



Werkspoorkwartier: Creatief Circulair Maakgebied presenteert:

Werkspoorkwartier: circulair 'living lab' van Utrecht

Verkenning van vaste en variabele stromen in en uitgaande het gebied met aanbevelingen voor het benutten van potenties voor een (meer) circulaire buurt.

Auteurs:

Harprit Bola, Kristian van der Lek, Luna Arnold, Nordin Oudshoorn, Sivan Mikael .
Studenten opleiding Bachelor Built Environment, Hogeschool Utrecht.

Achtergrond/context rapport:

In opdracht van de gemeente Utrecht heeft een groep studenten in het kader van de specialisatie Circulaire Stad van de opleiding Bachelor Built Environment van de Hogeschool Utrecht in de periode februari – maart 2018 een onderzoek uitgevoerd naar de in- en uitgaande stromen van bouwgrondstoffen, water en energie in het Werkspoorkwartier.

Kernvraag:

Hoe groot zijn de in- en uitgaande stromen van bouwgrondstoffen, water en energie in het Werkspoorkwartier en wat zijn mogelijkheden om deze stromen op een circulaire wijze te benutten?

Opbrengst:

Het onderzoek heeft geresulteerd in een overzicht van de grootte van de stromen van het Werkspoorkwartier. Deze stromen zijn weergegeven met Sankey-diagrammen. Per stroom zijn mogelijke potenties onderzocht en door het opstellen van scenario's is bepaald wat de gekozen potenties opleveren voor het circulair maken van Werkspoorkwartier. Zo is voor de bouwgrondstoffen bij het scenario waarbij alle gebouwen ouder dan 1980 gestript worden tot casco, berekend dat er circa 589 ton aan materialen vrijkomen voor hoogwaardig hergebruik. In het rapport worden ook voor energie en water maatregelen beschreven.

Voor het uitvoeren van de maatregelen zijn connecties tussen bedrijven in het gebied en in omliggende gebieden gewenst. In dit onderzoek is slechts een klein deel van de stakeholders geïnterviewd. Hieruit blijkt al wel dat er veel kansen liggen bij circulaire samenwerking tussen de gemeente Utrecht, Eneco en de betrokken ontwikkelpartijen van de Cartesiusdriehoek.



Werkspoorkwartier

Circulair 'living lab' van Utrecht



Werkspoorkwartier: circulair 'living lab' van Utrecht

Verkenning van vaste en variabele stromen in en uitgaande het gebied met aanbevelingen voor het benutten van potenties voor een (meer) circulaire buurt

Rapport opgesteld door:

Harprit Bola
Kristian van der Lek
Luna Arnold
Nordin Oudshoorn
Sivan Mikael

Hogeschool Utrecht
Built Environment
& Bouwkunde

Padualaan 99, Utrecht

Specialisatie: Circulaire Stad
TBBE-VSCIST-17

In opdracht van:
(Dhr.) Marin Zegers, gemeente Utrecht

Versie: definitief
Datum: 30 maart 2018



Managementsamenvatting

Inleiding

Een transitie naar een circulaire economie is een actueel onderwerp vandaag de dag. In Nederland proberen de overheid, gemeentes, provincies en bedrijven een vervolg te geven aan de eerste stappen die reeds zijn gezet. Om dit vervolg zo snel mogelijk te bewerkstelligen, is er in Nederland de doelstelling uitgesproken om in 2050 volledig circulair te zijn. Het kabinet beoogt een afvalvrije samenleving en heeft de ambitie om voor 2030 het gebruik van primaire grondstoffen met vijftig procent te verminderen.

De gemeente Utrecht wilt het liefst al in 2030 volledig circulair zijn en heeft daarom de City Deal Circulaire Stad ondertekend. Hierin staat dat ruimte beschikbaar gesteld dient te worden voor initiatieven die bijdragen aan de transitie naar een circulaire economie. Het Werkspoorkwartier is hiertoe aangewezen en fungeert als zogenaamd 'living lab'. In samenwerking met lokale stakeholders zet de gemeente Utrecht in dit gebied de eerste stappen naar een circulaire economie.

In dit onderzoek is een inventarisatie en analyse uitgevoerd voor drie stromen in het Werkspoorkwartier (WSK): bouwgrondstoffen, energie en water. Vervolgens is onderzocht welke potenties aanwezig zijn om de stromen in de toekomst meer sluitend te maken. De algemene methode voor de inventarisatie en analyse wordt gekenmerkt door gebruik van bestaande gegevens, met een classificering van die gegevens naar de type bebouwing of ruimtes.

Methode

Voor de bouwgrondstoffenstroom is gerekend met 2 scenario's: volledig slopen van alle bebouwing (scenario 1) en volledig 'strippen' tot casco van alle gebouwen (scenario 2). Er zijn 3 referentiegebouwen aangewezen, waaronder alle bebouwing in het WSK wordt verdeeld. Voor de hoeveelheden aan bouwgrondstoffen dat hoogwaardig of recyclebaar uit de referentiepanden gehaald worden, is gebruik gemaakt van bouwtekeningen en onderzoek gedaan naar herbruikbaarheid van bouwmaterialen. Aan de hand van de scenario's is achterhaald hoeveel bouwgrondstoffen er vrijkomen om hoogwaardig her te gebruiken of hergebruiken door recycling. Er is met scenario's gewerkt, omdat er geen toekomstige bouwplannen bekend of gepland zijn.

Binnen de energiestroom is ook gerekend met 2 scenario's: meest gunstig scenario en realistisch scenario. Door middel van deze scenario's is berekend wat de invloed is van de verschillende potenties op het totale energieverbruik. Data over de huidige energiestromen zijn verworven van energie-in-beeld en kengetallen van ECN-rapport 'ontwikkeling energiekengetallen utiliteitsgebouwen'.

De waterstroom is onderverdeeld in twee sub-stromen: afval- en hemelwater. Voor afvalwater is de hoeveelheid instroom achterhaald door gebruik te maken van drinkwatergegevens per postcodegebied (Vitens). De hemelwaterstroom is berekend en gespecificeerd door de (gemiddelde) jaarlijkse neerslag te verdelen over verharde- en onverharde oppervlaktes. De oppervlaktes zijn gedefinieerd m.b.v. de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT). De bestemming van hemelwater is gedefinieerd m.b.v. het Basisrioleringsplan (gemeente Utrecht, 2012). Potenties zijn onderzocht en doorgerekend a.d.h.v. literatuuronderzoek. Zo is berekend hoeveel drinkwater potentieel geproduceerd kan worden op lokaal niveau, en wat de mogelijke opbrengsten zijn van decentrale afvalwaterzuivering. Voor de potentiële drinkwaterproductie zijn twee scenario's doorgerekend: drinkwater uit hemelwater van het dak van Astrimex B.V., en drinkwater uit de volledige belasting van het hemelwaterstelsel. Voor de mogelijke opbrengsten van decentrale afvalwaterzuivering is gebruik gemaakt van meetgegevens van project Waterschoon.

Resultaat

Het resultaat van de bouwgrondstoffen is voor scenario 1 (volledige sloop van alle bebouwing) dat er circa 47.000 ton aan materialen hoogwaardig her te gebruiken is. Er kan ook circa 46.000 ton aan materialen gerecycled worden om te worden hergebruikt. Bij scenario 2 (alle gebouwen ouder dan 1980 strippen tot casco) zal er circa 589 ton aan materialen vrijkomen voor hoogwaardig hergebruik. Na recycling zal er nog circa 786 ton aan materialen beschikbaar zijn voor hergebruik.

Voor de energiestroom is bij de meest gunstige scenario uitgegaan van het benutten van een volledig zonnepanelen potentie, toepassing van elektrische individuele warmtepompen en na-isoleren van alle panden. Het resultaat is dat er geen aardgas meer nodig is om woningen te verwarmen, maar alleen om een klein gedeelte van de benodigde elektriciteit op te wekken. De warmtepompen en zonnepanelen lossen de rest van de energievraag op. Het realistische scenario gaat uit van de toepassing van zonnepanelen op 30% van het geschikte dakoppervlak en het na-isoleren van 50% van de bebouwing. Er is in dit scenario gebruik gemaakt van een elektrische collectieve warmtepomp. Als resultaat is er nog voor een klein gedeelte aardgas nodig voor de opwekking van warmte. Daarnaast is aardgas nog de voornaamste bron in de opwekking van elektriciteit, ondersteund door de zonnepanelen.

Uit het onderzoek naar de huidige waterstromen is gebleken dat hemelwater voor het grootste deel geloosd wordt op oppervlaktewater. Meer infiltratie en tijdelijke berging van hemelwater heeft vooral impact wanneer dit plaatsvindt op privéterrein. De vraag naar drinkwater bedraagt 46.000 m³/jaar, en dit is 10% van de totale hemelwaterstroom. De potentiële drinkwaterwinning uit hemelwater bedraagt voor het dak van Astrimex B.V. 8.200 m³/jaar en voor de totale belasting op het hemelwaterstelsel 160.000 m³/jaar. De mogelijke jaarlijkse opbrengst van decentrale zuivering bedraagt 2.300 kg fosfaat en 6.190 kg stikstof. De zuivering levert energie terug voor circa 50% van de energiebehoefte van woningen. Ook wordt jaarlijks ongeveer 14.000 m³ biogas geproduceerd.

Conclusie en aanbevelingen

Er is voor alle stromen voldoende potentie aanwezig om het Werkspoorkwartier te verbeteren op circulariteit. Uit dit onderzoek is niet te concluderen of 100% circulariteit haalbaar is, immers zijn niet alle aanwezige stromen geanalyseerd (o.a. voedsel, mobiliteit, huishoud). Wel is duidelijk dat voor de onderzochte stromen grootschalige ingrepen nodig zijn om veel positieve impact te hebben op de huidige stromen.

Connecties tussen bedrijven en omliggende gebieden zijn vereist om tot volledige circulariteit te komen. In dit onderzoek is slechts een klein deel van de stakeholders geïnventariseerd. Hieruit blijkt al wel dat er veel kansen liggen bij circulaire samenwerking tussen de gemeente Utrecht, Eneco en de betrokken ontwikkelpartijen van de Cartesiusdriehoek.

In dit onderzoek is veel gebruik gemaakt van kengetallen en extrapolatie. Een belangrijke stap voor vervolgonderzoek is de stromen verder gedetailleerd uit te werken.

Inhoudsopgave

Leeswijzer	1
1. Inleiding.....	2
2. Contextanalyse.....	3
3. Bouwgrondstoffen	11
4. Energie.....	23
5. Water.....	36
6. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	61
Bibliografie.....	64
Bijlagen	66
Bijlage I - Onderzoek bouwmaterialen.....	67
Bijlage II - Kaartmateriaal energiestromen	80
Bijlage III - Berekening zonnepotentieel Werkspoorkwartier.....	83
Bijlage IV – Achtergrondinformatie onderdeel water	86
Bijlage V – Achtergrondinformatie Cartesiusdriehoek.....	88



Leeswijzer

In dit rapport wordt de inventarisatie van de vaste en variabele stromen in het Werkspoorkwartier weergegeven. Aan de hand hiervan zijn aanbevelingen gedaan hoe deze stromen meer circulair kunnen. Het onderzoek start in hoofdstuk 2 met een **context analyse** voor bekendwording met het gebied. Hierin wordt algemene data weergegeven over de historie, de huidige situatie en de toekomstige situatie van het gebied.

In hoofdstuk 3 zijn de aanwezige **bouwgrondstoffen** in de huidige bebouwing geïnventariseerd. De hoeveelheid vrijkomende grondstoffen worden bepaald aan de hand van twee scenario's. Een scenario waarin alles gesloopt wordt en een scenario waarin alles gerenoveerd wordt tot op de constructie. Vervolgens wordt gekeken naar de herbruikbaarheid van deze stoffen en de toepassingsmogelijkheden.

Hoofdstuk 4 brengt de in- en uitstroom van **energie** in beeld en aan de hand van trias energetica worden potenties voor verduurzaming omschreven. Eerst volgt het onderzocht hoe het energieverbruik beperkt kan worden en daarna is gekeken naar duurzame maatregelen waarmee de gereduceerde energiebehoefte emissie loos kan worden opgewekt.

Ook de in- en uitstroom van **water** is geïnventariseerd door het opstellen van waterbalansen in hoofdstuk 5. Hierin wordt het huidige watersysteem van het Werkspoorkwartier omschreven en gekeken naar mogelijkheden tot duurzame drinkwaterproductie en winning van grondstoffen.

Tot slot volgt in hoofdstuk 6 **aanbevelingen** voor vervolgonderzoek.

1. Inleiding

In de wereld treden steeds meer problemen op die veroorzaakt worden door klimaatverandering. We krijgen te maken met vervuiling en uitputting van grondstoffen met alle gevolgen van dien. Een oorzaak hiervan is dat de huidige economie draait op lineair gebruik van de grondstoffen. Een lineaire economie houdt in dat de gewonnen grondstoffen worden omgevormd tot product om vervolgens te worden afgedankt als afval. In een circulaire economie bestaat er geen afval omdat dit wordt gezien als grondstof voor nieuwe producten.

Nederland streeft naar een circulaire economie in 2050. Het kabinet beoogt een afvalvrije samenleving en heeft de ambitie om voor 2030 het gebruik van primaire grondstoffen met vijftig procent te verminderen. Hoe dit precies te realiseren is nog niet helder. Wel liggen in het Grondstoffenakkoord de transitieagenda's voor het circulair maken van vijf verschillende sectoren vast. Volgens de agenda voor de bouwsector moeten bouwbedrijven zoveel mogelijk sloopafval van oude panden gebruiken als materiaal voor nieuw te realiseren bouwwerken (Circulaire Economie Nederland, 2017).

De gemeente Utrecht wilt het liefst al in 2030 volledig circulair zijn en heeft daarom de City Deal Circulaire Stad ondertekend. Hierin staat dat ruimte beschikbaar gesteld moeten worden voor circulaire initiatieven die bijdragen aan de transitie naar een circulaire economie. Het Werkspoorkwartier is hiertoe aangewezen en fungeert als zogenaamd 'living lab'. In samenwerking met lokale stakeholders zet de gemeente Utrecht in dit gebied de eerste stappen naar een circulaire economie.

De gemeente Utrecht wenst meer innovatieve samenwerkingen in het Werkspoorkwartier. Momenteel is het niet inzichtelijk welke bouwafvalproducten in welke hoeveelheden worden geproduceerd en hoe die voor anderen als grondstof kunnen dienen, evenals het verbruik van water en energie. De gemeente wil inzicht krijgen in de voor hergebruik beschikbare materialen en de samenwerking tussen organisaties bevorderen.

Hogeschool Utrecht heeft in samenwerking met de gemeente Utrecht opdracht gegeven aan derdejaars Built Environment studenten en een vierdejaars Bouwkunde student om de vaste (energie en water) en variabele (bouwgrondstoffen) stromen inzichtelijk te maken. Doel van dit onderzoek is om te achterhalen hoe groot de vaste en variabele stromen zijn in het Werkspoorkwartier en aan de hand hiervan aan te bevelen hoe lokale stakeholders samen kunnen werken om bouwgrondstoffen, water en energie optimaal te benutten en te hergebruiken.

2. Contextanalyse

2.1 Geschiedenis

Ontstaan

Van oudsher bestond het bedrijventerrein Werkspoorkwartier uit stadsweide dat onderdeel uitmaakte van de Utrechtse stadsvrijheid. Dit was in het verleden een bepaald grondgebied rondom Utrecht opgedeeld in zestien buitengerechten (Het Utrechts Archief, 2017). Werkspoorkwartier is gelegen in de voormalige 'Lage weide'. Voor lange tijd maakte het gebied geen onderdeel uit van de stad en diende het als verdedigingsgracht. De eerst zichtbare verandering in de omgeving is de aanleg van het treinspoor van Utrecht naar Amsterdam in 1843 (En toen, 2013). Bijna vijftig jaar lang verandert er niets in de weide tot de volgende grote ingreep; het Merwedekanaal wordt gegraven (Utrechtse Stichting voor het INdustrieel Erfgoed, sd). Tussen dit kanaal en de spoorwegen in, vestigde fabriek Werkspoor (Werktuigen en Spoorwegmaterieel) zich in 1913.



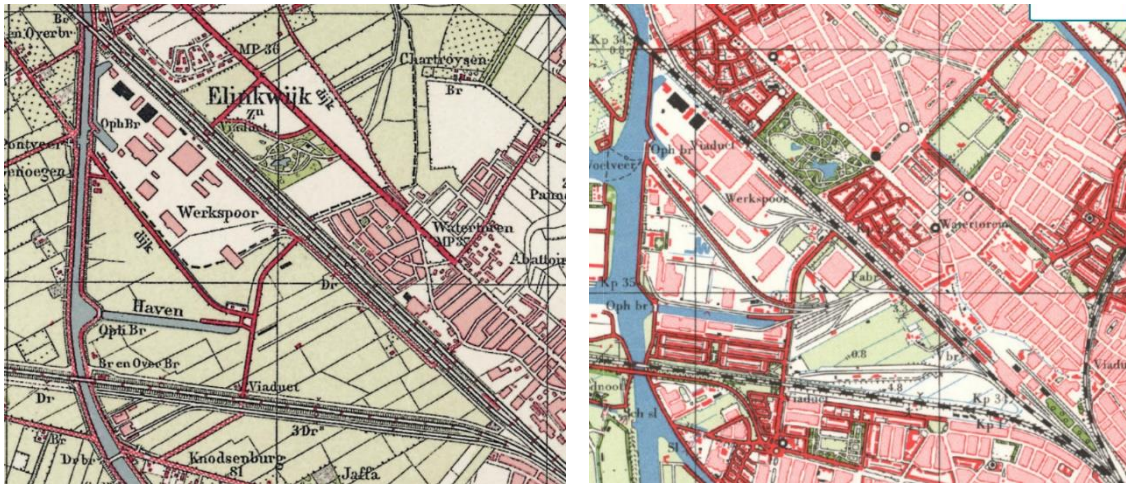
Afbeelding 2.1 - Links: Aanleg van de spoorwegen, Rechts: Graven van Amsterdam-Rijnkanaal (Topotijdreis)

Vanwege de gunstige ligging, aan de rand van de stad en tussen het kanaal en spoor in, werd het gebied tussen het Merwedekanaal en de Cartesiusweg aangewezen tot gemeentelijk industrieterrein. Om dit te verwezenlijken moesten er een aantal ingrepen worden verricht, waaronder het graven van de havenkom aan de Tractieweg en de industiehaven bij de Nijverheidsweg. In 1926 opende de Pegus centrale (Het Utrechts Archief, sd) en de ontwikkeling van het bedrijventerrein was van start gegaan. De locatie bleek echter minder goed bereikbaar dan verwacht en daardoor liep de ontwikkeling van het terrein vast. De aansluiting op de spoor- en autowegen bleek niet te voldoen en daardoor waren ondernemers te afhankelijk van het watertransport.

Structuur

De woonwijk Schepenbuurt werd in 1935 ten zuiden van de industriehaven gerealiseerd. Dit is gebeurd in twee verschillende bouwperiodes. In deze zelfde periode is vastgesteld dat het Merwedekanaal niet meer aan de huidige eisen voldeed en daarom verbreed moest worden. Dit vernieuwde kanaal werd het Amsterdam-Rijnkanaal genoemd. Ook breidde het industrieterrein zich uit in deze tijd tot over de westkant van het kanaal.

De eerste wegen in het gebied zijn de Cartesiusweg, de Nijverheidsweg (dwars door het gebied) en de weg langs het kanaal (Havenweg en Keulskade). De aanleg van de Cartesiusweg kwam voort uit een uitbreidingsplan voor het maken van een stedelijke rondweg (1920). De verhoging van het spoor aan de noordkant van de Cartesiusweg, maakte dat de straat doodliep. Pas toen in de jaren zestig een tunnel onder het spoor door werd gemaakt, werd de Cartesiusweg opgenomen in de binnenring. Dit punt staat vandaag de dag bekend als station Zuilen.



Afbeelding 2.2 - Links: Structuur Werkspoorkwartier 1922, rechts: Structuur en bebouwing 1959 (Topotijdreis)

Monumentale panden

De bebouwing in het gebied komt grotendeels uit de jaren vijftig. Ten oosten van de Cartesiusweg staat het Centraal Autoherstel Bedrijf Utrecht (CAB- gebouw); de voormalige werk- en stalplaats van de NS voor bussen. Tegenwoordig wordt deze ruimte beschikbaar gesteld voor tijdelijke opslag, ateliers, kantoren, oefenruimtes, een zaal voor optredens en een groot café **Ongeldige bron opgegeven..** In het gebied zijn nog een aantal overblijfselen terug te vinden die herinneren aan het verleden. Zo zijn er nog enkele onderdelen over van het Werkspoor en ook bijbehorende havenkom behoort tot het industrieel erfgoed. Tot slot zijn er twee monumentale bruggen in het plangebied.



Afbeelding 2.3 - Realisatie CAB-gebouw (Utrechtse stichting, sd)

2.2 Huidige situatie

Gebiedsomschrijving

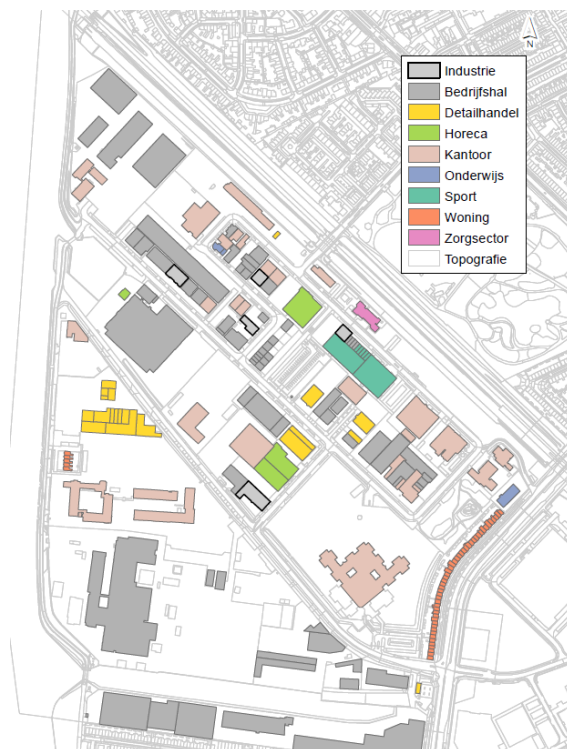
Het volgende stuk is gebaseerd op de structuurvisie van de gemeente Utrecht. Het plangebied bestaat uit een gemengd bedrijventerrein van circa 60 ha. In de oude situatie was sprake van een industrieterrein maar tegenwoordig kan het omschreven worden als dynamisch bedrijventerrein. Dit komt doordat het gebied ten opzichte van de stad centraler is komen te liggen wegens ontwikkeling van omliggende gebieden in de afgelopen jaren. Het gevolg hiervan is wel een slechtere bereikbaarheid waardoor het terrein minder interessant is geworden voor bedrijven met veel vrachtverkeer. Veel bedrijfsruimtes staan momenteel dan ook te koop of te huur. Voornamelijk de grotere bedrijven vertrekken en grote bedrijfshallen veranderen in verzamelgebouwen met verschillende functies. Hierdoor ontstaat een variërende en ongebruikelijke menging die kenmerkend is voor het gebied.

Funcities

Langs de Nijverheidsweg zijn voornamelijk grotere bedrijven gevestigd die zich bezighouden met productie, opslag en transport. Ook de grote opvallende gebouwen van Eneco en Nuon zijn hier gevestigd. Verder zijn voornamelijk kleine bedrijven met stadsvoorzienende diensten als autogarages, houtbewerkers, muziekproducers en sportcentra te vinden in de rest van het Werkspoorkwartier. Steeds meer creatieve ondernemers trekken naar het Werkspoorkwartier omdat zij zich voelen aangetrokken tot de industriële panden met lage huur en vrijheid en ruimte. Langs de Cartesisweg staat een lange rij met rijtjeswoningen en een klein aantal woningen is gebouwd langs de Keulsekade.

Openbare ruimte

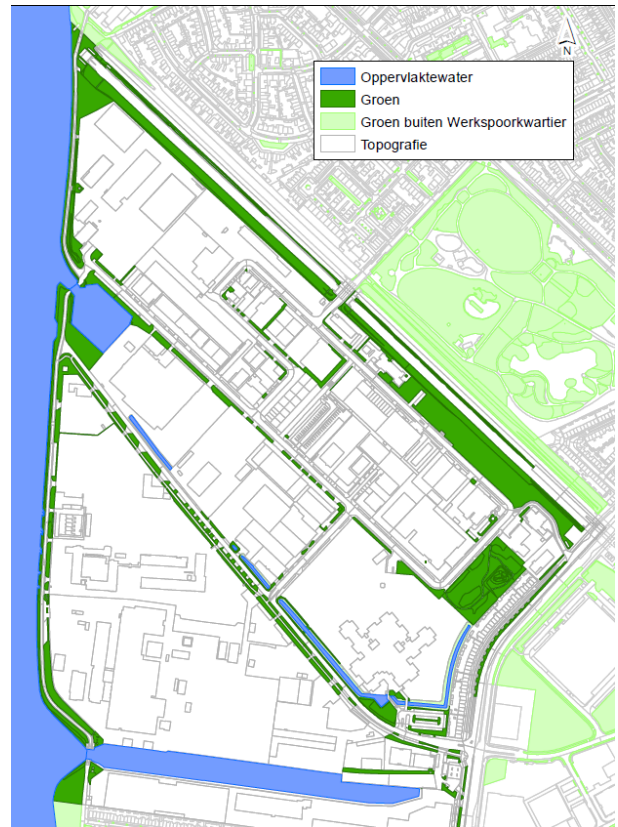
Bezoekers komen voornamelijk voor specifieke functies zoals het kinderdagverblijf, de sportvoorzieningen of het afvalscheidingsstation. Mensen worden niet geprikkeld om langer in het gebied te blijven omdat het er niet uitnodigend uitziet. Dit komt onder andere door een verloederde openbare ruimte die in overmaat aanwezig is en beschikbaar is voor parkeren en opslag of zelfs onbenut blijft. Doordat de kavels erg afgesloten zijn is er weinig samenhang tussen de afzonderlijke bedrijven. Panden bevinden zich achter open of gesloten hekken en activiteiten spelen zich binnen de kavel af. De bezoeker ziet niet wat zich afspeelt in het gebied en ziet geen duidelijke voor- of achterkant. De bedrijven vormen autonome werelden en komen niet in contact met elkaar waardoor er geen gezamenlijke sfeer wordt ervaren.



Afbeelding 2.4 - Funcities Werkspoorkwartier

Onverhard oppervlak

Het Werkspoorkwartier grenst aan het Amsterdam-Rijnkanaal en beschikt nog steeds over de twee havens. In het gebied is in wisselende mate groen te vinden. Er zijn weinig parken en slechts een paar onbebouwde kavels. Een opvallend groene plek in het gebied bevindt zich achter de woningen langs de Cartesiusweg. Langs de spoorlijn loopt een groene strook die doorloopt tot het kanaal. Verspreid door het industrieterrein zijn bomen geplaatst en grasvelden gelegen die weinig toevoegen aan de kwaliteit van het gebied.



Afbeelding 2.5 - Groen en water

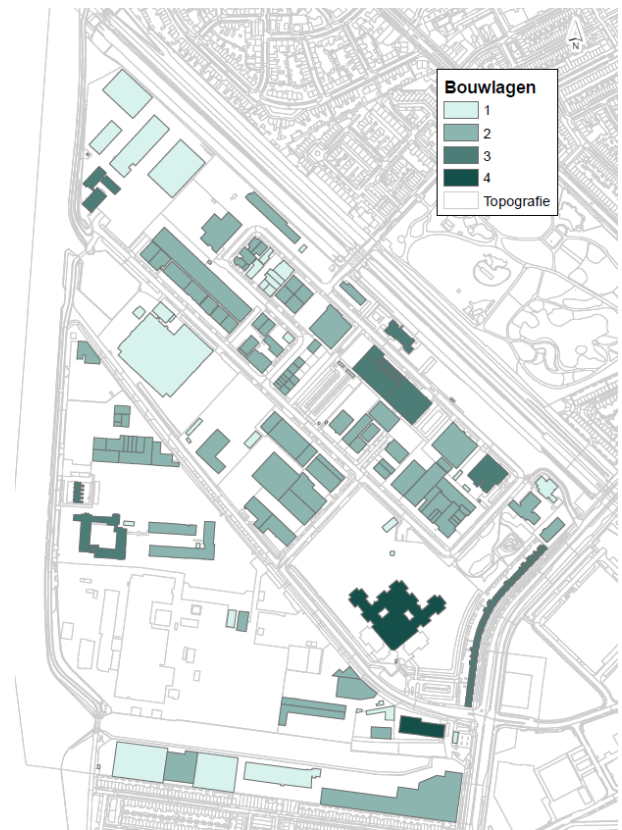
Algemene informatie

Het oudste gebouw in het Werkspoorkwartier komt uit 1900 en bevindt zich in het midden van het gebied aan de Tractieweg. De rest van de bedrijfspanden zijn in verhouding redelijk modern en de meeste komen uit de jaren zeventig tot negentig. Echt moderne panden, gebouwd na het jaar 2000, zijn er nauwelijks. De woningen aan de Cartesiusweg gaan al een poos mee en komen uit de jaren dertig.

De gebouwen in het Werkspoorkwartier reiken niet hoger dan een totaal van vier bouwlagen. De meeste panden hebben maximaal drie bouwlagen en de gemiddelde bouwhoogte is 9 meter. De torens van Eneco, met een hoogte van 45 meter, vallen hierdoor extra op waardoor een contrast wordt gevormd met de omgeving.



Afbeelding 2.6 - Bouwjaren per pand



Afbeelding 2.7 - Bouwlagen per pand

In het Werkspoorkwartier staan voornamelijk panden met platte daken. Dit geeft kansen voor het plaatsen van zonnepanelen. In de kaart hieronder is te zien wat het totale dakoppervlak per pand is.



Afbeelding 2.8 - Dakoppervlaktes per pand

Het Werkspoorkwartier kent grote en kleine kavels van zowel privaat eigenaren als van de gemeente. De ruimere kavels bevinden zich Tussen de Tractieweg en de Nijverheidsweg. De kavels zijn hier dan ook niet op de weg georiënteerd waardoor veel open ruimte ontstaat en gekeken wordt naar achterkanten. Tussen het spoor en de Tractieweg is dit niet geval. Kavels hier zijn wat kleiner en voller bebouwd.



Afbeelding 2.9 – Verkaveling (Gemeente Utrecht, 2012)

2.3 Toekomstige situatie

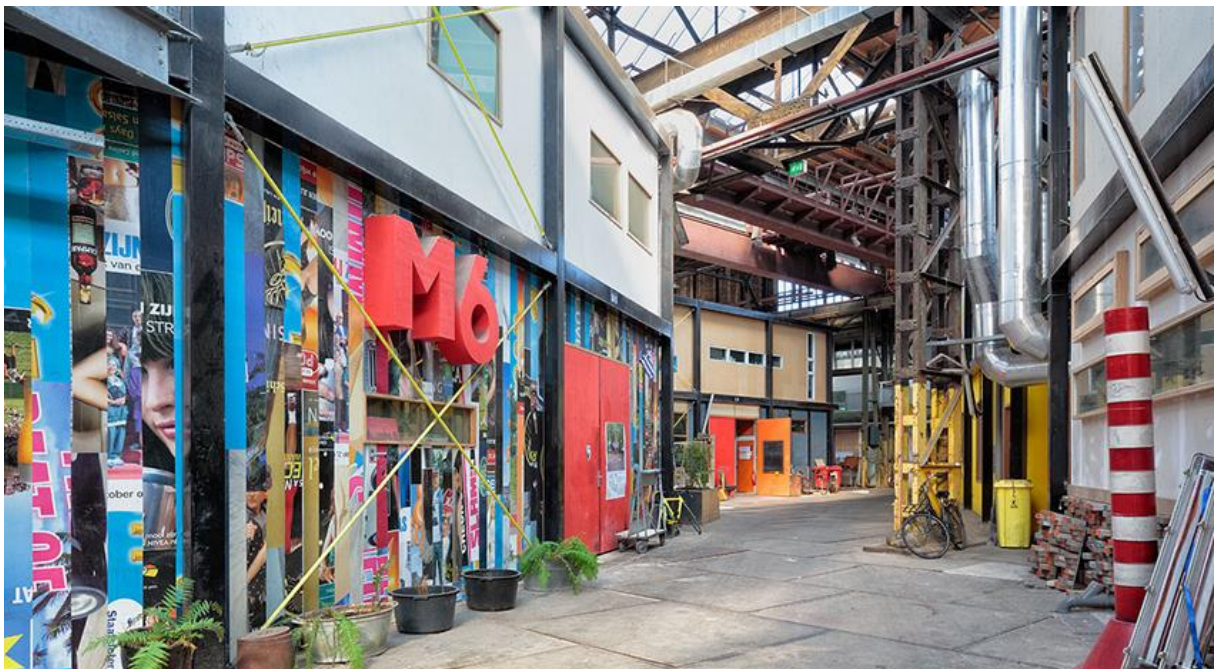
Visie

Vanuit de huidige situatie moet langzamerhand gewerkt worden naar een stedelijk werklandschap met stadsvoorziende bedrijven in combinatie met een creatief gebied. Er is geen grootschalig transformatieplan vastgesteld met betrekking tot bouw en gewenste functies. Vanuit de bestaande situatie wordt gestuurd naar de gewenste identiteit zodat deze kan uitgroeien tot een eigen betekenis. Het sturen gebeurt door ruimte te geven aan toekomstige ondernemers die de kwaliteiten van het gebied versterken en binnen de nieuwe identiteit passen.

