het huidige Binnenhofcomplex omvat een mix van natuurlijke ventilatie, mechanische afzuiging en gebalanceerde ventilatie. Gebalanceerde ventilatie in combinatie met warmteterugwinning kan een zeer energiezuinig ventilatiesysteem opleveren. Hierbij is overigens de elektriciteit benodigd voor de ventilatoren zeker niet te verwaarlozen. Echter, het nadeel van dit systeem is dat een dubbel luchtkanalenstelsel moet worden aangebracht dat zeker in monumenten vaak lastig in het gebouw is in te passen vanwege beschikbare ruimte en de monumentale waarde(n). Eventuele CO₂ sturing kan de hoeveelheid verse lucht verder beperken tot die hoeveelheid die noodzakelijk is; daarbij wel ook rekening houdend met de benodigde hoeveelheid lucht om houten onderdelen in de gevel voldoende te kunnen laten drogen. Volledig natuurlijke ventilatie of natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging van lucht vereist over het algemeen de aanwezigheid van roosters in de gevels. Dergelijke roosters zijn niet gewenst in gevels met monumentale waarde. Daarnaast is volledige natuurlijke ventilatie moeilijk goed te regelen omdat weersinvloeden een belangrijke rol spelen. Voor het Binnenhofcomplex zou een hybride variant (combinatie van type D in de winter en type A of C (wel afzuiging in toiletten en keukens) een interessante optie kunnen zijn omdat dan het beste van beide systemen wordt gecombineerd. De natuurlijke toevoer van verse lucht zou dan echter bij voorkeur niet via roosters plaats moeten vinden (vanwege monumentale gevels) maar via slimme te openen ramen. Dit vereist goede regeltechniek en aandacht voor de ramen.

Voor de energietransitie is ons uitgangspunt dat de energievraag, -afstemming en -productie eerst zoveel mogelijk lokaal (gebouw, complex, buurt) moet worden opgelost, ook omdat dit voordelen heeft voor comfort van gebruikers en voor het toepassen van lagetemperatuursystemen. Opschalen naar wijk, stad en regio kan altijd nog, en zal in de toekomst waarschijnlijk problemen opleveren als meer projecten daar beroep op doen. Dit geldt voor zowel warmte als elektriciteit. Uit studies die wij recent hebben gedaan, blijkt dat warmte kan worden opgelost, maar dat elektriciteit een uitdaging is. Steden moeten in de nabije toekomst hun eigen stroom opwekken, of dit in de regio oplossen, en daar mag de zee niet toe gerekend worden. Met de dichtheden van de Metropoolregio Rotterdam-Den Haag, zal het beroep op de beschikbare ruimte enorm zijn. Kortom, ook in eigen elektriciteits-opwekking zal het Binnenhof zo ver mogelijk moeten gaan.

Het Binnenhofcomplex biedt goede mogelijkheden voor het aanbrengen van PV-panelen op de daken van de gebouwen H, K en N. Deze daken zijn niet zichtbaar vanaf de begane grond en hebben daardoor geen invloed op het uiterlijk van het gebouw vanuit het perspectief van voorbijgangers. Op die manier kan een groot deel van de elektriciteitsvraag binnen de grenzen van het complex zelf duurzaam opgewekt worden. Ook het aansluiten op het initiatief van EnergieRijk Den Haag 2.0 voor de levering van warmte is een goede keuze. Daarmee kan het complex nu en in de toekomst voorzien worden van duurzame warmte. Er vanuit gaande dat in de nabije toekomst door toevoeging van meer duurzame bronnen van warmte aan het warmtenet de temperaturen van dit net naar beneden gaan, zal nu al rekening gehouden moeten worden met een verlaging van de warmtebehoefte van de gebouwen. Dit betekent dat na-isolatie van zoveel mogelijk gebouwen uit het complex waar mogelijk tijdens de huidige renovatie meegenomen moet worden. Dit voorkomt dat over 10 a 15 jaar het complex opnieuw een grondige renovatie moet ondergaan. Tevens zorgt na-isolatie ervoor dat de vermogens van aan te brengen verwarmingssystemen kleiner kunnen worden.

7.1.3 Financiële consequenties van ingrepen

Originele onderzoeksvragen:

- Wat zijn de investeringen, terugverdientijden en restkosten en –waarden van duurzaamheidsingrepen?
- Kunnen er maatregelen genomen worden die (gezien het monumentale karakter) een hoge investering maar een reële terugverdientijd kennen?
- Welk financieel afwegingssysteem kan de hoogte van de investeringen, verschillende terugverdienperiodes en maatregelenpakketten meenemen?

Een meer definitieve invulling van investeringen, terugverdientijden en restkosten en –waarden van duurzaamheidsingrepen is pas dan mogelijk als de uitgangspunten ook in overeenstemming met de duurzaamheidsvisie worden gebracht. De investeringen rond de oplevering van de renovatie, zoals het budget wordt geïnterpreteerd, zijn onlosmakelijk verbonden met vervolginvesteringen als gevolg van de geleverde kwaliteit en wijzigende eisen. Per ingreep kunnen terugverdientijden worden berekend, veelal door de besparing op de energie door die ingreep. De verschillende ingrepen hebben echter de nodige invloed op elkaar. De prestatie hangt soms af van een temperatuur range of verschil, terwijl ook het totaal van terugverdienen niet meer kan zijn dan de huidige energierekening – in die benadering kun je niet meer besparen dan wordt uitgegeven. Ook kunnen die terugverdientijden niet worden losgekoppeld van de context. Vergoedingen voor het terug leveren aan het grid/net, en

überhaupt de kosten voor netwerkbeheer en energieleverantie zullen de komende 25 jaar grote variatie vertonen.

Een scope op levensduurkosten (LCC, *life cycle costs*) i.p.v. een budget/investeringsbegroting biedt niet meer inzicht op die prijsontwikkeling, maar kan wel meer inzicht geven in de bijbehorende risico's. Ook kan met LCC een beter inzicht worden verkregen in de gevolgen van de huidige keuze voor 25 jaar. Die eis is in zichzelf positief bedoeld, maar draagt niet bij tot een 'eeuwigheidswaarde'. Indien te letterlijk uitgevoerd, kan de termijn van 25 jaar tot gevolg hebben dat er daarna opnieuw een grootschalige renovatie noodzakelijk is, waar planmatig onderhoud tot minder overlast leidt. Ook de restwaarde is beter gediend met een (duurzame) onderhoudsvisie die ervoor zorgt dat die restwaarde dan niet onderdoet voor de huidige waarde.

De LCC-benadering mag dan de voorkeur verdienen boven de budgetbenadering, maar voldoet in de huidige vorm niet als, naar verwachting, WLC de norm wordt. Als daadwerkelijk externaliteiten, zoals maatschappelijke kosten, en milieukosten (WLC- en LCC-elementen [NEN-ISO, 2008]) ook bij de bouwkundige ingreep in rekening worden gebracht, zal de methodiek van LCC, contante jaarlijkse kosten in relatie tot waardeontwikkeling, wel overeind blijven, maar komen de verhoudingen zwaar onder druk te staan.

Ondanks het integrale, holistische karakter van duurzame alternatieven, denk bijvoorbeeld aan de eerdergenoemde terugverdientijden versus de totale energierekening, zijn er bepaalde maatregelen die de kwalificatie 'no-regret' verdienen – lage investering, positief effect, laag risico: verbetering van isolatie, toepassing van (geïntegreerde) zonnepalen, efficiënte verwarming, duurzame verlichting en optimalisatie van de installaties. Deze raden wij aan zondermeer toe te passen. Ook hier geldt weer het belang van een goede betrokkenheid van de gebruikers bij zowel het ontwerp maar ook het gebruik van het gebouw.

7.2 Advies over ambities en uitgangspunten

Voorbeeldproject

De renovatie van het Binnenhofcomplex zal nationaal en internationaal, bedoeld of onbedoeld, worden gezien als een voorbeeldproject van hoe in de huidige tijd om kan worden gegaan met monumentale publieke gebouwen. Ook in dat kader is het van belang om aandacht te besteden aan de verduurzaming van het gebouw.

Het is relevant dat de renovatie ook zal worden gezien als een voorbeeldproject over hoe op een goede manier omgegaan kan worden met monumentale gebouwen en hoe dergelijke gebouwen toekomstbestendig gemaakt kunnen worden. Het is van belang de renovatie ook in dat licht te bezien, waardoor positieve effecten des te belangrijker zijn. Binnen de verduurzamingsopgave is het van belang om zoveel mogelijk synergiën op te zoeken en te benutten. In het rapport hebben wij voorbeelden gegeven van de koppeling van klimaatmitigatie aan klimaatadaptatie en extra waardecreatie voor voor gezondheid, leefbaarheid en biodiversiteit.

Klimaatadaptatie

Bij de renovatie van het Binnenhofcomplex zal meer dan voorheen rekening moeten worden gehouden met een hogere referentietemperatuur, met het voorkomen van ongewenste opwarming en met meer koelcapaciteit. Na renovatie van het Binnenhof zou het complex comfortabel moeten zijn in een klimaat

dat gemiddeld 3 graden warmer is dan nu, met een lokale oplossing voor excessieve neerslag, volledig CO₂-neutraal en aangepast met circulaire materialen en producten.

Energieaanpak

Geadviseerd wordt om – in plaats van de Trias Energetica – de energierenovatie van het Binnenhof en andere projecten van het Rijksvastgoedbedrijf te benaderen met De Nieuwe Stappenstrategie:

0. Research: bestudeer de lokale omstandigheden en energiekarakteristieken
1. Reduce: reduceer de energievraag door (passieve) bouwkundige maatregelen
2. Reuse: stem programmatisch af, wissel restenergie uit, cascadeer en sla op
3. Produce: wek energie op van hernieuwbare bronnen

Vooraf stap 2 is hierin belangrijk in stedelijke complexen: naast (acceptabele) vraagreductie en warmte-terugwinning in afzonderlijke gebouwen kan worden gekeken naar afstemming van het energiesysteem op het niveau van het gehele complex van Binnenhof en Tweede Kamer.

Monumentwaarde

De monumentwaarde van ieder gebouw, en zeker van het Binnenhofcomplex, is niet statisch en niet voor iedereen gelijk. Hierdoor zal iedere ingreep – met betrekking tot verduurzaming of niet – ook door iedereen anders worden beoordeeld. De enige manier om tot breed gedragen (intersubjectieve) voorstellen voor interventies te komen, is om deze breed te ontwikkelen en de invloed hiervan op de monumentaliteit open te bespreken. Naast de financiële afweging kan de opdrachtgever met hulp van deskundigen een afweging maken ten opzichte van de erfgoedwaarde: op welke manier beïnvloedt de ingreep de monumentale waarde? Het is van belang dat hiervoor een kader wordt gemaakt – specifiek voor het Binnenhofcomplex – waarin de ruimte voor transformatie wordt aangegeven (tolerantie voor verandering [Kuipers & Quist 2013]). Hierbinnen kunnen ingrepen worden afgewogen ten opzichte van de invloed op de monumentale waarde.

Het proces is hierbij wellicht van groter belang dan de uiteindelijke uitkomst.

Financiële aspecten

Het budget kan ten hoogste het resultaat zijn van een visie, en van de afwegingen die binnen een visie gemaakt zijn. Om ruimte te geven aan een visie op duurzaamheid is het advies om het budget direct van tafel te halen en andere wegen te vinden om de uitgaven te beheersen.

In het rapport is uitgebreid ingegaan op de financiële consequenties van duurzaamheidsmaatregelen. Daarbij valt nog op te merken dat het, naast de kosten van duurzame ingrepen, goed te beseffen wat de kosten zijn van niets doen. Het is in dat kader, vanwege de ernst van klimaatverandering, zoals de wetenschap aangeeft, de vraag of een zuinige aanpak van de renovatie van het Binnenhof verstandig is. Met extra investeringen die zich grotendeels terugverdienen kan immers bijgedragen worden aan het voorkomen van grote klimaatcalamiteiten, waarmee in de toekomst veel lastig in te schatten kosten kunnen worden bespaard.

De voorbeeldfunctie voor de gehele energietransitie is ongetwijfeld de meest verreichende financiële consequentie. Daarmee is de noodzaak tot een voorbeeldige duurzame prestatie evident, maar ook de noodzaak tot een transparante kostenafweging. Duurzaamheidsmaatregelen kunnen ook daarom het beste worden gekoppeld aan technische specificaties, concrete prestatiecijfers, kostenaspecten en procesvoering. Zeker gezien de voorbeeldfunctie van het project, evenals de politieke gevoeligheid rondom specifieke maatregelen, is het aan te raden alle keuzes op een overzichtelijke wijze te presenteren.

Procesvoering

In verband met het voorgaande zijn stakeholderworkshops een nuttige wijze waarop experts en creatieve ontwerpers met eigenaars, toekomstige gebruikers en andere belanghebbenden samenwerken aan breed gedragen duurzaamheidsstrategieën en oplossingen. De feedback van de gebouwbeheersystemen zou in ere hersteld moeten worden om straks een goed werkend systeem te presenteren. De gebruikers van het Binnenhof zullen ongetwijfeld bij oplevering zeer bewust zijn van de noodzaak tot duurzaam handelen, maar het is ook noodzakelijk om die bewustwording te consolideren.

7.3 Advies over aanvullende duurzaamheidsmaatregelen

7.3.1 Overzicht

Naast de reeds meegenomen maatregelen in het VO voor de renovatie van de Tweede Kamer, zijn verstandige (aanvullende) duurzame ingrepen voor het Binnenhofcomplex weergegeven in tabel 7.1 hieronder. Maatregelen die wel reeds zijn voorzien in het VO van de Tweede Kamer maar nog niet zijn voorzien in het VO van de andere gebouwen van het complex kunnen uiteraard ook voor die andere gebouwen als aanvullende maatregelen worden beschouwd.

Met name ook de maatregelen die te maken hebben met het verbeteren van de thermische kwaliteit van de daken, vloeren en gevels (inclusief transparante delen) zijn *no regret*. Deze verbeteringen zijn namelijk tevens benodigd om in de nabije toekomst langzaam over te kunnen stappen naar een duurzame warmtevoorziening op lage(re) temperatuur. Bovendien zorgen die maatregelen ervoor dat de vermogens van de benodigde installaties voor verwarming verlaagd kunnen worden.

Tabel 7.1: Verstandige aanvullende duurzaamheidsmaatregelen voor het Binnenhofcomplex

Aanvullende duurzaamheidsmaatregelen NIET voorzien en NOG NIET geïdentificeerd
1. Duurzame warmtebronnen in het gemeentelijke warmtenet
2. Lokale warmte- en koudebronnen
3. Na-isolatie, ramen vervangen en kierdichting op meer plekken
4. Alternatieve ventilatiesystemen
5. PV-systemen en zonnecollectoren op daken
6. Kortcyclische warmte- en koudeopslag
7. Opslag van eigen elektriciteit
8. Circulaire materialen en producten
9. Gebruik van hemelwater en gezuiverd grijs water
10. Duurzame groenvoorzieningen
11. CO ₂ -accountancy en -verantwoording
12. Certificering middels BREEAM-NL
13. Actieve gebruikersparticipatie

Hieronder wordt ingegaan op een aantal van deze specifieke aanvullende maatregelen.

7.3.2 Specifieke maatregelen

Warmte en koude

Aangeraden wordt om via EnergieRijk Den Haag aan te dringen op snelle omschakeling naar een duurzame warmtebron voor het stadswarmtenet.

Voor de energiehuishouding is het aan te bevelen nader onderzoek te doen naar benutting van de ondergrond als lage-temperatuur warmtebron en als hoge-temperatuur koudebron. Gezien de voordelen voor de energiehuishouding, het Urban Heat Island effect, de waterkwaliteit en recreatiemogelijkheden, is het aan te bevelen nader onderzoek te doen naar benutting van de Hofvijver als lage-temperatuur warmtebron.

Na-isolatie, ramen vervangen en kierdichting op meer plekken

Voor een duurzame warmtelevering is het belangrijk dat de vraagtemperatuur in het Binnenhof zo laag mogelijk wordt. Dat geschiedt het beste door de gebouwen goed te isoleren en kierdicht te maken.

Omdat de huidige renovatie ervoor moet zorgen dat de komende 25 jaar geen noemenswaardige aanpassingen aan het complex hoeven te worden gedaan, moet serieus worden nagedacht over na-isolatie van kelders en gevels die nu niet worden aangepakt, over het goed luchtdicht maken van de schil en over het verbeteren van de thermische eigenschappen van het glas.

Aangezien de gevels van het Binnenhofcomplex monumentale waarde hebben en omdat er in de buitengevels geen luchtsponen aanwezig zijn, blijft isolatie aan de binnenzijde van de gevels als enige reële optie over bij de meeste gebouwen, ondanks risico's van na-isoleren aan de binnenzijde. Een goed potentieel is bijvoorbeeld aanwezig in gebouwdelen A en B en in beperkte mate in C, J en K. Dit geldt niet voor gebouwen met een hoge monumentale waarde van de binnenzijde van de betreffende gevels. Na-isolatiepotentieel aan de buitenzijde is volop aanwezig bij gebouw H.

Het is verstandig om bij de renovatie van het Binnenhofcomplex ramen, kozijnen en luiken te herstellen en te repareren, en om luchtdichting aan te brengen. In combinatie met een goed gebruik van de luiken (al dan niet geautomatiseerd) kan dit herstel tot een belangrijke energiebesparing leiden. Daarnaast is het verstandig om waar mogelijk de isolatiewaarde van het glas te verbeteren. Zo kan een energiebesparing worden bereikt zonder de monumentale waarde van het complex aan te tasten.

Alternatieve ventilatiesystemen

Op diverse plekken op het Binnenhof kunnen zo hybride en decentrale ventilatiesystemen worden overwogen teneinde grote installatievoorzieningen en uitgebreide luchtkanalen te voorkomen.

Een hybride vorm van ventilatie, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen winter- en zomercondities, is een goede mogelijkheid voor het Binnenhofcomplex. Daarbij worden de voordelen van beide systemen benut. Hierbij wordt aanbevolen te zoeken naar mogelijkheden waarbij te openen ramen worden ingezet voor de toevoer van verse lucht (en niet roosters) en waarbij de binnenhoven onderdeel zijn van een deel van de toevoervoorzieningen, mogelijk zelfs in de winter.