In de huidige situatie is sprake van een traditionele indeling van een industrieterrein die gericht is op geslotenheid, functiescheiding en een ruime opzet wegens transport. De verwachting is dat dit type grootschalige bedrijven zullen vertrekken vanwege een verslechterende bereikbaarheid voor vrachtverkeer. Het gewenste werklandschap richt zich op het nieuwe werken door functiemenging te combineren met publiekstoegankelijkheid zodat er meer onderlinge interactie ontstaat. Ook wordt de nadruk gelegd op het verblijven en de nodige ruimte hiervoor beschikbaar stellen.

De voorkeur gaat uit naar kleinschalige stadsgeoriënteerde bedrijven die creatieve werkzaamheden verrichten of een dienst verrichten voor de stedelingen. Het is waarschijnlijk dat de bezoeker zal blijven komen een specifieke dienst en niet voor het gebied als geheel. De verandering gaat voornamelijk op voor de bedrijven die onderling meer met elkaar in contact komen waardoor er een nieuwe gebiedsidentiteit ontstaat. Er zijn geen criteria opgesteld aan het type bedrijven omdat juist de gewilde diversiteit zal belemmeren.

Het ontstaan van een creatieve zone waar aansprekende activiteiten worden verricht zal de kwaliteit van de omgeving verbeteren. De broedplaatsen maken de omgeving van buitenaf interessanter en open voor publiek in plaats van dat alles zich afgesloten en afzonderlijk afspeelt. Dit nodigt niet alleen uit tot onderlinge interactie maar ook met de bezoekers. Het is de bedoeling dat zowel bezoeker als werknemer zich met de omgeving kan identificeren. Bedrijven voelen zich hierdoor niet alleen verantwoordelijk voor hun eigen kavel maar voor het gebied. Voor bezoekers kan dit gevoel worden versterkt door het creëren van verblijfs- en ontmoetingsplekken.



Afbeelding 2.10 - Referentiebeeld creatieve zone NDSM-terrein (Klerk, 2018)

Beleid

Volgens de structuurvisie uit 2005 zal het gebied ontwikkelen tot bedrijventerrein. In bestemming Utrecht uit 2009 wordt het plangebied gezien als gebied van vitalisering en gedeeltelijk stedelijke transformatie. Hierin staat dat bestemmingen zoveel mogelijk worden gerespecteerd maar dat er wel ruimte is voor verkleuring wanneer de ontwikkelingsvisie dit toelaat.

In het Broedplaatsenbeleid van de gemeente Utrecht wordt het Werkspoorkwartier aangewezen tot creatieve locatie. Dit betekent niet alleen dat er simpelweg panden worden getransformeerd tot werkruimtes. Het is de bedoeling dat er een omgeving ontstaat waarin creatievelingen de kans krijgen om elkaar te stimuleren en te innoveren door uitwisseling en samenwerking.

Dynamisch Stedelijk Masterplan (DSM) stelt binnenstedelijke locaties aan die geschikt zijn voor woningbouw. Het Werkspoorkwartier komt hier niet voor in aanmerking maar de Cartesiusdriehoek, ten oosten van de Cartesiusweg gelegen, is hier wel toe aangewezen. Zie volgend hoofdstuk voor de ontwikkelingsplannen van dit gebied.

2.4 Cartesiusdriehoek

In de toekomst zal in de Cartesiusdriehoek een woonwijk worden gerealiseerd. Een beschrijving van de uitgangspunten van de nieuwbouwwijk is in bijlage V opgenomen.

3. Bouwgrondstoffen

3.1 Inleiding

De lineaire economie waarin we momenteel verkeren heeft uitputting van primaire grondstoffen tot gevolg. Het is daarom noodzakelijk om op een andere manier met schaarse materialen om te gaan en te werken naar een circulaire aanpak. De bouwsector levert een grote bijdrage aan de totale milieubelasting. Om deze bijdrage te verminderen en de keten te verkleinen, is voor het Werkspoorkwartier onderzocht hoe efficiënt kan worden omgegaan met bouwgrondstoffen. Bestaande bouwmaterialen worden in het beste geval hergebruikt anders moeten grondstoffen worden teruggewonnen. Door onderzoek te doen naar de mogelijkheden om producten een nieuw leven te geven kan het gebruik van nieuwe primaire grondstoffen enorm worden verminderd. Het doel is om uiteindelijk volledig circulair te bouwen en dus geen gebruik meer te maken van de primaire grondstoffen.

3.2 Methode

Allereerst moet onderzoek gedaan worden naar de bouwmaterialen van de huidige bebouwing in het Werkspoorkwartier. Door te kijken naar overeenkomende gebouwen (met oog op de gevel) is de bebouwing ingedeeld op de drie meest voorkomende soorten panden. De drie panden dienen als referentiepand voor het gehele Werkspoorkwartier. Op basis hiervan is voor de gehele bebouwing bepaald welke bouwmaterialen vrijkomen in twee verschillende scenario's. In het ene scenario worden alle panden op het Werkspoorkwartier gesloopt en in het andere scenario worden de panden gerenoveerd tot aan de constructie. Deze inventarisatie is deels visueel gedaan en deels op basis van bouwtekeningen uit het archief van Gemeente Utrecht. Met behulp van extrapoleren is vastgesteld in welke mate de bouwgrondstoffen vrijkomen.

Tot slot is onderzocht hoe de gewonnen bouwmaterialen benut kunnen worden in de bouw. Dit is bepaald op basis van een documentatietool opgesteld door professionals uit verschillende sectoren (SBR CUR, 2017). Hierin is vastgelegd hoe bouwmaterialen op een circulaire manier hergebruikt kunnen worden in de bouwketen. Omdat er nog geen concrete bouwplannen zijn voor het gebied is gekozen voor deze methode.



3.3 Inventarisatie

Referentiepanden

In het Werkspoorkwartier staan in totaal 278 losse panden (en bijgebouwen). Het is onmogelijk om elk pand volledig te analyseren op bouwmaterialen. Daarom is er een efficiënte aanpak bedacht om toch een redelijk beeld te krijgen van aanwezige bouwmaterialen. Door te kijken naar de gevel van de aanwezige panden in het gebied is naar voor gekomen dat ze in drie soorten ‘materiaalgebruik-type’ te verdelen zijn. De zijn hieronder in de tabel te vinden.

Type	Materiaal gebruik gevel
1	Volledig aluminium
2	Volledig baksteen
3	Combinatie van aluminium en baksteen

Het gaat hier enkel om utiliteitsgebouwen.

Allereerst worden drie panden uitgekozen die bestaan uit de bovengenoemde verschillende materiaalgebruik voor de gevel. Deze panden zijn representatief voor de rest van de panden in het Werkspoorkwartier en dienen als referentiepand. Door de overige panden individueel te bekijken, worden ze onderverdeeld in een van de drie typeringen.

Referentiepand 1

Het eerste referentiepand valt onder het type 1. De gevel hiervan bestaat voor het grootste deel uit aluminium gevelbekleding.

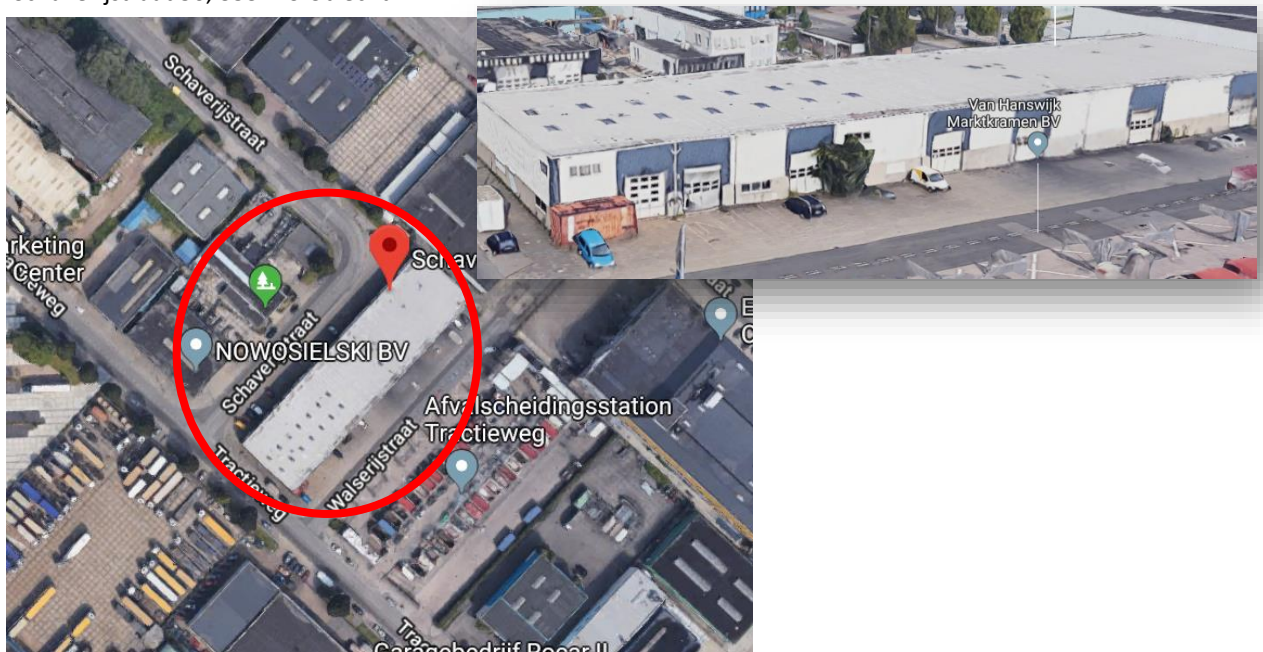
POT verhuizingen/logistiek (ALL-IN GLAS glashandel en glaszetters 24-uurs service)
Gietijzerstraat 1, 3534 AV Utrecht



Referentiepan 2
Vlampijpstraat 78, 3534AR Utrecht



Referentiepan 3
Schaverijstraat 50, 3534AS Utrecht



Gegevens referentiepanden:

Pand	Bouwjaar	Oppervlakte (m2)
Referentiepand 1	1989	2337,17
Referentiepand 2	1977	2434,04
Referentiepand 3	1980	432,97

Pand	Bouwlagen	Bouwmateriaal buitenwand	Bouwmateriaal draagconstructie	Bouwmateriaal vloer	Materiaal kozijnen
Referentiepand 1	2	Aluminium	Staal	Stampbeton + systeenvloer	Hout
Referentiepand 2	3	Baksteen	Beton + staal	Kanaalplaatvloer	Hout
Referentiepand 3	2	Aluminium + baksteen	Staal	Stampbeton + systeenvloer	Hout

In de bijlagen behorend bij deze rapportage is een Excel bestand opgenomen genaamd: "Bouwgrondstoffen". Alle berekeningen en inventarisaties behorend bij bouwgrondstoffen zijn hierin terug te vinden. Er wordt hieronder meermaals verwezen naar het bestand. Dit wordt niet in detail gedaan wegens het formaat en de complexiteit van het bestand.

Na vaststellen van de juiste referentiepanden en het opvragen van archieftekeningen zijn voor de eerdergenoemde bouwmaterialen, de aanwezige hoeveelheden bepaald. In sommige gevallen waren de tekeningen niet toereikend genoeg waardoor schattingen gemaakt zijn. Eerst zijn logische eenheden gebruikt per bouw materiaal, zoals vierkante meters voor gevelbekleding en metselwerk. Hieronder de uitkomsten van deze inventarisatie.

Tabel 3-1: inventarisatie aanwezige bouwmaterialen referentiepanden

Kolom1	0	1	2	3	levensduur
GO m2	0	1560	1975	505	
Dak m2		1168.587	811.3455	375.9967	
omtrek m1		136.7384	113.9365	77.56254	
Bouwlagen		2	3	2	
beton (m2)	0	1700	3100	550.3205	100+
beton (m3)					
constructief staal (m1)	0	1047	448	1137	100+
constructief hout (m1)	0	0	0	0	100+
aluminium gevelbekleding (m2)	0	1191	0	882	40
baksteen (m2)	0	0	552	309	100+
dakbedekking (bitumen) (m2)	0	0	800	370	30
kozijnen (stuks) (materiaal van kozijn benoemen)	0	28	128	20	50
glas (m2)	0	58	412	50	30

In deze tabel zijn ook de bekende levensduren van de materialen opgenomen. Echter, deze zijn in de verdere analyses helaas niet meegenomen. De reden dat deze informatie wel is meegenomen is omdat de levensduur een factor is in het bepalen van herbruikbaarheid in zijn primaire vorm van een bouw materiaal, voornamelijk de constructieve onderdelen.

Berekening aanwezig bouw materiaal

Met de gewonnen data uit de inventarisatie is de volgende stap gezet. Namelijk het in beeld brengen van tota len aan aanwezige bouwmaterialen in het gehele werkspoorkwartier. De tabel die hierbij behoort zit in het Excel

bestand. De berekeningen die in de tabel zitten zijn het resultaat van een aantal iteraties op het model. Na iedere iteratie zijn er steekproeven gedaan van verschillende uitkomsten tot de conclusie werd getrokken dat het model accuraat genoeg is voor het schaalniveau van dit onderzoek. Zie hieronder de uitkomsten van het model, in tonnen uitgedrukt.

Tabel 3-2: Totaal aanwezige bouwmaterialen in werkspoorkwartier per functiegroep

Values	Bedrijfshal	Detailhandel	Kantoor	Overig	Woning	Grand Total
Sum of Glas (ton)	65	23	76	33	118	315
Sum of Houten kozijnen (ton)	0	0	0	0	44	44
Sum of Stalen kozijnen (ton)	212	72	219	99	0	602
Sum of Bitumineuze dakbedekking (ton)	1308	367	1073	365	0	3113
Sum of Constructief staal (ton)	1183	347	742	351	0	2623
Sum of Constructief beton (ton)	33368	7031	31459	11903	0	83760
Sum of Constructief hout (ton)	0	0	0	0	67	67
Sum of Aluminium gevelbekleding (ton)	1115	335	628	425	0	2503
Sum of Baksteen (ton)	568	212	442	137	607	1967

Opvallend is dat er in verhouding veel meer beton aanwezig is dan alle andere materialen. Dit is ook zeer logisch gezien beton een zwaar en veelgebruikt bouw materiaal is. Om alle materialen in verhouding te houden zijn na dit punt alle illustraties van het beton verkleint met factor 10. De beschreven waarden zijn uiteraard wel de werkelijke waarden.

Alle uitkomsten staan in tonnen uitgedrukt, terwijl ze in strekkende meters, vierkante meters en stuks zijn geïnventariseerd. Dat omzetten van verschillende eenheden naar kilogrammen en uiteindelijk tonnen, is gedaan door eerst alle materialen om te reken naar kubieke meters, om vervolgens met behulp van het soortelijk gewicht van de materialen het totale gewicht te berekenen. Ook dit is te vinden in het Excel bestand.

Verwerkingsmethoden na sloop in het heden en verleden

Nu bekend is hoeveel materialen er aanwezig zijn, is het van belang om uit te zoeken hoe wordt omgegaan met deze materialen wat betreft sloop. In een rapport van het SBRCUR (SBR CUR, 2010) staat deze informatie, welke is overgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 3-3: Verwerkingsmethoden en percentages van verschillende bouwmaterialen volgens het SBR CUR

Materiaal	Verwerking	Ton	Percentage
Sum of Bitumineuze dakbedekking (ton)	Recycle	156	5%
Sum of Bitumineuze dakbedekking (ton)	Energy recovery	156	5%
Sum of Bitumineuze dakbedekking (ton)	Landfill	2802	90%
Sum of Constructief hout (ton)	Recycle	41	61%
Sum of Constructief hout (ton)	Energy recovery	26	39%
Sum of Constructief staal (ton)	Recycle	2282	87%
Sum of Constructief staal (ton)	Landfill	341	13%
Sum of Glas (ton)	Recycle	252	80%
Sum of Glas (ton)	Landfill	63	20%
Sum of Aluminium gevelbekleding (ton)	Recycle	2503	100%
Sum of Baksteen (ton)	Recycle	1967	100%
Sum of Constructief beton (ton)	Recycle	83760	100%
Sum of Houten kozijnen (ton)	Recycle	27	61%
Sum of Houten kozijnen (ton)	Energy recovery	17	39%
Sum of Stalen kozijnen (ton)	Recycle	524	87%
Sum of Stalen kozijnen (ton)	Landfill	78	13%

Voor de verschillende materialen is beschreven wat de manier van verwerking na het slopen betreft, en om welk percentage dat gaat. Deze percentages berekenen vervolgens wat dit betekent in tonnen van materialen voor het Werkspoorkwartier. In de tabel is dezelfde terminologie gebruikt zoals deze bekend is uit de butterfly diagram van de Ellen Macarthur Foundation.

Voorgaande tabel geeft aan wat de gewoontes waren in 2010. Dit is verouderde data, maar door gebrek aan nieuwe data is ervoor gekozen om dit als uitgangspunt te gebruiken, om toch een onderbouwde schatting te kunnen doen van verwerkingsstromen.

Verwerkingsmethode na sloop in de toekomst in het werkspoorkwartier

Na het in kaart brengen van huidige, of gewoontes uit het verleden, zijn op basis van verscheidene bronnen aannames gemaakt van hoe dit in de toekomst eruit kan gaan zien. Hieronder de tabel met deze aannames.

Tabel 3-4: Toekomstbeeld verwerkingsmethoden en percentages per bouw materiaal

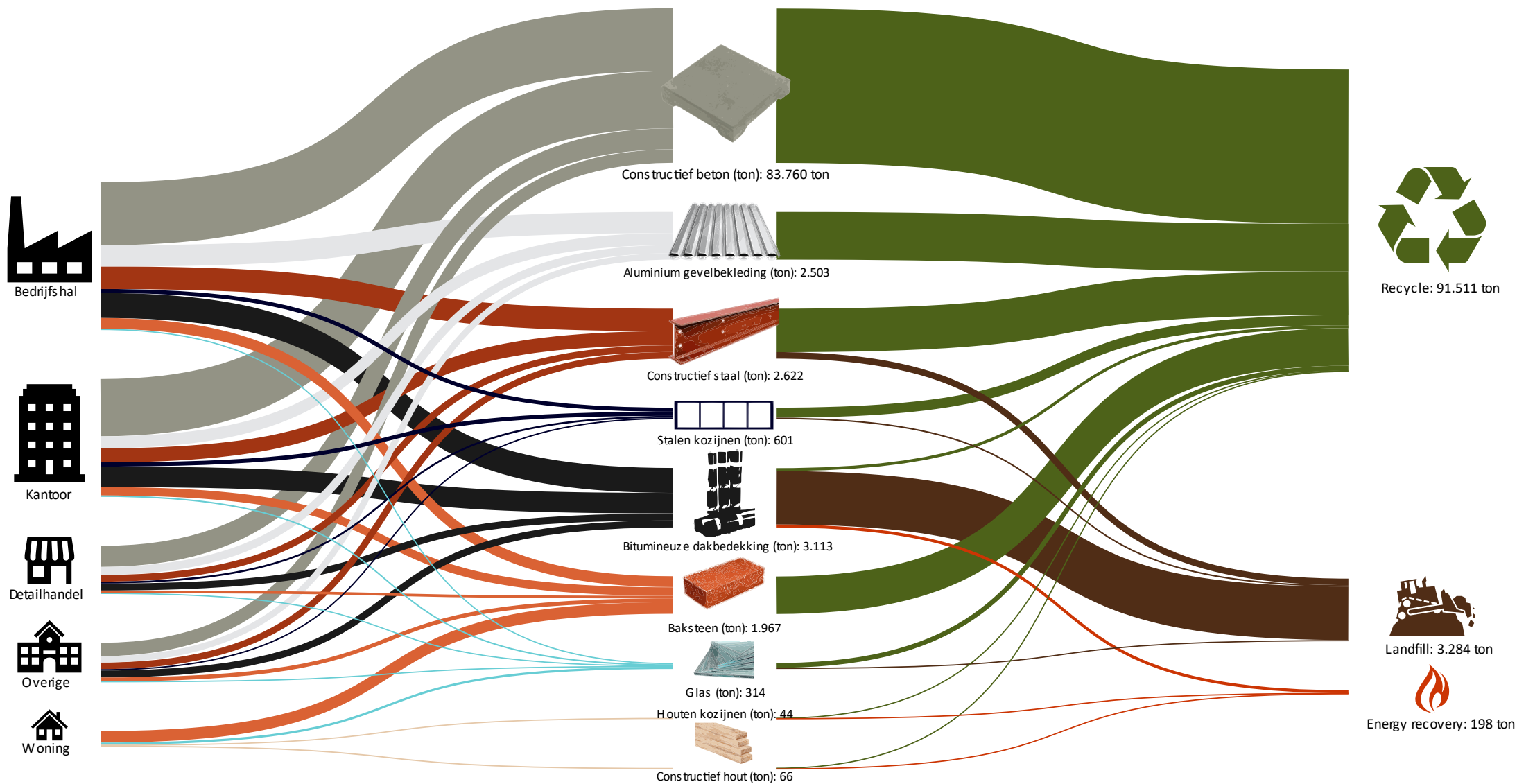
Materiaal	Verwerking	Primair/secundair	output	Ton	Percentage
Sum of Bitumineuze dak	Recycle			0	0%
Sum of Bitumineuze dak	Energy recovery			1245	40%
Sum of Bitumineuze dak	Recycle			1868	60%
Sum of Constructief hout	Circular HUB	Primair	Constructief hout	33	50%
Sum of Constructief hout	Circular HUB	Secundair	Niet-constructief hout	33	50%
Sum of Constructief staal	Circular HUB	Primair	Constructief staal	2282	87%
Sum of Constructief staal	Recycle			341	13%
Sum of Glas (ton)	Recycle			157	50%
Sum of Glas (ton)	Circular HUB	Secundair	Glas	157	50%
Sum of Aluminium gevel	Circular HUB	Secundair	Aluminium platen	1252	50%
Sum of Aluminium gevel	Recycle			1252	50%
Sum of Baksteen (ton)	Circular HUB	Primair	Baksteen	984	50%
Sum of Baksteen (ton)	Remanufacture			984	50%
Sum of Constructief beto	Remanufacture			4050	50%
Sum of Constructief beto	Circular HUB	Primair	Constructief beton	4050	50%
Sum of Houten kozijnen	Circular HUB	Secundair	Houten binnenkozijnen	27	61%
Sum of Houten kozijnen	Circular HUB	Secundair	Houten binnenkozijnen	17	39%
Sum of Stalen kozijnen	Circular HUB	Secundair	Stalen binnenkozijnen	524	87%
Sum of Stalen kozijnen	Remanufacture			78	13%

De gemaakte aannames zijn net als de voorgaande tabel, uitgedrukt in percentages. Belangrijk aan deze tabel zijn de toevoegingen van de verwerkingswegen: circulaire hub zoals bedacht om terecht te komen in het werkspoorkwartier en re-manufacturing, wat bekend is van de butterfly diagram. Materialen uit de circulaire hub worden hier uitgedrukt als primair of secundair. Dit slaat op de manier van hergebruik, waarin primair betekend dat het materiaal in principe in zijn originele functie kan blijven fungeren, hetzij op een nieuwe locatie. Bij secundair gebruik wordt gedacht aan het vinden van nieuwe toepassingsmogelijkheden voor de materialen die nog onder hoogwaardig hergebruik vallen. Een voorbeeld hierin is het hergebruiken van buitenkozijnen en glas in de nieuwe functie van binnen kozijnen en glas.

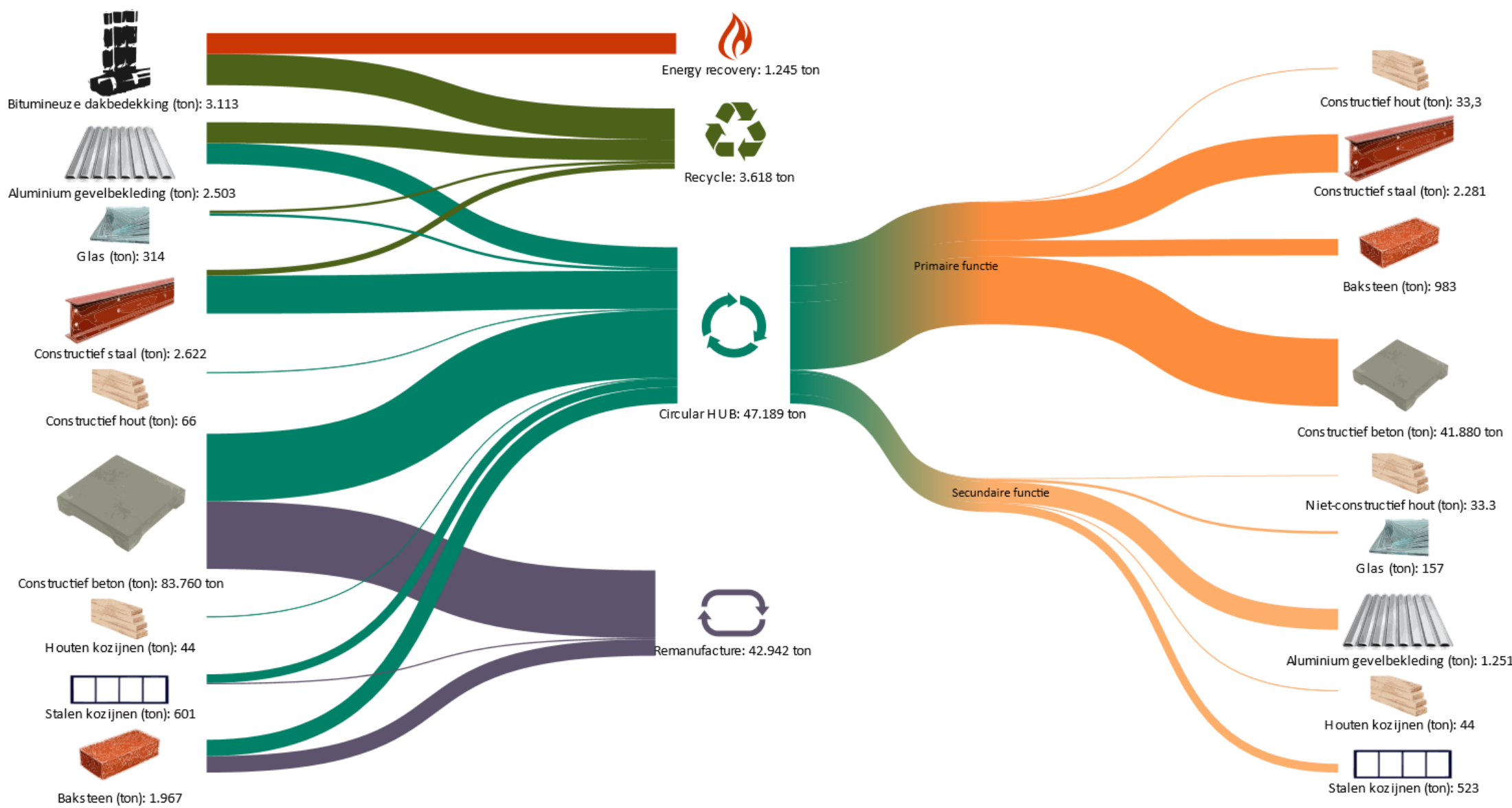
In bijlage I is een sub-onderzoek opgenomen waarin is gekeken naar verschillende aspecten van bouwmaterialen.

Scenario 1: (onderlegger) Totale sloop van het werkspoorkwartier

Met de voorgaande onderdelen is het inventariseren afgerond en het analyseren begonnen. Om een goede basis te leggen is allereerst een scenario berekend waarin gekeken is naar alle aanwezige panden in het gebied. Dit scenario gaat ervan uit dat alle gebouwen volledig gesloopt worden. Het scenario wordt gebruikt als onderlegger om algemene informatie inzichtelijk te maken waardoor het niet relevant is in hoeverre dit realistisch is. In de infographic op de volgende pagina is te zien hoe de materialen zich verdelen over de functies en verwerkingsmethoden. Op de pagina daaropvolgend is de vervolg infographic die een beeld schetst van welke verwerkingsmethoden in de toekomst in het werkspoorkwartier meer een rol zouden kunnen gaan spelen. Door gebruik van die methoden worden de traditionele methoden minder gebruikt, wat vervolgens goed is voor het milieu. De milieueffecten van verschillende verwerkingsmethoden zijn in dit rapport niet belicht.



Bouwgrondstoffenstroom | Traditioneel slopen | Scenario 1: totale sloop



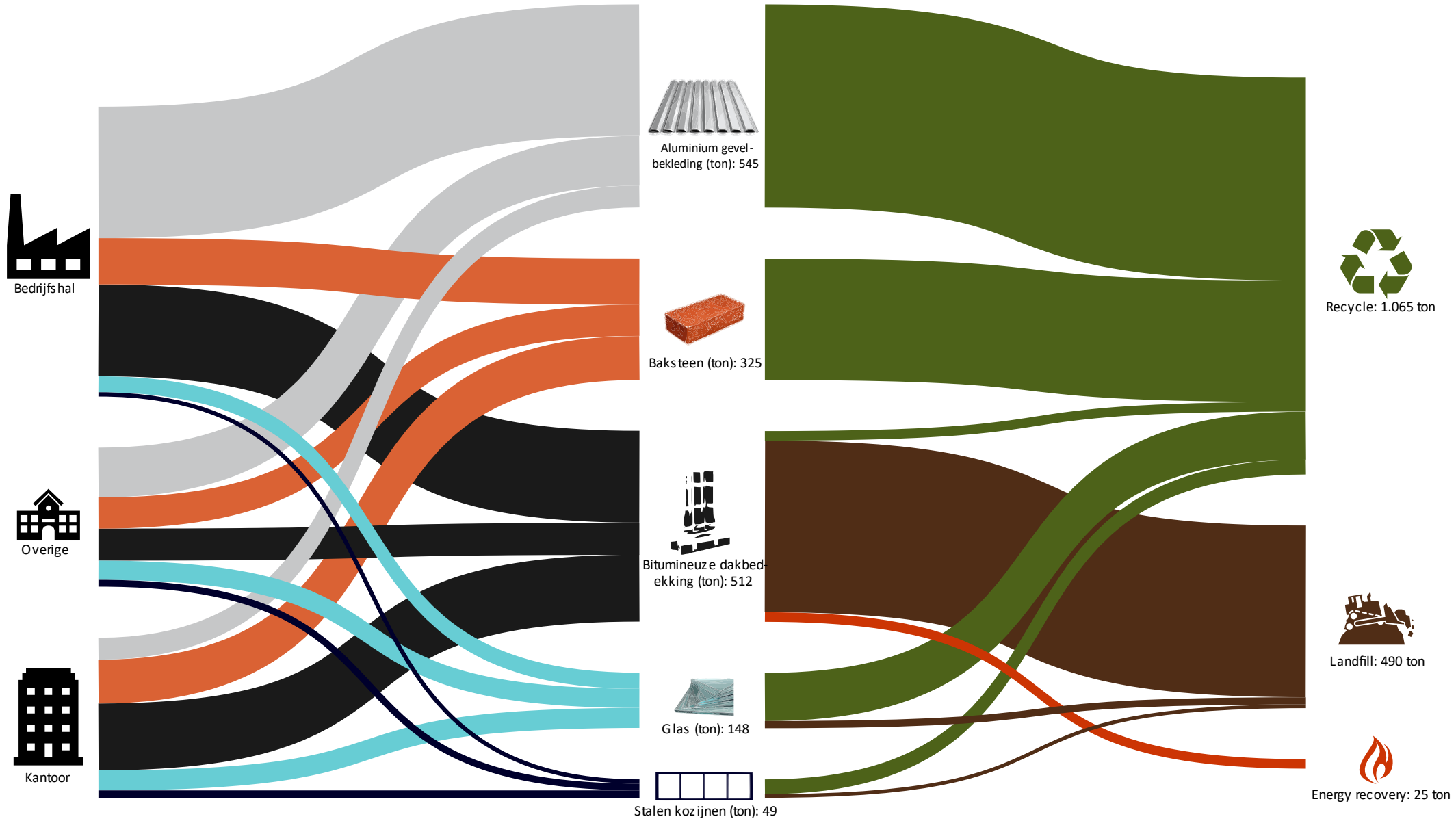
Bouwgrondstoffenstroom | Circulair slopen | Scenario 1: totale sloop

Scenario 2: Renovatie van alle utiliteitspanden die gebouwd zijn vóór 1980

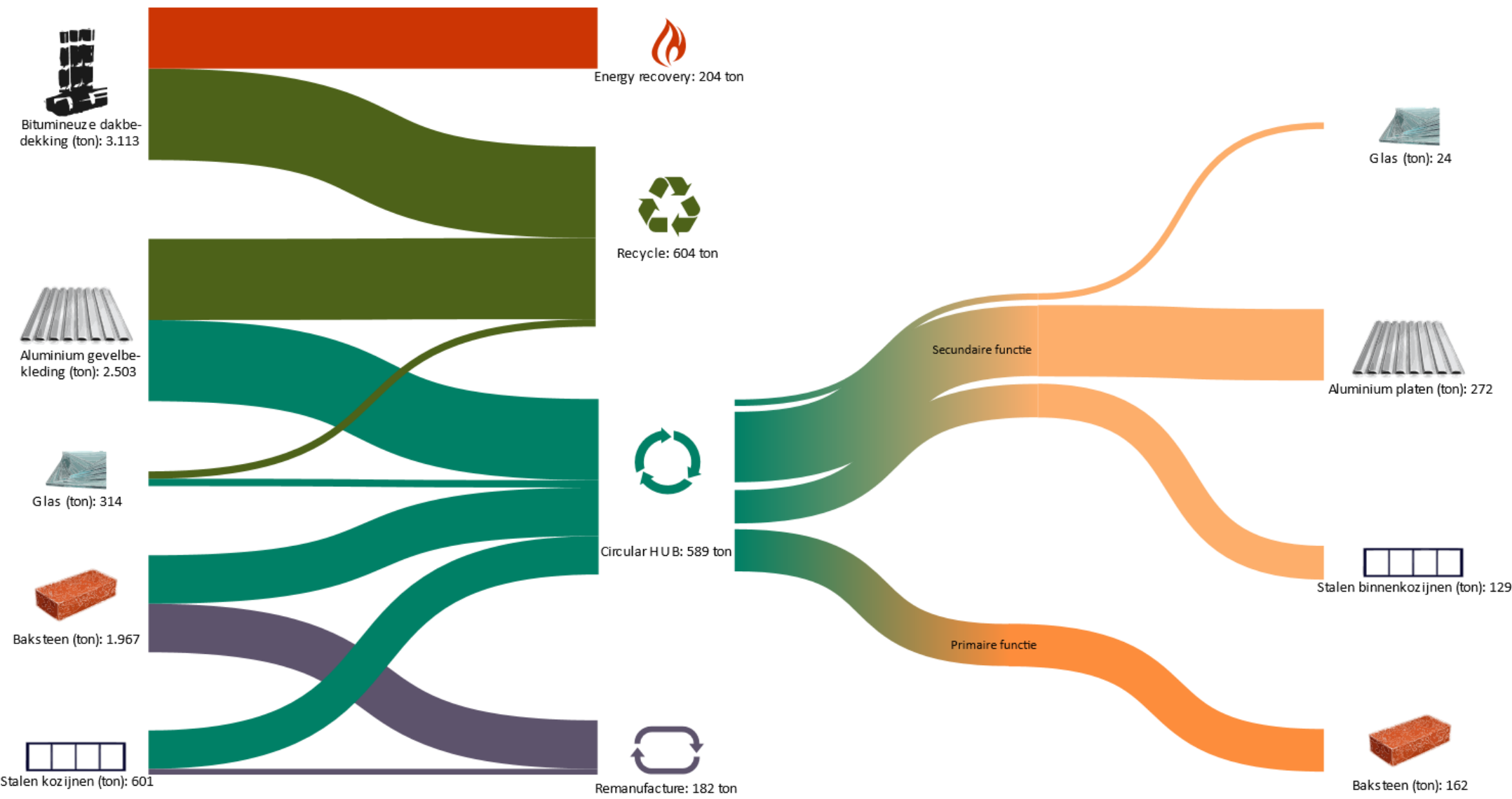
Een meer realistischere kijk op het werkspoorkwartier is het scenario waarin alle utiliteitsgebouwen gerenoveerd worden die ouder zijn dan een bepaalde leeftijd. Het gebied heeft een enkel pand uit 1900. Daarna is de jongste uit 1950. Onderstaande panden zijn, op basis van het bouwjaar, uitgekozen als de panden voor deze analyse. Op de volgende pagina's staan weer infographic 's. Ditmaal voor de hieronder genoemde panden.

Tabel 3-5: Bouwjaar utiliteitsgebouwen ouder dan 1980

bouwjaar	Straatnaam	huisnummer	huisletter
1900	Tractieweg	80	
1950	Vlampijpstraat	74	
1952	Keulsekade	189	
1962	Cartesiusweg	127	A
1970	Nijverheidskac	2	
1970	Vlampijpstraat	75	A
1970	Vlampijpstraat	75	B
1970	Vlampijpstraat	75	C
1970	Vlampijpstraat	75	D
1970	Vlampijpstraat	75	E
1970	Vlampijpstraat	75	G
1970	Vlampijpstraat	75	H
1970	Vlampijpstraat	75	J
1970	Vlampijpstraat	75	K
1970	Vlampijpstraat	75	L
1972	Nijverheidswe	16	B
1972	Nijverheidswe	16	C
1972	Nijverheidswe	16	D
1972	Nijverheidswe	16	E
1975	Cartesiusweg	23	
1975	Keulsekade	218	
1977	Vlampijpstraat	78	
1978	Schaverijstraat	64	
1978	Schaverijstraat	66	
1978	Tractieweg	100	
1978	Tractieweg	102	
1979	Nijverheidswe	4	



Bouwgrondstoffenstroom | Circulair slopen | Scenario 2: renovatie utiliteitsbouw <1980



Bouwgrondstoffenstroom | Circulair renoveren | Scenario 2: renovatie utiliteitsbouw <1980

3.4 Conclusie

De infographics maken de conclusie al vrij vanzelfsprekend. Namelijk dat de huidige manier van verwerken en slopen leidt tot veel afval. Vervolgens wordt dit vaak wel gerecycled, maar hierdoor verliest het bij elke recycle-cyclus veel van de oorspronkelijke waarde. Hoogwaardig hergebruik is mogelijk, maar wordt nog niet genoeg toegepast. Mede door de moeite in het demonteren van bouwmaterialen op een manier waardoor hoogwaardig hergebruik mogelijk wordt.

4. Energie

4.1 Inleiding

Verduurzaming en circulariteit is in zijn algemeenheid al een actueel thema. Bedrijven en overheden stellen voor zichzelf en elkaar al verschillende doelstellingen op het gebied van duurzaamheid en circulariteit van de economie. In deze doelstellingen wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende stromen. Eén van de meest actuele en belangrijkste stroom is energie. Alle inwoners van Nederland verbruiken gezamenlijk erg veel energie in de vorm van elektra, maar ook warmte en gas om bijvoorbeeld te kunnen koken. Helaas is men, om de energie op te wekken, nog steeds erg afhankelijk van uitputbare grondstoffen, zoals aardgas en steenkool.

Overheden als gemeenten, provincies en het rijk maar ook veel bedrijven realiseren zich ook dat Nederland in een transitie zit naar duurzame energie. Deze actoren hebben dan ook de nodige doelstellingen voor zichzelf en anderen gesteld. In 2050 wil de overheid dat heel Nederland volledig van het aardgas zijn afgestapt en dat we als land ook overgestapt zijn naar een circulaire economie. Utrecht doet ook mee in deze doelstellingen en probeert al grote stappen te zetten.

Het bedrijventerrein Werkspoorkwartier in Zuilen is daarvoor aangewezen als 'living lab' om te experimenteren met circulariteit en gesloten kringlopen van stromen zoals de energiestroom.

Bedrijventerreinen verbruiken over het algemeen veel elektra en warmte. Hier komt ook veel warmteafvoer bij kijken. Bijvoorbeeld kan mogelijk te profiteren van de geproduceerde warmte.

De energiestroom rapportage is als volgt ingedeeld:

- Paragraaf 4.2 geeft een beschrijving van het huidige energiesysteem.
- Paragraaf 4.3 wordt uitgelegd met welke methode het onderzoek is uitgevoerd.
- Paragraaf 4.3 geeft per stap de resultaten van het onderzoek weer.
- Paragraaf 4.4 laat zien aan de hand van scenario's welke potenties er in het Werkspoorkwartier zijn.
- Paragraaf 4.6 zorgt voor een beknopte conclusie van het onderzoek naar de energiestromen van het Werkspoorkwartier.



4.2 Uitgangspunten

Om de kringlopen in systemen te kunnen sluiten en erachter te komen waar kansen liggen, is het belangrijk dat het systeem ook echt duidelijk is. Wat zijn de in- en uitstromen en wie verbruikt wat? Deze vragen zijn voor alle stromen belangrijk en dus ook voor de energiestroom. Het gehele Werkspoorkwartier kan gezien worden als één groot systeem met eronder subsystemen zoals bijvoorbeeld de energiestromen van dit bedrijventerrein. Ook het Werkspoorkwartier is weer een subsysteem van een veel groter gebied. Het is dus belangrijk bij het bepalen van de potenties dat de omliggende gebieden en dus omliggende systemen meegenomen worden in het bepalen van de kansen. Omliggende gebieden kunnen namelijk ook zorgen voor in- of uitstroom van energie, grondstoffen, water etc. Om het energiesysteem van het Werkspoorkwartier te leren begrijpen is deze nog in onder de loep genomen.

Elektra

Elektra komt van de warmtekrachtcentrale (STEG) te Merwedekanaal met eigenaar Eneco. De centrale bestaat uit 3 eenheden waarvan er 1 nog in bedrijf is. De eenheid Merwedekanaal 12 is in bedrijf en levert de elektra aan de bebouwing op het Werkspoorkwartier. Merwedekanaal 12 heeft een elektrisch vermogen van 225 megawatt (Wikipedia, 2018).

De brandstof die de eenheid van de warmtekrachtcentrale gebruikt is aardgas (Centraleinfo.net).

Hernieuwbare energie in de vorm van zonnepanelen op de adressen:

- Keulsekade 216 (ca. 260 m² pv-panelen)
- Tractieweg 32 (ca. 126 m² pv-panelen)
- Vlampijpstraat 57 (ca. 255 m² pv-panelen)

Naar schatting in totaal 641 m² pv-panelen aanwezig in het Werkspoorkwartier.

Gas

Het leidingen netwerk staat onder beheer van Stedin Netbeheer B.V. Zij zijn verantwoordelijk voor het veilig en betrouwbaar transporteren van gas en elektriciteit in het Werkspoorkwartier. Daarnaast zijn ze verantwoordelijk voor het onderhoud, de aanleg en de uitbreiding van dit leidingennetwerk (energieleveranciers.nl).

Warmte

In de warmtekrachtcentrale Merwedekanaal wordt ook warmte geproduceerd en geleverd. Dit is warmte dat wordt geleverd door middel van de zogeheten stadsverwarming. Op dit moment is nog 0% van het Werkspoorkwartier aangesloten op deze stadsverwarming (Utrechtmilieu) en wordt er dus geen gebruik gemaakt van de huidige warmteproductie van de Eneco warmtekrachtcentrale Merwedekanaal.

Om aan de juiste in- en uitstroom gegevens voor energie te komen is er gebruik gemaakt van verschillende bron-documenten. Hoe de bronnen precies zijn toegepast staat beschreven in dit hoofdstuk onder de paragraaf [methode](#).

4.3 Methode

Het onderzoek is gedaan aan de hand van de trias energetica. Dit concept laat je in 3 stappen naar het verduurzamen van een gebied of gebouw kijken. Stap 1 is het terugdringen van het energieverbruik. Hoe minder energie je verbruikt, hoe kleiner de uitdaging om dit duurzaam te doen. Stap 2 is het energieverbruik duurzaam opwekken. Het verbruik wat overblijft na stap 1 door duurzame en hernieuwbare bronnen opwekken. Stap 3 is wanneer er dan toch nog uitputbare bronnen gebruikt worden, het doel is om deze zo efficiënt mogelijk te gebruiken. Op ten duur zal stap 3 toch moeten verdwijnen en moet iedereen alles duurzaam gaan opwekken, voor de korte termijn zal stap 3 nog uitkomst kunnen bieden, maar voor de lange termijn zal stap 3 komen te vervallen.

Om de kansen tot circulariteit en duurzaamheid aan te geven van de energiestroom is eerst de instroom van de energie bepaald en een verdeling gemaakt tussen elektra, gas en warmte. Om hierachter te komen is verschillende data gekoppeld. Data van gemeten elektra- en gasverbruik van het Werkspoorkwartier per postcode is opgehaald via www.energieinbeeld.nl. Deze data is afkomstig van de leidingbeheerder Stedin b.v. De data is echter

niet compleet, omdat sommige postcodes zijn afgeschermd of omdat er geen data beschikbaar is. De verkregen data is hierdoor dus incompleet.

Om toch een inschatting te kunnen maken van het energieverbruik per postcode en zelfs per utiliteitsgebouw is er gebruik gemaakt van energiekengetallen voor utiliteitsgebouwen uit een ECN-rapport *ontwikkeling energiekengetallen utiliteitsgebouwen* (ECN, 2016). Hierin staat per functie van utiliteitsgebouwen kengetallen beschreven over verbruik van elektra, gas en warmte. Hierin is ook onderscheidt gemaakt in bouwjaren. Deze gegevens zijn gekoppeld met de adressen, bouwjaren, functies etc. uit de opendata van de BAG. De functies uit de BAG zijn handmatig onderverdeeld in de meer specifieke functies uit het ECN-rapport om de verbruiken zo realistisch mogelijk te maken. De data van de energiecentrale van Eneco (3534 AC) is niet meegenomen in de kengetallenberekening. Hierover is niet voldoende data te vinden en tevens gaat dit in de nabije toekomst veranderen door de functiewijziging van het gebied. Alleen de verbruiken van deze postcode van de omliggende kantoorgebouwen zijn meegenomen. De data per postcodegebied van het ECN-rapport en EIB is verwerkt in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Huidige energieverbruiken ECN en EIB

	Kengetallen ECN		Energie in beeld (EIB)	
	Elektraverbruik (kWh/j)	Gasverbruik (m ³ /j)	Elektraverbruik (kWh/j)	Gasverbruik (m ³ /j)
3534 AR	1.511.108	248.755	1.288.252	69.000
3534 AV	1.011.958	155.178	-	-
3534 AS	681.901	106.773	683.765	169.138
3534 AP	2.316.266	338.157	2.301.850	383.114
3534 AM	5.476.195	792.478	5.487.452	58.484
3534 AC	869.497	119.927	9.559.337	-
3534 AZ	362.490	60.628	-	-
3534 BA, BB, BC	924.807	181.381	835.383	41.000

Om een beter beeld te krijgen van locatie van de postcodes, is er een koppeling gemaakt van de data en kaartmateriaal. Deze zijn te vinden in de bijlage II kaartmateriaal energiestroom.

De kengetallen uit het ECN-rapport zal van de werkelijkheid van het Werkspoorkwartier kunnen afwijken, omdat elk gebouw ander verbruik heeft. De verbruiken zijn dus gebaseerd op aannames. Om toch een nog meer realistische schatting van het energieverbruik uit het Werkspoorkwartier te krijgen is de data van energieinbeeld.nl vergeleken met de kengetallen. Als het totale energieverbruik overeenkomt met de gemeten data van energieinbeeld.nl dan kan worden aangenomen dat de energieverbruiken op gebouwniveau ook reëel zijn. Het elektraverbruik aan de hand van de kengetallen zijn 10% meer dan het totale verbruik op energieinbeeld.nl. Dit verschil zal komen door 2 straten die zijn afgeschermd of door ontbrekende data van energie in beeld. De gemeten data en de kengetallen komen dus goed overeen. De berekening is daardoor realistisch. De volledige berekening staat in de bijlage II.

Voor stap 1 van de trias energetica is er gekeken naar het beperken van het verlies van warmte in de utiliteitsgebouwen van het Werkspoorkwartier. Het is niet haalbaar om alle gebouwen te inventariseren op isolatiewaarden en installaties, dus is er gekozen om 3 referentiegebouwen te nemen en alle utiliteitsgebouwen onder deze referentiegebouwen te verdelen. Dit is dus dezelfde methode als voor het bouwgrondstoffen onderzoek. Voor alle 3 de referentiegebouwen is berekend wat de isolatiewaarde nu zijn. Hierbij is het bouwjaar gebruikt en uitgegaan van de minimumeis uit het bouwbesluit in dat jaar. In een Excel-model is berekend welk effect betere isolatiewaarden op het warmteverbruik van de referentiegebouwen hebben. Hierbij is ook zoninstraling en ventilatie meegenomen. Voor de verbetering in isolatiewaarde is de minimumeis van het bouwbesluit op dit moment als uitgangspunt genomen. Om voor het hele gebied de besparing te berekenen is de besparing van de referentiegebouwen geëxtrapolerd met de overige gebouwen in het gebied aan de hand van de onderverdeling die is gemaakt van alle gebouwen onder de referentiegebouwen.

Voor stap 2 is er, om met de gekoppelde data de potenties inzichtelijk te maken, gebruik gemaakt van een Excel-model waarin potenties als warmtepompen en zonneboilers staan beschreven. Elektrawinning door pv-panelen staan hier niet in en zijn apart van het model berekend. De uitkomsten van deze berekening zijn wel in het model

verwerkt. Door het huidige verbruik van elektra, gas en warmte van het totale plangebied in te voeren, kan met dit model worden berekend hoeveel van het huidige verbruik duurzaam kan worden opgewekt door de verschillende potenties. De berekening is dus gedaan op gebiedsniveau. Gebouwniveau was in dit onderzoek omwille van de beperkte tijd niet haalbaar. Tot slot is er aan de hand van kengetallen uit het model ook een berekening gemaakt over de CO² emissies.

Alle resultaten zijn overzichtelijk weergegeven in infographics. Er is in een infographic de huidige energiestromen weergegeven in MJ/j (instroom) en hoeveel aandeel de verschillende bronnen hebben in de opwekking. Ook de uitstroom in de vorm van emissies in ton/j is weergegeven. Op dezelfde manier is ook weergegeven hoe het energiesysteem eruitziet na toepassing van de potenties. Hierin zijn dus de resultaten gemonitord.

4.4 Resultaten

Energieverbruik beperken

Zoals gezegd is het onderzoek over de energiepotenties gedaan aan de hand van de trias energetica. Allereerst is er dus een focus gelegd op het verminderen van het energieverbruik in het Werkspoorkwartier. Daarbij zijn de drie referentiegebouwen het uitgangspunt, zoals is beschreven in bovenstaande methode. Voor deze drie referentiegebouwen zijn de afmetingen van de gevel, dak, vloer en glas opgenomen in het Excelmodel. Daarbij is voor de isolatiewaarde de minimum bouwbesluiteis van sociale woningbouw aangenomen in het bouwjaar van elk referentiegebouw (bestaandewoningbouw.nl, 2011). De zoninstraling en ventilatie is ook van invloed en meegenomen in de berekening. Ventilatie en interne warmte hebben geen invloed op het verschil tussen huidige en nieuwe situatie, omdat deze hetzelfde blijven in de berekening.

Voor de nieuwe situatie is gekeken hoeveel invloed betere isolatiewaarde van de gebouwen hebben op het verminderen van het energieverbruik. De isolatiewaarde van de gevel, dak, vloer en glas zijn hiervoor naar de minimumeis van het bouwbesluit voor nieuwbouw uit 2015 gebracht. Het verschil in energieverbruik van een referentiegebouw kan worden geëxtrapoleerd met de gebouwen die onder dit referentiegebouw vallen. Op die manier krijg je de energiebesparing over het hele gebied. De verdeling van alle gebouwen onder de referentiegebouwen is hetzelfde als is gebruikt bij de bouwgrondstoffen analyse. Uiteraard is de totale energiebesparing een inschatting en kan van de werkelijkheid afwijken. Het resultaat zal wel een indicatie geven van de besparingsmogelijkheden in het Werkspoorkwartier door betere isolatie van de gebouwen.

Referentiegebouw 1: Gietijzerstraat 1 (bouwjaar 1989)
Gebruiksoppervlak: 1560 m²

Tabel 4-2 invoergetallen gebouw 1

	Huidig	Beoogde verbetering
U-waarde vloer	0,641	0,226
U-waarde gevel	0,375	0,214
U-waarde dak	0,375	0,162
U-waarde glas (dubbel)	3	1,2
Interne warmte (kWh)	9360	9360
ZTA (zontoetredingsfactor)	0,7	0,7
Totaal warmteverbruik (kWh)	387.917	333.452
Totaal warmteverbruik (GJ)	1396,5	1200,43
Totaal warmteverbruik (GJ) per m ²	0,8952	0,7695

Verskil in warmteverbruik is **0,1257 GJ per m²**. Dit is dus de jaarlijkse verbetering per m² als de isolatiewaarde verhoogd worden voor het gebouw. In deze berekening wordt aangenomen dat alle gebouwen die onder dit referentiegebouw vallen, identiek zijn exclusief de gebruiksoppervlakte. Het verschil in warmteverbruik kan dus worden geëxtrapoleerd met het aantal m² aan gebouwen dat onder dit referentiegebouw valt. Dit betreft een totaal gebruiksoppervlak van 32.412 m². Dit maakt een totale besparing van **4.074,19 GJ** aan warmteverbruik.

Referentiegebouw 2: Vlampijpstraat 78 (bouwjaar 1977)
Gebruiksoppervlak: 1975 m²

Tabel 4-3 invoergetallen gebouw 2

	Huidig	Beoogde verbetering
U-waarde vloer	1,923	0,226
U-waarde gevel	1,163	0,214
U-waarde dak	0,833	0,162
U-waarde glas (enkel)	5,1	1,2
Interne warmte (kWh)	11850	11850
ZTA (zontoetredingsfactor)	0,8	0,7
Totaal warmteverbruik (kWh)	355.174	154.753
Totaal warmteverbruik (GJ)	1278,63	557,11
Totaal warmteverbruik (GJ) per m ²	0,6471	0,2821

Verskil in warmteverbruik is **0,365 GJ per m²**. Net als bij het vorige referentiegebouw wordt aangenomen dat de bijbehorende gebouwen identiek zijn. Hiervoor zal dus het verschil in warmteverbruik ook worden vermenigvuldigd met het aantal m² gebruiksoppervlak aan bijbehorende gebouwen. Het aantal m² gebruiksoppervlak is 40.667. De totale besparing aan warmteverbruik bestaat dan uit **14.843,46 GJ**.

Referentiegebouw 3: Schaverijstraat 50 (bouwjaar 1980)
Gebruiksoppervlak: 1280 m²

Tabel 4-4 invoergetallen gebouw 3

	Huidig	Beoogde verbetering
U-waarde vloer	0,641	0,226
U-waarde gevel	0,685	0,214
U-waarde dak	0,685	0,162
U-waarde glas (dubbel)	3	1,2
Interne warmte (kWh)	7680	7680
ZTA (zontoetredingsfactor)	0,7	0,7
Totaal warmteverbruik (kWh)	333.910	220.973
Totaal warmteverbruik (GJ)	1202,08	795,50
Totaal warmteverbruik (GJ) per m ²	0,9391	0,6215

Verskil in warmteverbruik is **0,3176 GJ per m²**. Vervolgens wordt weer de aanname gedaan dat alle bijbehorende gebouwen identiek zijn. De uitkomst wordt dus weer geëxtrapoleerd met het totaal aantal m² aan gebouwen. Dit totaal aantal bedraagt 57.224 m² go. De totale besparing bedraagt dan **18.174,34 GJ/j** aan warmteverbruik.

Het totale jaarlijkse verschil warmteverbruik van het Werkspoorkwartier na het verbeteren van de isolatiewaarden is dan geschat op **37.091,99 GJ**. Dit is vergeleken met de totale warmteverbruik **63083 GJ** een percentage van **58.8%** van het totale jaarlijkse warmteverbruik van het Werkspoorkwartier.

Duurzame energieopwekking

Na het beperken van het energieverbruik wordt er gekeken naar het duurzaam opwekken van het energieverbruik. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen elektra en warmte.

Zonnepanelen

Voor elektra is er vooral gekeken naar het inzetten van monokristallijne zonnepanelen over het gehele gebied. De berekening is gebaseerd op de dakoppervlaktes uit de BAG. Hierbij is via www.zonneatlas.nl gekeken hoeveel van die oppervlaktes zeer geschikt is voor zonnepanelen en dus goed aan de zon worden blootgesteld. Hierbij is een schatting gemaakt hoeveel van de totale dakoppervlakte zeer geschikt is en kan dus iets afwijken. Het totale geschikte dakoppervlak is 86960 m².

Vervolgens is er gekeken welk rendement de zonnepanelen hebben als ze loodrecht op de daken worden geplaatst. Met een loodrechte plaatsing wordt namelijk het geschikte dakoppervlakte het meest efficiënt benut. Het rendement is vervolgens berekend in de meest ideale hoek van de oriëntatie dat de daken hebben.

Hierna is de opbrengst van de monokristallijne panelen berekend wanneer alle geschikte daken vol gelegd worden met deze zonnepanelen, meegenomen het standaardrendement in Nederland, oriëntatie en verliezen van de omvormer. Er is dus uitgegaan van het 100% benutten van de daken en dus van de meest gunstigste situatie. De totale opbrengst voor het Werkspoorkwartier komt dan uit op **39.984,2 GJ/j**.

Uiteindelijk is het ook belangrijk om te kijken naar de terugverdientijd van zo'n grote investering. Hiervoor zijn de totale kosten van de panelen met installatie en omvormers berekend. Vervolgens is berekend wat de besparing op elektra in euro's is per jaar voor het plangebied. De berekening komt met deze input uit op ruim 31 jaar terugverdientijd. Aangezien de panelen in kwaliteit en opbrengst verminderen, zal de terugverdientijd in de werkelijkheid nog langer zijn of zelfs helemaal niet gehaald worden.

Tot slot zijn er wel mogelijkheden om het toch interessant te maken. Om het toch interessant te maken voor de zakelijke gebruikers kan worden gekeken of deze gebruikers in aanmerking kunnen komen voor subsidieregelingen van de energie-investeringsaftrek (EIA) of belastingverlaging uit de meerjarenafspraak 3 (MJA3). Dit is een convenant van de overheid en bedrijven om de energieopwekking te verhogen. Op dit moment is er een energiebesparingsdoelstelling vanuit het rijk van 100 PJ en die is nog niet in zicht (rvo.nl, 2018) en dit kan dus alleen maar een stimulans zijn om als bedrijf toch te kiezen voor duurzame energie. Dit levert namelijk een goede naam op. Het in aanmerking komen van subsidies of dergelijke is verder niet onderzocht.

De berekening van het zonnepotentieel is meegenomen in het gehanteerde Excelmodel voor het duurzaam opwekken van energie.

Voor warmte opwekking is in het Excelmodel zelf een berekening gemaakt. Hierbij is gekeken naar de invloed van warmtepompen, zonneboilers en een warmtekrachtkoppeling op het warmteverbruik van het gebied. Hierbij wordt gerekend met de huidige situatie en dus zonder energiebesparende maatregelen toegepast te hebben (stap 1). Zie bijlage III voor de berekening van het zonnepotentieel.

Zonneboilers

Allereerst is er gekeken naar zonneboilers. Deze techniek is vaak rendabel bij veel woningen die veel warmwaterverbruik hebben. Bedrijventerreinen zoals het Werkspoorkwartier hebben dit over het algemeen niet. De totale warmwaterverbruik bestaat maar uit 752 GJ aan energie per jaar. Dit is van het totale warmteverbruik van ruim 63.000 GJ maar een klein gedeelte. Zonneboilers hebben een leveringsaandeel van 60,1% van het warmwaterverbruik wat zorgt voor ruim 450 GJ aan warmtapwater. Wat overblijft is dan nog 300 GJ aan warmwaterverbruik dat jaarlijks nog opgewekt moet worden met aardgas.

Elektrische warmtepomp individueel

De warmtepomp kan op twee manieren worden toegepast, namelijk individueel of collectief. Allereerst wordt er gekeken naar de individuele warmtepomp. Deze warmtepomp zorgt d.m.v. elektriciteit dat er warmte wordt gehaald uit de bodem. Jaarlijks kan er 42.056 GJ aan warmte duurzaam worden binnengehaald met de warmtepomp. De overgebleven warmteverbruik zal nog moeten worden ingevuld door elektra van primaire bronnen. Het elektraverbruik zal door de warmtepomp toenemen met ruim 21.000 GJ/j. Als dan gekeken wordt naar de totale benodigde energie (elektra en warmte) van primaire bronnen is dat zonder warmtepomp ruim 110.444 GJ. Na de toepassing van de individuele warmtepomp is dit nog maar een kleine 68.389 GJ. De individuele warmtepomp brengt dus wel degelijk rendement met zich mee. Dit rendement ligt op ruim 42.000 GJ/j.

Elektrische warmtepomp collectief

In plaats van de individuele warmtepomp wordt er ook gekeken welk rendement een elektrische collectieve warmtepomp heeft in het Werkspoorkwartier. De warmtepomp kan zorgen voor ruim 51.000 GJ aan bodemwarmte dat duurzaam gewonnen wordt voor het Werkspoorkwartier. De overige warmte komt nog van aardgas, dit betreft ruim 12.700 GJ. Het verschil met de individuele warmtepomp is dat een collectieve warmtepomp de warmte nog moet vervoeren oftewel distributie van warmte. Dit brengt altijd verlies met zich mee. Dit verlies bedraagt 1075 GJ aan warmte. De warmwateropwekking heeft nog ondersteuning nodig door elektra van 188 GJ.

Aan het eind van de rit zorgt de collectieve warmtepomp voor een elektra stijging van 47.361 GJ huidige situatie naar 62.611 GJ nieuwe situatie. Daarnaast is er nog 12.794 GJ aan warmte nodig van aardgas ten opzichte van 64.000 GJ in de huidige situatie. Net als bij de individuele warmtepomp zal bij de collectieve warmtepomp de elektravraag sterk toenemen. Het gasverbruik wordt vele malen verminderd. Als de individuele warmtepomp en de collectieve warmtepomp wordt vergeleken, is te zien dat bij de individuele warmtepomp het elektraverbruik een stuk meer stijgt. Daarentegen zorgt de individuele warmtepomp wel voor een aardgasverbruik van 0 GJ, waar de collectieve warmtepomp nog wel voor een gedeelte afhankelijk is van aardgas.

Mini-WKK

Een mini-warmtekrachtkoppeling (WKK) zorgt voor elektriciteit door aardgas te gebruiken. Van tevoren kan dus al gezegd worden dat met de mini-WKK het elektra verbruik verminderd maar het aardgas gebruik meer wordt. De vraag is dan nog in welke mate. Uit het model is af te lezen dat de totale jaarlijkse elektravraag uit primaire energie inderdaad erg slinkt van ruim 47.000 GJ naar ruim 27.500 GJ. De vraag wordt dus bijna gehalveerd.

De warmtevraag gaat helaas wel ten koste van deze vermindering van elektravraag. Om de WKK en HWK te laten werken is er in totaal ruim 83.000 GJ aan warmte van aardgas nodig. HWK is een hulpwarmteketel die inspringt bij pieken en onderhoud. Dit is een stijging van ruim 20.000 GJ aan warmte uit aardgas in vergelijking met de huidige situatie. In zijn totaliteit is het energieverbruik redelijk gelijk, maar het aardgas gebruik stijgt wel flink. Daarnaast heb je ook met de WKK te maken met distributie van warmte en dus verlies. Dit bedraagt een kleine 600 GJ. Dit was al verwerkt in de hiervoor genoemde totaalvraag.

Al deze potenties brengen dus voor- en nadelen met zich mee. Om een overzichtelijk beeld te krijgen van de potenties zijn deze nog eens samengevat in Tabel 4-5.