Aan te raden is atria op het Binnenhof onderdeel te laten zijn van de ventilatiestrategie: (1) als voorverwarming van toegevoerde verse lucht in de winter (dit verlaagt de warmtevraag), of (2) als natuurlijke afvoer van geventileerde lucht. Het atrium is dan warmer dan bij de eerste strategie; warmte kan bovendien worden teruggewonnen uit de weggeventileerde lucht.

Voor de onderste verdiepingen van gebouwdeel H zou een decentraal ventilatiesysteem een geschikt alternatief kunnen zijn. Hierdoor kan een uitgebreid netwerk aan ventilatiekanalen worden voorkomen.

PV-systemen en zonnecollectoren op daken

Wij adviseren om op voor de gebruiker en bezoeker onzichtbare daken zondermeer zonnepanelen (PV-panelen) toe te passen, van het soort met de beste opbrengst/investeringsverhouding: monokristallijn-siliciumpanelen. Daarnaast kunnen op de westzuidwest georiënteerde vlakken van het sheddak van de Tweede Kamer (al dan niet op maat gemaakte) PV-panelen (van monokristallijn silicium) worden geplaatst.

Het is aan te bevelen serieus te kijken naar de mogelijkheid om voor het gehele Binnenhof PV-dakpannen en PV-dakleien toe te passen en daarover met een producent afspraken te maken voor op maat gemaakte producten. Het is bovendien aan te raden opties voor geïntegreerde PV-producten mee te nemen in de afweging bij onderdelen waar dit esthetisch en historisch gezien mogelijkheden biedt.

Energieopslag

Naast (acceptabele) vraagreductie en warmteterugwinning in de afzonderlijke gebouwen kan worden gekeken naar afstemming van het energiesysteem op het niveau van het gehele complex van Binnenhof en Tweede Kamer. Naast het geplande WKO-systeem zijn andere warmte- en koudeopslag-systemen te overwegen voor meer kortcyclische verschillen in vraag en aanbod.

Een opslagsysteem van overtollige duurzaam opgewekte elektriciteit kan meteen ook onderdeel zijn van een noodstroomvoorziening.

Circulaire materialen en producten

Over circulariteit kunnen in het renovatieontwerp voor het Binnenhof specifiekere voorstellen gedaan worden voor toe te passen materialen, producten en product service systems. Dus technisch circulair (modulair, demontabel, oneindig herbruikbaar or recycleerbaar), natuurlijk circulair (bio-gebaseerde producten) of nog beter: beide (herbruikbare biogebaseerde producten).

Waar het innovatieve producten betreft is een oplossing in de zin van product service systems een geschikte: zodra technologische ontwikkelingen hebben plaatsgehad, kan de leverancier de gebruikte producten vervuilen voor nieuwere, en de oude producten herverwerken, waarmee die verantwoordelijkheid en zorg niet meer bij het Rijksvastgoedbedrijf ligt.

Water en groen

Hemelwaterbuffering en –gebruik zou in het kader van klimaatadaptatie speciale aandacht moeten krijgen. Naast waterbesparende maatregelen kan worden gedacht aan het opvangen, opslaan en gebruiken van hemelwater. Opslag kan onder of nabij de gebouwen, in bakken, tanks, vijvers en groenvoorzieningen, en gefilterd hemelwater kan worden gebruikt voor groenvoorzieningen, toiletspoeling en wasfuncties.

Het kan geen kwaad – zou zelfs meerwaarde opleveren voor CO₂-absorptie, verkoeling, waterretentie, biodiversiteit en leefkwaliteit – als groen een prominentere rol krijgt in de renovatieplannen voor het Binnenhof. Daarbij kan het best gekozen worden voor planten die van oudsher passen in de Nederlandse omstandigheden en die duurzaam zijn opgekweekt.

Indien binnentuinen worden overkapt, teneinde een rol te spelen in de ventilatie en klimatisering van gebouwen, is het logisch daar geen Nederlandse buitenplanten te plaatsen, maar planten die geschikt zijn voor een warmer en droger klimaat.

CO₂-accountancy en certificering

Gezien de druk die met het Klimaatakkoord op het Nederlandse volk en bedrijfsleven wordt gelegd, kan de Tweede Kamer niet anders dan zelf het goede voorbeeld geven en verantwoording afleggen over haar eigen CO₂-uitstoot en inspanningen om die te reduceren.

Aanbevolen wordt om het hele renovatieproces van het Binnenhofcomplex te certificeren middels BREEAM-NL Nieuwbouw & Renovatie. Dit zal een goed voorbeeld stellen voor de markt, helpt bij een integraal proces, en geeft een eindoordeel en daarmee een benchmark voor soortgelijke projecten in de nabije toekomst. Aangeraden wordt om vanwege de complexiteit van het project afspraken te maken met de Dutch Green Building Council.

Actieve gebruikersparticipatie

De enige manier om tot breed gedragen (intersubjectieve) voorstellen voor interventies te komen, is om deze breed te ontwikkelen met de eigenaar, gebruikers, erfgoedprofessionals, duurzaamheidsprofessionals en andere belanghebbenden, en de invloed hiervan op de monumentaliteit open te bespreken. Het proces is hierbij wellicht van groter belang dan de uiteindelijke uitkomst.

Waar geen sprake is van een veiligheidsrisico, moet het mogelijk zijn om ingrepen tot een verhoogd niveau met gebruikers te bespreken. Intensieve stakeholderworkshops zijn een nuttige wijze waarop experts en creatieve ontwerpers met eigenaars, toekomstige gebruikers en andere belanghebbenden samenwerken aan breed gedragen duurzaamheidsstrategieën en oplossingen.

7.4 Financieel advies

Voorgaande 13 aanbevolen aanvullende duurzame maatregelen zijn wat ons betreft allemaal op te nemen voor nadere uitwerking in het VO+ of DO van de Binnenhofrenovatie. Het is lastig een indicatie te geven voor de budgetconsequentie hiervan, omdat die sterk afhangt van de variant die gekozen wordt bij bijvoorbeeld na-isolatie, lokale warmtebron en PV-technologie. Een zeer ruwe inschatting zou zijn dat 15-20% budgetuitbreiding nodig is om deze aanvullende maatregelen mogelijk te maken, waarbij we meteen willen stellen dat deze investering grotendeels zal zijn terugverdiend gedurende de 25-jarige doelperiode.

7.4.1 Kostenklassen

Gebaseerd op het bediscussieerde in hoofdstuk 6, over kostenklassen en maatregelenpakketten, kunnen we eerdergenoemde maatregelen als volgt indelen, met een flinke slag om de arm:

Klasse 1 (geen meerkosten)

- Duurzame warmtebronnen in het gemeentelijke warmtenet
- Actieve gebruikersparticipatie

Klasse 2 (tot 7 jaar terugverdientijd)

- Lokale warmte- en koudebronnen: bodem en restenergie
- Na-isolatie, ramen vervangen en kierdichting op meer plekken

- Alternatieve ventilatiesystemen: vervanging van (een deel van) mechanische ventilatie
- PV-systemen en zonnecollectoren op daken: mono- of polykristallijne cellen
- Kortcyclische warmte- en koudeopslag: PCM's

Klasse 3 (7 tot 25 jaar terugverdientijd)

- Lokale warmte- en koudebronnen: aquathermie
- Alternatieve ventilatiesystemen: aanvullend op mechanische ventilatie
- PV-systemen en zonnecollectoren op daken: PV-dakpannen, PV-leien en zonnecollectoren
- Kortcyclische warmte- en koudeopslag: opslag in tanks of vaten
- Opslag van eigen elektriciteit

Klasse 4 (geen terugverdientijd, relatief geringe meerinvestering)

- Circulaire materialen en producten
- Gebruik van hemelwater en gezuiverd grijs water: hemelwateropvang, -opslag en -gebruik
- Duurzame groenvoorzieningen: beperkt
- CO₂-accountancy en -verantwoording
- Certificering middels BREEAM-NL

Klasse 5 (geen terugverdientijd, relatief hoge meerinvestering)

- Gebruik van hemelwater en gezuiverd grijs water: grijswaterzuivering en -gebruik
- Duurzame groenvoorzieningen: grootschalig

Wij adviseren zondermeer de maatregelen van kostenklasse 1 tot en met 4 toe te passen. In hoofdstuk 6 noemden wij dit al maatregelenpakket A+. Daarmee zal niet meer dan 15-20% extra investeringsbudget nodig zijn, inclusief BTW, met een financieel neutraal resultaat na de doeltermijn van 25 jaar.

7.4.2 Nader onderzoek

Aangezien nog niet helder is of, in welke mate, en op welke wijze gevolg zal worden gegeven aan de technische en procesadviezen uit dit rapport, heeft nog geen reële kosteninschatting kunnen plaatsvinden van de benodigde extra investeringen (die zich naar verwachting binnen de doeltermijn van 25 jaar zullen hebben terugverdiend) voor de aanvullende duurzaamheidsmaatregelen. Wij raden het Rijksvastgoedbedrijf aan hier een aanvullende studie voor te laten doen. Het paste niet binnen de beschikbare tijd voor dit onderzoek en vraagt om een aantal principebesluiten van het RVB alvorens dit gedaan kan worden.

8 Referenties

- Agentschap NL (2013), *NESK Kantoren duurzaam opgeleverd. De tempel gebouwd voor de toekomst*, Publicatie-nr 2EGOU1308, Utrecht: Agentschap NL.
- Art & Build Architect (2007), *Covent Garden Brussels 2007*, brochure, onttrokken aan het internet op 20 oktober 2015, <<http://www.artbuiLd.eu/projects/environment/covent-garden>>.
- Bastein, T. en Rietveld, E. (2016), *Circulaire potentie voor Utrecht*, rapport TNO, [online], <<https://www.usi.nl/uploads/media/578e2c06d4238/20160714-tno-rapport-def.PDF>>
- Binz, A., A. Moosmann, G. Steinke, U. Schonhardt, F. Fregnan, H. Simmler, S. Brunner, K. Ghazi, R. Bundi, U. Heinemann, H. Schwab, J.J.M. Cauberg, M.J. Tenpierik, G.A. Johannesson, T.I. Thorsell, M. Erb and B. Nussbaumer (2005), *Vacuum Insulation in the Building Sector. Systems and Applications. Subtask B*, Final report for IEA ECBCS Annex 39 HiPTI, 111 pages.
- Blesgraaf (1996), *Grote Glasoverkapte Ruimten*, Sittard: Novem.
- Bree, A. van den (2018), *Warm Bouwen. Energetische prestatie op basis van dynamische simulaties*, Rapport KOVG16016O.R01-2 voor RVO en SBRCurnet, Utrecht: Bouwdynamica.
- Broersma S., Dobbelsteen A. van den, Blom T., Fremouw M., Sturkenboom J., Keeffe G., Pulselli R. & Vandevyvere H. (2018); *Amsterdam Roadmap*; TU Delft/City-zen
- Dobbelsteen A. van den, Tillie N., Kurschner J., Mantel B. & Hakfoort L. (2011); 'The Amsterdam Guide to Energetic Urban Planning', in: *Proceedings MISBE2011 (CD-rom)*; Amsterdam
- Dobbelsteen A. van den, Broersma S., Fremouw M., Blom T., Sturkenboom J. & Martin C.L. (2018); 'The City-zen Urban Energy Transition Methodology - The Amsterdam Roadmap towards a zero-carbon city', in: *Proceedings SASBE2018 (1-12)*; Sydney
- Dijk, S. van, Tenpierik, M. and Dobbelsteen, A. van den (2014); 'Continuing the building's cycles: A literature review and analysis of current systems theories in comparison with the theory of Cradle to Cradle', in: *Resources, Conservation and Recycling* 82: 21-34.
- Dubbeling D. (2014); 'Twijfel over energiepresentaties van kantoorgebouwen', in: *Bouwmarkt*, november 2014
- Thoolen F., Been I. de, Beijer M. & Dekker K. (2014); *Gebruikersinvloed energieverbruik kantoorgebouwen*; Center for People and Buildings (2014)
- Duerinck, M. en Parys, W. (2011), "De werkelijke winst van isoleren", In: Ven, H. van de (red.), *Duurzaam Erfgoed. Duurzaamheid, energiebesparing en monumenten*, Amersfoort: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, p 74-83.
- Duijvestein, C.A.J. (1989), "An ecological approach to building", In: W. Riedijk, J. Boes, W. Ravesteijn (eds.), *Appropriate technology in industrialized countries*, Delft University Press, Delft, 372 pages.
- Engel, P.J.W. van den (2019), *Hybrid ventilation. A design guide*, versie 17-4-2019, [online], <https://klimapedia.nl/wp-content/uploads/2019/04/Hybrid-ventilation-KP-v1-01_190417.pdf>
- Fritz-von Preuschen, M., Klawun, R., Ludwar, J., Roggenbuck-Azad, U., Rüscher, E., Schüfer, S. en Schreiber, R. (2017), *Holzfenster im Baudenkmal. Hinweise zum denkmalgerechten Umgang*, Arbeitshefte der VDL, Arbeitsgruppe Bautechnik, Wiesbaden: Vereinigung der Landesdenkmalpfleger.
- Geldermans, B., Luscuere, P.G., Jansen, S.C. en Tenpierik, M.J. (2016), "Beyond Cities: Materialen, producten en circulair bouwen", *TVVL Magazine* 45 (1): 22-25.

- Groot, C. en Gunneweg, J. (2012), "Vochtabsorptie en droging in massief metselwerk", In: Hunen, M. van et al., *Historisch metselwerk. Instandhouding, herstel en conservering*, Zwolle: W-Books / RCE, p 151-159.
- Hacquebord, A. (2012), "Bestrijding van optrekkend vocht", In: Hunen, M. van et al., *Historisch metselwerk. Instandhouding, herstel en conservering*, Zwolle: W-Books / RCE, p 253-261.
- Hees, R. van en Lubelli, B. (2012), "Schade door vocht, vorst en zouten", In: Hunen, M. van et al., *Historisch metselwerk. Instandhouding, herstel en conservering*, Zwolle: W-Books / RCE, p 141-149.
- Hellinga, H.Y. (2013), *Daylight and view: the influence of windows on the visual quality of indoor spaces*, dissertatie, Delft: TUDelft, <<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A2daeb534-9572-4c85-bf8f-308f3f6825fd?collection=research>>.
- Hens, H. (2012), *Applied Building Physics: Boundary Conditions, Building Performance and Material Properties*, Berlin: Ernst und Sohn.
- Hermans, T. (2011), "Venster dicht!", In: Ven, H. van de (red.), *Duurzaam Erfgoed. Duurzaamheid, energiebesparing en monumenten*, Amersfoort: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, p 164-171.
- HM Government (15 april 2019), *The Building Regulations 2010, Conservation of fuel and power, L2B, Conservation of fuel and power in existing buildings other than dwellings*, [online], <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/540329/BR_PDF_AD_L2B_2013_with_2016_amendments.pdf>
- Jansen, S.C., Luscuere, P.G., Tenpierik, M.J., Geldermans, B. (2016), "Beyond Cities: Energie(-plus) en circulariteit", *TVVL Magazine* 45 (1): 18-21.
- Jenkins, M. (2011), "Binnenisolatie van traditionele gebouwen", In: Ven, H. van de (red.), *Duurzaam Erfgoed. Duurzaamheid, energiebesparing en monumenten*, Amersfoort: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, p 196-203.
- Klein Tank A., Beersma J., Bessembinder J., Hurk B. van den & Lenderink G. (KNMI, 2015); *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland - Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*; KNMI, De Bilt
- Kristinsson, J. (2004), "Breathing Window. A new healthy ventilation", In: *Proceedings of the 21st conference on Passive and Low Energy Architecture*, Eindhoven, 19-22 september, p. 1-5.
- Kuipers, MC. & Quist, WJ (Eds.). (2013). *Culturele draagkracht : op zoek naar de tolerantie voor verandering bij gebouwd erfgoed*. Delft: Delftdigitalpress.
- Künzle, H.M. en Kasper, F.J. (1998), "Von der Idee einer feuchteadaptiven Dampfbremse bis zum Markteinführung", *Bauphysik* 20: 257-260.
- Kurschner J., Mantel B., Hakfoort L., Dobbelsteen A. van den & Tillie N. (2011); *Leidraad Energetische Stedenbouw*; DRO, Gemeente Amsterdam
- Kurvers S., Linden K. van der & Cauberg H. (2012), *Literatuurstudie thermisch comfort*, RVO
- Linden, A.C. van der, Kuijpers-van Gaalen, I.M. en Zeegers, A. (2017), *Bouwfysica*, 8^{ste} druk, Amersfoort: Thieme-Meulenhof.
- Lubelli, B., Hees, R. van en T. Nijland (2012), "Oppervlaktebehandeling van historisch metselwerk", In: Hunen, M. van et al., *Historisch metselwerk. Instandhouding, herstel en conservering*, Zwolle: W-Books / RCE, p 237-251.
- Luscuere, P.G. (2018), "Nederland Circulair in 2050. Wat betekent dat en kan het überhaupt?", In: Luscuere, P.G. en Veen, M. van (eds.), *Circulariteit. Op weg naar 2050?*, Delft: TU Delft Open

en TVVL, p. 17-27, [online],

<<https://books.bk.tudelft.nl/index.php/press/catalog/book/isbn.9789463660549>>.

- Luscuere, P.G., Geldermans, B., Tenpierik, M.J. en Jansen, S.C. (2016), "Beyond Cities: De duurzaamheid voorbij", *TVVL Magazine* 45 (1): 8-12.
- Lysen, E.H. (1996), "Trias Energica: Solar Energy Strategies for Developing Countries", In: Proceedings of the Eurosun Conference, Freiburg, September 16-19, 1996, p. 1-6.
- Moe, K. (2010), *Thermally Active Surfaces in Architecture*, Princeton: Princeton Architectural Press.
- Nusselder, E.J., Ven, H. van de, Haas, M. en Dulski, B. (2008), *Handboek Duurzame Monumentenzorg. Theorie en praktijk van duurzaam monumentenbeheer*, Rotterdam: SBR / Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten / VROM Rijksgebouwendienst.
- Ravesloot, C.M. (2015), *Dampopen bouwen doe je zo. Vertaling van dertig jaar praktijkervaring*, Delft: SBRCurnet.
- Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (2019), *Isolatie van historische gebouwen. Technische achtergronden*, groene gids, 35 pagina's.
- Staatsministerium des Inneren der Freistaat Sachsen (2010), *Energetische Sanierung von Baudenkmalen. Handlungsanleitung für Behörden, Denkmaleigentümer, Architekten und Ingenieure*, Dresden: Staatsministerium des Inneren der Freistaat Sachsen.
- Stapper, M. en Schellen, H. (2011), "Na-isoleren van historische gebouwen", In: Ven, H. van de (red.), *Duurzaam Erfgoed. Duurzaamheid, energiebesparing en monumenten*, Amersfoort: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, p 108-119.
- Tenpierik, M.J. (2010), *Vacuum Insulation Panels Applied in Building Constructions*, PhD dissertation, Delft University of Technology, Delft.
- Tenpierik, M.J., Dijk, S. van, Luscuere, P.G., Jansen, S.C. en Geldermans, B. (2016), "Beyond Cities: Circulariteit in het watersysteem", *TVVL Magazine* 45 (1): 14-17.
- Tenpierik, M.J. and E. Hasselaar (2013), "Reflective multi-foil insulations for buildings: a review", *Energy and Buildings* 56: 233-243.
- Tenpierik, M., M. Turrin, Y. Wattez, T. Cosmatu and S. Tsafou (2018), "Double Face 2.0: A lightweight translucent adaptable Trombe wall", *Spool* 5(2: Expo #1), online <<https://doi.org/10.7480/spool.2018.2.2090>>.
- Tillie N., Dobbelsteen A. van den, Doepel D., Jager W. de, Joubert M. & Mayenburg D. (2009a); REAP - Rotterdamse EnergieAanpak en -Planning; Rotterdam Climate Initiative, Rotterdam
- Tillie N., Dobbelsteen A. van den, Doepel D., Jager W. de, Joubert M. & Mayenburg D. (2009b); 'Towards CO2 Neutral Urban Planning - Introducing the Rotterdam Energy Approach and Planning (REAP)', in: *Journal of Green Building*, Vol. 4, No. 3 (103-112)
- Turrin, M., M. Tenpierik, P. de Ruiter, W. van der Spoel, C. Chang Lara, F. Heinzelmann, P. Teuffel, W. van Bommel (2014), "DoubleFace: Adjustable translucent system to improve thermal comfort", *Spool* 1 (2): 5-9, online <<http://dx.doi.org/10.7480/spool.2014.2.929>>.
- Unen, J. van (2019), "The energy and comfort performance of a lightweight translucent adaptable Trombe wall in different buildings and climates", MSc thesis, Delft: TUDelft.
- Wieringen, J.T. van (2011), "Minder energie, kleine moeite", In: Ven, H. van de (red.), *Duurzaam Erfgoed. Duurzaamheid, energiebesparing en monumenten*, Amersfoort: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, p 22-31.
- Wit, M.H. de (2008), *Heat and Moisture in Building Envelopes*, collegedictaat, Eindhoven: TU Eindhoven.

- Wood, C. (2011), "Vensterisolatie opnieuw uitgevonden", In: Ven, H. van de (red.), *Duurzaam Erfgoed. Duurzaamheid, energiebesparing en monumenten*, Amersfoort: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, p 32-43.
- Wood, C., Bordass, B. en Baker, P. (2009), *Research into the thermal performance of traditional windows: timber sash windows*, research report 109/2009, English Heritage, [online], <<https://research.historicengland.org.uk/Report.aspx?i=16035>>.

BIJLAGEN

B1 Climate Action, visiedocument TU Delft

TU DELFT POSITION ON CLIMATE ACTION

THE CLIMATE ACTION MISSION OF TU DELFT

There is no doubt that the anthropogenic emissions of greenhouse gases are changing our living environment through their impact on the global climate system. TU Delft will harness its innovative powers to support the world-wide transition to non-fossil energy, and adaptation of the living environment to the consequences of global warming.

PREFACE

Climate change takes place worldwide, although not everywhere in the same way. Historically, industrialized countries – mostly in the global North - have contributed most to the emission of greenhouse gases, but Asian economies are now also making a major contribution. As the Paris Agreement shows, the approach to tackle climate change follows from an internationally shared responsibility – leading to Climate Action as one of the Sustainable Development Goals of the United Nations. The Netherlands can play an important role with the development of regional climate knowledge, adaptation and mitigation techniques, and the sharing of this knowledge through open science and innovation, international cooperation, and education. TU Delft sees this as an important pillar of its future strategy.

The political and public debates on the Dutch climate plans have started. This is a good thing, because everyone in society will experience the consequences of climate policy. Climate change is a physical phenomenon, but its causes are deeply intertwined with global socio-economic changes and natural conditions, in the present and in the past. Automatically, this leads to questions about who is responsible and how the benefits and burdens should be divided. The debate about this lies in the heart of politics. This debate will, however, yield the most when it is based on facts and knowledge and when it accounts for the important societal and ethical issues of responsibility and justice. TU Delft wants to provide a scientific basis for the debate on climate plans. In this document, we will outline the TU Delft position on climate science, and describe avenues for mitigation and adaptation. On an accompanying website we provide more details and background information.

WHAT DOES THE CLIMATE SCIENCE SAY?

On the basis of the current state of affairs in climate science, the following can be established:

- The Earth is warming. There are numerous measurements, from weather stations around the world, from weather balloons, ocean buoys, and, more recently, from satellites, which show this.
- Emissions of greenhouse gases, mostly due to the use of fossil fuels, have risen sharply during the last decades.
- The observed increase of the mean global temperature since pre-industrial times has been robustly attributed to the increase of greenhouse gases. Other phenomena, such as variations in solar radiation, or the concentration of dust particles in the atmosphere,

have a much smaller effect. Geological and orbital variations are too slow to explain the current rapid temperature increase.

- The warming is also apparent from other signals than increases in atmospheric and ocean temperatures. Sea level is increasingly rising, glaciers are retreating and the amount of polar ice is quickly decreasing. Regional rainfall patterns are changing, and also weather extremes such as heatwaves are increasing.
- To reduce global warming, it is necessary to reduce greenhouse gas emissions. In addition to CO₂ (carbon dioxide), this includes CH₄ (methane), N₂O (nitrous oxide), and hydrofluorocarbons.
- In order to limit the warming to a maximum of 2°C, it is necessary to reduce the worldwide net CO₂ emissions to zero in the second half of this century. If we want to limit the emissions to a 1.5 °C warming, this must be the case in the middle of this century.
- In order to make statements about the future, climate models are needed, in combination with scenarios for developments of, among other things, the global economy, population growth, technological development, policies, lifestyle and standard of living.
- The current climate models, as presented by the IPCC, the United Nations platform for climate scientists from all over the world, are capable of reproducing the globally observed temperature trends and can be used as a basis for climate policy.
- Complying with the Paris Agreement is a necessary action to protect our societies from adverse consequences of global warming. However, the plans might not be sufficient to limit the warming to 2 degrees Celsius. While it is possible to reduce global warming to safer levels through the Paris Agreement and eventual additional policies, we need to prepare for global adaptation to the effects of climate change as well.
- The Paris Agreement also implies that negative emissions - the removal of greenhouse gasses from the atmosphere - are necessary. Intense work in this area is needed as the available techniques are still insufficiently developed for large-scale application, and also new techniques need to be developed.
- If at any time in the future the effects of climate change prove to be extreme, new techniques should be available that, as a safety valve, can temporarily cool the earth. The required techniques for this still need to be developed, and the risks versus benefits thoroughly assessed.

We conclude that both climate mitigation (the prevention of climate change by reducing greenhouse gas emissions) and climate adaptation (adapting to ongoing and future in the climate) are very much needed in order to keep our planet viable in the long term. That certainly also applies to The Netherlands. The transition to a sustainable, low-carbon and resilient society is however very complex, involving technical, social and ethical challenges. This transition calls on a wide range of different actors and policy makers to change current practices. These changes bring forth questions like what is the best technical solution for a specific context, at a specific time or a specific location? What are cost-effective, practical possibilities and the associated societal and ethical concerns? Who will profit and who will not, and how should we deal with that? How can we make sure the energy transition is fair and inclusive? What policies do we need to make the solutions sustainable? It requires forward-looking governance and planning, able to deal with structural uncertainties to guide government and public in making informed trade-offs between a wide range of technical, ecological, economic, ethical and social consequences. It is the role of climate science to

support and guide this process through informing the society with up-to-date insights into climate change. Against this backdrop, the climate science needs to take on a number of renewed and new challenges and research questions:

- *How strong is the climate sensitivity?* Although climate models are well capable of attributing the observed warming to increased greenhouse gases, there are still variations among different models due to uncertain feedback mechanisms in the climate system; clouds play a large role in this. Estimates for the response of our climate system to a doubling of CO₂ range from 1.5 to 4.5 °C global warming. Reducing this uncertainty is a key challenge, because the strength of many regional climate changes is proportional to this climate sensitivity.
- *How does the future climate influence habitability?* Future climate research will focus more on the regional aspects of climate change, based on increasingly accurate measurements and refinement of the spatial scale of the models. It is the impact of global warming on melting ice sheets, regional sea level rise, precipitation patterns, droughts, heat waves and the consequences for flora and fauna, health, agriculture, urban environment and living conditions that will be at the heart of climate science.
- *Where is the carbon going?* Science based verification of reported emissions of CO₂ at least on a regional scale will be essential for evaluating the pledges made by individual countries. Secondly, on a longer decadal timescale it is important to know whether and how the ocean and land sinks of carbon cycle will change. A careful monitoring, modelling and understanding of the carbon cycle is therefore crucial to answer this question.
- *To which extent can extreme events be attributed to climate change and how will they develop into the future?* Detection and attribution of long-term mean trends in observed records (temperature, sea level rise, melting ice-caps) will continue to be a main task of the scientific community. For the case of extreme weather events, (e.g., extreme precipitation, heat waves, droughts, and floods) attribution is an extremely challenging effort, becoming a new emerging branch of science that analyses whether global warming makes an observed extreme event more likely. Robust attribution and prediction are necessary to further optimize the future climate policy and adaptation measures.

WHAT ARE THE PATHWAYS FOR MITIGATION?

In The Netherlands, the current emission of CO₂ equals approximately 164 Megaton per year, with different contributions by the sectors of energy (30%), industry (22%), road transport (18%), built environment (15%), and agriculture (5%). The remaining 10 % is of miscellaneous origin. The energy sector produces electricity for use in other sectors such as the built environment. Including the non-CO₂ greenhouse gases, the total emission amounts to 193 Megaton CO₂-equivalents per year. Note that these emission inventories are based on international agreements, and exclude the contribution of air and sea transport as well as biomass energy production.

The numbers above imply that every sector must take effective measures to reduce greenhouse gas emissions, ranging from short term actions for rapid emission reduction, such as efficiency measures, to the long-term development of non-fossil-based energy systems. Such systems will comprise several energy production, conversion, distribution, and storage technologies, deployed in interconnected infrastructures and markets. Therefore, new

energy market policies are needed: how should markets be designed and what regulation is needed for a zero-carbon energy system to work reliably and effectively? Ultimately, we have to move to a circular economy in which we close the water, energy and nutrient cycles, through the recovery and reuse of CO₂.

What new technologies need to be developed and how do we transform our current society into a circular society? At TU Delft we strongly believe that we need to develop a portfolio of innovative energy technologies, production systems and materials for the short as well as for the very long term. Given the long-term uncertainty of technological development, it is a no-regret strategy to develop a portfolio of solutions, with radically new technologies and improvements of the methods that are already available to us. Salient topics and research areas in our portfolio, therefore, are:

ENERGY TECHNOLOGY

- Wind energy: a substantive share of future electricity demand in the Netherlands can be met by off-shore wind farms. The developments are going at rapid pace, not only technological, but also economical: the first off-shore park has already been realized without a subsidy. Further innovation is needed in materials, turbine design, wind park design and operation, and system integration into the grid, but also the effects of wind farms on the local microclimate.
- Solar energy: the developments in photovoltaic technology have led to increasingly efficient and financially attractive solar panels, currently at grid parity cost in large parts of Europe. In addition to the known panels that are applied to roofs, we develop new materials, panels and systems that can be integrated into roofs, facades or urban surfaces, offshore and onshore water surfaces.
- Biomass: organic waste, agricultural residues and short-cycle biomass that cannot be used for food or high-value products can be utilized in the energy system. We develop high-quality biofuels and biochemicals for the industry and mobility sector.
- Nuclear energy: traditional uranium-based nuclear fission power stations encounter societal and economic opposition. For the short term, nuclear energy may not be a solution for the Netherlands, but we develop nuclear technology, such as thorium reactors, to possibly provide large-scale fossil-free energy some decades away, as part of a European or global portfolio.
- Environmental and geo-energy: the shallow subsurface can be used - as well as surface water - as a low-temperature source (by means of heat pumps), the medium-deep subsurface as a layer for heat and cold storage, and the deep subsurface as a high-temperature source (geothermal energy) that can eventually replace residual heat from fossil processes in heat networks.
- Network optimization: the multitude of new energy sources requires a flexible distribution network and accompanying markets, to match supply to demand at any time, at any place. We develop the required innovations in IT, digitalization, market design and regulation.

REDUCTION OF THE PRIMARY DEMAND, REUSE AND EFFICIENCY MEASURES

- Reduction of energy demand: energy-neutral new construction, energy renovations and transformations in the built environment, electric mobility, more efficient equipment, smart operation and maintenance, and more efficient means of transport, are solutions

towards reducing primary energy demand. In the existing built environment, a substantial amount of the current energy demand can be reduced.

- Residual heat: industrial processes, power stations, data centers, and greenhouses produce residual heat that can be used in the built environment, in addition to the recovery of residential residual heat. Even though residual heat that is available from plants operated with fossil fuel will decrease in the long term, this is still a very important climate change mitigation technology towards 2050.
- Resource efficiency. Resource extraction and processing are responsible for half the world's climate impact. With a growth rate of more than 2% per year, the increasing material weight of the world's economies is putting stress on climate and natural life-support systems. Pursuing a circular economy in which products and resources are looped back into the economy through reuse, repair, remanufacturing and recycling will contribute to a reduction of primary energy demand.

CARBON CAPTURE, CONVERSION AND STORAGE

Nature-based renewable energy sources are by definition intermittent; supply and demand will not always match. To overcome this problem large scale energy storage capacity is needed. Currently the electric grid is used for this – or batteries on a smaller scale - but this is not optimal for global mitigation policies. New storage technologies and methodologies are needed. The Paris Agreement implies negative emissions: the extraction, long-term sequestration and re-use of greenhouse gases from the atmosphere, in a circular fashion. Transportation of energy on a global scale, currently takes place in the form of energy dense hydrocarbons (coal, oil, gas). In moving away from fossil sources, we will also need new molecule-based energy carriers to transport our energy from the location of production (solar farms, wind farms) to the demand locations.

Key building blocks of the future energy and industry system are hydrogen and synthetic fuels, such as methanol, methane, ethylene, ethanol or ammonia. They can be used directly as fuel in fuel cells or combustion engines, or as an intermediate to larger synthetic hydrocarbons, heavier fuels and other chemical products. Many Carbon Capture Storage and/or Usage technologies required for this are still in their initial stage of development, while others are closer to implementation, for instance:

- large-scale production of hydrogen through electrolysis still is a major challenge and requires substantial upscaling and optimization of existing technologies.
- bulk transportation of hydrogen across the globe, e.g. by means of (electrochemical or thermochemical) conversion to ammonia or hydrocarbons.
- production of synthetic fuels and chemical building blocks, from CO₂ and water, requires large-scale capture of and (electrochemical) reduction of CO₂, initially sourced from concentrated sources, but ultimately from direct air capture, to close the anthropogenic carbon cycle.
- industrial membranes to directly capture CO₂ from the atmosphere.
- large-scale subsurface buffering of hydrogen for energy supply.
- nature-based techniques, like afforestation for storing CO₂ and sustainable applications for wood in for instance construction works;
- long-term storage of CO₂ in the deep subsurface.
- bio-char: the separation of carbon from biomass to prevent from CO₂ being formed, such that the carbon can be used for new applications.

MOBILITY

Carbon emissions from the mobility sector can be mitigated through, on the one hand, electrification of transport (provided that the electricity is fossil-free), and on the other hand by providing alternative fossil-free fuels: hydrogen (and hydrogen carriers) and synthetic fuels. It requires new knowledge and experimental proof on alternative fuels in transport systems, and the effects of the use of these fuels on both energy storage and energy conversion on board of such transport systems. For heavy transport systems, such as ships and aircraft, research topics are:

- improve the efficiency of new and existing ships, trucks and aircraft.
- fleet renewal: every generation is on average 15-20% better than its predecessor, but market incentives are needed to make this happen.
- development of renewable diesel and kerosene-like fuels which can also be used in existing engines.
- address the climate impact in determining transportation trajectories, operational and routing procedures.
- reduce the demand for mobility.

WHAT ARE THE CHALLENGES FOR CLIMATE ADAPTATION?

In large parts of the world, but even more so in The Netherlands, climate adaptation mainly focuses on sea level rise, precipitation extremes versus droughts, storms, hydrological changes and, of course, the increasing temperature. Without sufficient mitigation measures, humanity and nature will increasingly be affected by climate change, so adaptation to these changes will be a dire need until an acceptable climatological stability is achieved again. Many areas in the world are already at great risk of flooding: floods from the coast, the rivers and due to heavy rainfall. The risks will increase in the future and they will not be evenly distributed, not only due to climate change but also strongly due to economic and population growth. It is therefore essential to implement measures to manage these risks in a fair manner. A future-oriented plan is necessary and it should coherently account for coastal protection, river discharge, water management, salt intrusion, urbanization and governance are considered in their entirety. This involves a portfolio of measures to be developed and implemented: new resilient infrastructures, nature-based adaptation techniques, and social measures for increased awareness and empowerment. Examples are:

- In a warming world, the built environment must be better attuned to an increasing cooling demand, for instance by including the urban water system for cooling, energy generation and storage. The active and passive removal of urban heat can contribute to a sustainable energy system.
- With enhancing extremes in both precipitation and drought, a complete re-design is needed to increase the resilience of urban, rural and ecological water systems, serving the communities, agriculture, ecology and the urban fabric.
- The Netherlands will face a new challenge for the coastal defense to accommodate a possible sea-level rise of one meter this century, against a backdrop of a much larger sea level rise of several meters that might unfold in the 22nd century: society transformative perspectives towards *retreat*, *advance* or *embrace* strategies might be needed.

AND WHAT ABOUT GEOENGINEERING?