Tabel 4-5 Overzicht energieopwekking potenties

	Primaire elektra- vraag (GJ/j)	Primaire aardgas- vraag (GJ/j)	Totale emissie (ton/j)	Investeringskos- ten totaal (miljoen euro)
Huidig	47.361	63.083	9580	0
Zonnepanelen	9.869	63.083	4781	13,8
Zonneboiler	47.361	62.931	9544	2,2
EWP-ind	68.389	0	8639	1,9
EWP-col	62.611	12.794	8708	7,5
Mini-WKK	27.719	83.166	8885	2,3

Stap 3 van de trias energetica, het efficiënt gebruiken van de benodigde uitputbare grondstoffen, is niet uitgewerkt. Dit is op korte termijn nog wel een interessante stap, maar op lange termijn zal Nederland net als de hele wereld volledig moeten afstappen van de uitputbare grondstoffen. Deze derde stap zou dan ook komen te vervallen.

4.5 Potenties

Scenario's

In paragraaf 4.4 is duidelijk geworden wat de invloed van alle potenties en besparingen kunnen zijn op de totale energievraag. In deze paragraaf wordt gekeken welk scenario het meest voordelig is. Welke combinaties van potenties zijn mogelijk en zorgen voor een meer circulair en duurzaam Werkspoorkwartier. Allereerst wordt de huidige situatie in kaart gebracht aan de hand van een infographic.

Scenario 1 (meest gunstig)

In scenario 1 wordt ervan uitgegaan dat de energiebesparing, zoals beschreven in paragraaf 4.3, volledig worden doorgevoerd. Dit heeft een vermindering van het warmteverbruik van 62331,08 GJ/j naar 25239.09 GJ/j tot gevolg.

Daarnaast wordt er uitgegaan van 100% benutting van de daken d.m.v. zonnepanelen. De zonnepanelen potentie is, zoals beschreven in paragraaf 4.3, een grote investering en heeft veel invloed op de elektravraag uit primaire grondstoffen. Het elektraverbruik uit primaire grondstoffen zal namelijk van 47.361GJ/j naar 9.869 GJ/jaar gaan.

Vervolgens kan het Werkspoorkwartier "aardgasloos" gemaakt worden met elektrische individuele warmtepompen. Het gasverbruik en daarmee het warmteverbruik vanuit primaire grondstoffen zal dan worden teruggebracht van 25239.09 GJ/j naar 0 GJ/j. Daarentegen zal het elektraverbruik wel toenemen van 9.869 GJ/j naar 18.989 GJ/j.

Scenario 2 (realistisch)

In scenario 2 wordt ervan uitgegaan dat 50% van de gebouwen wordt geïsoleerd, waardoor de warmtebesparing zal uitkomen van 62331,08 GJ/j huidig naar 43.785,09 na de besparingsmaatregelen.

In dit scenario worden ook zonnepanelen toegepast. Dit is een actuele ontwikkeling en wordt daarom in dit scenario gelegd op 30% van alle geschikte dakoppervlak. Hierdoor zal de elektravraag uit primaire grondstoffen worden verminderd van het huidige 47.361 GJ/j naar 37.858 GJ/j.

Tot slot wordt in dit scenario de elektrische collectieve warmtepomp toegepast. Deze warmtepomp zorgt voor een stijging van de elektravraag en het dalen van de warmtevraag vanuit uitputbare grondstoffen. De elektravraag uit primaire bronnen zal door deze toepassing stijgen van 37.858 GJ/j naar 49.312 GJ/j. De primaire aardgasvraag zal daarentegen reduceren van 43.785,09 GJ/j naar 10.094 GJ/j.

De scenario's worden in Tabel 4-6 nog eens overzichtelijk weergegeven.

Tabel 4-6 Overzicht toepassing scenario's

	Scenario 1 (meest gunstig)	Scenario 2 (realistisch)
Elektravraag (GJ/j) uit primaire bronnen	18.989	49.312
Primaire aardgasvraag (GJ/j)	0	10.094
Totale CO ² emissie (ton/j)	2.279	6.485
Geschatte totale investeringskosten (miljoen euro's)	15,7 (excl. investering energiebesparing maatregelen)	11,6 (excl. investering energiebesparing maatregelen (50% van scenario 1))

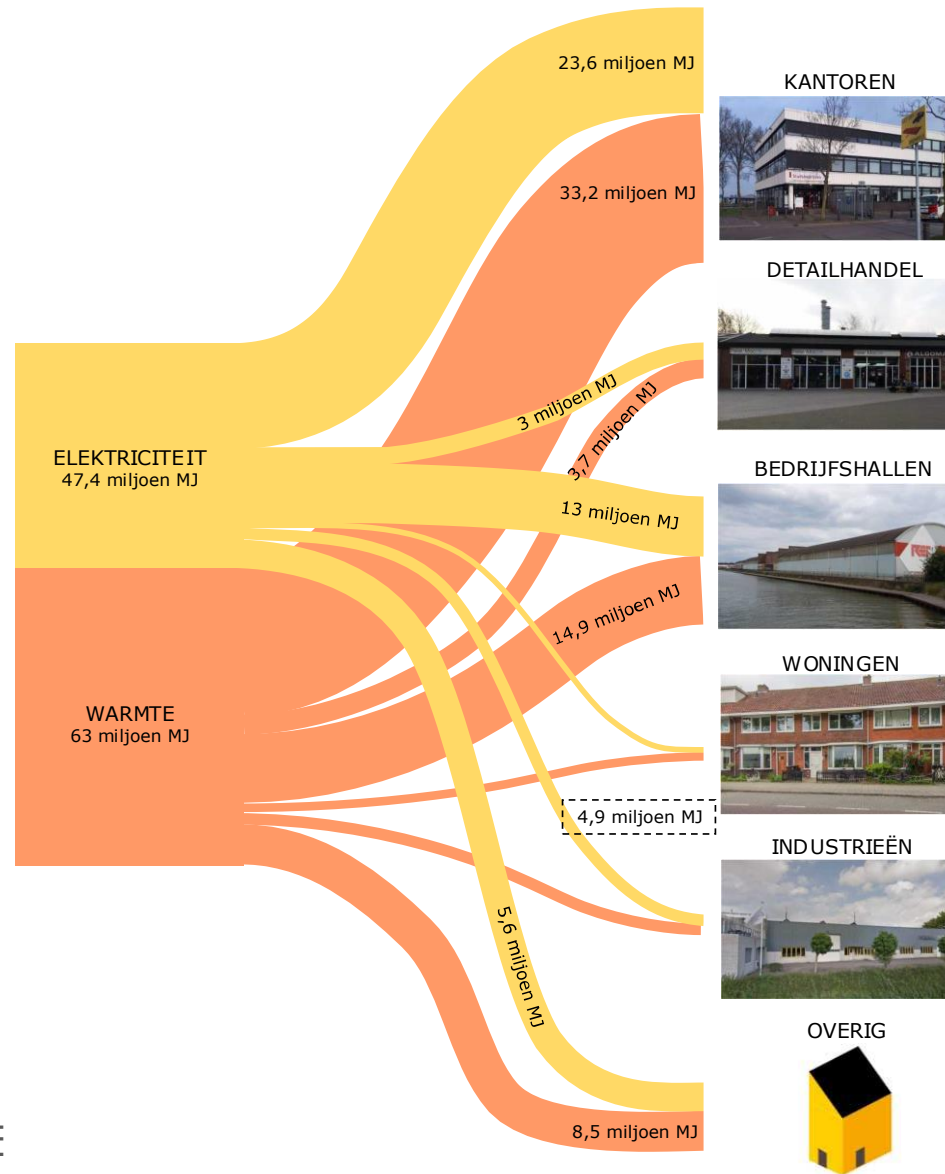
Energie uit water

Vanuit het hoofdstuk energie uit water is duidelijk geworden dat uit het grijswater 760 GJ/j aan warmte geleverd kan worden voor het Werkspoorkwartier. Hiervoor is wel een warmtenet nodig om de warmte te kunnen transporteren. Hiervoor wordt aangenomen dat er 2% verlies optreedt, waardoor er nog **745 GJ/j** aan warmte overblijft dat bebouwing in het Werkspoorkwartier kan gebruiken om gedeeltelijk in de warmtevraag te kunnen voorzien.



AARDGAS
110,4 miljoen MJ

ENERGIESTROMEN HUIDIGE SITUATIE



EMISSIES
9.580 ton CO²

AARDGAS
19 miljoen MJ

ELEKTRA
8,7 miljoen MJ

BODEMENERGIE
17,3 miljoen MJ

ZONNE-ENERGIE
40 miljoen MJ

ELEKTRICITEIT
59 miljoen MJ

WARMTE
26 miljoen MJ

23,6 miljoen MJ

13,7 miljoen MJ

3 miljoen MJ
1,5 miljoen MJ

13 miljoen MJ

6,1 miljoen MJ

3,2 miljoen MJ

5,6 miljoen MJ

3,5 miljoen MJ

KANTOREN



DETAILHANDEL



BEDRIJFSHALLEN



WONINGEN



INDUSTRIEËN

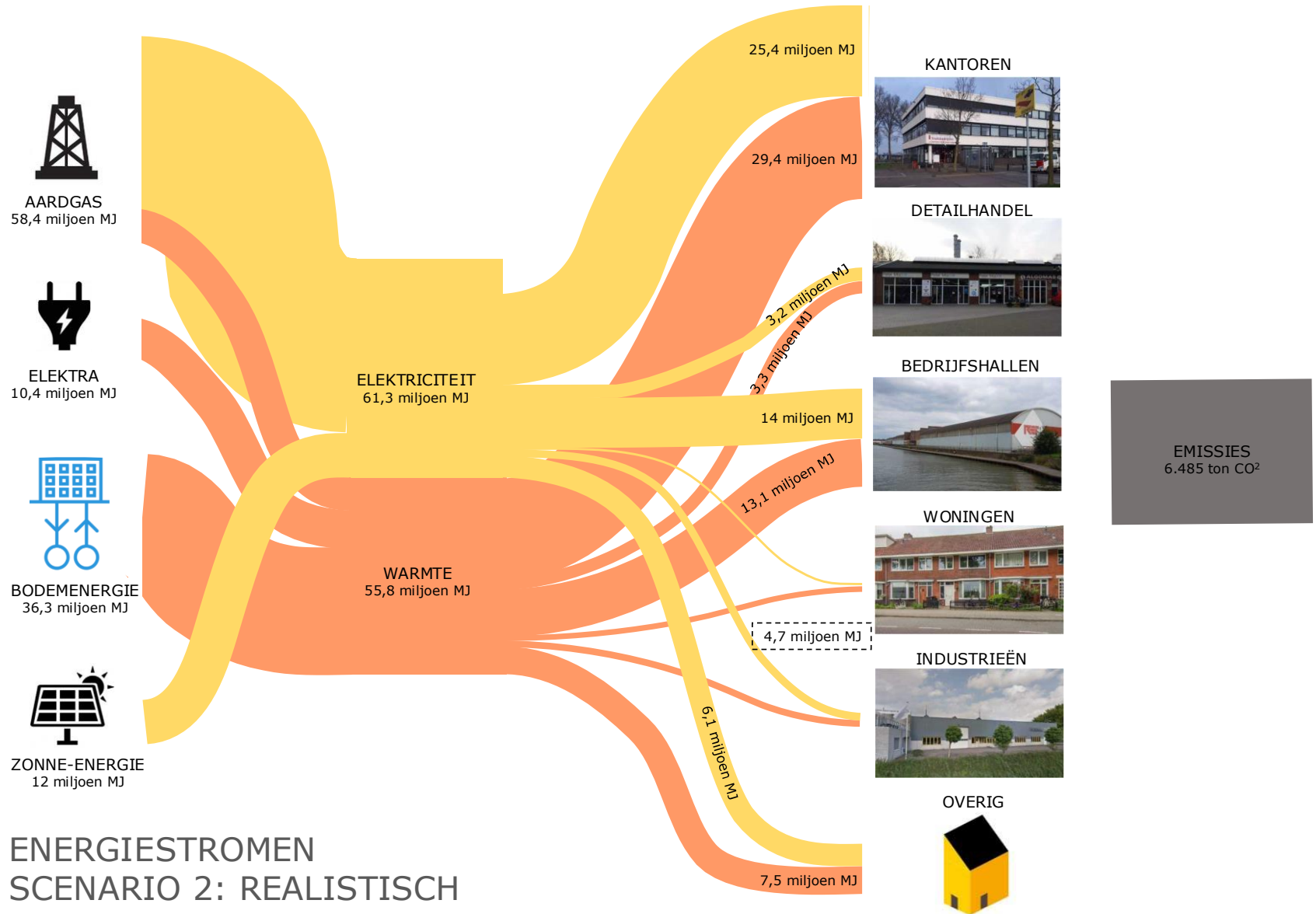


OVERIG



EMISSIES
2.279 ton CO²

ENERGIESTROMEN SCENARIO 1: OPTIMAAL



Stakeholders

Voor beide scenario's blijft het Werkspoorkwartier nog steeds afhankelijk van primaire bronnen om elektra en/of warmte op te wekken. In de toekomst kunnen samenwerkingen met omliggende gebieden wellicht deze afhankelijkheid van primaire bronnen wegnemen. Er zijn een aantal interessante ontwikkelingen.

Biomassacentrale Lage Weide

Energieproducent Eneco is op dit moment bezig met het bouwen van een BioWarmte Installatie (BWI) op industrieterrein Lage Weide. Dit is aan de overzijde van het Amsterdam-Rijnkanaal vanaf het Werkspoorkwartier gezien. De BWI gebruikt biogas om warmte op te wekken. Hierdoor zal er warmte geleverd worden aan klanten in heel Utrecht door middel van stadverwarming. De eerste fase van de centrale wordt eind 2018 verwacht klaar te zijn en zal begin 2019 beginnen met warmtelevering (Eneco, 2018). Helaas is Eneco afgestapt van het idee om ook BioEnergie Centales (BEC) te bouwen die zowel warmte als elektra leveren. Hierdoor zal er dus geen elektra worden geleverd door biogas.

Stadsverwarming Cartesiusdriehoek

Om te kunnen profiteren van de warmtelevering van de BWI Lage Weide, zal het Werkspoorkwartier ook aangesloten moeten zijn op de stadsverwarming. Dit gebeurt middels leidingen die de warmtedistributie op zich nemen. In de Cartesiusdriehoek wordt nieuwbouw gerealiseerd wat aangesloten gaat worden op de stadsverwarming (gemeente Utrecht, 2017). Het is dus goed mogelijk om het Werkspoorkwartier ook in een vertakking gelijk mee te nemen. Hierdoor kan er geprofiteerd worden van duurzame warmtelevering.

Quick-wins en longterm-wins

Quick-wins

Een potentie die op korte termijn verbetering kan bieden aan het Werkspoorkwartier zijn zonnepanelen. De daken zijn al geschikt voor deze panelen, waardoor er weinig aanpassingen gedaan hoeven worden aan gebouwen of infrastructuur. De pv-panelen kunnen redelijk snel gelegd worden, waardoor dit echt een quick-win kan zijn.

Een ingreep die ook echt veel kan betekenen op korte termijn voor het Werkspoorkwartier is het aanleggen en aansluiten van stadsverwarming. Op korte termijn wordt hier duurzame energie in de vorm van warmte op geleverd, zoals beschreven in bovenstaand stuk. Hierbij kan ook nog de koppeling worden gemaakt met energie uit water waarvoor ook een warmtenet nodig is.

Tot slot heeft het na-isoleren van gebouwen erg veel invloed op het warmteverbruik en daarmee ook gasverbruik. Er kan tot wel ca. 60% bespaard worden op het warmteverbruik wanneer alle bebouwing wordt na-geïsoleerd. Een klein gedeelte van 20% van de woningen zal ook al een wezenlijk verschil maken in het warmteverbruik.

Longterm-wins

Een longterm-win is het toepassen van elektrische warmtepompen individueel of collectief. Beide gebruiken bodemwarmte en elektriciteit om in de warmtevraag te kunnen voorzien zonder primair uitputbare grondstoffen te gebruiken. Bij de collectieve elektrische warmtepomp zou de warmtepomp nog wel ondersteund moeten worden voor een klein gedeelte met aardgas.

4.6 Conclusie

Voor het Werkspoorkwartier kan van de huidige situatie gezegd worden dat veel kansen nog niet of onvoldoende worden benut. De mogelijkheden tot verduurzaming van de energiestromen zijn er wel, maar worden op dit moment nog niet genoeg opgepakt voor een living lab. Grote actoren als Eneco proberen wel de eerste stap te zetten door het openen van een BioWarmte Installatie (BWI) op Lage Weide. De ontwikkeling zal wel moeten versnellen om als living lab een goed voorbeeld te geven aan andere bedrijventerreinen op het gebied van circulariteit, voordat de doelstelling van Nederland 100% circulair in 2050 onhaalbaar wordt.

Mogelijkheden tot verduurzaming zijn er wel degelijk met de bestaande technieken. Zonnepanelen en elektrische collectieve of individuele warmtepompen kunnen een groot verschil maken in de duurzame energiestroom. Daarnaast zullen de betere isolatiewaarden een grote invloed hebben op de warmtevraag van het Werkspoorkwartier.

Essentieel is het combineren van stromen in het nemen van maatregelen. In het bouwgrondstoffen scenario van alle bebouwing slopen of renoveren, zou alle bebouwing ook goed kunnen worden (na)geïsoleerd. Daarnaast is het bij nieuwbouw en renovatie goed om gelijk na te denken over infrastructuur als een warmtenet of het toepassen van individuele warmtepompen. Tevens zal de elektraproductie uit zonnepanelen een grote stap zijn in het verduurzamen van de energiestroom. De waterstroom kan ook zorgen voor warmteproductie in het Werkspoorkwartier, waardoor de stromen elkaar ondersteunen in de duurzaamheidstransitie.

5. Water

5.1 Inleiding

Gevraagd is door de gemeente Utrecht om de voetafdruk van het Werkspoorkwartier (WSK) in beeld te brengen met betrekking tot de waterstromen. Waterstromen zijn continu aanwezig en leveren iedere dag afval op dat momenteel niet hoogwaardig wordt hergebruikt. Naast de huidige voetafdruk is onderzocht welke potenties mogelijk zijn.

Circulariteit in de watersector

In juni 2017 verscheen in een artikel uit het vakblad H2O een interview met de directeur van Allied Waters (Jos Boere). Allied Waters is een bedrijf dat zich inzet voor de transitie naar een circulaire economie in de watersector, door samenwerking tussen commerciële ondernemingen en onderzoekscentra. Een paar onderdelen uit dit interview zijn hier uitgelicht om aan te geven wat de stand van zaken is in de huidige watersector wat betreft circulariteit.

Om te beginnen overlappen de energie- en watervraagstukken elkaar veelvuldig. Als het gaat om verduurzaming in de watersector begint men bij zuinig gebruik. Daarna is terugwinnen en hergebruik een belangrijke ingreep. Een belangrijk verschil met de energiesector is dat de volksgezondheid boven alles gaat. Voor de hand liggende ingrepen, zoals het produceren van drinkwater op decentraal niveau, zijn daardoor niet per definitie toepasbaar. Een voorbeeld van zuinig gebruik bij de drinkwaterwinning is de verlaging van de hardheid van het drinkwater door centrale ontharding. Hierdoor is het gebruik van wasmiddelen verminderd. Een mooi voorbeeld van circulair denken in de afvalwaterketen is het terugwinnen van fosfaat door Waternet (de watercyclusorganisatie waarin de gemeente Amsterdam en het waterschap Amstel, Gooi en Vecht samenwerken). Dat proces is op zich niet rendabel. Maar Waternet heeft wel minder last van neerslag van struviet in leidingen, waardoor de kosten voor onderhoud lager zijn. Per saldo is de business case positief (Boere, 2017).

In de stedelijke waterketen zijn veel partijen betrokken. Daarom is een integrale benadering nodig, maar tevens ook lastig. Boere legt uit dat de kosten en baten van een vernieuwing vaak bij verschillende partijen liggen. In Nederland is hiervoor nog geen goed verdeelsysteem bedacht (Boere, 2017).

“Kijk integraal naar innovaties en zoek in de hele keten naar financiële voordelen.”

-Jos Boere (Allied Waters), 2017

Circulariteit in het Werkspoorkwartier

Er is een circulaire beweging gaande in de drinkwaterwinning en afvalwaterverwerking. Het Werkspoorkwartier bevindt zich precies tussen deze sectoren in. Ingrepen op gebiedsniveau zijn mogelijk, maar praktijkervaring is in mindere mate aanwezig. In dit onderzoek is toch geprobeerd mogelijke potenties te relateren aan ervaringen uit de praktijk, om vervolgens een inschatting te kunnen maken van de winst en haalbaarheid van de potenties.

Leeswijzer

Dit hoofdstuk is als volgt ingedeeld:

- Hoofdstuk 5.2 geeft een beschrijving van het huidige watersysteem.
- In hoofdstuk 5.3 en 5.4 wordt inzicht gegeven in de hemel- en afvalwaterstromen in het gebied;
- Hoofdstuk 5.5 en 5.6 geeft twee mogelijke potenties, ondersteund door een praktijkvoorbeeld en berekening van de winst, kosten en haalbaarheid.
- Hoofdstuk 5.7 geeft onderzoeksvoorstellen voor andere potenties.

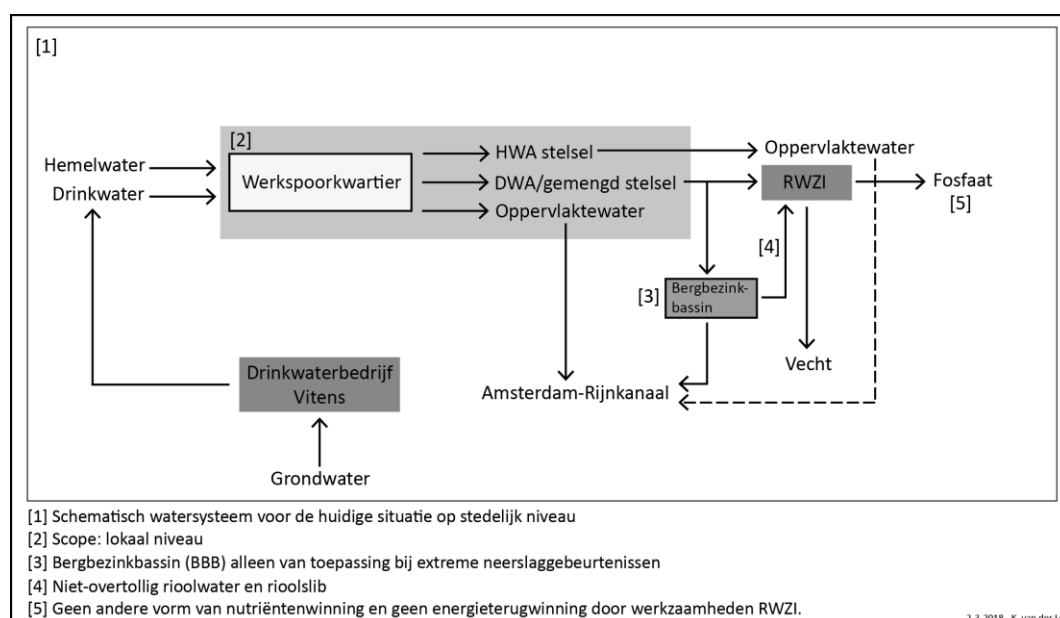
5.2 Beschrijving watersysteem

Stedelijke watercyclus

In Afbeelding 5.1 is het stedelijk watersysteem in Utrecht gedeeltelijk weergegeven. In de schematisatie zijn alleen de hoofd- en deelsystemen opgenomen die direct invloed hebben op het watersysteem in het Werkspookkwartier. De belangrijkste hoofdsystemen zijn de drinkwaterwinning, de opvang van hemelwater in het WSK, afvalwaterlozingen in het WSK en de afvalwaterzuivering.

Voor ieder hoofd- en subsysteem in het stedelijk watersysteem is een specifieke partij verantwoordelijk:

- Drinkwaterbedrijf Vitens produceert drinkwater en distribueert dit naar de gebruiker.
- Gemeente Utrecht is verantwoordelijk voor de distributie en randvoorzieningen voor afval- en hemelwater.
- HDSR zorgt voor de zuivering van afvalwater.
 - o SNB is de slib eindverwerker.
 - o Ecophos wint fosfaat terug uit verbrand slib.
- HDSR zorgt voor peilbeheer en goede kwaliteit van het oppervlaktewater in Utrecht.
- Rijkswaterstaat beheert het Amsterdam-Rijnkanaal.



Afbeelding 5.1 - Schematisch watersysteem Werkspookkwartier en omgeving

Grondstoffen en energie-terugwinning RWZI

Voor het huidige watersysteem is geïnventariseerd welke terugwinning van grondstoffen en energie nu plaatsvindt in de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) in Utrecht. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek, maar de informatie is wel relevant voor potentiële maatregelen. Voor deze informatie is contact opgenomen met waterbeheerder HDSR.

In de periode 2016-2018 vindt nieuwbouw plaats op de RWZI in de vorm van verduurzaming. In plaats van biologische zuivering met actief slib in de vorm van kleine vlokken, wordt een innovatief systeem aangelegd met Nereda slib. Dit slib bevindt zich in korrels, die sneller bezinken dan vlokken en waarin alle benodigde biologische zuiveringsprocessen tegelijkertijd plaatsvinden. Met dit systeem wordt veel energie en ruimte bespaard (RHDHV, 2015). Door de huidige werkzaamheden zijn de gistinginstallaties gesloopt, waardoor eind 2018 pas weer energie wordt teruggewonnen.

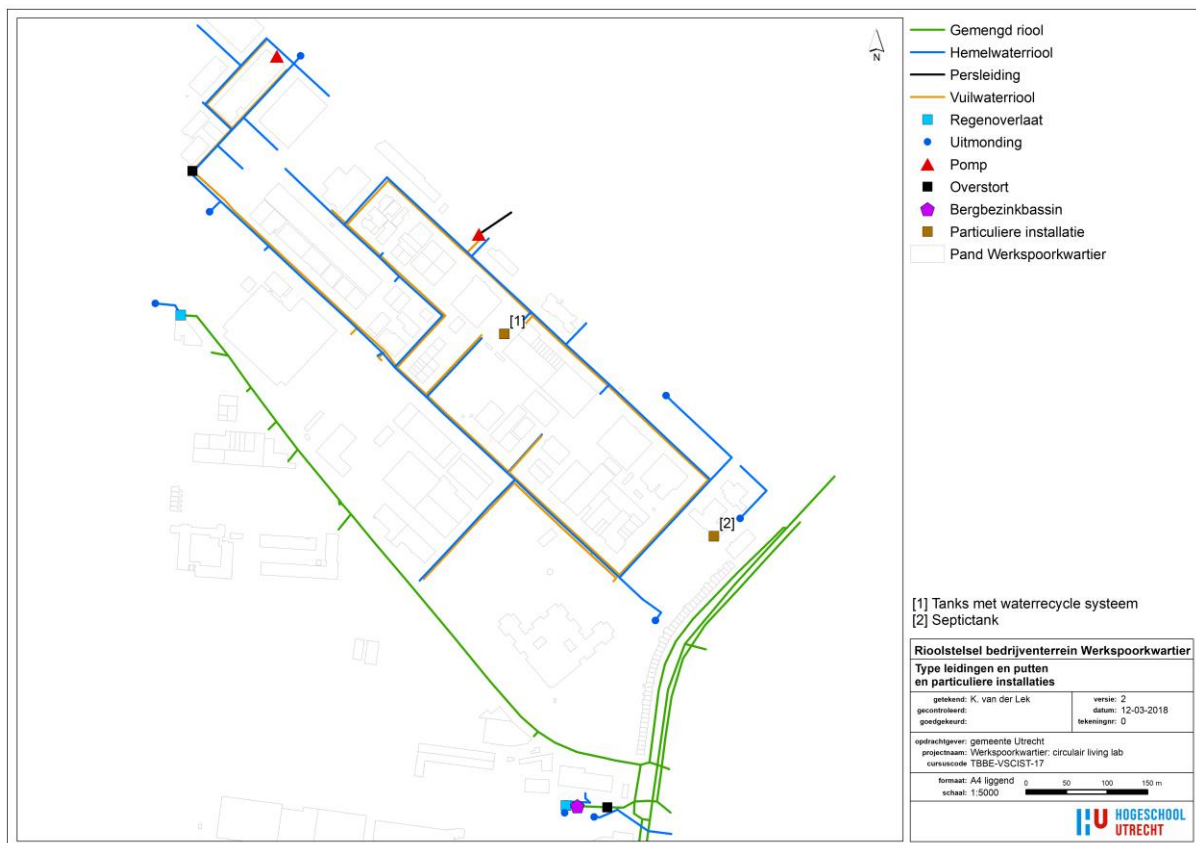
Wel wordt het zuiverings-slib opgevangen en verbrand. Uit de as wordt fosfaat teruggewonnen. Jaarlijks komt op deze manier 184.800 kg fosfaat vrij uit het rioolwater bij een totale inzameling van 24.378.100 m³ afvalwater per

jaar. Teruggerekend naar de afvalwaterproductie van het Werkspookkwartier is **circa 700 kg fosfaat afkomstig uit het WSK**.

Rioolstelsel

In het Werkspookkwartier ligt zowel een gescheiden rioolstelsel als een gemengd stelsel. Zie Afbeelding 5.2 voor een weergave van het rioolstelsel. Gegevens uit de weergave in Afbeelding 5.2 zijn afkomstig uit het gemeentelijk rioolbeheerbestand (2016). Een gescheiden rioolstelsel zamelt afval- en hemelwater apart in, middels een hemelwaterstelsel en een vuilwaterstelsel. Het hemelwaterstelsel loost regenwater op oppervlaktewater. Het vuilwaterstelsel is aangesloten op een pomp ten noorden van het gebied die het afvalwater loost op het gemengde rioolstelsel in Zuilen. Het gemengd rioolstelsel sluit aan op de riolering in de Cartesiusweg. Bij extreme neerslaggebeurtenissen gaat het gemengde water via de Cartesiusweg naar een bergbezinkbassin (BBB) die het grof vuil laat bezinken, en vervolgens het relatief schone water loost op de Industriehaven. Het afvalwater komt uiteindelijk terecht in de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) in Overvecht. Hier wordt het water gezuiverd en geloosd op de Vecht.

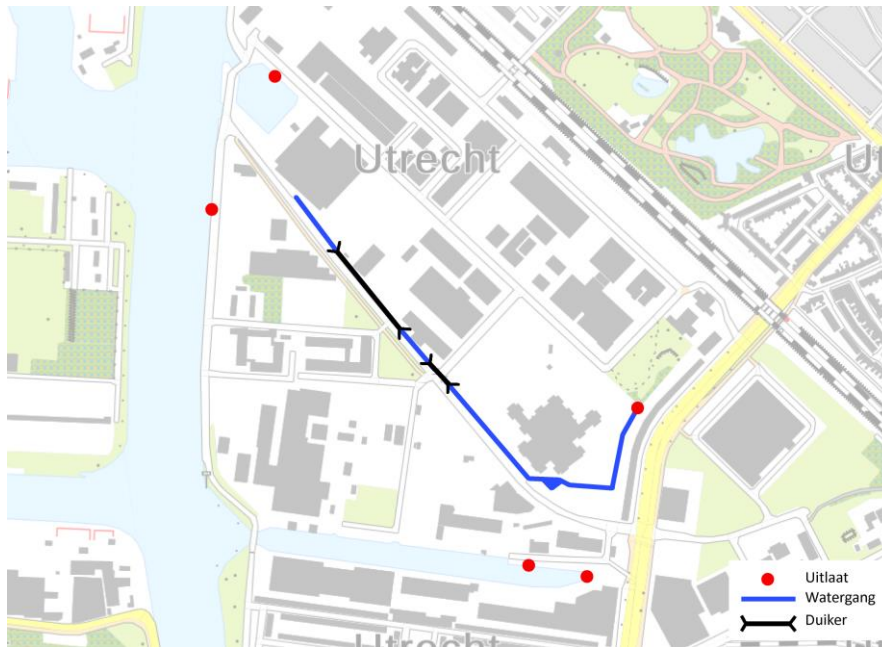
In het gebied zijn twee particuliere waterinstallaties te vinden. Deze zijn geraadpleegd uit een onderzoek naar foutieve aansluitingen door Grontmij in 2012. Een water recycle systeem is te vinden op het terrein van de carwash. Een andere installatie is te vinden op het terrein van de brandweer. Het gaat om een eenvoudige opslagtank voor regenwater waaruit huishoudwater gewonnen wordt.



Afbeelding 5.2 - Weergave rioolstelsel

Oppervlaktewater

In Afbeelding 5.3 is de afwatering van het gebied weergegeven. De hemelwaterriolering loost op watergangen, de Industriehaven en het Amsterdam-Rijnkanaal middels uitlaten. Bij overtollig rioolwater na een extreme regenbui stort het gemengde stelsel over via een bergbezinkbassin op de Industriehaven. De watergangen in het gebied zijn verbonden met duikers.