Adaptation to a world that is too warm can require techniques for managing the incoming solar radiation to cool the earth, for instance by increasing the reflective properties of the Earth through injection of dust particles in the stratosphere, or by changing cloud fields over the oceans. Such techniques are not the solution to global warming, but they could help alleviate some of the severe consequences, if they were to happen. Geoengineering might be needed to act as a final safety valve in the climate system, or a last resort as it is often referred to in climate policy. The development of these techniques will take many years – even decades – as will the political and ethical debate about their desirability and the conditions under which they could be applied

CODA: THE AMBITION OF TU DELFT

Climate Action is one of the Sustainable Development Goals of the United Nations. It expresses the hard felt need for new measures to cope with climate change. The goal – a climate resilient world - cannot be achieved without innovative technologies, for mitigation as well as for adaptation. It cannot be achieved without a better understanding of global and regional climate change. And it cannot be achieved without deeper insights into the ethical, social and cultural embedding of policies and measures.

TU Delft sets out to build upon its intellectual and innovative power for safeguarding the world population against the risks of climate change, by developing technologies and methods as described above – in close collaboration with those companies and organizations that need to implement such measures in practice. The problem is complex and urgent – but we have no other choice than to be optimistic and use all of our capacity to face the challenge, through our education programs and our research. TU Delft takes its social responsibility.

B2 Duurzaamheidsaanpakken

B2.1 De Nieuwe Stappenstrategie voor energieneutraal ontwerpen

Het zwaartepunt van deze studie ligt op het huidige en toekomstige energiegebruik van het Binnenhof, als onderdeel van technische duurzaamheid. Vanwege de klimaatdoelstellingen, en de korte termijnen die de Nederlandse regering zichzelf en het land heeft gesteld (2020: 25% CO₂-reductie, 2023: kantoren label C of beter, 2030: 49% CO₂-reductie), terwijl afstand tot de gestelde doelen nog groot is, is de grootste uitdaging op dit moment: het CO₂-neutraal krijgen van de gebouwde omgeving (officieel: 95% CO₂-reductie in 2050), waarvan ook het Binnenhof deel uitmaakt. En ook omdat het realiseren van (bijna-)energieneutraliteit een grote uitdaging is bij dit soort historische complexen van grote nationale, politieke en culturele betekenis.

Aan de TU Delft wordt studenten al sinds jaar en dag geleerd energieneutrale gebouwen te ontwerpen volgens de Nieuwe Stappenstrategie, die de Trias Energetica uit de jaren '90 heeft vervangen:

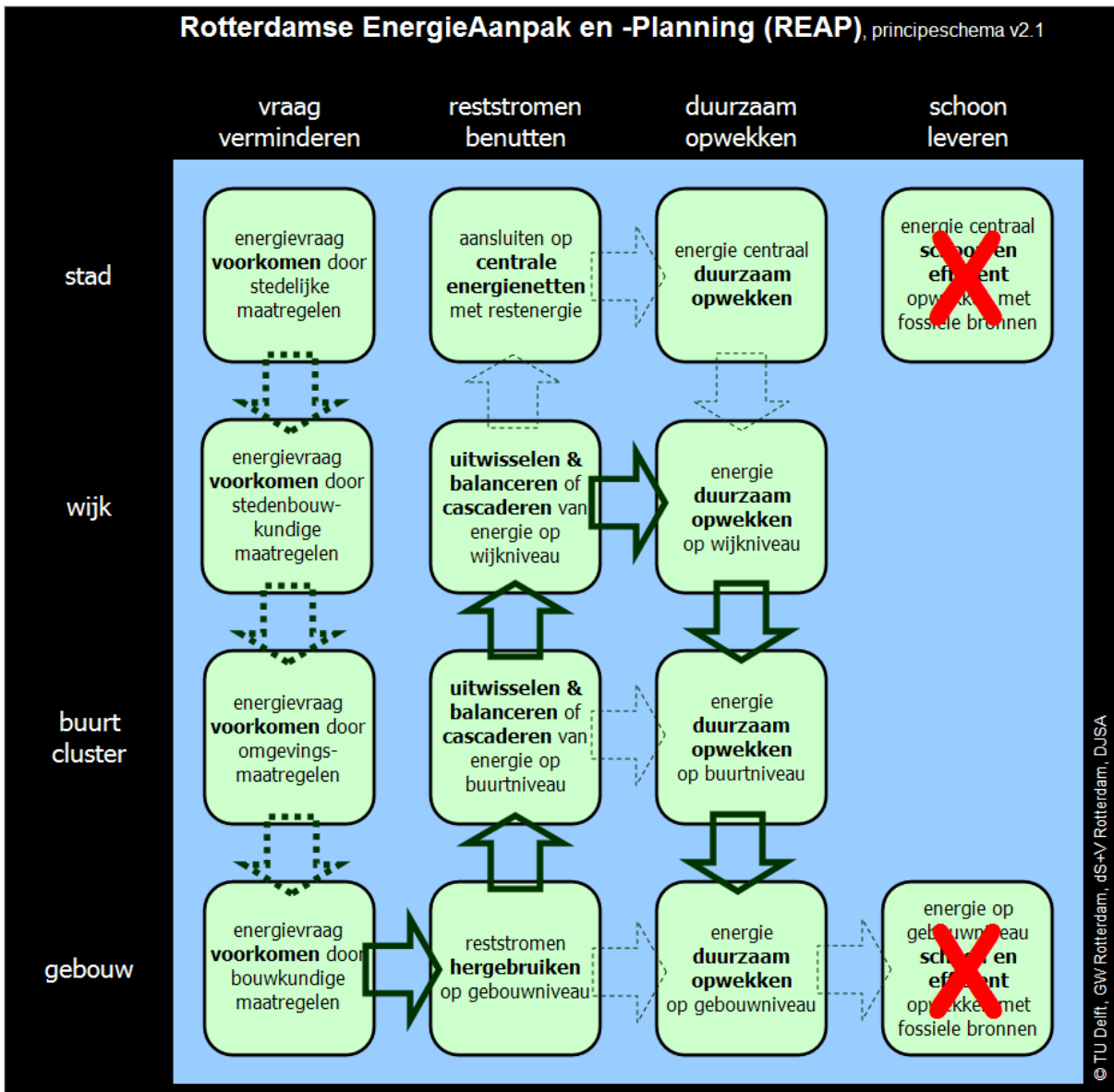
1. **Research:** bestudeer de lokale omstandigheden, het klimaat en energiekenmerken;
2. **Reduce:** reduceer de vraag naar energie door (passieve) bouwkundige maatregelen;
3. **Reuse:** benut reststromen, stem programmatisch af, wissel uit, cascadeer en sla op;
4. **Produce:** wek energie op van hernieuwbare bronnen.

Deze Nieuwe Stappenstrategie is normaal gericht op afzonderlijke gebouwen, maar kan – zeker waar het stap 2 (Reuse) betreft – goed worden toegepast op de gebouwclusters, buurten en wijken in de stedelijke omgeving. Dat is ook de schaal waarop de energietransitie veelal wordt aangepakt, en ook voor het Binnenhof geldt dat een stedelijke oriëntatie nuttig is om niet alles in de panden zelf te hoeven oplossen.

B2.2 Stedelijke energieaanpak: REAP, LES en City-zen

Rotterdamse EnergieAanpak & Planning (REAP)

Op stedelijk niveau kan de Nieuwe Stappenstrategie worden gekoppeld aan verschillende schalen, waarbij een afzonderlijk gebouw het laagste schaalniveau is, het gebouwcluster of de buurt het niveau daarboven, vervolgens de wijk en ten slotte de stad. Dit werd het eerst gedaan met de Rotterdamse EnergieAanpak & Planning (REAP) [Tillie et al. 2009a; Tillie et al. 2009b], ontwikkeld voor het CO₂-neutraal maken van een wijk in Rotterdam Zuid (zie figuur B1.1).



Figuur B2.1: Principeschema van REAP, startend linksonder, bij stap 1 (reduce) toegepast op gebouwen, met opschaling vanaf stap 2 (reuse) naar de buurt, wijk en stad, waarna vervolgens stap 3 (produce) kan worden opgelost op verschillende schaalniveaus [beeld: Andy van den Dobbelsesteen]

Leidraad Energetische Stedenbouw (LES)

De REAP-methode werd in Amsterdam opgepakt en verwerkt in de Leidraad Energetische Stedenbouw (LES) [Kürschner et al. 2011; Dobbelsesteen et al. 2011], dat naast de verdeling in stappen en schaalniveaus ook factsheets bevatte plus veel nuttige informatie voor het besluitvormings- en planningsproces (zie figuur B2.2).

Toolbox LES: Maatregelen thermische energie

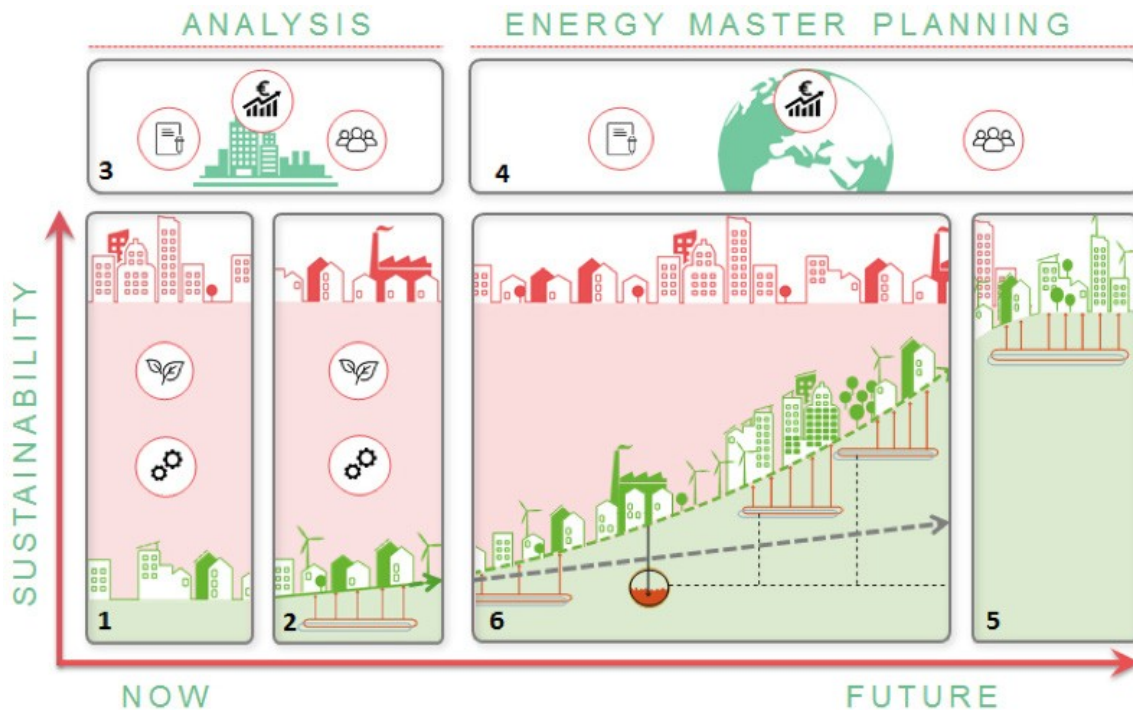
blz.	icoon	naam	rendement	plaberum	schaal	ruimtebeslag	combineert met
37		compactheid	10-40 %	1 2 3 4			
38		orientatie: zontoetreding	10-15 %	1 2 3 4			
39		optimale hoogte	10-30 %	1 2 3 4			
40		bruikbare dakvorm	max 100 %	1 2 3 4			
43		programmatische balans	max 100 %	1 2 3 4			
44		stadswarmte	40-100 %	1 2 3 4			
45		bio wkk	max 50 GJ/won.	1 2 3 4			
48		zonnecollectoren	1,5 GJ/m2	1 2 3 4			
49		WKO	3.900 GJ/doublet	1 2 3 4			
50		warmte wisselaar	max 35 GJ/won.	1 2 3 4			
51		stadskoude	40-100 %	1 2 3 4			

Figuur B2.2: Voorbeeld van een maatregelenoverzicht uit LES [Kürschner et al. 2011]

City-zen

In het EU-project City-zen is recentelijk [Dobbelsteen et al. 2018] een methodologie ontwikkeld waarmee steden hun energietransitie kunnen inzetten en plannen. Startend bij de analyse van de huidige situatie en de reeds geplande ontwikkelingen, wordt via een stakeholderanalyse en scenariostudie een toekomstvisie voor de stad geformuleerd en verbeeld. Vervolgens wordt een routekaart gemaakt om van de huidige situatie bij de gewenste toekomstige situatie te komen (zie

figuur B2.3). Het proces is in het project City-zen in veel gevallen begeleid met zogenaamde Roadshows die zowel een toekomstbeeld als oplossingen op de weg daar naartoe hebben gegenereerd. Op deze wijze is onder andere voor de stad Amsterdam een zogenaamde Roadmap gemaakt waarmee de stad in 2040 CO₂-neutraal kan worden [Broersma et al. 2018].



Figuur B2.3: City-zen methodologie: hoe komt een stad van de huidige, onduurzame situatie (1) en al geplande ontwikkelingen (2) via stakeholderanalyse (3) en scenariostudies (4) naar een gewenste duurzame toekomstige situatie (5). De routekaart daartussen (6) is het allesbepalende element [Broersma et al. 2018].

Belangrijkst uit de Amsterdamse Roadmap was de keuze uit drie hoofdoplossingen voor duurzame energiesystemen: stadswarmtenet, all-electric met warmtepompen, of duurzaam gas (en eventueel hybride vormen). In een tijdschema was weergegeven welke ingrepen op welk moment zouden moeten plaatsvinden om in 2040 energieneutraal te kunnen zijn.

Tabel B2.1 geeft opties voor energierenovatie in de oude binnenstad van Amsterdam, vanwege haar historische achtergrond en monumentale karakter vergelijkbaar met het Binnenhof. In de bovenregels vinden we de verschillende strategieën voor duurzame elektriciteit, verdeeld naar individuele en gemeenschappelijke oplossingen en van links naar rechts gaand van hoog naar laag ambitieus in duurzaamheidstermen. In de kolommen links staan de duurzame strategieën voor warmte, verdeeld naar bouwkundige ingrepen en de specifieke warmtebron, van boven naar beneden gaand van hoog naar laag ambitieus. In het grijze vlak worden logische elektriciteits- en warmtestrategieën met elkaar gecombineerd, waarbij linksboven de meest ambitieuze combinatie staat (ingrijpende renovatie, warmtepompsysteem, maximale toepassing van zonnepanelen – een momenteel onacceptabele oplossing vanuit monumentenoptiek), tegenover de minst ambitieuze rechtsonder (inkoop van groen gas en groene stroom van buiten Amsterdam – feitelijk het afschuiven van het probleem naar elders).

Tabel B2.1: Energierenovatiemogelijkheden voor warmte (linker kolom) en elektriciteit (bovenrij) voor de Amsterdamse binnenstad: van radicaal naar maximale energieprestatie (linksboven) naar minimale ingrepen (rechtsonder) [Broersma et al. 2018]

Energiestrategieën Amsterdam Centrum		elektriciteit					
	individueel	maximale PV-toepassing op alle oppervlakken	PV-pannen + panelen op opzichtbare plekken	PV-panelen op onzichtbare plekken	geen PV	geen PV, groene stroominkoop	
	gemeenschappelijk			groene stroom van Amsterdams grondgebied (Amsterdam Green Power)	groene stroom van Amsterdams grondgebied (Amsterdam Green Power)	geen Amsterdams stroombedrijf	
warmtesysteem	bouwkundig	warmtebron					
	ingrijpende renovatie	WP op kanaalwater	interessant, maar lastig met huidige monumentenbeleid				
	beperkte renovatie	MT warmtenet van geothermie		haalbaar alternatief bij flexibele houding MonZ, relatief duur	haalbaar alternatief, extra groene stroom nodig, relatief duur		
	beperkte renovatie	groen gas (Amsterdam Green Fuel)		goede combinatiekansen, gas is risico, relatief goedkoop	combinatie is haalbaar, groene stroom nodig, relatief goedkoop		
	geen renovatie	HT warmtenet van restwarmte/afval			mogelijk, extra groene stroom nodig, dure infra, lage ambitie	uitdaging om de stroomproductie te realiseren, dure infra	elektriciteit afgeschoven op anderen, AEB in the lead
	geen renovatie	groen gas (Amsterdam Green Fuel)			nauwelijks duurzamer, goedkoop, voldoende groen gas?	alles met een Amsterdam energiebedrijf op te lossen	Amsterdam schuift haar verantwoordelijkheden af

B2.3 Systeembenaderingen voor circulariteit

Bij de renovatie van het Binnenhofcomplex is het van belang om duurzaamheid te bezien vanuit een systeem perspectief. In de wetenschappelijke literatuur bestaan diverse grote systeemtheorieën met betrekking tot verduurzaming en ‘circularisering’ van de samenleving, waaronder *Cradle-to-Cradle*, *Laws of Ecology*, *Looped Economy*, *Regenerative Design*, *Industrial Ecology*, *Biomimicry* en *Blue Economy* [van Dijk et al., 2014]. Deze hebben allemaal een vergelijkbare basis die verwoord kan worden met de volgende basisprincipes:

- Afval is voedsel: sluit, verleng en verbind kringlopen van dezelfde en andere stromen/bronnen
- Maak gebruik van uitsluitend hernieuwbare grondstoffen en bronnen
- Creëer diversiteit en bewustwording dat alles met elkaar samenhangt in een groter geheel.

Deze uitgangspunten vormen ook de achtergronden voor de Nieuwe Stappenstrategie zoals genoemd in § B2.1 specifiek voor energie.

Voor het nadenken over duurzame watersystemen kunnen de volgende drie basisprincipes hieruit gedestilleerd worden [Tenpierik et al., 2016]:

- (Innovatieve) besparingsmaatregelen;
- (Innovatieve) afvoermaatregelen;

- Verbetering van de waterkwaliteit (op gebouw-, stad- en regioniveau).

Voor het nadenken over materialen en circulariteit zijn deze basisprincipes nader uitgewerkt onder andere door Jacqueline Cramer in haar '10R-model' [Bastein en Rietveld, 2016] (figuur B2.4) en door de Ellen MacArthur Foundation in hun 'vlindermodel'³². Het model van de Ellen MacArthur Foundation maakt daarbij, in navolging van de Cradle-to-Cradle systeembenadering, ook onderscheid tussen een biologische cyclus en een technologische cyclus. Aanvullend hierop spelen nog de gezondheidseffecten van materialen die zeker ook aandacht vragen [Geldermans et al., 2019].



Figuur B2.4: Overzicht van het 10R-model van Cramer voor circulariteit [Bastein en Rietveld, 2016]

Daarnaast is het goed om te zoeken naar maatregelen en middelen die positieve effecten sorteren. In een serie artikelen is door Luscuere, Tenpierik, Jansen en Geldermans beschreven hoe over dergelijke positieve effecten binnen de gebouwde omgeving gedacht zou kunnen worden en hoe dergelijke effecten in algemene zin teweeg gebracht kunnen worden [Luscuere et al., 2016; Tenpierik et al., 2016; Jansen et al., 2016; Geldermans et al., 2016]. Wat deze positieve effecten inhouden en hoe deze kunnen worden gerealiseerd kan worden afgeleid uit tabel B2.2 voor de grondstoffen/hulpbronnen *energie, water, materialen, schone lucht* en *vruchtbare bovengrond* (de rijen in de matrix). De kolommen in deze matrix laten de waarden *ecologie, economie en gerechtigheid* zien met bijbehorende onderverdelingen. Een belangrijke voorwaarde voor positieve effecten in de gebouwde omgeving is hernieuwbaarheid van de grondstoffen/hulpbronnen.

Ter toelichting van deze tabel de hulpbron *energie* als voorbeeld nader uitgewerkt. Bij de opwekking van energie op fossiele basis komen diverse chemische verbindingen vrij die een negatieve invloed hebben op ecologie, onderverdeeld naar biodiversiteit, gezondheid en klimaatverandering. Deze verbindingen zijn met name SO₂, NO_x fijn stof, CO₂ en CH₄. Voor een duurzame en gezonde energievoorziening is het daarom van belang om in te zetten op energie uit zon, wind, waterkracht, geothermie, golfslag, getijden en hoogproductieve biobrandstoffen.

Tabel B2.2: *Natuurlijke hulpbronnen versus de waarden ecologie, economie en gerechtigheid* [Luscuere, 2018, p. 25] (*Environmental Challenges / Solutions / model v14.2*, PG Luscuere & WM Luscuere, Mei 2017), <https://books.bk.tudelft.nl/index.php/press/catalog/book/isbn.9789463660549>.

³² <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/infographic>

		VALUES								
		ECOLOGY			ECONOMY			EQUITY		
		BIODIVERSITY	HEALTH EFFECTS	CLIMATE CHANGE	SCARCITY	COST / BENEFITS	PR METAPHOR	SOCIAL RESPONSIBILITY	FAIRNESS	
RESOURCES	ENERGY	SO ₂ , NO _x , Acid Rain	NO _x , PM _{2.5}	CO ₂ , CH ₄	Fossil fuels	Pay Back Time	'Net Positive'	Energy Positive Buildings	'Supergrid'	Coal Powered Electricity
		Solar, Wind, Hydro, Geothermal, Wave & Tidal Energy and (High Productive) Biofuels (eg Algae)								
	AIR	SO ₂	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM _{2.5} , PM ₁₀	CO ₂ , CH ₄	Clean Air	Life Cycle Analysis	'Every Breath We Take'	Actively Cleaning Buildings	Global burden of disease / DALY's	Child Labor
		Limit fossil emissions of transport and energy systems. Apply filtration in buildings, metabolize particles by vegetation, use TiO ₂ coatings				Total Cost of Ownership				Increasing Inequality
	WATER	Contaminated Water	Hormones & Medicines	Rising Sea Level	Fresh Water	Life Cycle Costing	'Clean'	Cleaner Discharge as Intake	Geo-Political Governance (lack of)	Inclusivity
		Local Cleaning (Reed filters), use of Algae, Nutrition Regeneration								
MATERIALS	Waste*	Hazardous Emissions	Chlorofluoro-carbons	Virgin Materials	Hard & Soft Costs and Benefits	'Healthy'	Waste as Resource & Endless Recycling	'Securing' Resources	Resource Depletion	
	Non-hazardous Substances, From Down- to Re- and UpCycling				Co-Benefits				'Externalised' Costs	
TOP SOIL	Loss, Degradation & Compaction**	Contamination	CH ₄ -Emissions	Phosphate		'Fertile'	Positive Contribution to Top Soil Quality	Displacing Arable Land by BioFuels	Rampant Environmental Pollution	
	Apply Green Roofs & Walls, Close Continuous Cycles, Recover Nutrients, Apply local solutions & Large Scale Eco-Rehabilitation Projects									

* Toxic-, Carcinogenic-, Mutagenic, etc.
 ** Specific for The Netherlands

Economisch gezien zal (op korte termijn) schaarste van fossiele brandstoffen een belangrijk effect hebben op de kosten van energie. Bij een kosten-batenanalyse benodigd om de juiste keuzes te maken moet worden gekeken naar alle aspecten in de cirkels: terugverdientijd, levenscyclusanalyse, TCO, LCC, de 'harde' en 'zachte' kosten en baten (werkelijke kosten/baten en milieukosten/baten) en de voordelen die de oplossingen opleveren (ook op andere vlakken dan energie).

Om vervolgens de duurzame en gezonde keuze te verkopen, kan gebruik gemaakt worden van de PR-metafoor van 'netto positief'. De kolom *social responsibility* toont vervolgens hoe bepaalde positieve effecten in de gebouwde omgeving bereikt kunnen worden. Concreet betekent positiviteit van energie op gebouwniveau *meer energie duurzaam opwekken dan nodig voor het gebouw (zowel gebouwgebonden als gebruiksgebonden)*. Door hierin de juiste keuzes te maken kunnen vervolgens ook positieve effecten gerealiseerd worden op het gebied van *fairness*. Deze positieve effecten kunnen te maken hebben met het verminderen van fossiele energieopwekking (*coal powered electricity* is hiervoor als representatief gekozen in de matrix), van kinderarbeid, van ongelijkheid, van een gebrek aan inclusiviteit, van uitputting van grondstoffen, van milieukosten, en van milieuvervuiling.

Voor wat betreft de overige hulpbronnen/grondstoffen laat hernieuwbaarheid zich in de gebouwde omgeving vertalen als [Luscuere, 2018, p. 18]:

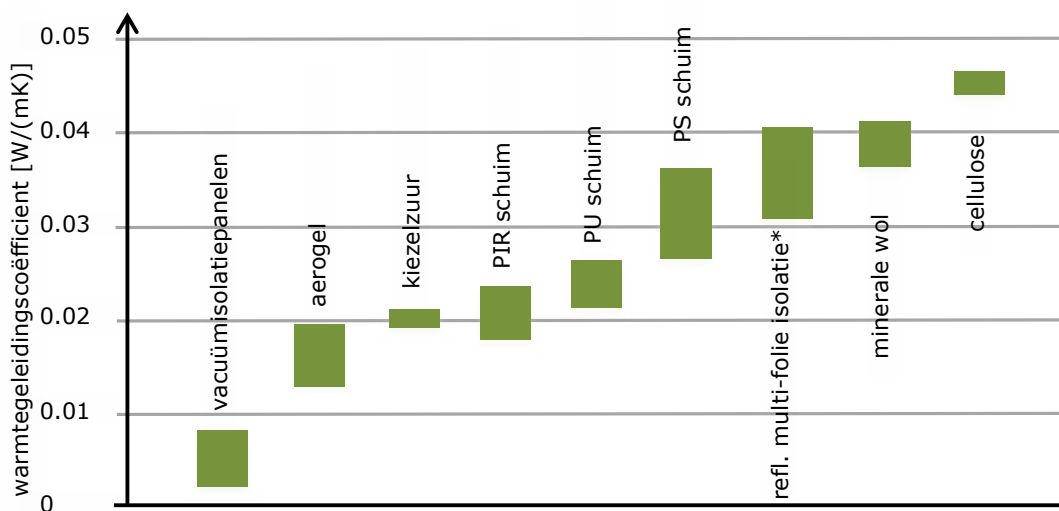
- Lucht, water en vruchtbare grond dienen intrinsiek hernieuwbaar te zijn, minimaal reinigbaar tot uitgangskwaliteit.
- Biologische materialen mogen slechts gebruikt worden tot het niveau dat ze weer aan kunnen groeien.
- Technische materialen dienen eeuwigdurend recyclebaar te zijn.

B3 Verbetering van de thermische schil

B3.1 Na-isolatie aan de gevelbuitenzijde

Bij veel monumentale gebouwen is buitenisolatie niet wenselijk omdat dit het uiterlijk van het gebouw of het complex van gebouwen te veel aantast. Wordt er desondanks toch besloten om isolatie aan de buitenkant van de gevel aan te brengen, dan kan dat vrijwel altijd zonder grote bouwfysische risico's worden uitgevoerd. Bij buitenisolatie wordt de gevel ingepakt waardoor temperatuurschommelingen in het metselwerk worden beperkt. Dit zorgt er ook voor dat eventueel risico op scheurvorming afneemt. Tevens ontstaat er aan de buitenkant van de gevel een regendichte isolerende jas die ervoor zorgt dat het metselwerk over het algemeen droger en warmer wordt. Dit neemt het risico op vorstschade en inwendige condensatie weg. Tevens is het vrij gemakkelijk om koudebruggen te voorkomen (aansluitingen van binnenwanden en opgelegde houten balken vormen geen problemen) waardoor ook het risico op oppervlaktecondensatie vrijwel afwezig is. Problemen kunnen soms ontstaan bij van binnen naar buiten doorlopende betonnen balkons.

Er bestaan diverse oplossingen voor het isoleren van een gevel aan de buitenzijde, variërend van minerale wol, tot schapenwol en cellulose, tot kunststofschuimen, tot aerogels en vacuümisolatiepanelen. Voor al deze isolatiematerialen bestaan in de praktijk beproefde methoden van aanbrengen en afwerken. Veel gebruikte afwerkingen betreffen een versterkte stuclaag of steenstrips. Figuur B3.1 geeft een overzicht van enkele isolatiematerialen.



Figuur B3.1: Overzicht van de prestatie van verschillende typen isolatiemateriaal.

*Bij reflecterende multifolie-isolatie betreft het hier een effectieve warmtegeleidingscoëfficiënt.

B3.2 Na-isolatie aan de gevelbinnenzijde

Na-isolatie aan de binnenzijde van gevels van gebouwen en in het bijzonder van monumenten is niet zonder risico.

Allereerst wordt door de isolatielaag aan de binnenkant de temperatuurfluctuatie over de seizoenen in de bakstenen gevel groter; in de winter wordt het metselwerk kouder terwijl dit in de zomer warmer wordt [Nusselder et al., 2008; Stappers en Schellen, 2011; Hees en Lubelli, 2012]. Het gevolg hiervan is een grotere uitzetting en krimp, met als gevolg een verhoogd risico op scheurvorming. Zeker indien er reeds problemen zoals scheurvorming, afschilfering, zoutuitbloei, vochtplekken en algen in de bestaande gevel zijn geconstateerd moet men voorzichtig zijn.

Verder zal door het aanbrengen van isolatie aan de binnenzijde van de gevel de mogelijkheid om vocht in het metselwerk aan de binnenzijde te laten verdampen afnemen [Stappers en Schellen, 2011; Groot en Gunneweg, 2012]. Tevens zal in de winter door het kouder zijn van het metselwerk ook verdamping van vocht aan de buitenzijde van de gevel vertraagd worden [Stappers en Schellen, 2011]. Dit betekent dat het vochtgehalte in het metselwerk gemiddeld hoger zal liggen dan voor de situatie met na-isolatie. Dit zal het risico op vorstschade verhogen indien de bakstenen of mortel vorstgevoelig zijn (klasse FO en F1 volgens NEN-EN 772-22:2019) of een dampdichte laag (geglazuurde stenen of dampremmende verf/pleister) bevatten [Hens, 2012; Hees en Lubelli, 2012].

Daarnaast verandert door na-isolatie de vochtbalans en wordt het dauwpunt in de gevel verlegd [Stappers en Schellen, 2011]. Dit betekent allereerst dat indien geen goede damprem wordt aangebracht aan de warme zijde van de isolatielaag, bij een normaal gebruik van het gebouw, dus met vochtproductie aan binnenzijde, onherroepelijk inwendige condensatie optreedt op het grensvlak tussen isolatie en bestaande metselwerkgevel. Bij vochtgevoelige isolatiematerialen vermindert dit de isolerende werking en verhoogt dit het risico op schimmelvorming. In enkele artikelen wordt als alternatief gewezen op de mogelijkheden van dampopen isolatiematerialen en dampopen bouwen [Jenkins, 2011]. Echter de ervaring leert dat ook in die gevallen een groot risico op condensatieproblemen ontstaat [Ravesloot, 2015]. Indien echter alle condensaat in de zomer weer uit de constructie verdampt hoeft dit niet per se tot schade te leiden. Maar een goede risicoanalyse op basis van tijdsafhankelijke vochtsimulaties is in dat geval noodzakelijk.

Tot slot zullen er bij monumenten altijd plekken zijn waar de isolatielaag niet volledig door kan lopen; gemetselde binnenwanden die direct op de gevel aansluiten of houten balken die opgelegd zijn op de buitengevel doorbreken de isolatielaag en vormen daarmee een koudebrug [Nusselder, 2008]. Deze koudebruggen vormen risicovolle plekken voor condensatie omdat de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde ten gevolge van de koudebrug lager is dan van de omringende isolatielaag. Vooral bij houten balkkoppen kan dit een risico op houtrot geven. Maar ook houten strijk balken die aan de koude kant van de isolatie komen te liggen kunnen een probleem vormen. In dat geval kan zelfs indien de wateractiviteit of relatieve luchtvochtigheid nabij het grote oppervlak van de gevel aan de binnenkant bijna altijd lager is dan 0,8 toch schimmelvorming nabij de koudebruggen optreden [Stappers en Schellen, 2011].

In de wetenschappelijke literatuur wordt daarom geadviseerd om buitengevels van monumenten niet aan de binnenzijde na te isoleren in de volgende gevallen [Nusselder, 2008; Stappers en Schellen, 2011; Hees en Lubelli, 2012; Groot en Gunneweg, 2012]:

- Indien de binnenzijde van de buitengevel monumentale waarde heeft; in dat geval kan monumentale waarde prevaleren boven energiebesparing.

- Indien de gevel bloot staat aan overmatig veel regen; in dat geval zal het vochtgehalte in het metselwerk te lang te hoog blijven waardoor er een verhoogd risico ontstaat op vorstschade en rottende balkkoppen.
- Indien de gevel bestaat uit bakstenen die vorstgevoelig zijn of een dampdichte buitenlaag hebben (bijvoorbeeld geglazuurde stenen); in dat geval treedt er ook een verhoogd risico op vorstschade op.
- Indien de gevel veel scheurvorming vertoont ten gevolge van uitzetting en krimp; in dat geval vergroot na-isolatie de thermische bewegingen van de gevel met een verhoogd risico op nog meer scheurvorming.
- In het geval er sprake is van optrekkend vocht in de gevel; in dat geval komt het vocht meestal vanuit de bodem via capillaire werking in het metselwerk omhoog; door een isolatie met een dampremmende laag kan dit vocht moeilijk verdampen waardoor verhoogd risico op vorstschade ontstaat; mogelijk dat in dit geval een dampopen isolatiemateriaal zonder damprem ter plekke van het probleem een oplossing kan bieden; dit geeft echter wel een verhoogd risico op inwendige condensatie.

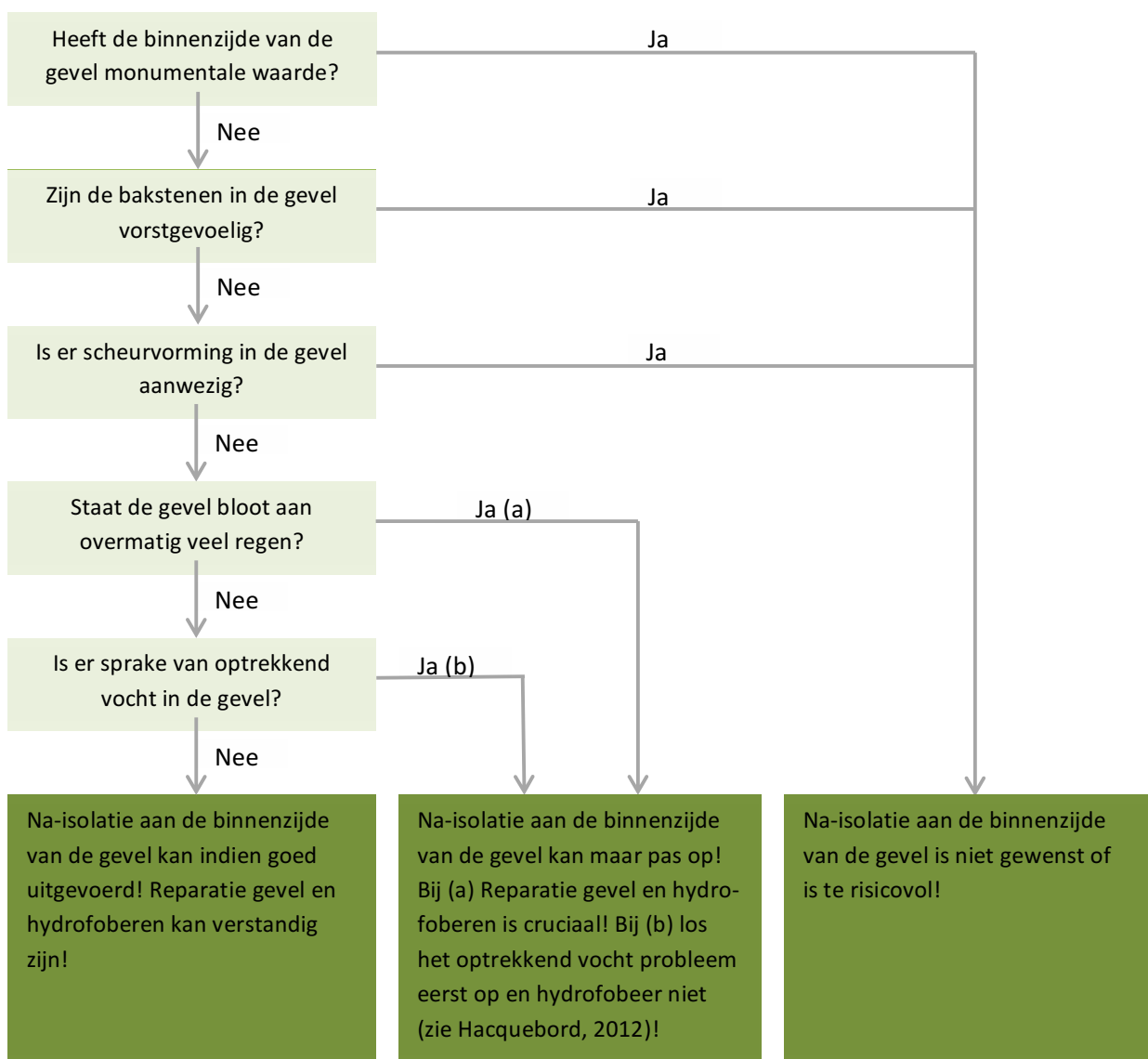
Mocht er om een van de bovengenoemde redenen besloten worden om de gevels niet na te isoleren, dan kan het wel zinvol zijn om achter radiatoren, dunne reflecterende folies of vacuümisolatiepanelen aan te brengen die ervoor zorgen dat de warmte afgegeven door de radiator niet te veel de gevel opwarmt en ter plekke voor een groot warmteverlies zorgt.