Afbeelding 5.3 - Oppervlaktewater

Bodemopbouw

In het plangebied verschilt de bodemopbouw sterk per locatie. Tot circa 500 m van het Amsterdam-Rijnkanaal bestaat de bodem aan maaiveld uit zandig klei of klei. De klei reikt tot circa 3 m onder maaiveld. Hieronder ligt een zandpakket met een dikte van ongeveer 34 m. In Tabel 5-1 is de bodemopbouw weergegeven. Na 500 m van het Amsterdam-Rijnkanaal is de bodem aan maaiveld voornamelijk zand. Dit is ter hoogte van de Cartesiusweg.

Tabel 5-1 – Bodemopbouw tot 500 m van het Amsterdam-Rijnkanaal (DINOloket, 2018)

Geologische formatie	Lithologie	Diepte (m minus maaiveld)
Formatie van Echteld	Zandig klei of klei	0 tot 3
Formatie van Kreftenheye	Fijn zand tot zand	3 tot 34

Grondwater

De laagste grondwaterstand varieert tussen -0,5 en -0,4 m NAP. De hoogste grondwaterstand varieert tussen -0,2 en 0,0 m NAP. 70% van de rioolleidingen liggen beneden de laagste grondwaterstand. Bijna alle rioolleidingen liggen beneden de hoogste grondwaterstand (95%). Volgens het Basisrioleringsplan (gemeente Utrecht, 2012) vindt nauwelijks instroom van rioolvreemd water plaats in het Werkspoorkwartier.

5.3 Hemelwatersysteem

Inleiding

Neerslag is een belangrijke factor in de stedelijke watercyclus. In stedelijke gebieden ligt veel verharding waardoor neerslag nauwelijks kan infiltreren naar de bodem. In het stedelijk watersysteem zorgen watergangen, droogliggende sloten, riolering en groenvoorzieningen voor de berging en afvoer van regenwater. Het is de taak van gemeentes om regenwater goed af te voeren, maar perceeleigenaren spelen ook een belangrijke rol omdat veel regenwater op daken en in tuinen terecht komt. In het Werkspoorkwartier spelen diverse factoren een rol in de afwatering van regenwater. De absolute in- en uitstromen van regenwater zijn uitgerekend en opgenomen in een hemelwaterbalans om zo inzicht te krijgen in het hemelwatersysteem.

Uitgangspunten

Voor het vervaardigen van de hemelwaterbalans zijn onderstaande aannames gehanteerd:

- De gemiddelde **neerslag in 2015 in Nederland bedroeg 880 mm** (PBL, 2016). Met deze neerslag is de waterbalans doorgerekend.
- Niet al het regenwater dat terecht komt op het oppervlak stroomt naar het riool. Een deel blijft liggen op straat en daken, en verdampt of infiltreert vervolgens. Dit wordt het inloopverlies genoemd. Voor de inloopverliezen op straat (zowel asfaltverharding als klinkers) is uitgegaan van een verlies van 15%. Voor de inloopverliezen op daken (zowel schuine als platte daken) is uitgegaan van een verlies van 30%. Deze aannames zijn afkomstig uit het dictaat HBO Riolering, stichting RIONED, d.d. 2009. Instroomverliezen naar het riool zijn opgenomen in de infiltratie en verdamping.

Methode

Voor de hemelwaterafvoer zijn alle verharde en onverharde oppervlaktes geïnventariseerd. Binnen het verharde oppervlak is onderscheid gemaakt in: afvoerend naar (gemeentelijk) rioolstelsel, afvoerend naar oppervlaktewater en niet afvoerend (infiltratie naar grondwater).

De oppervlaktes zijn geïnventariseerd uit de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT). Uit een satellietbeeld is gebleken dat een deel van het verhard oppervlak uit de BGT in werkelijkheid een groenvoorziening is. Hier is rekening mee gehouden. In Tabel 5-2 is het totaal verhard- en onverhard oppervlak opgenomen. Alleen het verhard oppervlak stroomt af naar een rioolstelsel of oppervlaktewater.

Tabel 5-2 - Verhard en onverhard oppervlak

	Oppervlak (m ²)	Percentage (%)
Totaal verhard	497157	89
Totaal onverhard	63630	11
Totaal	560788	100

In Tabel 5-3 is het verhard oppervlak verdeeld in wel- en niet afvoerend naar een (gemeentelijk) rioolstelsel. In totaal stroomt 42% van het verhard oppervlak niet af naar een rioolstelsel. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat het terrein van de Eneco warmtekrachtcentrale via een particulier riool loost op het Amsterdam-Rijnkanaal.

Tabel 5-3 - Oppervlak wel- en niet naar rioolstelsel

	Oppervlak (m ²)	Percentage %
Verhard naar rioolstelsel	287539	58
Verhard niet naar rioolstelsel	209618	42
Totaal	497157	100

Tabel 5-4 laat zien dat 79% van het afvoerend oppervlak afstroomt naar het hemelwaterstelsel.

Tabel 5-4 - Type afvoerend oppervlak naar type stelsel

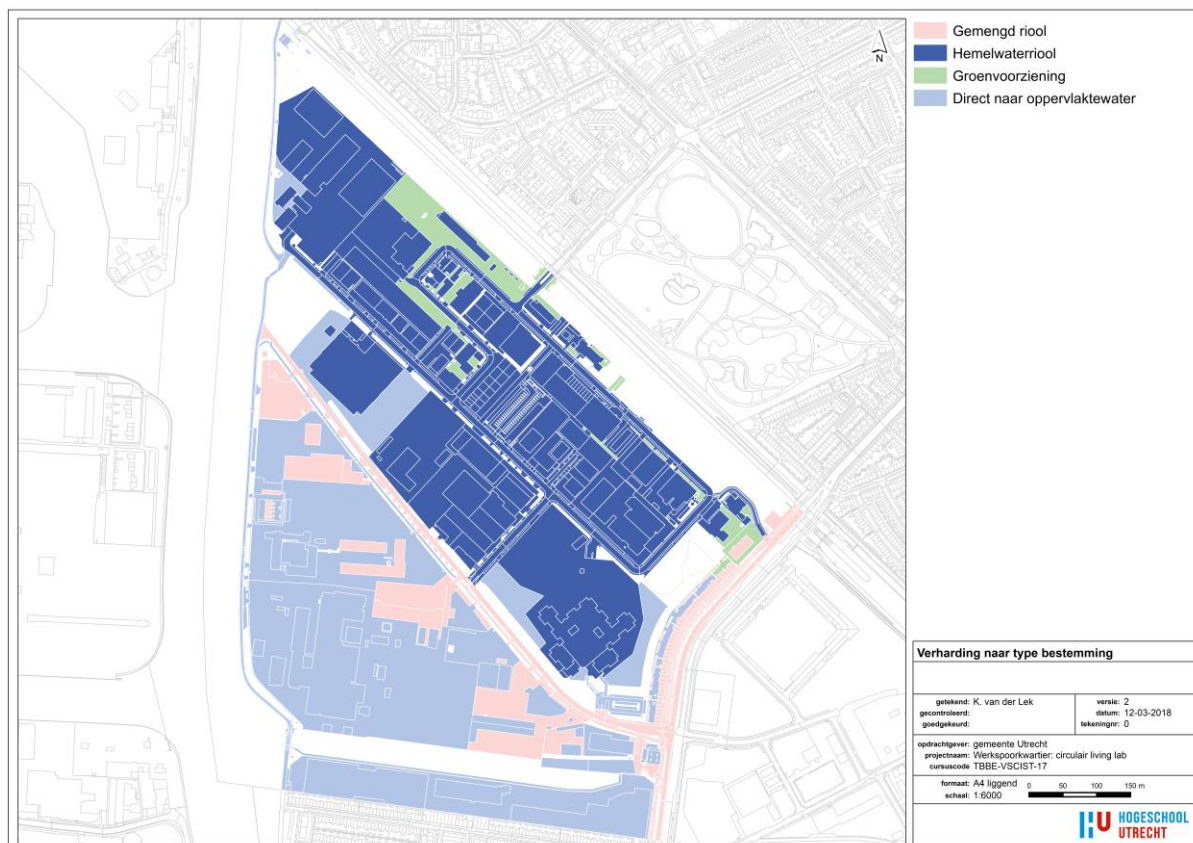
	Gemengd stelsel	Hemelwaterstelsel
	<i>Oppervlak (ha)</i>	<i>Oppervlak (ha)</i>
Afvoerend openbare ruimte	2,26	4,72
Afvoerend dakoppervlak	1,36	9,04
Afvoerend erfoppervlak	2,28	9,09
Totaal	5,90	22,85

Een deel van het verhard oppervlak uit de BGT is in werkelijkheid groen. In totaal gaat het om 1,82 hectare. In Tabel 5-5 is dit oppervlak omschreven als ‘infiltratie naar de bodem’. In Tabel 5-5 is ook het totaal oppervlak weergegeven waarvandaan het water direct afstroomt naar oppervlaktewater (of via een particulier rioolstelsel).

Tabel 5-5 – Afgekoppeld oppervlak van rioolstelsel

Omschrijving	Oppervlak (ha)
Infiltratie naar de bodem	1,82
Bovengronds afstromen naar oppervlaktewater	19,14
Totaal	20,96

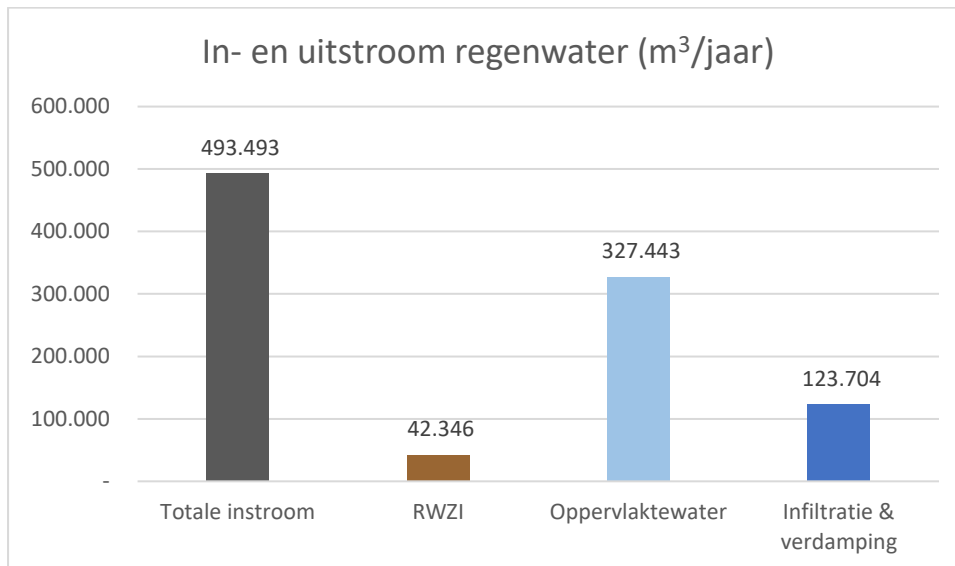
In Afbeelding 5.4 zijn alle verharde oppervlaktes uit de BGT verdeeld naar type bestemming. De bestemming per oppervlak is bepaald door het raadplegen van de oppervlaktekaart in het Basisrioleringsplan (gemeente Utrecht, 2012).



Afbeelding 5.4 - Verhard oppervlak naar type bestemming

Resultaat

De hemelwaterbalans is opgenomen in Figuur 5.1. De totale instroom van regenwater per jaar bedraagt ongeveer 493.500 m³. Hiervan wordt circa 42.500 m³ opgevangen en afgevoerd door het gemengde rioolstelsel naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). 123.500 m³ verdampt of infiltreert jaarlijks naar de ondergrond. Het grootste deel van het regenwater komt terecht in oppervlaktewater (327.500 m³), dit gebeurt rechtstreeks of via het hemelwaterstelsel.



Figuur 5.1 - Hemelwaterbalans

5.4 Afvalwatersysteem

Inleiding

Om iets te kunnen zeggen over circulaire potentie moet eerst inzicht worden verkregen in het geproduceerde afvalwater. Dit inzicht wordt verkregen met een afvalwaterbalans. De uitgangspunten, methode en resultaten van de afvalwaterbalans zijn in dit hoofdstuk opgenomen. Een belangrijke circulaire potentie in de watersector is het terugwinnen van 'grondstoffen'. Deze grondstoffen zijn o.a. stikstof en fosfaat en deze komen via uitwerpselen van de mens terecht in het afvalwater.

Uitgangspunten

Drinkwaterverbruik

Het drinkwaterverbruik is aangeleverd door drinkwaterbedrijf Vitens per postcodegebied voor de jaren 2011 t/m 2016. Hieruit is het gemiddelde berekend voor de jaren 2014 t/m 2016. Hiervoor is gekozen omdat in de jaren vóór 2014 grote verschillen aanwezig zijn in drinkwaterverbruiken t.o.v. 2014-2016. Het totale verbruik is evenredig verdeeld over alle panden in het postcodegebied. Er is aangenomen dat het totale drinkwaterverbruik gelijk staat aan de totale afvalwaterlozing. Zie Tabel 5-6 voor het gemiddeld jaarlijkse drinkwaterverbruik per postcodegebied.

Tabel 5-6 - Drinkwaterverbruik per postcodegebied (Vitens, 2018)

Postcode	Gemiddeld verbruik 2014-2016 (m ³ /jaar)
3534AC	5897,33
3534AM	7067,33
3534AP	12304,67
3534AR	11015,67
3534AS	1468,33
3534AV	1925,00
3534AZ	Niet bekend
3534BA	3087,33
3534BB	1855,33
3534BC	Niet bekend

Huishoudelijk afvalwater

Voor de berekening van het huishoudelijk afvalwater zijn onderstaande aannames gehanteerd. Deze zijn geraadpleegd uit de Leidraad Riolering, module C2100:

- De bezettingsgraad per huishouden bedraagt 2,5 inwoner;
- Het drinkwaterverbruik per persoon/dag bedraagt 120 liter.

Bedrijfs- en industrieel afvalwater

Bedrijfsafvalwater is afkomstig van alle panden met een bedrijfsfunctie. Het gaat met name om kantoren, detailhandel en bedrijfshallen. Industrieel afvalwater wordt alleen geproduceerd door onderstaande bedrijven:

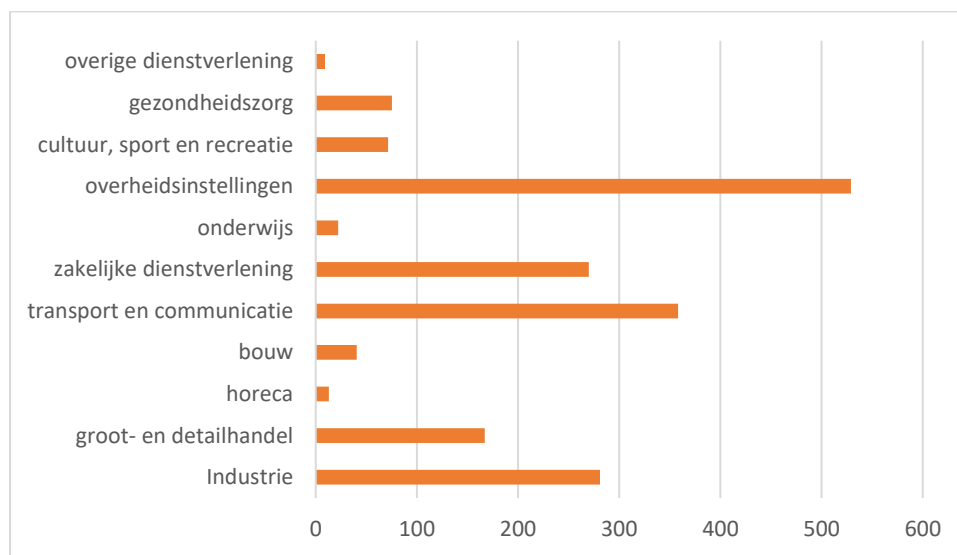
- Steenhouwerij Jongerius & Van Gils
- Machinefabriek Hamminga BV
- Excellent Indoor Carwash Utrecht BV
- Rundvlees & Co BV
- Fabrikant Palmpapier Enveloppen

Grijs, geel en zwart water

Drinkwater wordt voor meerdere doeleinden gebruikt in huishoudens en bedrijven. Over het algemeen produceert men grijs water door gebruik van keuken, wastafels, bad/douche en wasmachine. Zwart en geel water komt tot stand uit toiletgebruik. Het huishoudelijk- en bedrijfsafvalwater is opgedeeld in grijs en zwart water met behulp van kengetallen van de TU Delft. **Circa 68,6% van het afvalwater is grijs water, en de overige 31,4% zwart water** (toiletspoeling + geel water + zwart water) (TU Delft, 2013).

Aantal werknemers en bewoners

Voor het in beeld brengen van het aantal werknemers is gebruik gemaakt van de buurtmonitor Utrecht. Het was alleen mogelijk om het totaal aantal bedrijfsvestigingen en banen te inventariseren voor de Schepenbuurt én bedrijfengebied Cartesiusweg gecombineerd. Uit de gegevens is herleid dat in iedere bedrijfsvestiging gemiddeld 11 mensen werkzaam zijn. In het Werkspookkwartier bevinden zich 167 bedrijfspanden. In totaal bevinden er zich dus **1836 werknemers**. In de buurtmonitor is ook geïnventariseerd wat het aandeel werknemers is per branche. In Figuur 5.2 zijn de werknemers verdeeld over de diverse branches.

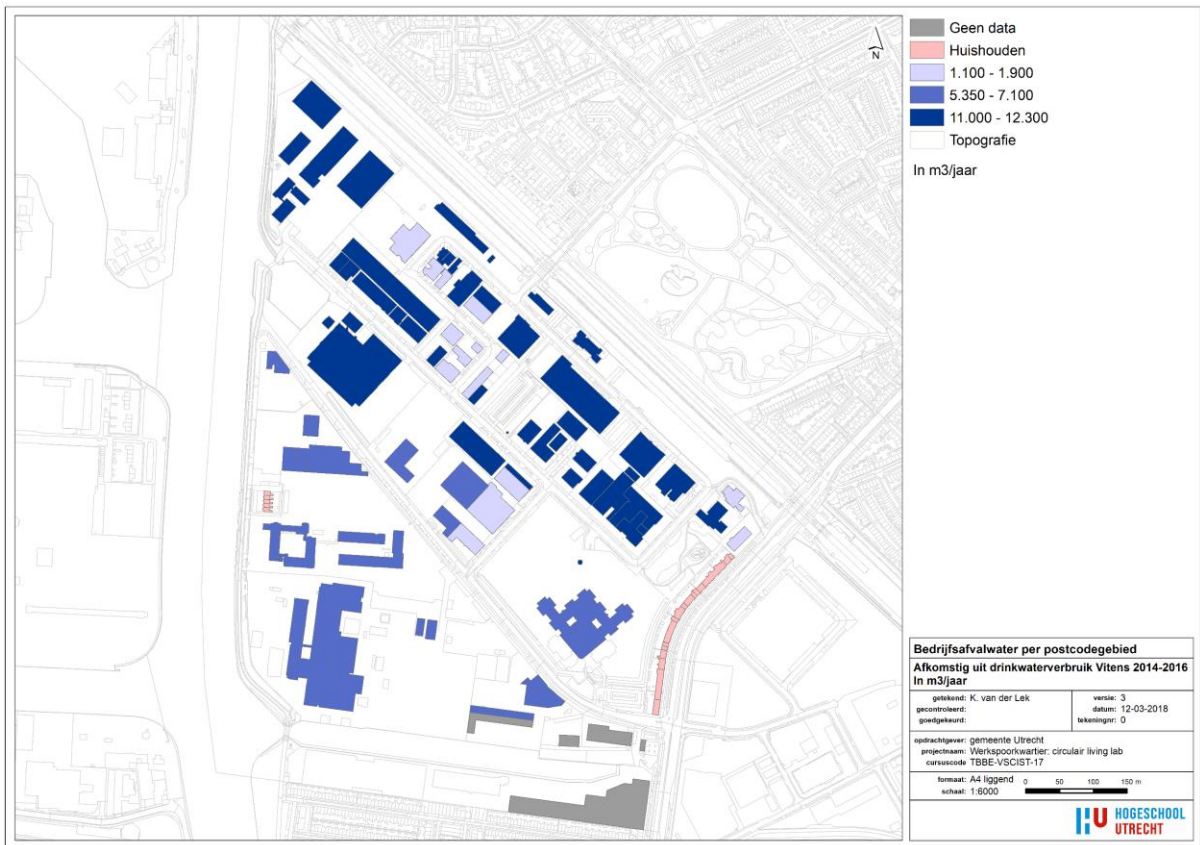


Figuur 5.2 - Werknemers per branche

In totaal zijn er 54 woningen gevestigd in het Werkspookkwartier, waarvan 49 aan de Cartesiusweg en 5 aan de Keulsekade. Als uitgangspunt is een bezettingsgraad van 2,5 inwoner/woning gehanteerd, afkomstig uit de Leidraad Riolering (module C2100). Dit betekent dat er in totaal **circa 135 mensen in het gebied wonen**.

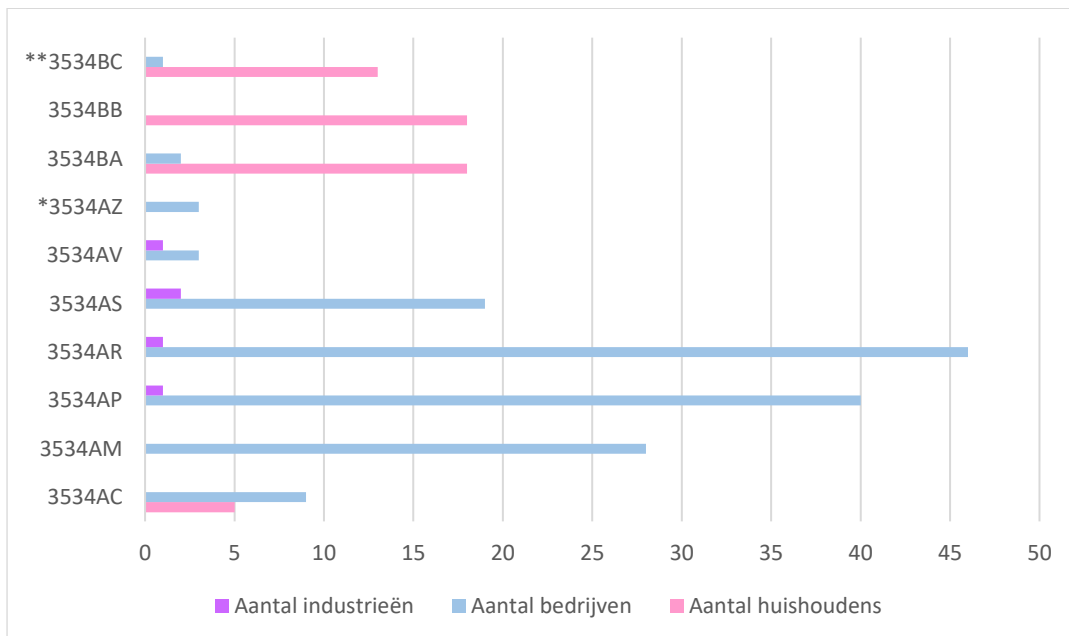
Methode

In Tabel 5-6 zijn de totale drinkwaterverbruiken per postcodegebied opgenomen. Deze gegevens zijn afkomstig van het drinkwaterbedrijf Vitens. In Afbeelding 5.5 is per postcodegebied de totale afvalwaterproductie weergegeven, met onderscheid tussen bedrijven en huishoudens. Om te beginnen is het huishoudelijk verbruik per postcode handmatig berekend. Het huishoudelijk verbruik is vervolgens afgetrokken van het totale verbruik. Hieruit ontstaat een vrij nauwkeurig beeld van de totale afvalwaterproductie door bedrijven en industrieën. Deze totale afvalwaterproductie is evenredig verdeeld over alle adressen (BAG-gegevens). Vervolgens zijn de industrieën gedefinieerd middels het functiebeheerbestand (zie hoofdstuk 2).



Afbeelding 5.5 - Bedrijfs- en industrieel afvalwater per postcodegebied

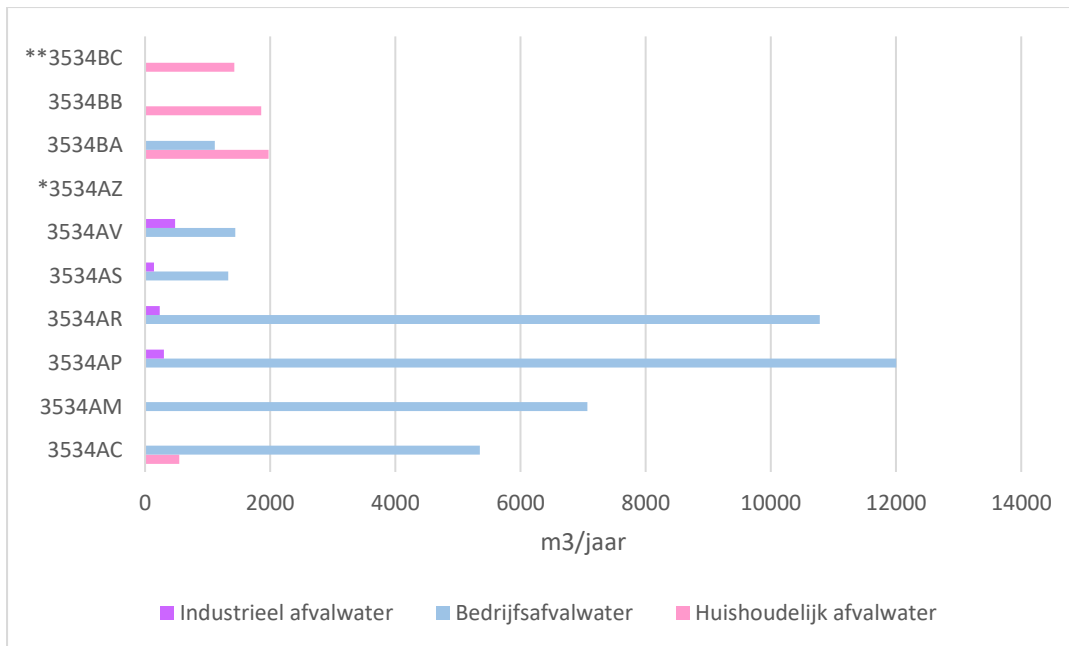
Figuur 5.3 geeft de herkomst van afvalwater met het aantal adressen. Figuur 5.4 geeft de hoeveelheid afvalwater per herkomst.



Figuur 5.3 - Type herkomst afvalwater per postcodegebied

* Geen data

** Geen data, huishoudelijke afvalwaterproductie handmatig berekend

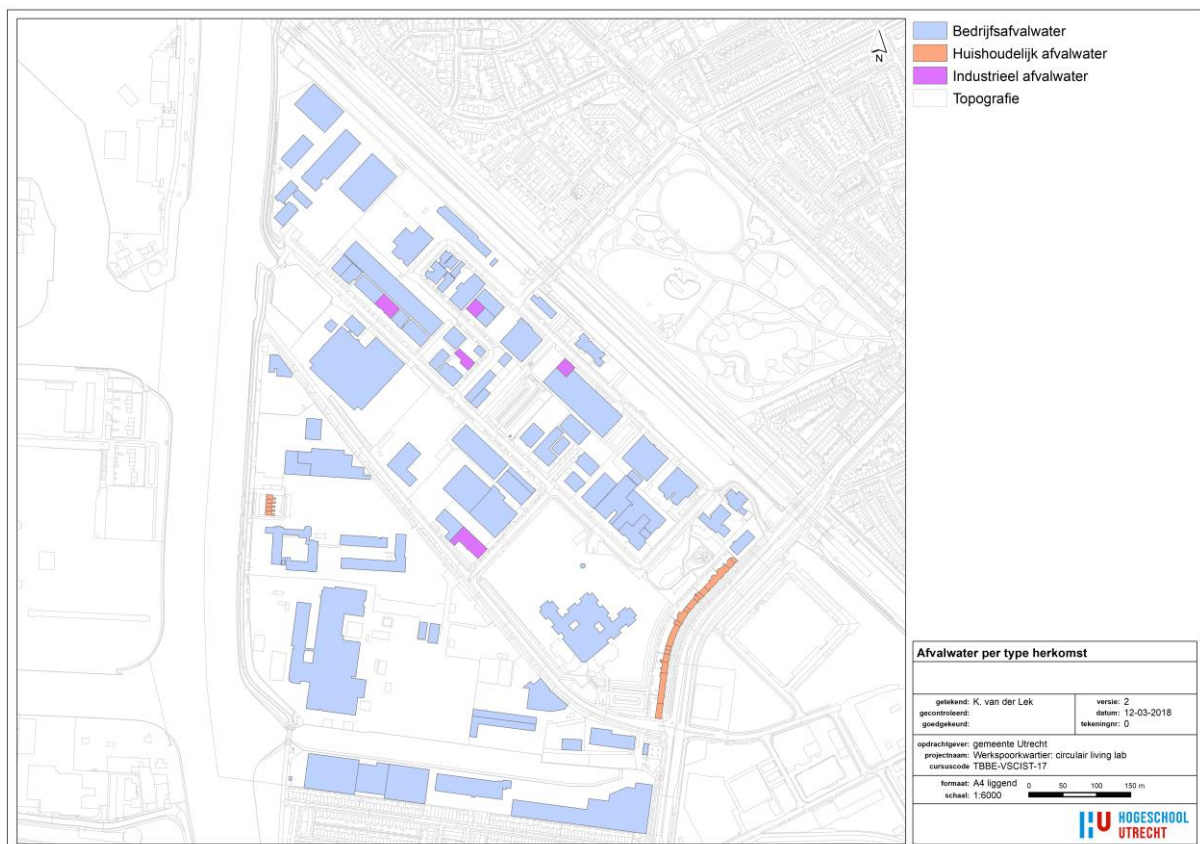


Figuur 5.4 - Afvalwaterproductie per herkomst

* Geen data

** Geen data, huishoudelijke afvalwaterproductie handmatig berekend

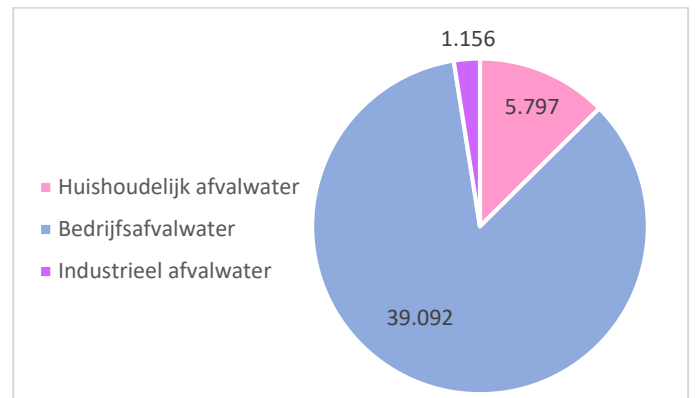
In Afbeelding 5.6 zijn alle bedrijven, industrieën en huishoudens weergegeven in het Werkspoorkwartier.



Afbeelding 5.6 - Afvalwater per type herkomst

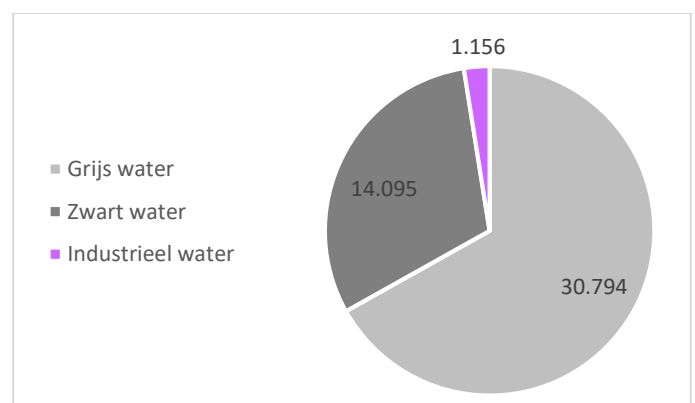
Resultaat

Figuur 5.5 laat zien dat jaarlijks circa 39.000 m³ afvalwater wordt geloosd door bedrijven. Op de tweede plaats staan de huishoudens met bijna 6.000 m³ op jaarbasis. De industrie levert een klein aandeel met bijna 1.200 m³.