In alle andere gevallen is het in principe mogelijk om wel na-isolatie aan de binnenzijde van de buitengevels toe te passen. Daarbij moet met de volgende zaken rekening gehouden worden:

- Er dient vrijwel altijd een goede dampremmende laag aangebracht te worden aan de warme zijde van de isolatie om te voorkomen dat er inwendige condensatie ontstaat ten gevolge van dampdiffusie [Linden et al., 2016; Wit, 2008]. Deze dampremmende laag zorgt ervoor dat in de winter, wanneer het risico op condensatie het hoogst is, de dampspanning in alle materiaal aan de buitenzijde van de damprem laag is. Hierbij is het wel van belang dat de waterkerende laag aan de buitenzijde van de gevel altijd een lagere S_d -waarde³³ heeft dan de damprem. Een interessante moderne variant is een zogenaamde slimme damprem die afhankelijk van de heersende luchtvochtigheid nabij het materiaal een verschillende S_d -waarde heeft [Künzel en Kasper, 1998]. In de winter bij een lage relatieve luchtvochtigheid is de weerstand tegen diffusie hoog en in de zomer bij een hogere relatieve luchtvochtigheid is de weerstand laag. Uitsluitend bij nieuwe capillair actieve dampopen isolatiematerialen is een dergelijke dampremmende laag niet vereist (zie even verderop een toelichting).
- Deze dampremmende laag dient volledig luchtdicht te worden aangebracht om convectief damptransport te voorkomen [Stappers en Schellen, 2011]. Voorkom naden en kieren bij doorvoeren, stopcontacten, koudebruggen en andere zaken die de laag doorbreken. Deze dienen goed luchtdicht afgedicht te worden. Deze afdichting voorkomt dat vocht via luchttransport terecht komt achter de damprem en isolatie waardoor deze alsnog voor condensatieproblemen en mogelijk rottende houten balkkoppen kan zorgen, vooral indien er achter de isolatielaag door een onregelmatig geveloppervlak luchtholtes aanwezig zijn. Indien de naden en kieren niet afgedicht zijn, dan bestaat er een risico op condensatieproblemen achter de isolatie.

³³ De S_d waarde geeft de mate van dampdichtheid van een materiaal laag aan en wordt berekend als het dampdiffusieweerstandgetal (μ waarde) x de dikte.

- Aansluitingen van gemetselde binnenwanden op spouwloze buitengevels zullen bij na-isolatie een koudebrug vormen. Om te voorkomen dat door een lage binnenoppervlaktetemperatuur nabij de aansluiting oppervlaktecondensatie ontstaat, dient de binnenisolatie ten minste 1 meter doorgezet te worden naar binnen langs de binnenwand hetgeen esthetische consequenties heeft.
- Denk bij houten balken liggend op (bak)stenen muren goed aan vochtproblemen bij binnen-gevelisolatie. Het is vaak verstandig om rondom de balkkop niet te isoleren om hier bewust een koudebrug te introduceren waardoor de temperatuur nabij de balkkop hoger is; maar wel de dampremming en luchtdichting te verzorgen. Soms kunnen vocht opnemende isolatiematerialen als kurk uitkomst bieden [Binz et al., 2005]. Ook dient er aandacht te zijn voor houten strijk balken die direct naast de gevel liggen. Deze kunnen door na-isolatie in de koude zone van de gevel komen te liggen met een verhoogd risico op houtrot. Indien mogelijk dan kunnen deze balken het beste iets opgeschoven worden om de isolatielaag door te zetten.



Figuur 5.2: Keuzeschema voor na-isolatie³⁴

³⁴ Niet alleen scheurvorming, ook afschilfering, vochtplekken, zouten, alg- en mosaangroei duiden op vochtproblemen. Een ander aspect is de eventuele aanwezigheid van waterleidingen in de gevel. Deze moeten eerst verplaatst worden naar de warme zijde voordat na-isolatie plaats kan vinden

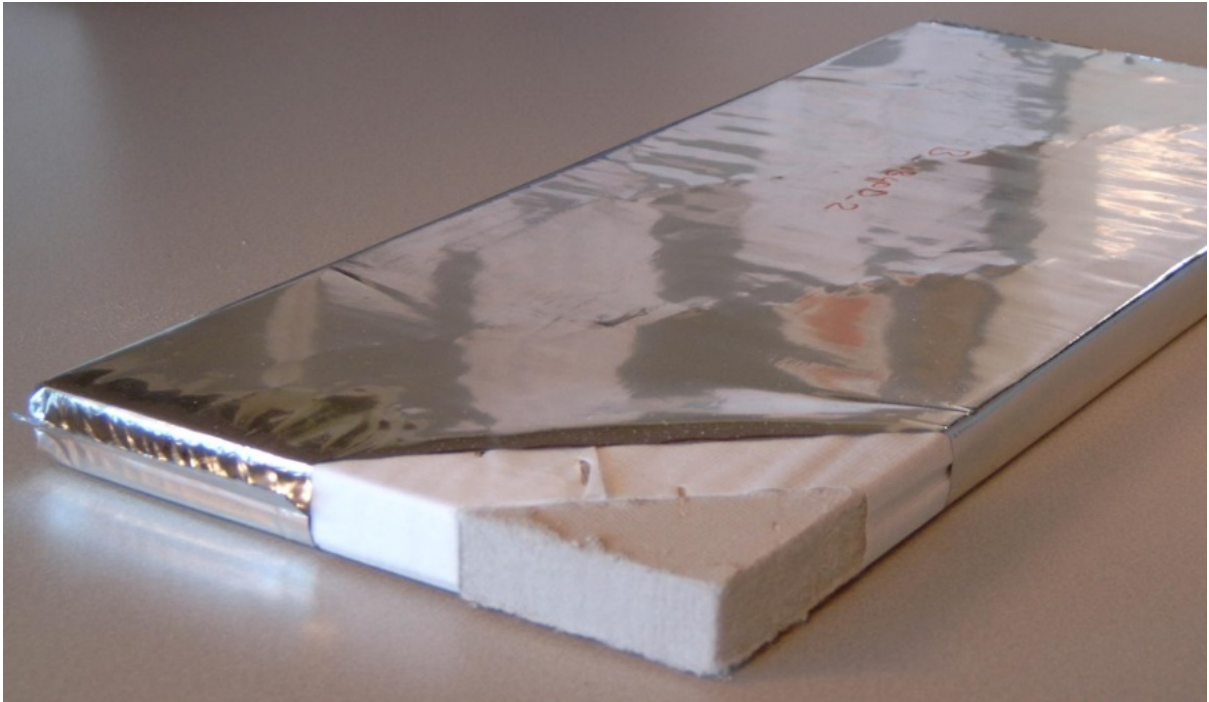
- Isoleren aan de binnenzijde dient bij voorkeur in combinatie te zijn met herstel van de gevel (voegen, en dergelijke) en eventueel met hydrofoberen. Dit voorkomt dat het metselwerk ten gevolge van regen langdurig vochtig blijft. Er bestaan tegenwoordig diverse middelen die gebruikt kunnen worden met als nieuwe ontwikkeling middelen voorzien van nano-deeltjes [Lubelli et al., 2012]. Hydrofoberen zorgt ervoor dat de contacthoek tussen water en de poriewanden van het metselwerk nagenoeg 0° wordt waardoor deze waterafstotend worden [Lubelli et al., 2012]. Hydrofoberen dient te allen tijde damptransport aan de buitenzijde mogelijk te houden. Het nadeel van hydrofoberen is dat een gevel langzamer droogt indien deze toch nat geworden is omdat capillair watertransport wordt verhinderd. In het verleden zijn er mede daardoor ook slechte ervaringen geweest met het hydrofoberen van historische metselwerk gevels. In de literatuur wordt daarom geadviseerd om niet te hydrofoberen indien er sprake is van optrekkend vocht, indien er andere vochtbronnen zijn dan alleen regen, indien er veel zouten in het metselwerk aanwezig zijn en indien er haarscheuren aanwezig zijn, bijvoorbeeld op de grens tussen metselwerk en voeg. In die gevallen kunnen problemen optreden als vorstschade en zoutschade [Lubelli et al., 2012]. Gedetailleerd onderzoek van de gevel is daarom vereist voordat tot hydrofoberen wordt overgegaan.
- Bij herstel van de gevel en na-isolatie wordt vaak ook de kierdichting verbeterd. Om dan voldoende verse lucht binnen te krijgen en om de constructie voldoende gelegenheid te bieden om vocht kwijt te kunnen is het van belang dat er voor voldoende ventilatie wordt gezorgd. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de dimensionering van het ventilatiesysteem.

Wat betreft binnengevelisolatie bestaan er diverse mogelijkheden. Een recente publicatie van de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed over isolatie van historische gebouwen geeft een goed overzicht hiervan [RCE, 2019]. De geschikte mogelijkheden van na-isolatie aan de binnenzijde kunnen onderverdeeld worden in twee categorieën³⁵:

1. Dampdichte isolatiematerialen of traditionele dampopen materialen met dampremmende laag aan de warme zijde van de isolatie.
 - a. Gipsplaat + isolatieplaat die wordt verlijmd op de binnenkant gevel.
 - b. Voorzetwanden gevuld met isolatiemateriaal en voorzien van gipsplaat. Hout moet zijn behandeld met Boriumzout.
 - c. Vacuümisolatiepanelen (VIP's, zie figuur 5.3) ($\lambda \approx 0,007 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), aerogeldekens ($\lambda \approx 0,014 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) [Binz et al., 2005; Tenpierik, 2010], of PIR ($\lambda \approx 0,019 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$): deze is vergelijkbaar aan de vorige varianten maar maakt gebruik van hoogwaardiger en daarmee dunner isolatiemateriaal. De kosten van deze materialen zijn relatief hoog maar de verminderde benodigde ruimte kan hier tegenop wegen. Bij vacuümisolatiepanelen moet extra aandacht besteed worden aan de kwetsbaarheid van het product en voorkomen worden dat later gaten worden geboord in de gevel. Dit kan door het gebruik van PIR-passtroken tussen de VIP's of door het aanbrengen van een dunne metalen barrièrelaag. Bij toepassing van VIP's zullen tevens de aannemers moeten worden getraind op het correct gebruik van het materiaal. Tussen de VIP's zou PIR-isolatie aangebracht kunnen worden als stijlen en als

³⁵ Dampopen isolatiematerialen aan de binnenzijde gevel zonder dampremmende laag zijn niet geschikt in verband met het hoge risico op inwendige condensatie.

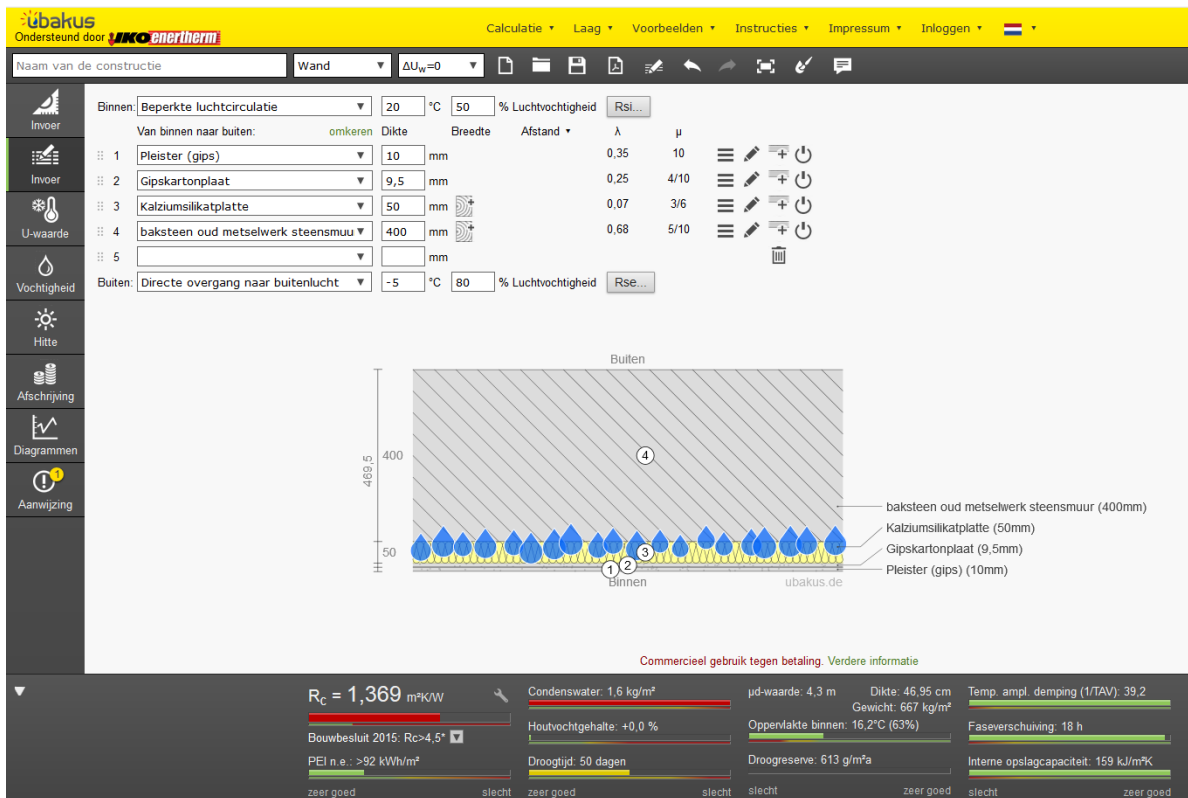
passtukken. Tevens kunnen aerogeldekens gebruikt worden om de bestaande muur uit te vlakken en de VIP's te beschermen.



Figuur B3.3: 2 cm dik vacuümisolatiepaneel [foto: Martin Tenpierik]

2. Capillair actieve dampopen isolatiematerialen

Deze materialen, zoals calciumsilicaat en houtvezelplaat, zijn capillair actief en kunnen daardoor relatief veel vocht absorberen en herverdelen op het moment dat het aanbod aan vocht hoog is [Stappers en Schellen, 2011]. Dit voorkomt vochtophoping op de lange termijn. Echter, ze zijn ook relatief dampopen waardoor onder andere in de winter damptransport ontstaat van binnen naar buiten. Dit leidt in de winter onherroepelijk tot condensatie tussen het isolatiemateriaal en de bestaande gevel. Zolang deze hoeveelheid condensaat echter beperkt is, opgenomen kan worden door het materiaal en in de zomer weer kan verdampen hoeft dit niet direct tot schade en schimmelvorming te leiden. Volgens DIN 4108-3: 2014 mag de hoeveelheid condensaat in de winter bij een steenachtige muur met niet vorstgevoelige bakstenen niet meer bedragen dan $0,05 \cdot w_{cr} \cdot d$ kg/m² met w_{cr} het kritische watergehalte [kg/m³] van de baksteen en d de dikte [m] van de baksteen. Het kritisch watergehalte van baksteen ligt in de buurt van 100 kg/m³. Echter, houten balken in de gevel en andere houten elementen in de gevel lopen wel een hoog risico op aantasting. Indien er hout aanwezig is in de gevel, dan geldt maximaal $0,03 \cdot \rho_m \cdot d$ kg/m² met ρ_m de soortelijke massa van het hout [kg/m³]; voor plaatmateriaal komt dit in de praktijk neer op zo'n 0,1 à 0,2 kg/m² als maximale hoeveelheid condensaat [van der Linden et al., 2016]. Los van dit risico dient ook de binnenzijde van de gevel vrij te blijven van meubels en kasten omdat anders in de zomer het vocht niet weg kan. Een eenvoudige Glaser berekening overeenkomstig DIN 4108-3: 2014 laat zien dat dergelijke constructies risicovol zijn met betrekking tot condensatie (fig. B3.4). Een uitvoerige dynamische thermisch-hygrische simulatie zal in zo'n geval moeten aantonen of een dergelijke dampopen constructie wel of niet kan.



Figuur B3.4: Glaserberekening van een gevel met 400 mm oud metselwerk, 50 mm calciumsilicaatplatte, 9,5 mm gipskartonplaat en 10 mm pleister volgens DIN 4108-3: 2014 (www.ubakus.de). NB: deze berekening laat een worst-case scenario zien.

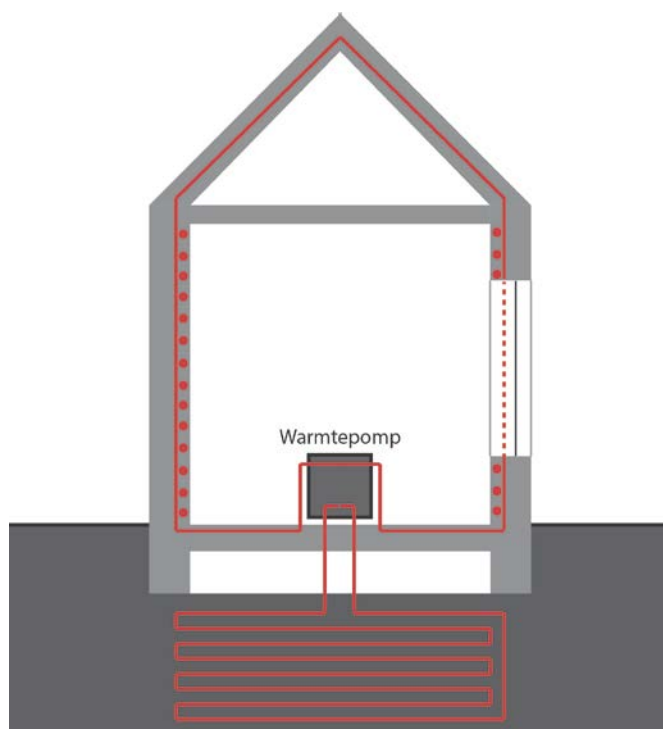
B3.3 Na-isolatie van vloeren

Het na-isoleren van vloeren is over het algemeen minder risicovol dan het na-isoleren van gevels. Daar staat tegenover dat over het algemeen ook het warmteverlies door de vloer kleiner is dan door de gevels omdat de bodem in de winter een hogere temperatuur heeft dan de buitenlucht. Bij een gemiddelde woning geldt dat de vloer verantwoordelijk is voor 4 tot 13% van het energieverlies terwijl de buitenmuren, koudebruggen, de ramen en deuren, het dak en ventilatie/infiltratie verantwoordelijk zijn voor respectievelijk 22-33%, 7%, 8-14%, 25-34% en 16-22% [Stappers & Schellen, 2011]. Ook bij een vloer kan na-isolatie aan de bovenzijde plaatsvinden of aan de onderzijde. Isoleren aan de bovenkant heeft als nadeel dat de vloeren hoger worden en dat vaak deuren moeten worden ingekort en dat mogelijk elementen van monumentale waarde aangetast worden. De voorkeur gaat daarom meestal uit naar isolatie van een vloer aan de onderzijde hetgeen ook bouwtechnisch voordelen heeft (minder problemen met koudebruggen). Dit kan goed indien er een kruipruimte onder de vloer aanwezig is. Bij vloerisolatie onder de vloer, wordt de vloer tevens warmer waardoor het risico op aantasting van eventueel aanwezig hout ook wordt verminderd [Nusselder, 2008].

Een alternatief is het isoleren van de onderzijde van de begane grondvloer. Er zijn diverse beproefde methoden van na-isolatie van vloeren op de markt, variërend van kunststofschuim tot reflecterende folies. Over het algemeen zijn daar goede ervaringen mee.

B3.4 Warm Bouwen

Warm Bouwen zou een goed alternatief kunnen zijn voor na-isolatie aan de binnenkant van de gevel. Met name voor monumenten kan dit een interessante optie zijn. Een bekend rijksmonument dat volgens de principes van warm bouwen is gerenoveerd is de Tempel in Den Haag [Agentschap NL, 2013]. Een ander bekend gebouw met hetzelfde principe is de Zollverein Schule für Management und Design in Essen, Duitsland, ontworpen door SANAA architecten en onder andere Transsolar Klima-Engineering [Moe, 2010]. Het voordeel van warm bouwen is dat de temperatuur van de gevel hoog wordt gehouden waardoor er vrijwel geen risico op inwendige en oppervlaktecondensatie is, dat koudebruggen geen verhoogd risico op condensatie en schimmelvorming opleveren en dat op de gevel opgelegde houten balken een verminderd risico op houtrot lopen. Veel van de bezwaren van na-isolatie aan de binnenkant zijn bij warm bouwen niet of nauwelijks aanwezig; een dampremmende laag is daardoor overbodig. Tevens behoeft het nieuwe pakket niet veel dikker te zijn dan zo'n 60 à 70 mm. Daartegenover staat wel dat deze techniek net als na-isolatie aan de binnenkant alleen kan worden toegepast indien de binnenkant gevel geen of nauwelijks monumentale waarde heeft; dat deze techniek meestal duurder is dan na-isolatie; en dat er niet altijd sprake is van (primaire) energiebesparing. Dat laatste punt zal hierna nader worden besproken.



Figuur B3.5: Principe van warm bouwen

Warm bouwen is een techniek waarbij warme watervoerende leidingen ingebouwd in de gevel ervoor zorgen dat de temperatuur van de gevel wordt opgewarmd tot zo'n 15 tot 19°C [van den Bree, 2018]. Deze opwarming gebeurt in de zogenaamde actieve laag. Daarnaast dient er altijd aan weerszijden van deze actieve laag een bepaalde hoeveelheid thermische isolatie te worden aangebracht. De temperatuur in de actieve laag dient altijd lager te zijn dan de binnentemperatuur omdat er anders sprake is van wandverwarming. Door de verhoogde temperatuur van de gevel ten opzichte van de

situatie zonder warm bouwen, lijkt het alsof effectief het temperatuurverschil tussen binnen en buiten kleiner is geworden met als gevolg een lagere warmtestroom. Dit verlaagt de energiebehoefte voor verwarming. Daar staat echter tegenover dat er energie nodig is om het water dat door de gevel stroomt op de juiste temperatuur te krijgen en om de circulatiepompen te laten draaien. Deze laatste energie dient zoveel mogelijk afkomstig te zijn van duurzame bronnen. Bij warm bouwen wordt over het algemeen uitgegaan van een warmtepomp op basis van een gesloten bodembron (of eventueel open bron) in combinatie met zonnecollectoren. Alleen indien de bron 'duurzaam' is heeft warm bouwen zin.

Of er dan daadwerkelijk een besparing op de primaire energie optreedt hangt af van verschillende factoren [van den Bree, 2018, p. 9]:

- “De binnentemperatuur;
- De hernieuwbaarheid en/of de (fossiele) energie-efficiëntie van de benodigde warmte;
- De verhouding in warmteweerstand aan weerszijden van de actieve laag;
- De temperatuurval over de actieve laag van de aangevoerde warmte;
- De leidingweerstand van de actieve laag;
- De (primaire) energie-efficiëntie van de (bestaande) ruimteverwarming;
- De thermische massa van de gevel.”

Van den Bree [2018] laat op basis van dynamische simulaties van een woning in Nederland met een verwarmingssysteem op basis van radiatoren en een op aardgasgestookte CV-ketel zien dat onder sommige condities warm bouwen leidt tot een besparing op de primaire energie en in sommige condities niet. Alle hierboven genoemde variabelen spelen daarbij een belangrijke rol. Dit betekent concreet voor het Binnenhofcomplex dat nader zal moeten worden onderzocht wat de optimale combinatie van variabelen is om tot daadwerkelijke CO₂-besparing te komen. Alle gunstige varianten hebben de actieve laag aan de binnenkant die wordt geflankeerd door een dunne isolatielaag van 40 mm aan de ene kant en 15 mm aan de andere kant. Verder is de bron in alle gevallen een warmtepomp op een bodembron in combinatie met zonnecollectoren. De beste variant levert een primaire-energiehefboom (verhouding primair energiegebruik zonder warm bouwen ten opzichte van totaal primair energiegebruik met warm bouwen) van 1,3 op. Een hefboom van groter dan 1 betekent een besparing op primaire energie.

Echter in de simulaties van van den Bree [2018] wordt uitgegaan van een verwarmingssysteem op basis van aardgas met een rendement op de CV-ketel van 95%. Indien echter het verwarmingssysteem gekoppeld is aan een warmtenet met duurzame warmte als bron of een warmtepomp met WKO, dan wordt de besparing op primaire energie significant lager en zal in vrijwel alle gevallen geen besparing meer overblijven. Mogelijk dat er alleen nog besparing op primaire energie optreedt indien de bron voor warm bouwen ondiepe geothermie is (op ongeveer 500 m diepte is de temperatuur van de bodem 20 à 21°C; er is dan geen warmtepomp meer nodig), of zonnewarmte uit zonnecollectoren is (levert ook voldoende hoge temperatuur), of afkomstig is uit het verwarmingssysteem als restwarmte (het afgekoelde retourwater uit de radiatoren of vloerverwarming dat nog voldoende warm is om de gevel op temperatuur te houden). Bij koppeling aan een warmtenet is deze laatste optie interessant omdat het retourwater kouder is hetgeen sommige bronnen in het warmtenet (restwarmte van energiecentrale) efficiënter maakt.

Er zal sowieso een verlaging van de warmtebehoefte optreden omdat warm bouwen altijd gepaard gaat met het aanbrengen van twee dunne isolatielagen aan weerszijde van de actieve laag. ‘Gewone’ na-isolatie van de gevel met hoogwaardige isolatiematerialen maakt een grotere besparing mogelijk. Een nadeel is gekoppeld aan de hoge kosten in verband met het aanboren van een bodembron van voldoende hoge temperatuur. Echter, Warm Bouwen leidt tot een verminderd bouwfysisch risico op condensatie. Nader onderzoek op basis van dynamische simulaties zal moeten uitwijzen hoe groot de primaire energiebesparing van warm bouwen bij het Binnenhofcomplex zou kunnen zijn.

B3.5 Thermisch verbeteren van glas, ramen en kozijnen

Bij monumenten zijn het glas en kozijnen vaak thermisch zwakke plekken in de schil [Nusselder, 2008; Hermans, 2011; Wood, 2011]. In de loop der jaren zijn houten kozijnen mogelijk aangetast door houtrot, kromming en kan de sluiting en kierdichting zijn verslechterd. Zonder verdere grote aanpassingen kan vaak al een goede thermische verbetering worden bereikt door herstel en reparatie van kozijnen en ramen. Hiermee wordt de kierdichting significant verbeterd en daarmee de infiltratieverliezen verkleind [Wieringen, 2011; Hermans, 2011; Wood, 2011; Fritz-von Preuschen, 2017]. Uit onderzoek in Schotland blijkt dat herstel en reparatie van kozijnen en ramen al leidt tot een verlaging van de infiltratie met ongeveer 34% en dat het daarnaast toevoegen van een kierdichtingsprofiel de infiltratie met bijna 90% verlaagd [Wood et al., 2009]. Dit is een maatregel die eigenlijk altijd dient te worden uitgevoerd bij restauratieprojecten omdat dit naast energiebesparing de levensduur van de kozijnen en ramen verlengt.

Tabel B3.1: Gemeten U-waardes en temperaturen van diverse manieren om bestaande vensters in monumenten te verbeteren (aangepast van [Wood, 2011, p.37]).

Raam in oorspronkelijke staat		U-waarde [W/(m ² K)]	Afname warmteverlies	Oppervlakte- temperatuur kamerzijde [°C]
0	Midden op glas	5,3	-	12
1	Zware gordijnen	3,3	39%	20
2	Binnenluiken	2,0	62%	17
3	Tochtvrije binnenluiken	1,9	64%	17
4	Modern rolgordijn	3,4	37%	18
6	Modern rolgordijn met warmte-reflecterende laag aan raamzijde	1,8	66%	19
7	Modern rolgordijn met warmte-reflecterende laag aan kamerzijde	2,7	50%	18

Raam na verbetering houtwerk				
1	Gordijnen	3,3	39%	21
2	Binnenluiken	2,1	61%	17
4	Rolgordijn	3,2	40%	18
10	Achterzetbeglazing	1,9	64%	18

Raam na tochtwering				
1	Gordijnen	3,3	38%	20
2	Binnenluiken	2,1	61%	17
4	Rolgordijn	3,3	38%	18
10	Achterzetbeglazing	2,0	63%	19
11	Achterzetbeglazing plus binnenluiken	1,4	73%	20

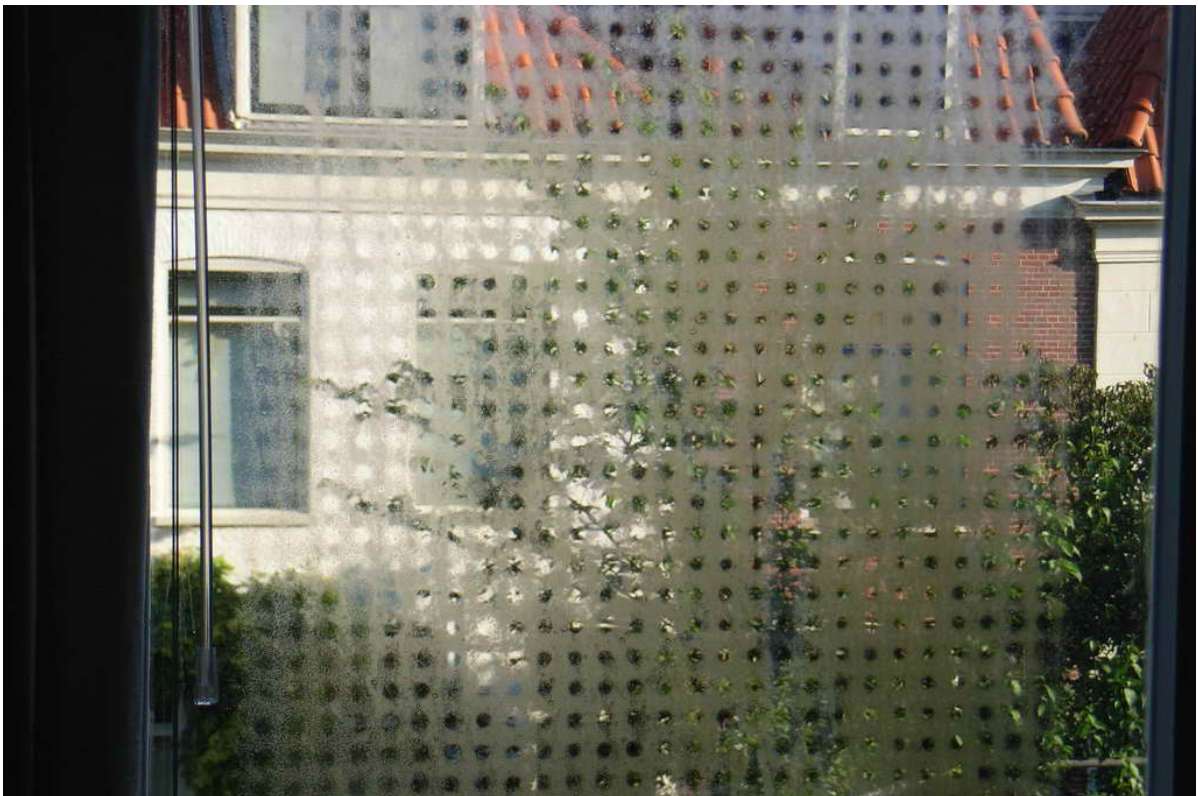
Als een volgende stap kan in eerste instantie gedacht worden aan luiken. Gesloten luiken geven een verlaging van het energieverlies door transmissie via het glas van 61 à 64% [Wood, 2011]. Het is daarbij dan wel van belang dat deze luiken ook daadwerkelijk zullen worden bediend (automatisch of handmatig op de juiste manier: 's winters overdag open, 's nachts dicht; 's zomers overdag dicht, 's nachts open. Een goed alternatief voor luiken zijn rolgordijnen aan de binnenkant van het glas met een goede reflecterende folie gericht naar buiten. Dergelijke rolgordijnen kunnen het transmissieverlies door het glas tot 66% verlagen waardoor de U-waarde van deze combinatie in de buurt komt van 1.8 W/(m²K) [Wood, 2011].

Bij gebruik van luiken ontstaat een interessante nieuwe mogelijkheid. Als PCM's (*phase change materials*, faseveranderingsmaterialen) in de luiken worden geïntegreerd, ontstaat een Trombe-achtige constructie die in de winter overdag, indien opengeklapt voor de gevel, warmte van de zon kan opvangen en bufferen. 's Nachts, in dichte stand, ontstaat dan een warme laag voor het glas, die de nachtelijke transmissieverliezen beperkt. Onderzoek aan de TU Delft heeft aangetoond dat Trombe-wanden op basis van PCM's tot een goede verlaging van het energiegebruik kunnen leiden [Turrin et al., 2014; Tenpierik et al., 2018], bij een Trombe-wand achter het glas in een gematigd klimaat zelfs tot gemiddeld 36% op de warmtevraag [Unen, 2019].

Naast herstel van kozijnen en ramen, verbetering van de kierdichting en het gebruik van luiken, dikke overgordijnen of rolgordijnen met reflecterende folie kan ook worden gedacht aan het vervangen van het glas. Mogelijkheden die geschikt zijn voor een monumentaal complex:

- Enkelglas of gelaagd glas met een low-e coating [Hermans, 2011]. Het voordeel hiervan is dat de U-waarde beter is dan van normaal enkelglas en dat geen aanpassingen nodig zijn aan de kozijnen en ramen. De U-waarde van dergelijk glas ligt nabij de 3,5 W/(m²K) ten opzichte van 5,6 W/(m²K) bij normaal enkelglas. In geval van gelaagd glas kan door een tussenliggende folie tevens het glas inbraakwerend of zonwerend worden uitgevoerd.
- Dun dubbelglas bestaande uit twee ruiten van 3 à 4 mm en een spouw van 3 mm gevuld met een mengsel van krypton en xenon [Hermans, 2011; Wood, 2011]. Ook dit glas is relatief dun en goed in te passen in bestaande ramen en kozijnen. Het glas is echter wel zwaarder dan normaal enkelglas en relatief duur en de ramen dienen sterk genoeg te zijn voor dit extra gewicht. De U-waarde van dit glas ligt net onder de 2,0 W/(m²K).
- In-situ gemaakt dubbelglas gebruik makend van het bestaande glas [Hermans, 2011; Wood, 2011]. Door middel van enkele afstandhouders aan de rand en kit wordt een tweede glasplaat aan de binnenzijde bevestigd op de bestaande ruit. Op die manier ontstaat dubbelglas met een met lucht gevulde spouw. De U-waarde is dan ook vergelijkbaar aan dubbelglas met een met lucht gevulde spouw. Deze methode is echter niet reversibel. Een alternatief is om de tweede plaat te vervaardigen uit kunststof en deze vast te zetten met een kliksysteem of magneten. In beide gevallen is neemt de aanzichtbreedte van glasroeden toe en is de bevestiging of afstandhouder van buitenaf zichtbaar. Dit beïnvloedt het beeld van het raam vanaf buiten.

- Voor- of achterzetramen [Hermans, 2011; Wood, 2011]. Met enkellaags achterzetbeglazing is ook een U-waarde van ongeveer $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ haalbaar [Wood, 2011]. Uit onderzoek in Schotland is tevens gebleken dat indien het lukt achterzetbeglazing luchtdicht uit te voeren, geen condensatie meer optreedt op het glas [Wood et al., 2009]. Indien deze niet luchtdicht uitgevoerd wordt, dan neemt de hoeveelheid condensaat op de buitenruit in de winter toe. Het voordeel van deze oplossing is dat het beeld aan de buitenkant niet verandert en dat de bestaande ramen, kozijnen en beglazing kunnen blijven gehandhaafd. Daarnaast is de oplossing reversibel.
- Vacuümglas [Tenpierik, 2010; Hermans, 2011]. Vacuümglas bestaat uit twee dunne glasplaten van 3 mm met daartussen een dunne spouw van 0,2 mm. Deze spouw is vacuüm gezogen waardoor een lage U-waarde ontstaat. Een recente ontwikkeling is vacuümglas waarop ook een low-e coating is aangebracht. De U-waarde daalt daarmee tot ongeveer $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ hetgeen vergelijkbaar is aan drielaags glas. De verwachting is dat AGC in 2021 nieuw vacuümglas op de markt zal brengen met een U-waarde van $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ³⁶. Het voordeel van vacuümglas is dat het gewicht en de dikte vergelijkbaar zijn aan dat van enkelglas en dat toch lage U-waardes gerealiseerd kunnen worden. Het nadeel zijn de afstandhouders tussen de glasplaten die ervoor zorgen dat de platen niet tegen elkaar gedrukt worden; deze afstandhouders zorgen ook voor kleine koudebruggen (zie figuur B3.6). Een ander nadeel is de zichtbare nippel waarmee het paneel vacuüm gezogen is en de momenteel nog hoge kosten.