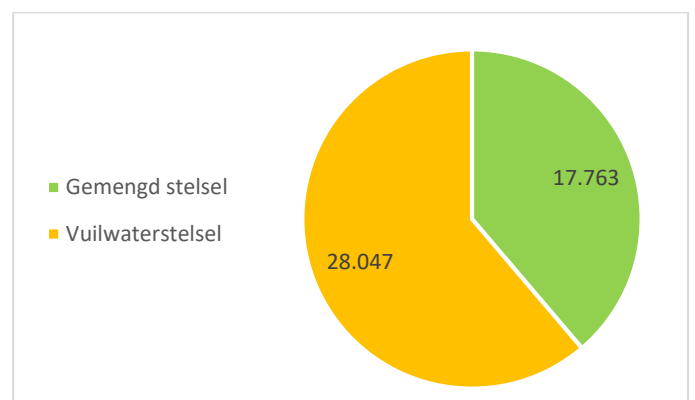
Figuur 5.5 - Afvalwaterbalans naar herkomst

Figuur 5.6 geeft weer dat grijswater met 30.000 m³/jaar het grootste aandeel heeft. De totale zwartwaterproductie bedraagt circa 14.000 m³. Industrieel afvalwater is apart gehouden in de berekening, omdat de aard van het water onbekend is.



Figuur 5.6 - Afvalwaterbalans naar type afvalwater

28.000 m³ afvalwater komt jaarlijks terecht in het vuilwaterstelsel. De overige 18.000 m³ wordt opgevangen door het gemengde stelsel. Zie Figuur 5.7.



Figuur 5.7 - Afvalwaterbalans naar type rioolstelsel

5.5 Potentiële drinkwaterproductie uit regenwater

Inleiding

Tijdens de Amsterdam International Water Week die eind 2017 plaatsvond zijn negen ‘Amsterdam Agreements’ gesloten, waarin bedrijven, kennisinstututen en overheden uiteenlopende onderwerpen van de mondiale wateragenda adresseren. KWR en de Nederlandse drinkwaterbedrijven presenteerden hier hun gezamenlijke onderzoeksprogramma ‘Water in the Circular Economy’ (WiCE). Het gaat daarbij onder andere om het ontwikkelen van kennis over lokaal hergebruik van zoetwater (Vewin, 2017).

Uit deze samenwerking is begin 2018 een onderzoek verschenen naar de haalbaarheid van drinkwaterwinning uit regenwater, uitgevoerd door o.a. KWR en Waternet. Uit dit onderzoek is geconcludeerd dat het produceren van drinkwater op huishoudelijk niveau over het algemeen niet haalbaar is door te hoge economische investeringen, risico’s voor volksgezondheid en door te weinig jaarlijkse aanvoer van regenwater. Verder zullen de verblijftijden in het leidingnet langer worden bij een sterk afnemende vraag naar drinkwater, wat de kwaliteit niet ten goede komt (KWR, Oasen, & Waternet, 2018).

Het opvangen van regenwater van al het verharde oppervlak op wijk- of buurtniveau en transport naar een centrale lokale zuivering voor de productie van drinkwater blijkt uit het onderzoek wel mogelijk. Nog steeds zullen de kosten hoger uitkomen dan het huidige centrale drinkwaterproductie, maar economisch voordeel zou kunnen zitten in afkoppeling van regenwater van het riool en een kleinere kans op schade door overstromingen tijdens extreme regenbuien (KWR, Oasen, & Waternet, 2018).

Volksgezondheid

In de inleiding van hoofdstuk 5 is uiteengezet hoe circulariteit zich ontwikkelt in de watersector o.b.v. een interview met de directeur van Allied Waters (Jos Boere) in juni 2017. Tijdens dit interview kwam ook naar voren dat er diverse initiatieven zijn waarbij de gezondheid in het geding is. Boere gaf het opvangen van regenwater om het water daarna te drinken specifiek als voorbeeld.

“Zodra het water het dak raakt, bestaan er al bestemmingsgevaar en kans op nagroei van micro-organismen. Ook over de kosten en leveringszekerheid wordt niet altijd goed nagedacht. Alleen met een professioneel kader kun je alle factoren in de gaten houden.”

-Jos boere (Allied Waters), 2017

Het doel van dit onderzoek is om een advies aan te dragen voor een verbetering van de voetafdruk. De uitspraak van Boere geeft aan dat maatregelen zoals lokale drinkwaterproductie na inzicht in de potentiële opbrengsten, uitvoering onderzocht dienen te worden. Voorafgaande van zo’n onderzoek kan niet worden vastgesteld of de maatregel echt uitvoerbaar is. Het onderzoek dient plaats te vinden door samenwerking tussen kennisinstellingen, Vitens, de gemeente Utrecht en lokale stakeholders.

Methode

Tijdens het verkennend onderzoek naar waterpotenties in het Werkspoorkwartier is uitgezocht hoeveel regenwater jaarlijks gebruikt kan worden voor de productie van drinkwater. Dit is gedaan aan de hand van een theoretische benadering, omdat er geen praktijkvoorbeelden bestaan voor decentrale drinkwaterproductie. Voor de drinkwaterpotentie zijn **twee scenario’s uitgewerkt**:

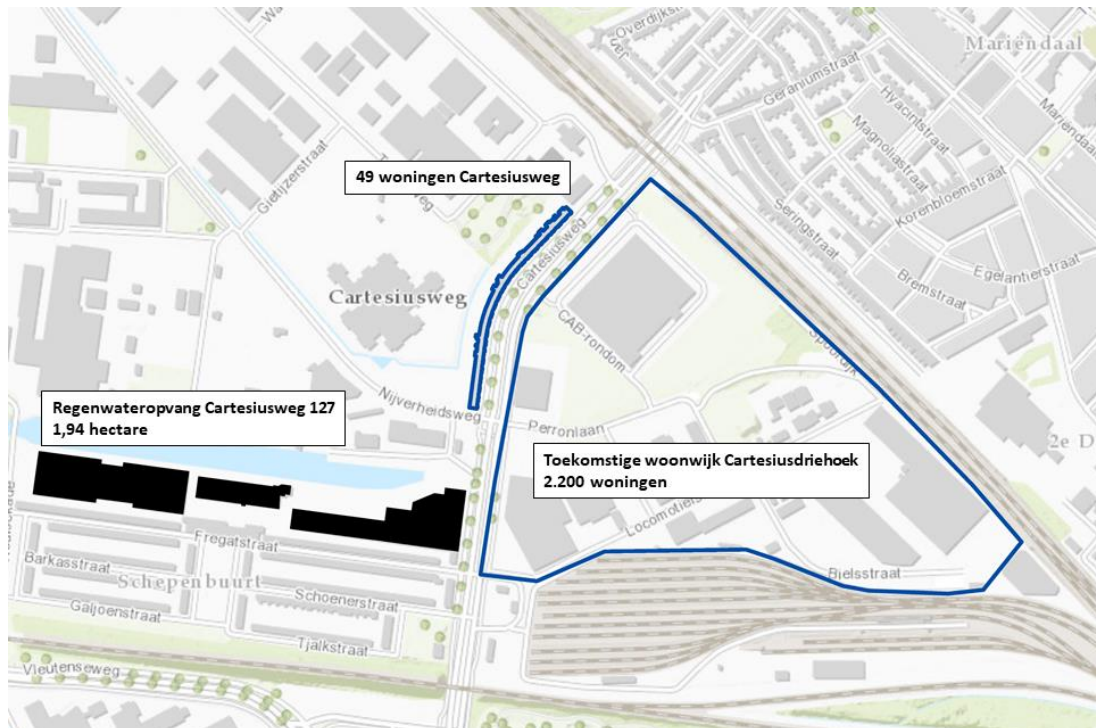
1. Drinkwaterproductie uit regenwater afkomstig van daken.
2. Drinkwaterproductie uit regenwater afkomstig uit het hemelwaterrioolstelsel.

Scenario 1: Potentiële drinkwaterproductie op perceelniveau

In het eerste scenario is gekeken naar het dakoppervlak van het bedrijf Astrimex BV. Deze groothandelaar heeft bijna 2 hectare aan dakoppervlak waarop regenwater opgevangen zou kunnen worden en lokaal gezuiverd. Er is gekeken wat de mogelijke drinkwaterproductie is en of de rijtjeswoningen aan de Cartesiusweg hier voldoende

aan hebben om in hun jaarlijkse drinkwaterconsumptie te kunnen voorzien. Ook is gekeken in hoeverre drinkwater geproduceerd kan worden voor de toekomstige woonwijk Cartesiusdriehoek. Zie Afbeelding 5.7 voor een weergave van het eerste scenario.

Voor het huishoudelijk afvalwater zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als in hoofdstuk 5.3. In de Cartesiusweg zijn 49 woningen gevestigd en in de Cartesiusdriehoek is uitgegaan van 2.200 woningen (Urban Xchange & BGSV, 2017). Er is gerekend met een jaarlijkse neerslag van 880 mm (zie uitgangspunten hoofdstuk 5.3). Het effectieve neerslaggebruik voor drinkwaterproductie is aangenomen op 48% van de totale neerslag. Deze aanname is afkomstig uit het onderzoek van (KWR, Oasen, & Waternet, 2018), en op basis van een inloopverlies van 20% en een 'first-flush' van 2 mm. Voor een toelichting op de 'first-flush' wordt verwezen naar bladzijde 87.



Afbeelding 5.7 – Scenario 1: drinkwaterproductie Cartesiusweg 127

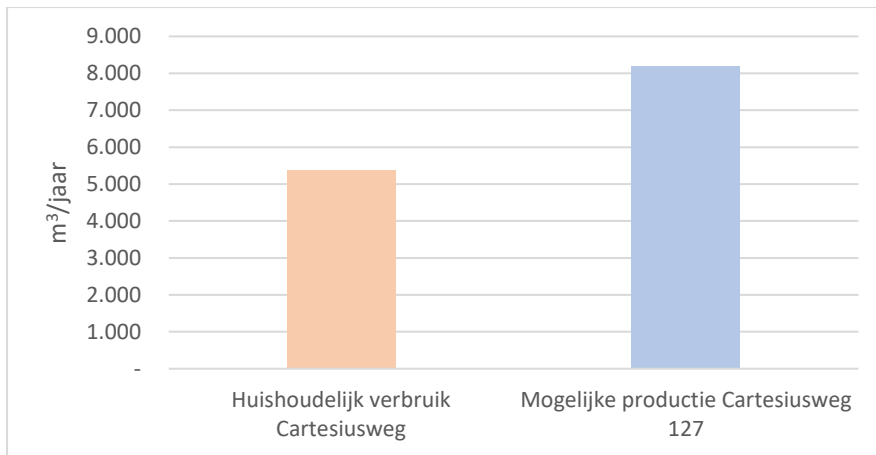
Scenario 2: Potentiële drinkwaterproductie op wijkniveau

De totale inloop naar het hemelwaterstelsel bedraagt 160.000 m³/jaar inclusief inloopverliezen (zie hoofdstuk 5.3). Aangenomen wordt dat dit overeenkomt met de totale drinkwaterproductie. Er is in deze scenario geen rekening gehouden met een 'first-flush' van 2 mm.

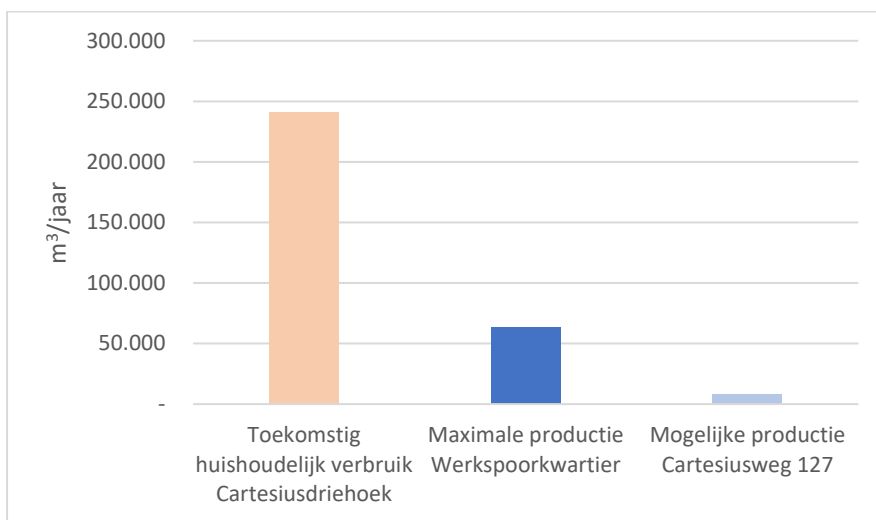
Resultaat

Scenario 1: Potentiële drinkwaterproductie op perceelniveau

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Figuur 5.8 en Figuur 5.9. De conclusie is dat de theoretische drinkwaterproductie met regenwater van het dak van Astrimex BV voldoende is om de woningen aan de Cartesiusweg te voorzien in hun jaarlijkse drinkwaterbehoefte. Voor het huishoudelijk verbruik van de Cartesiusdriehoek schiet de theoretische drinkwaterproductie te kort met een factor 29. De maximale drinkwaterproductie door inzet van alle daken levert slechts een kleine 30% op van de verwachte jaarlijkse drinkwaterbehoefte van de Cartesiusdriehoek.



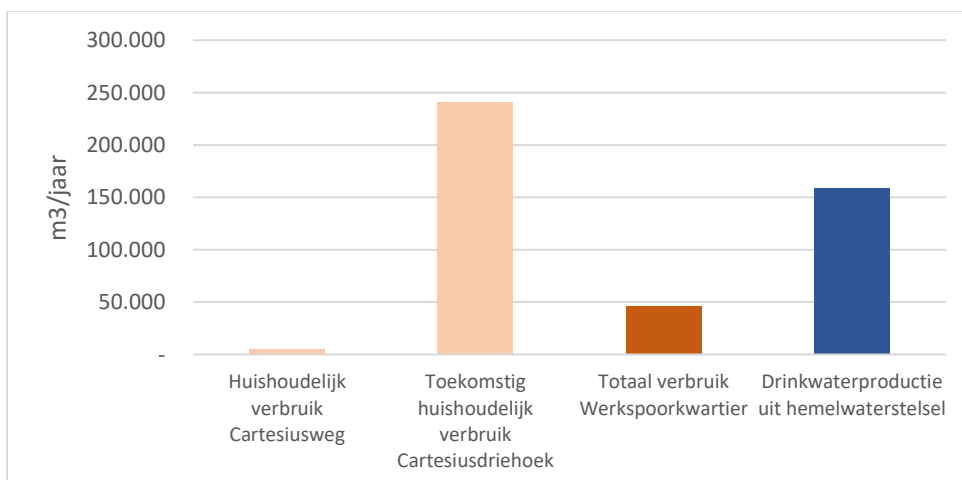
Figuur 5.8 - Scenario 1: Drinkwaterverbruik en mogelijke productie voor woningen Cartesiusweg



Figuur 5.9 - Scenario 1: Drinkwaterverbruik en mogelijke productie voor toekomstige woningen Cartesiusdriehoek

Scenario 2: Potentiële drinkwaterproductie op wijkniveau

De totale drinkwaterproductie met gebruik van regenwater uit het hemelwaterstelsel bedraagt circa 160.000 m³/jaar (Figuur 5.10). Hiermee kan ruimschoots aan de jaarlijkse behoefte in het Werkspoorkwartier worden voldaan. Voor het toekomstig huishoudelijk verbruik van de Cartesiusdriehoek schiet de productie wel tekort met 34%.



Figuur 5.10 - Scenario 2: Drinkwaterverbruik en mogelijke drinkwaterproductie

5.6 Potentiële energie- en nutriëntenterugwinning uit decentrale afvalwaterzuivering

Inleiding

In het Werkspookkwartier wordt afvalwater geproduceerd door woningen, bedrijven en industrieën. Hier liggen potenties voor circulariteit, klimaatadaptatie en de energietransitie. Er is onderzoek gedaan naar het concept 'Waterschoon' om de potenties voor afvalwater tastbaar te maken.

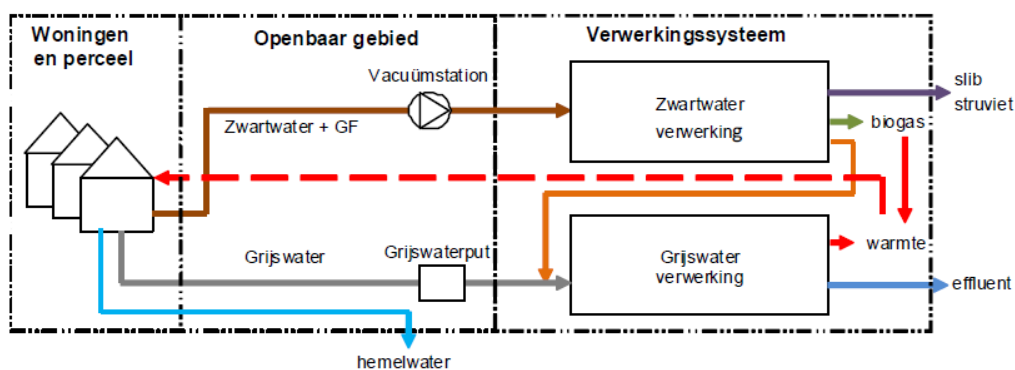
In de wijk Noorderhoek in Sneek, is een volledig nieuw concept voor de inzameling, transport en verwerking van afvalwater en groente- en fruitafval (GF) ontwikkeld, in bedrijf genomen en getest. Dit concept, genaamd 'Waterschoon' is naast de verwerking van afvalwater en GF-afval ingericht op het maximaal (terug)winnen van energie en van de belangrijke grondstof fosfaat en het minimaliseren van drinkwatergebruik. Het decentrale systeem is in 2008 ontworpen voor ruim 550 inwoners (STOWA, 2014). Gedurende 2,5 jaar is het project gemonitord en bemonsterd, om te komen tot een evaluatie. De evaluatie was gericht op een vergelijking met de traditionele inzameling en behandeling van afvalwater. Uit de evaluatie zijn voor- en nadelen, optimalisaties, en discussies tot stand gekomen.

De resultaten van de evaluatie concept 'Waterschoon' zijn gebruikt als startpunt in het onderzoek naar de mogelijkheid om het terugwinnen van energie en grondstoffen uit afvalwater te realiseren in het Werkspookkwartier. Het Werkspookkwartier verschilt op veel aspecten van het projectgebied in Sneek. Een aantal generaliseren en aannames waren onvermijdelijk om tot een potentiële terugwinning te komen. Hier wordt in het onderdeel methode zorgvuldig aandacht aan besteed.

Systeembeschrijving project Waterschoon

Organisch afval wordt normaliter in de groene container gedeponeerd en afgevoerd. Bij Waterschoon werkt dit anders; hier wordt organisch afval samen met toiletwater (zwartwater) ingezameld via een vacuümsysteem. Het huishoudelijke afvalwater (grijswater) wordt gescheiden ingezameld. De zwartwater- en de grijswaterstroom worden apart van elkaar schoongemaakt in een lokale zuiveringsinstallatie en vervolgens geloosd op nabijgelegen oppervlaktewater (STOWA, 2014).

Naast waterzuivering is een belangrijke functie het terugwinnen van energie uit de waterstromen in de vorm van biogas en warmte. Deze energie wordt gebruikt voor het verwarmen van de woningen. Ook wordt fosfaat teruggewonnen in de vorm van struviet. Zie Afbeelding 5.8 voor een volledige systeemweergave van Waterschoon.



Afbeelding 5.8 - Systeemweergave concept 'Waterschoon' (STOWA, 2014)

Waterschoon geoptimaliseerd

Het huidige systeem van Waterschoon is niet energieleverend. Dit komt vooral doordat gedurende het onderzoek slechts een klein deel van de woningen was aangesloten op het systeem. Uit het praktijkonderzoek zijn diverse optimalisaties ontstaan, en is berekend wat de effectiviteit is van het geoptimaliseerde systeem met een volledige belasting van 1.200 inwoners (STOWA, 2014). De resultaten staan hieronder:

- Gebruik van het vacuümsysteem bespaart circa 25% aan water (90 liter i.p.v. 120 liter).

- Het zuiveringsrendement voor organische stof is 97 %. Tijdens de gisting wordt 78 % van de organische stof omgezet naar biogas en 7 % naar slib.
- 35 % van het aangevoerde fosfor wordt effectief als struviet vastgelegd (56% van het fosfor in het zwartwatersysteem).
- Waterschoon levert ruim twee keer zo veel biogas per inwoner als de referentie rioolwaterzuivering.
- De elektrische aandrijving van de warmtepomp vraagt 264 kWh_p per inwoner per jaar, maar hij levert bijna 477 kWh_p per inwoner per jaar op in de vorm van warmte. Een warmtenet is wel nodig als warmte uit effluent van het grijswater wordt benut voor de verwarming van woningen.

Financiële voordelen project Waterschoon

Uit een Financieel Economische Analyse is gebleken dat in een geoptimaliseerd systeem diverse besparingen ontstaan voor bewoners. Door warmteterugwinning is minder aardgas nodig voor het verwarmen van woningen. De waterbesparing en de vermeden inzameling en verwerking van GF levert ook geld op (STOWA, 2014).

Uit de Financieel-Economische-Analyse is geconcludeerd dat de kosten van een geoptimaliseerd project Waterschoon zullen dalen tot ongeveer het niveau van een centrale RWZI (STOWA, 2014).

Uitgangspunten

Om uit te rekenen hoeveel nutriënten en energie potentieel teruggewonnen kunnen worden, zijn de meetresultaten van project Waterschoon geïnventariseerd. De meetresultaten zijn opgesplitst in het project Waterschoon, een geoptimaliseerd Waterschoon en de rwzi Deventer (referentie). De meetresultaten zijn van toepassing op een gescheiden inzameling van grijswater, zwartwater **inclusief groente en fruit**. Voor onderstaande parameters zijn de meetwaarden geïnventariseerd en teruggerekend naar het Werkspookkwartier:

- Terugwinnen van nutriënten: fosfor en stikstof;
- Biogasproductie;
- Teruglevering van energie aan het plangebied. Project Waterschoon levert geen energie terug aan de woonwijk. In het geoptimaliseerde systeem met een volledige afvalwaterbelasting is wel terug levering van energie berekend.

De meetwaarden voor bovenstaande parameters zijn opgenomen op bladzijde 86.

Methode

Om na te gaan of dezelfde verwijderingsrendementen kunnen gelden voor het WSK, zijn de influenten (instromend afvalwater) in project Waterschoon en WSK eerst met elkaar vergeleken. Het verschil bedraagt slechts 4%. Natuurlijk zijn er op systeemniveau diverse afwijkingen die invloed kunnen hebben op de uitkomsten, zoals schommelingen van de hoeveelheid afvalwater gedurende de dag. Aangenomen wordt dat deze afwijkingen het verschil in opbrengsten niet sterk doen veranderen.

In het Werkspookkwartier zijn meer drinkwaterverbruikers dan in project Waterschoon. De afvalwaterproductie per gebruiker is in het WSK wel 40% minder. De totale afvalwaterproductie van het WSK is teruggerekend naar de hoeveelheid afvalwater per gebruiker (bewoners en werknemers), zie Tabel 5-7. Hiervandaan is de terugwinning van nutriënten, biogasproductie en energielevering berekend per inwoner in het WSK bij toepassing van een geoptimaliseerd Waterschoon systeem. De berekening berust op de meetwaarden uit project Waterschoon (zie bladzijde 86).

Tabel 5-7 - Uitgangspunten Waterschoon en WSK

Parameter	Eenheid	Waterschoon [#]	Werkspookkwartier
Inwoners	Aantal	1200	1971*
Afvalwaterlozing	l.d ⁻¹ .ie ⁻¹	82	48**
Afvalwaterlozing	m ³ .jaar	35916	34533***

[#] Geoptimaliseerd Waterschoon systeem.

* Inwoners en werknemers. Zie uitgangspunten afvalwaterbalans.

** productie per inwoner is 50% van Waterschoon omdat werknemers minder afvalwater produceren dan inwoners.

*** Huidige productie gereduceerd met 25% i.v.m. minder toiletspoeling bij vacuümriolering.

Resultaat

De resultaten zijn opgenomen in Tabel 5-8. **Op jaarbasis zal circa 6190 kg stikstof en 2.300 kg fosfor teruggewonnen worden. De biogasproductie bedraagt circa 14.000 m³/jaar.** Ten opzichte van de huidige terugwinning van fosfor in de RWZI is dit een verhoging van 330%. Wanneer niet of nauwelijks GF ingezameld wordt in het zwartwatersysteem zal de terugwinning van fosfor en stikstof en de biogasproductie minder zijn.

Tabel 5-8 - Terugwinning uit decentrale afvalwaterzuivering

Nutriëntenterugwinning	Eenheid	Waterschoon [#]	Werkspookkwartier
N	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	14,8	8,6
N	kg.j.totaal	6.500	6.186
P	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	2,4	1,4
P	kg.j.totaal	1.040	1.000
P ₂ O ₅ *	kg.j.totaal	2.382	2.290
Biogasproductie	m ³ CH ₄ .ie.j	12,2	7,1
Biogasproductie	m ³ CH ₄ .totaal.j	14.640	14.076

[#] Inclusief GF in zwartwater. De resultaten voor het WSK gaan ook uit van GF in zwartwater.

[#] Gegevens afkomstig uit Evaluatie Nieuwe Sanitatie Noorderhoek (STOWA, 2014).

[#] Geoptimaliseerd Waterschoon systeem.

* Omrekenen van kilogrammen P (fosfor) naar P₂O₅ (fosfaat) door te vermenigvuldigen met factor 2,29 (PBL & WUR, 2008)

De totale energielevering bedraagt circa 200.000 kWh per jaar (zie Tabel 5-9). Wanneer niet of nauwelijks GF ingezameld wordt in het zwartwatersysteem wordt minder biogas geproduceerd, en daalt de primaire energielevering.

Tabel 5-9 - Energielevering uit decentrale afvalwaterzuivering

Parameter	Eenheid	Waterschoon [#]	Werkspookkwartier
Primaire energielevering	kWh/i.e./jaar	184	108*
Primaire energielevering	kWh/totaal/jaar	220.800	212.300
Primaire energielevering	GJ/totaal/jaar	794,88	764,28
Inwoners/werknemers	Aantal	1.200	1.971

[#] Inclusief GF in zwartwater. De resultaten voor het WSK gaan ook uit van GF in zwartwater.

[#] Gegevens afkomstig uit Evaluatie Nieuwe Sanitatie Noorderhoek (STOWA, 2014).

[#] Geoptimaliseerd Waterschoon systeem.

* Energielevering per inwoner gereduceerd op basis van debietreductie/inwoner.

5.7 Conclusie

Zie een weergave van de stromen in Infographics op de volgende pagina's.

Huidig hemelwatersysteem

In de huidige situatie komt circa 493.500 m³ hemelwater terecht in het Werkspoorkwartier (WSK) op jaarbasis.

- 133.100 m³ eindigt op daken;
- 82.200 m³ valt op de straat;
- 222.200 m³ eindigt op het erf;
- 56.000 m³ komt terecht op groen oppervlak.

Het hemelwater- en gemengd rioolstelsel voeren 40% van het hemelwater af. De overige 60% gaat op in infiltratie, verdamping, directe afstroming naar oppervlaktewater of in een particulier hemelwaterstelsel (lozing op oppervlaktewater).

- 42.300 m³ komt terecht in de rioolwaterzuiveringsinstallatie;
- 327.500 m³ wordt geloosd op oppervlaktewater;
- 123.700 m³ infiltreert of verdampt.

Hieruit volgt de conclusie dat maatregelen op privé-terrein de meeste impact hebben op de waterhuishouding. Verreweg het meeste hemelwater wordt geloosd op oppervlaktewater. Op basis van dit inzicht dient gekeken te worden welke maatregelen de lozing op oppervlaktewater kunnen beperken of het afstromingsproces kunnen vertragen.

Huidig afvalwatersysteem

De totale drinkwatervraag van het WSK bedraagt circa 46.000 m³.

- 30.800 m³ van het drinkwaterverbruik eindigt in grijswater;
- 14.100 m³ komt terecht in het riool als zwartwater.
- 1.100 m³ is afkomstig van industrieën (type afvalwater onduidelijk).

Jaarlijks komt 24.378.100 m³ water terecht in de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Het WSK levert (inclusief de afvoer van hemelwater) hiervoor een bijdrage van 0,4%. De vraag naar afvalwater is zeer klein ten opzichte van de jaarlijkse hemelwaterafvoer (10%). Geconcludeerd wordt dat onderzoek naar potentiële drinkwaterwinning (lokaal) interessant is.

Hemelwatersysteem met potenties

In scenario 1 vindt lokale drinkwaterproductie plaats met hemelwater van het dak van Astrimex BV (Cartesiusweg 127). **De jaarlijkse productie bedraagt circa 8.200 m³.** Deze hoeveelheid is voldoende om alle woningen in het WSK van drinkwater te voorzien.

In scenario 2 is de totale hoeveelheid hemelwater in het hemelwaterstelsel gebruikt voor drinkwaterproductie. **De jaarlijkse productie bedraagt 160.000 m³/jaar.** Bij toepassing van een 'First-flush' zal deze hoeveelheid nog wel afnemen. Het geproduceerde drinkwater is ruim voldoende voor het WSK. Omliggende gebieden zoals de Cartesiusdriehoek kunnen ook profiteren van deze drinkwaterproductie. In droge periodes zal nog wel drinkwater aangevoerd moeten worden door de centrale drinkwaterwinning.