Figuur B3.6: Condensatie op vacuümislatieglas (foto: Kees van der Linden)

Er zijn echter risico's en randvoorwaarden verbonden aan het verbeteren van de thermische kwaliteit van met name het glas en aan het verbeteren van de kierdichting:

³⁶ <https://www.glasinbeeld.nl/16207/vacuümglas-agc-investeert-10-miljoen-euro-in-fineo/>

- Indien het bestaande enkelglas vervangen wordt door isolatieglas of voorzet-/achterzetramen, dan kan het risico op condensatie op het binnenoppervlak van het metselwerk of op het hout toenemen [Hermans, 2011]. Door verbetering van het glas kan de isolatiewaarde van het metselwerk of van houten delen namelijk slechter zijn geworden dan van het glas. Dit betekent dat de hoeveelheid vocht op het metselwerk of hout gemiddeld toeneemt met een vergroot risico voor met name schimmelgroei. Dit risico kan worden beperkt door het verbeteren van de isolatiewaarde van het metselwerk en daarbij zorgen dat aan de voorwaarden hiervoor wordt voldaan (zie §4.1 gevelisolatie) of door het vergroten van de hoeveelheid ventilatie en het zorgen voor een lage relatieve luchtvochtigheid binnen.
- Door het verbeteren van de kierdichting van de kozijnen en ramen zal het energieverlies ten gevolge van infiltratie afnemen. Bij historische gebouwen echter speelt juist deze luchtuitwisseling een belangrijke rol bij het droog houden van de houten kozijnen en ramen. Daarnaast was dit ook een belangrijke bron van verse lucht voor de gebruikers van het gebouw. Bij kierdichting is het daarom noodzakelijk om te zorgen dat er voldoende ventilatie aanwezig is langs andere weg. Tevens is het van belang om te zorgen dat de relatieve luchtvochtigheid van de binnenlucht niet te hoog is in de winter om condensatieproblemen in de hand te houden.
- Ouderwets glas zoals cilinderglas, slingerglas en getrokken glas is vaak karakteristiek in de onregelmatigheid van het oppervlak [Nusselder, 2008; Hermans, 2011]. Dit is een direct gevolg van de productietechniek. Modern floatglas is ontzettend vlak. Bij historische gebouwen kan juist deze vlakheid van modern glas het beeld van de gevel sterk negatief beïnvloeden. Sommige van de bovengenoemde varianten ter verbetering van het glas kunnen ook worden uitgevoerd worden met monumentenglas dat meer onregelmatigheden aan het oppervlak vertoont. Het totale glaspakket wordt echter wel dikker en zwaarder.

B4 Luchtbehandeling

B4.1 Natuurlijke toevoer

Het voordeel van natuurlijke toevoer van lucht is dat geen toevoerluchtkanalen nodig zijn om in de verse luchtbehoefte te voorzien (ruimtebesparing en geen aantasting binnenkant monument), en dat er ook geen toevoerventilatoren benodigd zijn (besparing op energiegebruik ventilatoren). Dit bespaart zeker in grote gebouwen significant op het energiegebruik van de ventilatoren. Een ander voordeel is dat mensen natuurlijk toegevoegde lucht vaak als frisser ervaren dan mechanisch ingeblazen lucht. Verder zou de afgezogen lucht als bron kunnen dienen voor een warmtepomp die of tapwater opwarmt of eventueel een kleine bijdrage kan leveren aan de warmte benodigd voor de verwarming.

Echter hier staat tegenover dat er ventilatievoorzieningen (roosters) aangebracht dienen te worden in de gevel, voor zover deze niet reeds aanwezig zijn. Met name bij de gebouwen met monumentale waarde heeft dit grote impact op het beeld van de gevel. Bij het gebouw Hotel zijn dergelijke roosters reeds in de gevel aanwezig en ook in sommige andere gebouwen komen her en der ventilatieroosters voor.

Een ander nadeel is dat de binnenkomende verse lucht door het verwarmingssysteem tot 21 à 22°C dient te worden verwarmd. Door het grote temperatuurverschil in de winter is er veel verwarmingsvermogen nodig; dit leidt onherroepelijk tot een hoog energiegebruik. Dit kan deels worden gecompenseerd door vraaggestuurd te ventileren op basis van CO₂-monitoring, aansturing van de afzuigventilatoren en regelbare toevoerroosters. In dat geval wordt alleen die hoeveelheid verse lucht toegevoerd die daadwerkelijk benodigd is. De binnenkomende koude lucht kan eventueel ook worden voorverwarmd in een ongeklimateerde overdekte binnenhof (zie B4.5), waardoor het energiegebruik ten gevolge van ventilatie kan worden beperkt. Een ander belangrijk aspect om rekening mee te houden is het ontstaan van tochtklachten. Zeker als (in de toekomst) naar een lage-temperatuur verwarmingssysteem wordt toegewerkt, kan natuurlijke ventilatie snel tot tochtklachten leiden. Een systeem dat dit kan verhelpen zijn bijvoorbeeld Low H₂O radiatoren met ingebouwde ventilator en voorverwarming van ventilatielucht [Wieringen, 2011].

B4.2 Conventionele ventilatie met luchtbehandelingskasten

Bij gebalanceerde ventilatiesystemen is een uitgebreid netwerk van lucht toe- en afvoerkanalen nodig. Dit kanalenstelsel is vaak moeilijk in te passen in historische gebouwen zonder daarbij veel aanpassingen te moeten doen.

Het voordeel van een gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem is dat de hoeveelheid toe- en afgevoerde ventilatielucht goed regelbaar en controleerbaar is, dat de lucht gefilterd kan worden en dat in de LBK's warmte (en vocht) teruggewonnen kan worden uit de afvoerlucht. Deze warmte-terugwinning (WTW) verlaagt de warmteverliezen ten gevolge van ventilatie aanzienlijk, waardoor het verwarmingsvermogen lager kan zijn. Het nadeel van het systeem is dat dit regelmatig en goed onderhoud vergt om te voorkomen dat de gebruikers van het Binnenhofcomplex een slechte

luchtkwaliteit ervaren. Verder hebben de ventilatoren over het algemeen een hoog elektriciteitsgebruik. Door voor relatief grote kanalen en grote ventilatoren te kiezen kan het energiegebruik van de ventilatoren in de hand gehouden worden. Tevens leiden grote kanalen tot minder geluidsoverlast door stromingsgeluid. Echter, grotere kanalen zijn doorgaans lastiger in gebouwen in te passen.

B4.3 Hybride ventilatie

Een belangrijke ontwikkeling op het gebied van ventilatie is het gebruik van zogenaamde hybride systemen. Deze maken in de winter gebruik van een volledig gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem met WTW (ventilatietype D)³⁷ maar maakt in de zomer gebruik van natuurlijke toevoer van lucht (ventilatietype C) of eventueel zelfs natuurlijk toe- en afvoer van lucht (ventilatietype A, met uitzondering van toiletten en keukens). Het voordeel hiervan is dat in de winter een energie-efficiënt systeem ontstaat vanwege de WTW en dat in de zomer de toevoerventilatoren uitgezet kunnen worden. Op jaarbasis is het energiegebruik ten gevolge van dit systeem lager dan bij uitsluitend een gebalanceerd ventilatiesysteem dat jaarrond draait. Dit systeem vraagt echter wel om goede ventilatievoorzieningen in de gevel die de natuurlijke toevoer in de zomer regelen. Een belangrijk punt van aandacht is het goed inregelen van het systeem en het goed schakelen tussen de zomer- en wintermodus. Indien het buiten te warm wordt, dan kan het systeem ook weer terugschakelen naar de wintermodus [Engel, 2019].

B4.4 Decentrale ventilatie

Naast de hierboven beschreven ventilatiesystemen die vaak centraal geregeld zijn, is er ook de mogelijkheid om decentrale ventilatie toe te passen. De eenvoudigste variant is volledige natuurlijke ventilatie via roosters in de gevel of via te openen ramen. Te openen ramen, die ook dichtgezet kunnen worden, gelden formeel niet als ventilatievoorziening. Een dergelijk volledig natuurlijk ventilatiesysteem is over het algemeen moeilijk te beheersen. De hoeveelheden verse lucht hangen sterk af van de weerscondities buiten. Daarnaast is het vaak bij monumentale gebouwen niet gewenst om in de gevel roosters aan te brengen. En tevens gelden veel van de nadelen die in B4.1 benoemd werden.

Een alternatief op deze meest primaire vorm van ventilatie vormt decentrale ventilatie met warmterugwinning. De eerste variant van dit concept is ontwikkeld door prof. Jón Kristinsson en werd het *ademende raam* genoemd [Kristinsson, 2004]. Later is dit verder doorontwikkeld en op de markt gebracht door Brink Climate Systems. Momenteel is het systeem verkrijgbaar als Fresh-r³⁸, van de fabrikant Vaventis (figuur B4.1). Een warmtewisselaar van dunne koperdraad (fiwihex) zorgt voor overdracht van warmte van de uitgaande lucht aan de binnenkomende verse lucht. Hiermee wordt decentrale warmteterugwinning direct in de gevel mogelijk. De luchtcirculatie wordt door twee kleine ventilatoren op gang gebracht. Deze decentrale vorm van ventilatie vermindert de warmtevraag van een vertrek ten opzichte van volledig natuurlijke ventilatie terwijl de hoeveelheid energie benodigd

³⁷ D = volledig gebalanceerd; C = alleen afzuiging; B = mechanische toevoer; A = volledig natuurlijk [NEN 8088-1]

³⁸ <https://fresh-r.eu/>

voor de ventilatoren beperkt blijft. Een nadeel van dit systeem voor monumenten is dat er – weliswaar bescheiden (10-15 cm doorsnede) – ventilatieopeningen in de gevel dienen te worden aangebracht, met afdekroosters. Deze kunnen het monumentale karakter van de gevel beïnvloeden. Het voordeel hiervan is wel dat er geen grote kanalen door het gebouw getrokken hoeven te worden waardoor hier geen monumentale waarden worden aangetast.



Figuur B4.1: Principe van een zeer energie-efficiënte, CO₂-gestuurde decentrale ventilatie-unit van Fresh-r, inclusief warmtewisselaar, twee ventilatoren en twee roosters aan de achterkant, die in de gevel worden aangebracht [bron: <https://fresh-r.eu>].

B4.5 Binnenhoven

Het overkappen van binnenhoven om atria te maken kent diverse voordelen [Blesgraaf, 1996]:

- Er ontstaat een nieuwe binnenruimte die een deel van het jaar door gebruikt kan worden;
- De bestaande buitengevels grenzend aan het nieuwe atrium worden niet meer blootgesteld aan buitencondities met als voordeel het wegnemen van het risico op scheurvorming, vorstschade en vochtschade;
- De transmissie- en infiltratieverliezen van warmte door de gevel nemen sterk af; de gevel hoeft daardoor niet meer na-geïsoleerd en luchtdicht gemaakt te worden;
- In bepaalde gevallen kan het atrium onderdeel vormen van een ventilatiestrategie waarbij verse buitenlucht wordt voorverwarmd in het atrium alvorens deze de kantoren in wordt gebracht, of waarbij het atrium wordt gebruikt als voorziening om gebruikte lucht uit de kantoren af te voeren.

Overkapt binnenhoven kunnen geklimatiseerd of niet geklimatiseerd worden ontworpen.

Binnenhoven als atrium, geklimatiseerd

Het klimatiseren van een atrium heeft alleen zin indien dit atrium gebruikt wordt als een ruimte waar mensen langdurig verblijven. Over het algemeen zijn atria relatief grote en hoge ruimtes. Dit betekent dat er temperatuurstratificatie optreedt waarbij warme lucht zich verzamelt direct onder het plafond. Door de grootte en hoogte betekent dit dat het volledig verwarmen of koelen van een atrium over het algemeen niet energie-efficiënt is. Indien er toch mensen langdurig zullen moeten verblijven in een groot atrium dan heeft het zin om na te denken over lokale oplossingen voor verwarming zoals lokale stralingspanelen waardoor er verder geen basisverwarming in het atrium nodig is. De verhouding tussen de isolatiewaarde van de gevels rondom het atrium (van het bestaande gebouw) en van het dak van het atrium zal dan mede bepalen wat de temperatuur in het atrium zal worden. Is het desondanks toch nodig om het atrium te klimatiseren dan kan gedacht worden aan een lage temperatuur vloerverwarmingssysteem dat gekoppeld kan worden aan het nieuwe ringleidingnet van het Binnenhofcomplex. Afgezien van de grote binnenpleinen, zijn er in het Binnenhofcomplex negen kleine binnenhoven aanwezig. Enkele daarvan zijn reeds overkapt met een glazen dak. Gezien de relatief kleine maat van deze binnenhoven is niet te verwachten dat deze als verblijfsgebied gebruikt zullen worden.

Binnenhoven als atrium, ongeklimatiseerd

Indien een atrium niet wordt gebruikt voor langdurig verblijf van mensen is het energetisch verstandig om het niet volledig te klimatiseren. In dat geval ontstaat namelijk een onverwarmde ruimte grenzend aan enkele bestaande gevels van het complex. Door het niet te verwarmen is er geen verwarmingsbehoefte in deze ruimte maar vormt deze wel een buffer tussen de bestaande gevel en de buitenlucht, waardoor de transmissie- en infiltratieverliezen door een deel van de gevel worden verminderd. Tevens kan het atrium onderdeel zijn van de ventilatiestrategie. De twee meest voorkomende strategieën zijn [Blesgraaf, 1996]:

- Verse buitenlucht wordt eerst in het atrium binnengelaten en aldaar (in de winter) voorverwarmd alvorens het te leiden naar (de kantoren in) het hoofdgebouw; het voordeel hiervan is dat bij gebruik van natuurlijke toevoer van ventilatielucht de binnenkomende koude lucht al is voorverwarmd voordat deze terecht komt in de verblijfsruimtes; dit verlaagt de warmtevraag.
- Gebruikte ventilatielucht uit (de kantoren van) het hoofdgebouw stroomt over naar het atrium van waaruit deze of natuurlijk wordt afgevoerd via het dak of mechanisch wordt afgezogen; het voordeel van deze strategie is dat het atrium warmer is dan bij strategie 1; verder kan bij mechanische afzuiging de lucht ook langs een WTW unit in de LBK geleid worden; dit is een strategie die tegenwoordig veelvuldig wordt toegepast in duurzame kantoorgebouwen zoals bijvoorbeeld The Edge in Amsterdam³⁹; in aanvulling op deze overstroomfunctie kan aanvullende verse lucht in de leefzone worden ingeblazen indien het atrium een verblijfsruimte is.

Waar bij (hoge) atria of overkapt binnenhoven wel goed rekening gehouden moet worden is:

- Bij onjuist ontwerp van het atrium kunnen in de zomer de temperaturen in het atrium hoog worden. Het is daarom van essentieel belang dat, indien er veel glas aanwezig is, bijvoorbeeld in het dak, er ook goede zonwering wordt geplaatst. Verder dient het atrium in de zomer goed te worden gespuid met buitenlucht om de temperaturen in de hand te houden.

³⁹ <https://www.breeam.nl/sites/breeam.nl/files/bijlagen/The%20Edge%20-%202029-NOP-2010%20Case%20Study.pdf>

- Daarnaast kan indien het dak matig is geïsoleerd, bijvoorbeeld in het geval van een glazen dak, in de winter in het midden van atrium een koude luchtstroom van het dak naar beneden vallen. Deze koudeval kan voor tochtklachten zorgen. Afscherming van plekken waar mensen verblijven kan hiervoor een oplossing bieden.
- Indien het atrium is opgebouwd uit materialen die weinig geluid absorberen, dan kunnen pratende mensen in het atrium voor geluidsoverlast zorgen in aangrenzende kantoorvertrekken. Dit geldt ook voor een binnenhof die niet overkapt is. Het aanbrengen van voldoende geluidsabsorberend materiaal kan het probleem enigszins verzachten.
- Daarnaast leidt het overkappen van een binnenhof tot een enige verlaging van de hoeveelheid daglicht die binnenkomt in de ruimtes grenzend aan het atrium. Zeker indien ook zonnecellen worden geïntegreerd in het glas van de overkapping kan dit een belangrijke afname van daglicht betekenen.

Een mogelijkheid is om een atrium te benutten voor de zuivering van grijswater of eventueel zwartwater. In het atrium van het kantoorgebouw Covent Garden van de Europese Unie in Brussel is bijvoorbeeld een uitgebreide plantencascade aangebracht waarvan de wortelzone in combinatie met een membraanbioreactor het zwartwater (van toiletten en wastafels) uit het gebouw stap voor stap zuivert naar grijswater. Dit grijswater wordt vervolgens hergebruikt in het gebouw voor toiletspoeling, schoonmaak en bewatering voor planten [Art & Build Architect, 2007; Tenpierik et al., 2016]. Ook het overheidsgebouw aan de Rijnstraat 8 beschikt reeds over een zuiveringssysteem voor zwartwater.

Tevens kan het dak van het atrium deels worden benut voor de installatie van zonnepanelen. Daarbij kan gedacht worden aan zonnepanelen geïntegreerd in een glazen dak.

Binnenhoven als tuin

Indien de binnenhoven niet worden overkapt met een glazen dak, dan kunnen deze ook als tuin worden uitgevoerd. In sommige gevallen zijn de binnenhoven momenteel al als tuin uitgevoerd. Er zijn diverse studies die laten zien dat uitzicht op groen een positieve beleving van kantoormedewerkers oplevert en hun visueel comfort verhoogt [Hellinga, 2013]. Daarnaast zorgen planten in de zomer voor enige verkoeling door het verdampen van vocht via hun bladeren en via de bodem. De koelere lucht in de binnenhoven zou gebruikt kunnen worden als onderdeel van een spui-ventilatiestrategie in de zomer. Daarnaast kunnen de binnenhoven ook onderdeel zijn van de opslag van hemelwater. Ten slotte speelt ook bij niet overdekte binnenhoven het geluidsaspect benoemd in de vorige paragraaf.