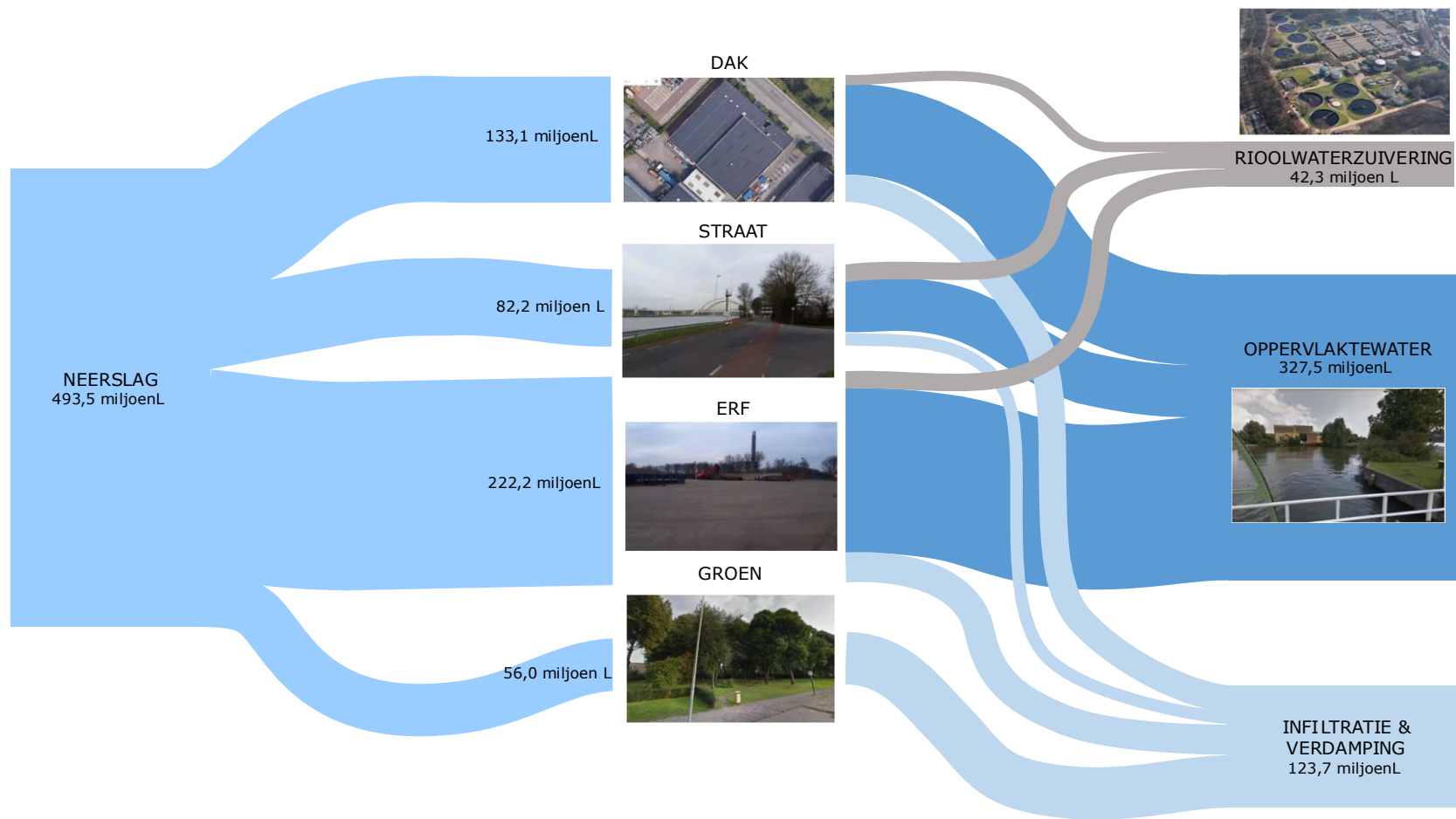
Afvalwatersysteem met potenties

Met behulp van de meetresultaten van project Waterschoon is een inschatting gemaakt wat de mogelijke grondstoffenterugwinning bedraagt bij toepassing van decentrale afvalwaterzuivering. Bij een jaarlijks grijswater influent van 30.800 m³ en een jaarlijks zwartwater influent van 14.100 m³ is onderstaande terugwinning berekend:

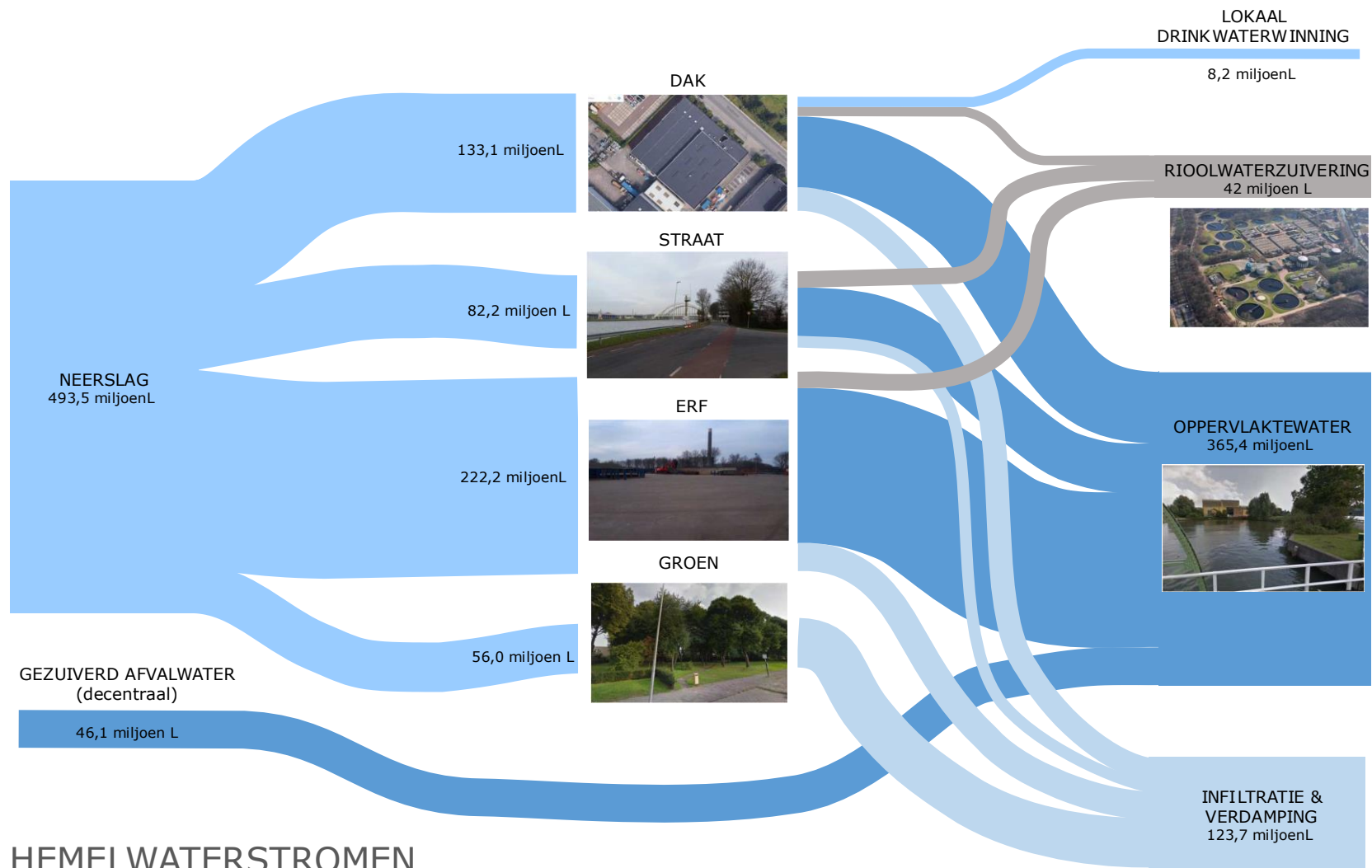
- 2.300 kg fosfaat;
- 6.190 kg stikstof;
- 10.100 kg biogas;
- Energielevering van 764 GJ.

De berekende energielevering is slechts een klein aandeel van de huidige energiebehoefte (0,7%). De huidige energiebehoefte van woningen kan voor 52% worden gedekt.

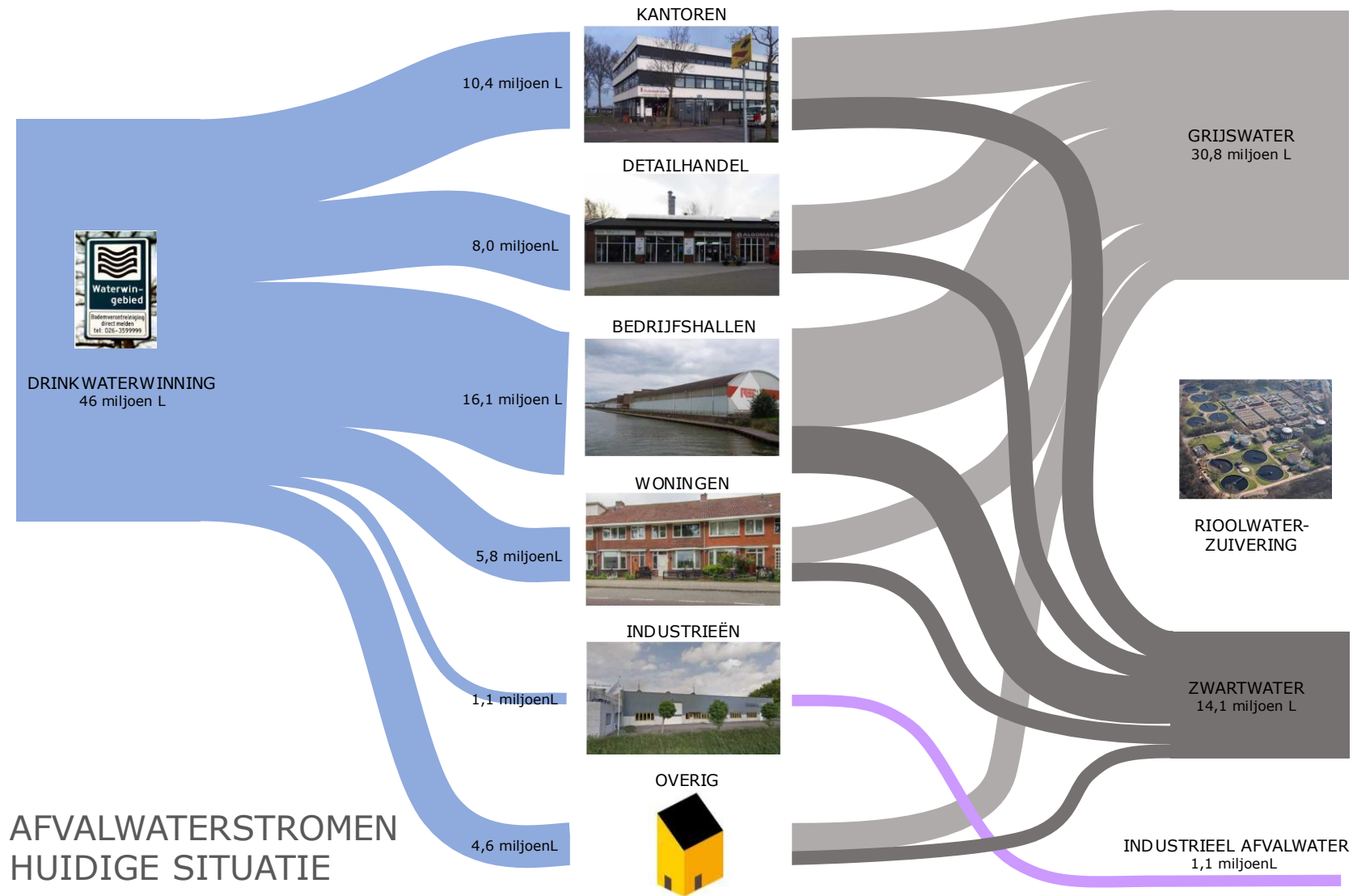
Vervolgonderzoek dient uit te wijzen wat de toepassingsmogelijkheden zijn van de verkregen fosfaat, stikstof en biogas. Uit het vervolgonderzoek dient naar voren te komen of er voldoende winst valt te behalen met de berekende grondstoffenterugwinning.



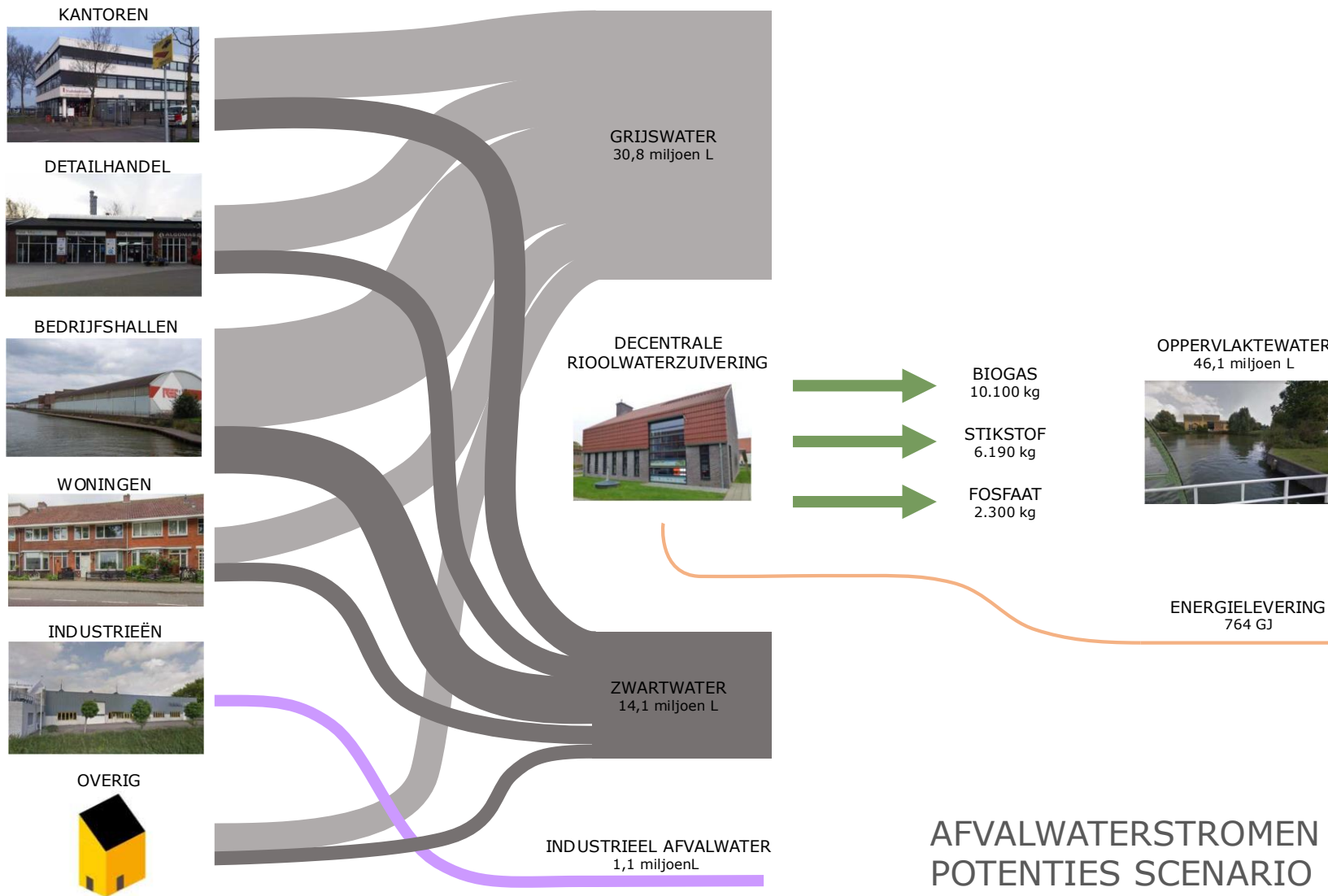
HEMELWATERSTROMEN HUIDIGE SITUATIE



HEMELWATERSTROMEN POTENTIES







AFVALWATERSTROMEN POTENTIES SCENARIO 1 (2/2)



6. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

6.1 Stakeholders

In dit onderzoek zijn potenties voor de stromen bouwgrondstoffen, energie en water doorgerekend met een benadering op gebiedsniveau. Er is bij de potenties in feite geen rekening gehouden met grootverbruikers van energie en water of gebouwen met hoogwaardige isolatie of juist geen isolatie (uitzondering is het verduurzaamde kantoor van Stedin). Daarom is besloten geen onderzoek te doen naar de motivaties en ontwikkelingsperspectieven van de lokale stakeholders. Wel is geconstateerd dat samenwerking tussen de gemeente Utrecht, Eneco en de betrokken ontwikkelpartijen van de Cartesiusdriehoek veel kansen voor circulaire samenwerking heeft. In de Cartesiusdriehoek ligt het plan voor een nieuwbouwwijk, die wordt aangesloten op stadsverwarming (gemeente Utrecht, 2017). De nieuwe BioWarmte Installatie (BWI) op Eneco-terrein Lage Weide kan mogelijk warmte leveren aan de nieuwbouwwijk, en wellicht zelfs het Werkspoorkwartier. Daarnaast is Eneco bezig met een warmte en koudeopslagsysteem in de bodem op het terrein aan de Keulsekade, die potentieel energie gaat leveren aan het WSK.

Tijdens de werkconferentie 'circulaire bouw en demontage' (initiatief Alliantie Cirkelregio Utrecht) op 12 maart deed Tony Schoen een oproep aan mogelijke partners bij de realisatie van een circulaire hub voor gebruikte bouwmaterialen in het Werkspoorkwartier. Een goed aanknopingspunt is om met Tony Schoen in gesprek te gaan over een vervolgonderzoek naar de aanwezige bouwmaterialen in het WSK en de gebieden eromheen.

6.2 Energie

Gebouwniveau: inventarisatie installaties en U-waarden

Voor het bepalen van de totale omvang van de energiestroom en het bepalen van de invloed van potenties op de energiestroom, zijn kengetallen gebruikt en aannames gedaan. Dit is bij het bepalen van de energieverliezen van de woningen ook gedaan. Drie referentiegebouwen zijn gebruikt als uitgangspunt voor de rest van het Werkspoorkwartier. Installaties zijn niet meegenomen in de berekening en voor de U-waarden zijn de minimale bouwbesluit eisen voor sociale woningbouw uit het bouwjaar van de referentiegebouwen gehanteerd. De totale energiebesparing is dus een indicatie van wat er bereikt kan worden met betere isolatiewaarden. Als vervolgonderzoek zou er op gebouwniveau geïnventariseerd kunnen worden welke installaties en U-waarden van toepassing zijn. Hierdoor zal de berekende energiebesparing meer gebaseerd zijn op de werkelijkheid.

Gebouwniveau: werkelijke energieverbruiken

Een ander vervolgonderzoek kan zijn om per gebouw de werkelijke energieverbruiken te verkrijgen, zodat het warmte-, warmtapwater- en elektraverbruik meer op de werkelijkheid gebaseerd is. Dit is nu gedaan aan de hand van kengetallen en een vergelijking van de berekende verbruiken met de werkelijke energieverbruiken op postcodeniveau. Wanneer werkelijke getallen zijn geïnventariseerd, kunnen grootverbruikers beter worden opgespoord. Er kan dan ook per gebouw berekend worden welke maatregelen het beste bij de energieverbruiken en mogelijkheden passen

Andere potenties

Mogelijk belangrijke potenties die in deze rapportage buiten beschouwing zijn gelaten:

- Het Werkspoorkwartier grenst aan het Amsterdam-Rijnkanaal. De warmte van het water kan in de zomer benut worden om tapwater of gebouwen te verwarmen in koude periodes. De terugstroom van koud water wordt vastgehouden en in de zomer geloosd op het oppervlaktewater om de hittestress te verlagen. Zie voor meer informatie hoofdstuk 6.3.
- Naast de zonnepanelen kan windenergie een belangrijke potentie zijn voor bedrijventerreinen als het Werkspoorkwartier.

6.3 Water

Potentie: regenwater afkoppelen

In de huidige situatie wordt het regenwater grotendeels afgevoerd via een gescheiden hemelwaterstelsel (zowel gemeentelijk- als particulier), en geloosd op oppervlaktewater. Een stap verder richting klimaatadaptatie is het regenwater meer lokaal vasthouden, voordat het wordt afgevoerd. Een deel van het regenwater kan afgekoppeld worden van het riool, en infiltreren naar de bodem (bodempakket aan maaiveld is hiervoor niet overal doorlatend genoeg). Lokaal vasthouden en bergen van regenwater kan door toepassing van groene daken en wadi's. Onderzoek naar de inpassing van deze maatregelen wordt aangeraden.

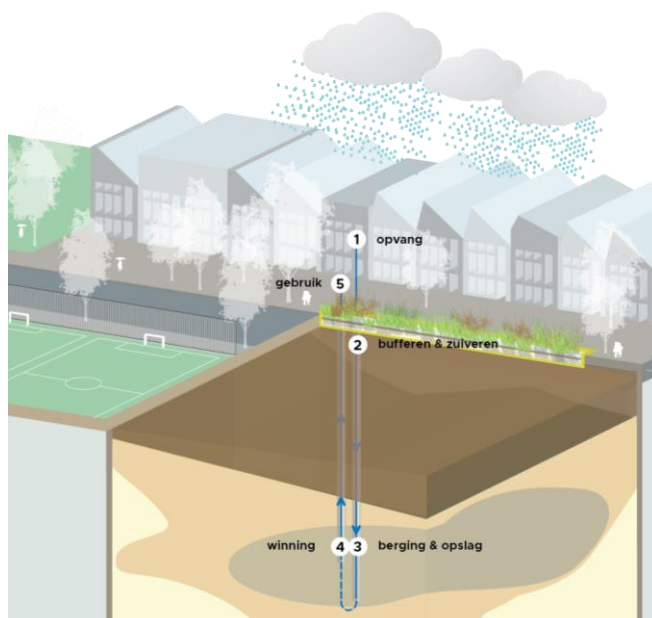
Groen dak

De aanleg van een groen dak is een duurzame maatregel en biedt meerdere voordelen. Zo wordt onder andere de overmaat van verharde grond in de stad verminderd en ontstaat er een opslag in het dak die hemelwater opvangt tijdens piekbelastingen. Er zijn twee soorten groendaken. Namelijk extensieve en intensieve groendaken. De eerste is gunstig voor de huidige bebouwing in het Werkspoorkwartier omdat dit type erg licht is en geschikt voor de groei van mos of vetplantjes. Het extensieve dak weegt gemiddeld 150 kilo per vierkante meter en veroorzaakt een waterbuffer van 4-12 millimeter. De intensieve variant kan omschreven worden als daktuin inclusief bomen, struiken en gazons en kan honderden kilo's per vierkante meter wegen. Dit type zal worden toegepast bij de realisatie van de Cartesiusdriehoek maar is niet geschikt voor het de daken in het WSK (Milieu Centraal, 2018).

Een groen dak bevordert de opwekking van energie door zonnepanelen. Zonnepanelen hebben een optimaal rendement bij een temperatuur van 25 graden. Zwarte bitumen daken worden in de zomer tot wel zestig of zeventig graden terwijl groene daken niet warmer zullen worden dan 35 graden. Hoeveel het rendement toeneemt in combinatie met een groen verkoelend dak is nog onduidelijk. Volgens (Solar sedum, 2018) zou het rendement met zes procent toenemen en volgens (Duurzaam connected, 2018) kan dit zelfs oplopen tot vijftien procent. Omgekeerd heeft het dak voordeel aan de schaduw die veroorzaakt wordt door de zonnepanelen. Planten die in het donker groeien krijgen ook de kans om zich te ontwikkelen op het dak. De biodiversiteit wordt daarmee verhoogd en het dakbedekking gaat twee tot drie keer langer mee (Groendak BV, sd).

Urban Waterbuffer

Met de Urban Waterbuffer wordt gestreefd om het regenwater in stedelijk gebied te zuiveren en langer vast te houden, zonder te conflicteren met functies aan maaiveld (KWR, sd). Hiervoor wordt het relatief schone hemelwater opgeslagen in de bodem in diepere watervoerende lagen en later opgepompt en nuttig gebruikt in dezelfde lokale omgeving (Boere, 2017), zie Afbeelding 6.1. Diverse partijen zijn bezig met dit onderzoek, waaronder KWR. Pilotprojecten worden in 2018 gerealiseerd in Rotterdam, Den Haag en Rheden. Wanneer de resultaten uit de pilotprojecten succesvol zijn, is de aanbeveling om te kijken naar mogelijkheden voor het Werkspoorkwartier



Afbeelding 6.1 - Concept Urban Waterbuffer (KWR, sd)

Potentie: decentrale afvalwaterzuivering

De gemeente Utrecht heeft in 2017 een quick-scan uitgevoerd voor decentrale afvalwaterzuivering in de Merwedekanaalzone. Hieruit werd geconcludeerd dat het niet gewenst is dit systeem toe te passen. Blokkades werden o.a. veroorzaakt door de vragen:

- Wat te doen in geval van stroomuitval? Vacuümriolering heeft energie nodig, en nooduitlaten zijn niet toe- pasbaar.
- Hoe worden de kosten gedekt en welke partijen leveren een bijdrage?

De quick-scan is uitgevoerd voor een te bouwen woonwijk. Aanbeveling is om te kijken naar het systeem functio- neren en de kostencomponent in bedrijvengebieden, specifiek het Werkspoorkwartier.

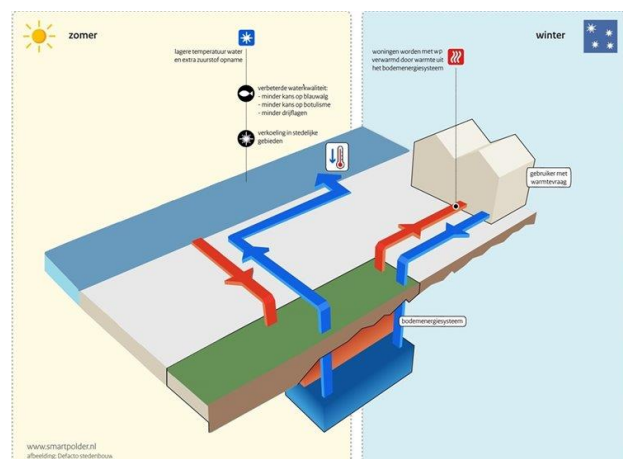
Als laatste hangt de vraag: 'Welke toepassingsmogelijkheden zijn er voor het terug te winnen stikstof, fosfaat, biogas en slib?' nog bij het onderzoeksteam.

Potentie: energie uit water

Oppervlaktewater kan fungeren als een bron voor thermische energie, in de zomer is namelijk warmtewinning mogelijk. Middels een warmte en koudeopslagsysteem in de bodem (WKO) en een warmtepomp kan de thermi- sche energie afkomstig van het relatief warme water in de winter omgezet worden naar hoogwaardige energie voor verwarming van gebouwen (Afbeelding 6.2). In de zomer kan het oppervlaktewater gekoeld worden waar- door men hitte in de stad bestrijdt en de waterkwaliteit verbetert (IF Technology, 2017).

Voor TEO zijn in de regio Utrecht twee concrete busi- ness cases ontwikkeld, waaronder in de Merwedeka- naalzone. Uit de resultaten van het rapport 'Smart pol- der Merwedekanaalzone Utrecht' (IF Technology, 2017) blijkt dat TEO een aantrekkelijk alternatief is voor aardgas in compacte bouw in de buurt van op- pervlaktewater, met zowel maatschappelijk als finan- cieel een gunstige business case. Onderzoek kan uit- wijzen of dit ook geldt voor het Werkspoorkwartier.

Eneco is reeds bezig met het opzetten van een warmte en koudeopslagsysteem op het terrein aan de Keulsekade. Een belangrijk aanknopingspunt van een vervolgonderzoek is om dit systeem te koppelen met thermische energie uit het Amsterdam-Rijnkanaal.



Afbeelding 6.2 - Concept WKO met warmtewinning uit opper- vlaktewater (IF Technology, 2017)

Bibliografie

- bestaandewoningbouw.nl. (2011). *technische eigenschappen woningcasco in de tijd*. Opgehaald van <http://www.bestaandewoningbouw.nl/technische-eigenschappen-van-het-woningcasco-in-de-tijd/>
- Boere, J. (2017, juni). Water als aanjager van de circulaire economie. (H. Hans Klip, Interviewer) Centraleinfo.net. (sd). *centrale Merwedekanaal*. Opgehaald van http://www.centraleinfo.net/Europa/Nederland/Centrale_Merwedekanaal_tekst.htm
- ECN. (2016, januari). *ontwikkeling energiekegetallen utiliteitsgebouwen*. Opgehaald van ECN.nl: <https://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--15-068>
- En toen. (2013). Opgehaald van De eerste spoorlijn: <https://www.entoen.nu/nl/eerstespoorlijn>
- Eneco. (2018). *projecten*. Opgehaald van www.eneco.nl: <https://www.eneco.nl/over-ons/projecten/biowarmte-installatie-lage-weide/>
- energieleveranciers.nl. (sd). *Steden*. Opgehaald van <https://www.energieleveranciers.nl/netbeheerders/overzicht-netbeheerders/stedin>
- fritts.nl. (sd). *omvormer zonnepanelen*. Opgehaald van <https://fritts.nl/omvormer-dicht-bij-de-zonnepanelen-of-bij-de-meterkast/>
- Gemeente Utrecht. (2012). *Ontwikkelingsvisie Werkspoorkwartier*. Utrecht.
- gemeente Utrecht. (2017, maart). *Koersdocument Cartesiusdriehoek*. Opgehaald van <https://www.slideshare.net/Vriendinnenvan/koersdocument-cartesiusdriehoek>
- Groendak BV. (sd). *Verhoogt levensduur dak*. Opgehaald van <http://www.groendak.info>: <http://www.groendak.info/groendak-voordelen/verhoogt-levensduur-dak/>
- Het Utrechts Archief. (sd). Opgehaald van Oprichting van PEGUS: <http://hetutrechtsarchief.nl/onderzoek/resultaten/archieven?mivast=39&mizig=210&miadt=39&miaet=1&micode=1229&minr=2675650&miview=inv2&milang=nl>
- Het Utrechts Archief. (2017, mei 10). Opgehaald van Buitengerechten: <http://hetutrechtsarchief.nl/onderzoek/resultaten/archieven?mivast=39&mizig=210&miadt=39&miaet=1&micode=1007-1&minr=1256573&miview=inv2&milang=nl>
- IF Technology. (2017). *Smart polder Merwedekanaalzone Utrecht: Impact project I&M: Hitte en Koelen benutten*. Arnhem: IF Technology bv.
- Klerk, E. d. (2018). *Eva de Klerk*. Opgehaald van Projecten: <http://www.evadeklerk.com/tag/ndsm/>
- KWR. (sd). *Urban Waterbuffer*. Opgehaald van www.urbanwaterbuffer.nl: <https://www.urbanwaterbuffer.nl/>
- KWR, Oasen, & Waternet. (2018). *Regenwater als bron voor drinkwater in Nederland: een haalbare kaart?*
- nuon.nl. (2018). *energieprijzen zakelijk*. Opgehaald van <https://energieprijzen.nuon.nl/electricityprices>
- PBL. (2016, maart 23). *Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland, 1910-2015*. Opgehaald van <http://www.clo.nl>: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0508-jaarlijkse-hoeveelheid-neerslag-in-nederland>
- PBL, & WUR. (2008). *30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu*. Wageningen: Alterra.
- RHDHV. (2015). *NEREDA – van innovatie naar implementatie in 20 jaar*. Opgehaald van <http://www.platform31.nl>: <http://www.platform31.nl/wat-we-doen/kennisdossiers/online-platform-smart-cities/archief/hoe-innovatief-is-de-nederlandse-watersector/nereda>
- rvo.nl. (2018). *MJA3*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/meerjarenafspraken-energie-effici%C3%ABntie>
- SBR CUR. (2017). *SBR CUR NET*. Opgehaald van www.sbrcurnet.nl: <http://www.sbrcurnet.nl/producten/kennispapers/kennispaper-materialenpaspoort/4-toelichting-en-beargumentatie-van-de-parameters>
- SBR CUR. (2010). *CUR rapport 83-1*. CBR CUR.
- STOWA. (2014). *Evaluatie Nieuwe Sanitatie Noorderhoek Sneek*. Amersfoort: STOWA.
- tentensolar.nl. (2018). *zonnepanelen 250wp*. Opgehaald van <https://www.tentensolar.nl/semi-overheid/dossiers/item/zonnepanelen-250wp.html>

TU Delft. (2013, september 24). *Stedelijke watercyclus*. Opgehaald van [ocw.tudelft.nl](http://ocw.tudelft.nl/course-lectures/stedelijke-watercyclus/):
<https://ocw.tudelft.nl/course-lectures/stedelijke-watercyclus/>

Urban Xchange, & BGSV. (2017). *Koersdocument Cartesiusdriehoek*. NS Stations.

Utrecht, G. (2017, Juli 11). *Vriendinnen van Cartesius*. Opgehaald van Koersdocument:
<https://www.slideshare.net/Vriendinnenvan/koersdocument-cartesiusdriehoek>

Utrechtmilieu. (2018). *warmte*. Opgehaald van <http://www.utrechtmilieu.nl/warmte>

Utrechtse stichting. (sd). *Usine*. Opgehaald van Industrieel erfgoed: <http://www.usine-utrecht.nl/autobussen-herstelgarage-cab-ns/>

Utrechtse Stichting voor het INdustrieel Erfgoed. (sd). Opgehaald van Ensemble Merwedekanaal te Utrecht:
<http://www.usine-utrecht.nl/ensemble-merwedekanaal-utrecht/>

Vewin. (2017, december). *Vruchtbare samenwerkingen op AIWW*. Opgehaald van <http://www.vewin.nl>:
<http://www.vewin.nl/Waterspiegelartikelen/02-Vruchtbare%20samenwerkingen%20op%20AIWW%20Amersterdam%2005%202017.pdf>

Wikipedia. (2018, februari). *Centrale Merwedekanaal*. Opgehaald van
https://nl.wikipedia.org/wiki/Centrale_Merwedekanaal

zonatlas.nl/utrecht. (2018). *Utrecht*. Opgehaald van <http://www.zonatlas.nl>:
<http://www.zonatlas.nl/utrecht/ontdek-de-zonatlas/>

zonnepanelencentra.nl. (2017). Opgehaald van zonnepanelen prijs:
<https://www.zonnepanelencentra.nl/nieuws/monokristallijne-zonnepanelen-prijs-per-vierkante-meter-en-per-kwh/>

Kennis uit het werkveld

Onderstaande mensen uit het werkveld hebben een bijdrage geleverd aan dit onderzoek:

- Bouwgrondstoffeninventarisatie en kengetallen voorbeeldproject verkregen van Kees Faes (SGS Search), op 13 maart 2018.
- Inzicht in afwatering en ontwikkelplannen warmtekrachtcentrale met hulp van Harold Koekkoek (Eneco), op 14 maart 2018.
- Drinkwaterverbruik 2012-2016 aangeleverd door Vitens op 7 maart 2018.
- Stand van zaken nieuwbouw en huidige grondstoffenwinning in rioolwaterzuivering met hulp van Marlies Verhoeven (HDSR), op 20 maart 2018.

Bijlagen

Bijlage I - Onderzoek bouwmaterialen

Beton

Beton is een bouw materiaal die bestaat uit kunstmatig steenachtig materiaal. Het ontstaat door water te mengen met cement (bindmiddel) en granulaat zoals zand en grind. Hierbij worden bij de juiste verhoudingen alle holttes tussen het grind geheel gevuld met zandkorrels en het cement plakt de verschillende korrels aan elkaar. Nadat het beton is uitgehard (door de toevoeging van water) kan de hardheid en duurzaamheid van natuurlijk gesteente worden geëvenaard.

Primaire gebruiksfunctie

De meeste voorkomende gebruiksfunctie van beton in het Werkspoorkwartier ligt in de vloeren en constructie. Het beton komt vooral voor met als functie vloer en fundering, maar ook als draagmuren. Beton heeft als eigenschap een relatieve hoge druksterkte te hebben bij traditioneel beton is de kubusdruksterke 5-55 N/mm² dat wil zeggen dan een betonnen kubus met een ribbe van 150mm het gewicht van twaalfduizend auto's kan dragen. De treksterkte is echter maar 1/10^e deel van de druksterkte. In Nederland moeten alle betonconstructies voldoen aan het KOMO-certificaat. Met dit certificaat wordt ervoor gezorgd dat er een constante samenstelling en kwaliteit van beton kan worden gewaarborgd. Dit wil zeggen dat wanneer het aanwezige beton in het Werkspoorkwartier een tweede leven krijgt weer dezelfde functies kan hebben.

Levensduur

Betonconstructies (ontwerp) moeten voldoen aan de norm Eurocode 2 NEN-EN1992-1-1 in Nederland. De eisen in deze voorschriften zijn gebaseerd op een levensduur van minimaal 50 jaar (bij goed onderhoud). Echter zijn bepaalde omstandigheden zoals het weer ook sterk van invloed op de levensduur van het beton. Voor het Werkspoorkwartier kunnen de betonnen vloeren ook weer worden gebruikt als vloer en de draagconstructie ook. Maar dit is pas met 100% zekerheid te zeggen wanneer er een betrouwbaar onderzoek gedaan is naar de staat van het beton dat zich in het gebouw bevindt.

Schaarste gerelateerde waarde

Beton bestaat uit de grondstoffen zand, grind en cement. Het granulaat (zand en grind) kan voor 93% weer worden terug gehaald uit het beton. Maar het cement is lastig om weer uit beton te halen en te hergebruiken. Deze grondstoffen zijn nog niet een schaarste, echter zal dit in de toekomst wel zo zijn.

Karakteristieke eigenschappen

De belangrijkste mechanische eigenschappen van beton zijn de druksterkte en treksterkte. Zoals eerder vermeld heeft beton een hoge druksterkte en een lage treksterkte. Echter is er in veel constructies behoefte aan een hogere treksterkte dan beton zelf kan bieden. Daarom is versterking nodig, dit gebeurt met behulp van wapening. Een aantal fysische eigenschappen van beton is de geluid-isolerende werking, de soortelijke weerstand en de warmtecapaciteit. Deze eigenschappen verschillen uiteraard bij bepaalde volumieke massa's van het beton.

De betonnorm NEN-EN 206-1 maakt onderscheid op basis van de volumieke massa van verschillende betonsoorten:

- Lichtbeton 800 – 2000 kg/m³
- Normaal beton 2000 – 2600 kg/m³
- Zwaar beton > 2600 kg/m³

Deze variatie in de volumieke massa ontstaat voornamelijk door het gedeeltelijk vervangen van het zand en grind door toeslagmateriaal wat lichter of juist zwaarder is (Cement&Beton Centrum , 2015).

Samenstelling en compositie

Beton kan niet door de natuur worden afgebroken. Het wordt vernield en alleen het granulaat wat daarbij vrijkomt wordt hergebruikt. Het cement kan op dit moment nog niet worden hergebruikt. Op dit moment kan binnen de wettelijke kaders het casco met 83% gerecyclede beton gerealiseerd worden. Er moet altijd toch cement worden toegevoegd. Nieuwe ontwikkelingen zoals de SmartCrusher BV heeft een techniek uitgewerkt om uit betonpuin het zand, grind, maar ook het cement terug te winnen. Dit techniek is in Nederland bekend als slimbreken. Hierdoor wordt de betonketen circulair gemaakt en zal het in de nabije toekomst mogelijk zijn om met 95% gerecycled

beton te bouwen. Tweedehands kanaalplaatvloeren worden als verdiepingsvloeren en dakvloer toegepast (Schipper, 2018).

Behandeling van materiaal

Op het beton kan een coating worden aangebracht die ervoor zorgt dat het beton waterdicht is. Beton heeft namelijk een poreuze structuur en zonder bescherming kunnen er vlekken ontstaan (betonnen vloer zonder afwerklaag). Zo kan het met een natuurlijke olie worden behandeld, of de vloer te impregneren of sealen.

Gewicht en vorm

Dit verschilt enorm bij beton, het kan namelijk de meest variabele afmetingen en gewichten hebben die gewenst zijn. Echter is het wel zo dat wanneer een vloer wordt hergebruikt, het in één geheel uit het gebouw wordt gehaald en ergens anders geplaatst.

Omstandigheden van uitvoering

Beton kan op verschillende manieren worden op de bouwplaats worden aangeleverd. Dit kan in prefab elementen of betonstorten op de bouwplaats.

Locatie van het materiaal

Beton wordt voornamelijk gebruikt als draagstructuur. Hierbij is beton in het gebouw te vinden als vloer, draagwanden en kolommen en als fundering.

Demonteerbaarheid

Beton is lastig te demonteren. Hierna wordt in de CUR-commissie D7 wel een onderzoek naar gedaan. Echter is het voor het Werkspoorkwartier zo dat het niet gemakkelijk demonteerbaar is. Bij de sloop moet er veel werk worden verricht om het te kunnen 'demonteren', bijvoorbeeld een kanaalplaatvloer uit het gebouw zagen. Dit kost veel tijd en energie maar zal uiteindelijk weer opleveren in het verdienmodel.

Staal

Staal wordt in Nederland veel gebruikt als constructiemateriaal. Vaak is dit te vinden in het “skelet” van het gebouw. Staal komt veelal voor in de vorm van liggers en kolommen (constructief staal). Hier zal dus ook in het Werkspoorkwartier naar gekeken worden.

Primaire gebruiksfunctie

De meeste voorkomende gebruiksfunctie van staal in het Werkspoorkwartier ligt in de constructie van gebouwen. Staal komt vooral voor als stalen liggers. Er zijn veel verschillende soorten staal maar al deze soorten hebben gemeen dat het een hoge treksterkte en hardheid heeft. Het is dus geschikt voor constructieve doeleinden. Hier van wordt ook in het plangebied veel gebruik gemaakt.

Levensduur

De levensduur van staal is erg wisselend en uiteraard afhankelijk van de soort en de omstandigheden waaraan het staal wordt blootgesteld. De levensduur ligt vaak tussen de 35 en 50 jaar. Als de levensduur van staal erop zit, dan is het schroot goed te recyclen tot opnieuw staal. Dit kan volledig zonder afvalstoffen en nieuwe behoeften in elektrostaalfabrieken. Bij het maken van nieuw staal wordt vaak 30% schroot gebruikt. Helaas is hierbij nog wel 70% primaire grondstoffen voor nodig. Het energieverbruik bij het produceren van staal is afhankelijk van hoeveel schroot gebruikt wordt, maar ligt tussen de 7 en 21 MJ per kilogram (bouwenmetstaal.nl).

Schaarste gerelateerde waarde

Ook in de staalproductie neem de schaarste toe. De grondstoffen voor staal zijn ijzererts, koolstof en toegevoegde legeringen. Het ijzererts is een uitputbare grondstof die intensief wordt gewonnen. De schaarste zal dus zorgen voor een toename van prijs van deze grondstof. Het ruwijzer is op dit moment dus nog nodig om te kunnen voorzien in de totale vraag naar staal. In de toekomst is de verwachting dat door urban mining de winning van schroot genoeg zal zijn om in deze totale staalvraag te kunnen voorzien (bouwenmetstaal.nl).

Karakteristieke eigenschappen

Staal is een sterk materiaal dat goed bewerkbaar en buigbaar is op hoge temperaturen. De treksterkte en hardheid van staal maakt het een goed constructiemateriaal. Staal heeft een karakteriserende en industriële uitstraling in gebouwen.

Samenstelling en compositie Staal

Staal bestaat uit ijzer en koolstof (max. 2%). Als er meer koolstof dan 2% in de substantie zit, dan spreken we van gietijzer. Daarnaast is het staal gelegeerd met materialen om de ideale eigenschappen voor zijn functie te krijgen. Niet-gelegeerd staal komt het meest voor, omdat het goed bewerkbaar is. Er zijn veel verschillende legeringen en daarom wordt het vaak verdeeld in 3 categorieën:

- Niet-gelegeerd staal (<1,5% aan legeringsmaterialen)
- Laag-gelegeerd staal (tussen 1,5% en 5% aan legeringsmaterialen)
- Hoog-gelegeerd staal (>5% aan legeringsmaterialen)

Als staal op de schroothoop terecht komt, zal de natuur dit niet afbreken zoals met bijvoorbeeld hout. De metalen die erin zitten zullen in de natuur blijven liggen. Het recyclen van dit materiaal is dan ook van belang om het niet op een grote schroothoop terecht te laten komen.

Behandeling van materiaal

Staal is geen biobased product, maar een kunstmatig bereid metaal. Staal wordt vaak behandeld door legeringen die zorgen voor een verandering van bijvoorbeeld treksterkte en hardheid. Staal is niet afhankelijk van de behandeling als het gaat om recyclen, behalve als het gaat om koper. Dit element is namelijk niet te scheiden uit het staal bij het recycle proces, omdat dit niet uit het schroot kan worden geoxideerd. Roest is geen probleem bij het recycleproces, omdat dit alleen maar helpt bij het oxideren van schroot.

Gewicht en vorm

De lineaire uitzettingscoëfficiënt bij kamertemperatuur bedraagt $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, oplopend naar $16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bij $600 \text{ }^\circ\text{C}$ en daarboven weer afnemend. Het soortelijk gewicht van staal bedraagt 7850 kg/m^3 . In de handel wordt vaak gerekend met een handeldgewicht van 8000 kg/m^3 (nl.wikipedia.org, 2018).

Locatie van het materiaal

Constructief staal is veel te vinden in de vorm van liggers. Deze zullen dus in het skelet van het gebouw te vinden zijn. Vaak is dit visueel te zien aan de binnenkant en soms ook de buitenkant van een gebouw.

Demonteerbaarheid

De bevestigingsmethode voor staal is over het algemeen het bevestigen met bouten of het aan elkaar lassen. Dit is normaliter goed te demonteren door de bouten te verwijderen of door de lassen door te slijpen.

Conclusie

In het Werkspoorkwartier zal gekeken worden naar de aanwezigheid van stalen liggers en kolommen. Deze zullen het meeste voor komen in de bebouwing van een bedrijventerrein. Wanneer dit constructief staal verwijderd wordt, zal er gekeken worden naar de staat van het materiaal. Is het nog in goede staat (geen roest of scheuren o.i.d.) dan kan het staal gemakkelijk gedemonteerd worden door de lassen door te slijpen of de moeren los te draaien. Dit constructief staal kan dan hoogwaardig hergebruikt worden om de hergebruikcirkel zo klein mogelijk te houden. Dit heeft als voordeel dat dit financieel aantrekkelijk is en weinig kost om te oogsten. Daarnaast zullen er niet veel bewerkingen nodig zijn waardoor het niet veel energie kost. Dit maakt het ecologisch ook aantrekkelijk.

Wanneer het staal niet in goede conditie is, zal het moeten worden omgesmolten tot nieuw staal. Dit zal economisch en ecologisch veel meer kosten, waardoor deze ingreep minder aantrekkelijk zal zijn. Het mag dan nog wel de naam hebben van hergebruikt materiaal, waardoor het wel een goede bijdrage levert aan de duurzaamheidsuitstraling van een gebouw.

Houten kozijnen

Primaire gebruiksfunctie

Een kozijn is bedoeld om een transparante scheiding te bieden tussen binnen en buiten. Tevens biedt het kozijn ruimte voor de plaatsing van natuurlijke of mechanische ventilatie. Een kozijn zorgt ook voor voldoende daglicht-inval, en zorgt er zo voor dat passieve zonne-energie in het gebouw opgenomen kan worden.

Algemene eisen die aan een buitenkozijn worden gesteld zijn onder meer:

- Een luchtdichte aansluiting van de kozijnen is belangrijk met het oog op de totale luchtdichtheid van gebouwen. Hier worden namelijk hoge eisen aan gesteld vanwege onder meer EPC en BREEAM (Bouwwereld, 2018).
- Een kozijn moet verder bestand zijn tegen waterbelasting, zodat geen houtdegradatie optreedt.
- Duurzaamheid van het kozijn. Een kozijn voldoet niet aan de duurzaamheid volgens NEN 2778 bij toepassing van onbehandeld hout en kozijnen waarvan de verbinding niet zijn afgedicht (Bouwwereld, 2018).

Voor een binnen kozijn speelt de weerstand van een houtsoort tegen schimmelaantasting een zeer beperkte rol. Bij binnentoepassing spelen andere factoren, zoals slijtvastheid, weerstand tegen beschadiging en brandwerendheid een veel grotere rol. De mate van slijtvastheid en weerstand tegen beschadiging van een houtsoort zijn niet aan regels verbonden, maar worden beoordeeld door de architect op basis van het te verwachten gebruik van een gebouw of ruimte (Stichting Probos, 2009).

Technische levensduur

De levensduur van houten buitenkozijnen hangt af van meerdere factoren:

1. Houten kozijnen zijn er in verschillende houtsoorten. Iedere houtsoort is onderverdeeld in vijf duurzaamheidsklassen. Deze rangschikking geeft weer hoe hout weerstand biedt tegen schimmelaantastingen. Zie de tabel hieronder voor de rangschikking in duurzaamheidsklassen met bijbehorende houtsoorten. Het kernhout uit klasse 1 is van nature beter bestand tegen weersinvloeden van buitenaf dan klasse 5 (Webo, 2018).

Tabel 10 - Duurzaamheidsklassen hout volgens NEN-EN 335-1

Klasse	Mate van duurzaamheid	Houtsoort	Levensduur
1	Zeer duurzaam	Afzelia, robinia, iroko	25 jaar of langer
2	Duurzaam	Mahonie, Europees eiken, Taxus	15 - 25 jaar
3	Matig duurzaam	Douglas	10 - 15 jaar
4	Weinig duurzaam	Amerikaans Eiken, dennen, vuren	5 - 10 jaar
5	Niet duurzaam	Essen, beuken, esdoorn, Sugi	5 jaar of korter

2. De risicoklasse van het hout. Deze wordt beïnvloed door de praktijkomstandigheden. Voor de ontwikkeling van schimmels is niet alleen het houtvochtgehalte, maar tevens de duur van de bevochtiging én de mogelijkheid tot drogen van het hout van belang (Stichting Probos, 2009). De invloed van weer en wind verschilt per gevelzijde en per onderdeel van een gevel. Een kozijn op een westgevel staat bijvoorbeeld veel meer bloot aan de elementen dan een kozijn op één van de andere gevels van het gebouw. Kozijnen die zijn gelegen onder dakoverstekken hebben daarentegen een lager risico.

Echter, bestaat er veel discussie over de levensduur van houten bouwproducten. Bij duurzaamheidsklassen in tabel 1 wordt gekeken naar de toepassing, hoe het hout wordt blootgesteld aan weer en wind en hoe zwaar de belasting is. Eric de Munck van de Koninklijke Vereniging van Nederlandse Houtondernemingen (Kon. VVNH) stelt in een artikel van de Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT) dat de gebruiksduur van houtproducten meestal langer is dan de levensduur op basis van de duurzaamheidsklassen. Dit komt doordat de testen in NEN-EN 335 worden gedaan in worst-case scenario's. Namelijk in 'grond-water contact'. Terwijl de omstandigheden waarin hout wordt toegepast vaak veel gunstiger zijn (de Munck, 2016).

Functionele levensduur

Het is voor slopers vaak niet rendabel om houten kozijnen gescheiden in te zamelen. Hout en glas heeft een relatief lage opbrengst bij vervanging van het kozijn, namelijk circa 20 euro/ton (VMRG, 2014).

Kees de Groot van sloop- en demontagebedrijf C.A. de Groot Groep zei in 2016 tijdens een interview voor het vakblad 'Raam en Deur' het volgende over hergebruik van houten kozijnen:

“Mocht een sloper wel geïnteresseerd zijn in het gescheiden inzamelen van houten kozijnen, is het nog maar de vraag voor welke doeleinden het kozijn nog geschikt is. Vaak zijn bestaande onderdelen verouderd en met een geringe rc-waarde (te laag voor de huidige standaard) waardoor deze hooguit interessant zijn voor restauraties. Corporaties zitten op dit moment midden in verduurzamingsprojecten en worden afgerekend op energielabelsprongen. Die staan in het algemeen niet om een paar oude kozijnen te springen (C.A. de Groot Groep, 2016).”

Kees de Groot geeft aan dat bestaande houten kozijnen te veel risico met zich meebrengen als het gaat om de isolatiewaarde. Partijen in de bouw kiezen eerder voor een nieuw kozijn met garantie op het verkrijgen van de gewenste energielabel. Conclusie is dat in de huidige praktijk meer aandacht wordt besteed aan de energietransitie dan aan circulair bouwen.

Desondanks zijn er wel andere mogelijkheden te verzinnen voor hergebruik van een houten kozijn. Een voorbeeld hiervan is Circl, dé circulaire ontmoetingsplaats op de Zuidas van ABN-AMRO. In Circl zijn de vergaderruimtes omgeven met kozijnen afkomstig uit oude kantoren. Buitenkozijnen die vrijkomen uit de sloop of renovatie van panden zijn dus in beginsel geschikt als interne scheidingswand. Bij deze toepassing is het nog wel van belang dat de kozijnen voldoende geluidwering hebben.

Schaarste gerelateerde waarde

In februari 2018 is een persbericht verschenen van de Nederlandse Emballage- en Palletindustrie Vereniging (EPV). In dit persbericht wordt gemeld dat de houtprijs de afgelopen maanden in rap tempo is gestegen. Naast redenen waarom de houtprijs is gestegen, wordt ook gewaarschuwd voor negatieve toekomstige ontwikkelingen in de houtsector. EPV constateert dat meerdere economische en klimatologische ontwikkelingen ten grondslag liggen aan de houtschaarste (EPV, 2018):

- Natte zomer en herfst in 2017 in grote delen van Europa. Bossen waren daardoor te drassig waardoor kapmachines het bos niet in konden. Tevens kon het hout in bossen niet vervoerd worden door de zachte, natte ondergrond. De Letse en de Estlandse regeringen verklaarden deze klimatologische invloed zelfs tot nationale ramp voor de houtsector, omdat bedrijven hun gemaakte leveringsafspraken niet konden nakomen.
- De Europese houtmarkt is een wereldmarkt geworden. Landen in Azië en ook de V.S. zijn bereid een aanzienlijk hogere prijs te betalen voor hout uit Europa. Ook de bio-energie trekt meer aan de houtsector.

Gezien klimaatverandering is het voorstelbaar dat de houtsector in de toekomst vaker onder druk komt te liggen door klimatologische invloeden. Aangezien de industrie van energieopwekking uit biomassa (waaronder hout) steeds groter wordt, kan geconcludeerd worden zij een steeds groter aandeel krijgen in de houtsector.

Nieuwwaarde

De nieuwwaarde van een houten kozijn ligt per vierkante meter op €750 - €900 (Vereniging Eigen Huis, 2017).

Materiaaleigenschappen

De positieve eigenschappen van houten kozijnen (Woonportaal Wonend, 2015):

- De isolatiewaarde van houten kozijnen is hoger dan die van een kunststof of aluminium kozijn.
- Een houten kozijn is eenvoudig passend te maken en daarom ideaal voor renovatiewerkzaamheden.
- Als het hout beschadigd raakt is het nog mogelijk op reparaties uit te voeren zonder het kozijn te vervangen.
- Hout is een eenvoudig vernieuwbare grondstof.

De negatieve aspecten van houten kozijnen (Woonportaal Wonend, 2015):

- Onderhoud van houten kozijnen is nodig; schoonmaken, eventueel repareren en overschilderen is noodzakelijk om de levensduur te verhogen.
- Hout kan aangetast worden door schimmels en insecten.

Samenstelling en compositie van materialen

Hout wordt hergebruikt of omgezet naar energie, dit is afhankelijk van de staat van het hout. Houtafval is op te delen in twee categorieën: A-hout en B-hout:

- A-hout betreft de hoogste kwaliteit houtafval: onbehandeld, ongelakt en niet geïmpregneerd. In de houtverwerking wordt het materiaal verkleind en zowel vooraf als achteraf ontdaan van stoorstoffen, zodat het gebruikt kan worden als grondstof voor de productie van persplaten (zoals spaanplaat) en pallets. Ook wordt een deel van het verkleinde hout gebruikt als bodembedekker en als brandstof voor het opwekken van (duurzame) energie (Renewi, 2017).
- B-hout betreft houtafval dat kwalitatief tot het middensegment behoort: geveerd of verlijmd, maar niet verduurzaamd in termen van impregneren. Het B-hout wordt gesorteerd op mogelijk aanwezige waardevolle stromen, waarna het geshredderd wordt. Het overgrote deel van het verkleinde hout wordt gebruikt voor het opwekken van groene energie, een klein deel wordt ingezet voor de productie van spaanplaten (Renewi, 2017)

Eindafnemers van gebruikt hout zijn (Probos, 2014):

1. Spaanplaatindustrie: deze zit volledig in het buitenland.
2. Energiebedrijven: zowel in binnen- als buitenland.
3. Houtproductenbedrijven: producenten van houtskool, houtpellets, briketten en geperst vormgegeven houtproducten (vooral wegwerppallets en palletblokken). Allen hebben voor hun productieproces voornamelijk schoon onbehandeld hout nodig, zoals A-hout of resthout uit de houtverwerkende industrie en in beperkte mate B-hout.

Sloophout dat wordt toegepast als tweedehands bouw materiaal, door de handel aangeduid als 'vol sloophout'. De categorie 'vol sloophout' (kozijnhout, balkhout) dat wordt toegepast als tweedehands bouw materiaal is een nichemarkt. 'Vol sloophout' wordt bij sloopwerkzaamheden alleen apart gehouden indien (Probos, 2014):

- Het sloopbedrijf ook zelf handelt in tweedehands bouwmaterialen of
- De hoeveelheid 'vol sloophout' voldoende groot is.

Voor de handelaar moet een partij interessant (groot) genoeg zijn, zodat hij een goede prijs kan bieden waarmee de sloper de meerkosten kan dekken om het 'vol sloophout' als aparte partij vrij te maken en te sorteren. Ten eerste vergt dit zorgvuldiger slopen, zodat het sloophout minder beschadigd en verontreinigd raakt. Ten tweede moet er op de sloopplaats al een extra sorterslag worden uitgevoerd. Dit kost de sloper meer tijd (Probos, 2014).

Behandeling van materiaal chemische eigenschappen

Meestal worden houten kozijnen vervaardigd uit hardhout, bijvoorbeeld meranti. Een kozijn van afzelia en merbau (duurzaamheidsklasse 1 of 2) hoeft niet te worden geschilderd. Een kozijn van lariks of grenen (duurzaamheidsklasse 4 of 5) dient geschilderd te worden om de levensduur te verlengen (Friesland College, 2014).

Gewicht en vorm

Hout is een bewerkbaar materiaal. In houten kozijnen kan worden geboord en beschadigingen kunnen eenvoudig worden gerepareerd (Kozijnenkennis.nl).

Het soortelijk gewicht van hout voor kozijnen ligt tussen de 500 en 800 kg/m³ (Perfekt Kozijn, sd).

Veel gekozen afmetingen van houten kozijnen liggen tussen de 800x1200 en 2400x1800 (mm).

De afmetingen van het raamhout worden vooral bepaald door de dikte van het erin te plaatsen glas. Voor het toepassen van enkel glas is een dikte van 38 mm voldoende. In raamhout van 54 mm dikte kan zowel enkel glas als isolerend dubbelglas (Basisboek Bouwkunde, 2011).

Omstandigheden van uitvoering

Kozijnen worden naar hun bouwwijze verdeeld in twee hoofdgroepen: traditioneel (inbouw)kozijn en een stelkozijn, in combinatie met montagekozijn. Een traditioneel kozijn wordt voor of tijdens het metselen gesteld en vervolgens ingemetseld. Bij de toepassing van een stelkozijn wordt het montagekozijn pas gemonteerd als de ruwbouwfase heeft plaatsgevonden. Een montagekozijn is later gemakkelijk weer te vervangen (Basisboek Bouwkunde, 2011).

Een stelkozijn bestaat uit een houten randwerk waarvan de stijlen en dorpels koud op elkaar of met een pen-en-gatverbinding aan elkaar verbonden zijn. Het stelkozijn heeft een goede verankering met de muur nodig en wordt daarom met kozijnankers verbonden met de binnenspouw (Basisboek Bouwkunde, 2011).

Het afplakken van stelkozijnen op het binnenblad is uit oogpunt van luchtdichtheid in de praktijk niet voldoende. Sowieso is het zeer risicovol om de onderregel van het stelkozijn af te plakken op het binnenblad. Bij onvoldoende waterdichte stelkozijnen (verbindingen) wordt vocht opgesloten en ontstaat op termijn houtrot (Bouwwereld, 2018).

Demonteerbaarheid

Wanneer men kiest voor houten kozijnvervanging wordt het kozijnstijl kapot gezaagd (na verwijdering van het glas) en vervolgens met een koevoet uit de muur getrokken. Daarna worden de ankers platgeslagen en cementresten verwijderd (Creon Kozijnen, 2015). Op deze manier blijft er alleen houtafval over en is slechts laagwaardig hergebruik nog mogelijk.

Bij grootschalige renovatie (bij verwijdering van de gevel) is het eenvoudiger om een kozijn in zijn geheel te demonteren. In de onderzochte literatuur zijn geen situaties gevonden waarin het niet mogelijk was een kozijn in volledige staat te demonteren bij grootschalige renovatie.

Conclusie

Houten kozijnen kunnen gemaakt worden van diverse houtsoorten, op meerdere manieren worden verduurzaamd, en de omstandigheden door weersinvloeden verschillen per situatie aanzienlijk. Daarom is het onmogelijk een voorspelling te maken in welke staat een houten kozijn verkeerd zonder eerst een inspectie te hebben uitgevoerd. Uit onderzoek is gebleken dat houten kozijnen hergebruikt kunnen worden, maar de markt voor tweedehands bouwmaterialen is erg klein vergeleken met de inzameling van hout voor energietेरugwinning of de palletindustrie.

Door de huidige nieuwbouweisen is het niet mogelijk houten kozijnen in het Werkspoorkwartier voor hetzelfde doeleinde te gebruiken. Wel is het mogelijk (en dit is gebleken uit praktijkvoorbeelden) om houten kozijnen in binnenwandconstructies toe te passen.

In de laatste 10 jaar is er veel veranderd in de houtindustrie. In dit onderzoek is hier geen aandacht aan besteed. Wel is het belangrijk te vermelden dat een houten kozijn die nu wordt geproduceerd aanzienlijk langer mee gaat (een levensduur van 80 jaar wordt zelfs beweerd door o.a. timmerfabriek Timboco (van Houten, 2017)) dan een houten kozijn van 50 jaar geleden. Dit betekent dat in de toekomst houten kozijnen de levensduur van een gebouw steeds vaker gaan inhalen. De markt voor tweedehands bouwmaterialen zal hierdoor wellicht vanzelf uitgroeien tot een directe concurrent voor de energie- en palletindustrie. Dit laatste is uiteraard slechts toekomstmuziek.

Bakstenen

Samenvatting

Bakstenen worden gebruikt voor het bouwen van een gevel die bescherming biedt aan een pand. Om deze reden moet een baksteen een goede draagkracht hebben en bestand zijn tegen brand in weer en wind. Er is geen vastgestelde levensduur voor bakstenen omdat ze eeuwenlang meegaan. Bakstenen zijn om deze reden interessant voor hoogwaardig hergebruik. Een flink aantal panden in het Werkspoorkwartier is voorzien van een bakstenen gevel en ook binnenwanden kunnen gemaakt zijn van baksteen. Het komt over het algemeen niet voor dat een pand gesloopt moet worden vanwege de slecht staat van de bakstenengevel. In de meeste gevallen ligt dit aan de verouderde constructie en zijn de bakstenen nog goed voor gebruik.

Als de gevel voorzichtig gesloopt is, moeten de bakstenen worden verzameld en worden uitgekozen op bruikbaarheid. Een herbruikbare baksteen heeft nog minimaal de helft van zijn originele lengte en beschikt over minimaal één vlakke-, strekse en kopsekant. Tot slot moet de steen ontdaan worden van mortelresten. Bakstenen die 'stuk' zijn kunnen worden gebruikt als aggregaat voor mortel, beton en zelfs voor nieuwe bakstenen. Ook kan het worden gedowncycled tot plantensubstraat of gravel voor tennisbanen. Wanneer er niet genoeg bakstenen vrijkomen voor de te realiseren nieuwbouw, of vanwege een tekort aan lichtgekleurde bakstenen voor de ontwikkeling van Cartesiusdriehoek, kan gekeken worden naar WasteBasedBricks. Dit zijn stenen gemaakt van sloopafval als glas, isolatiemateriaal en sanitair en industrieel afval (Stone Cycling, 2018).



Afbeelding I.1 - Licht gekleurde WasteBasedBricks

Eigenaarschap

In de huidige situatie zijn de bakstenen het bezit van de pandeigenaar. Het Werkspoorkwartier kent veel verschillende eigenaren. Er zijn veel particulieren maar ook bedrijfspanden in het gebied.

Primaire gebruiksfunctie

Een bakstenen gevel dient als buitenste bescherm laag van een gebouw. De gevel is een bescherm laag voor weer en wind en gevaar van buitenaf zoals brand. Vanwege brandgevaar mogen er geen scheuren of openingen in de gevel zitten omdat de brand zich hierlangs kan voortbewegen. Naast deze beschermende functie moet de gevel genoeg draagkracht hebben voor het in stand houden van een gebouw. Tot slot heeft een gevel een thermisch en akoestisch isolerende werking (Building Solutions, 2018).

Levensduur

Er is geen vastgestelde levensduur voor bakstenen. Er bestaan tal van eeuwenoude gebouwen op de wereld waarvan de bakstenen nog steeds intact zijn gebleven. De eerst gebakken stenen dateren uit ongeveer 5000 voor Christus (Vree, 2014).

Schaarste gerelateerde waarde

Bakstenen worden gemaakt voor klei. Deze stof is bijna overal te vinden en het winnen hiervan draagt dus niet bij aan de uitputting van de grondstoffen. Wel komt er bij het bakken van de stenen CO² vrij en levert het een bijdrage aan het veel geproduceerde sloopafval. Om deze reden is het dus beter om bakstenen in de kringloop te houden en te hergebruiken wanneer dit kan.

Karakteristieke eigenschappen

Bakstenen komen in verschillende kleuren die worden bepaald door de gebruikte samenstelling van klei. Ook de kwaliteit wordt bepaald door de samenstelling van klei en het bakproces. Ook de eigenschappen zijn afhankelijk van de gebruikte kleisoort. De drukweerstand van een baksteen bedraagt minimaal 150 kg/cm².

In de Europese classificaties omtrent brandbaarheid valt de baksteen onder A0. Oftewel, onbrandbaar en niet ontvlambaar. Wanneer een huis in brand staat geeft de baksteen geen giftige gassen vrij. Vaak kan de baksteen zelfs zijn functie behouden in het vernieuwde gebouw.

Door de poriënstructuur hebben bakstenen de eigenschap om warmte op te kunnen nemen. In de zomer zorgt dit ervoor dat het binnen minder heet wordt (Van der Sanden, 2018).

Samenstelling en compositie

Een baksteen is een natuurlijk product maar de productie maakt deel uit van een technische kringloop. Bakstenen kunnen ook gemaakt worden van leem en verweerde leisteen (schiefer). De mineralogische samenstelling, het gehalte aan onzuiverheden en de korrelgrootte zijn van grootte invloed op de eigenschappen van de baksteen. Omdat de korrelgrote van invloed is op de porositeit wordt deze regelmatig gecontroleerd. Wanneer de korrelgrote uit verhouding is kan dit worden hersteld door het toevoegen van andere klei of zand. Klei kan ook te vet zijn waardoor het moet worden vermagerd (poreuzer gemaakt). Dit gebeurt door het toevoegen van zand, gemalen schiefer, zaagmeel of polystyreenkorrels.

Behandeling van materiaal

Naast het bakken van klei ondergaat het materiaal geen behandeling. Soms wordt ervoor gekozen om bakstenen te verven in een andere kleur. In dit geval ondergaat de steen dan een chemische afwerking.

Gewicht en vorm

De baksteen heeft een rechthoekige vorm die in verschillende maten voorkomt. De meest gebruikelijke baksteen is het waalformaat. Zie hieronder de afmetingen (Euroblok, 2012).

Waalformaat: 210 x 100 x 50 mm

Vechtformaat: 210 x 100 x 40 mm

Rijnformaat: 180 x 85 x 50 mm

Dikformaat: 210 x 100 x 70 mm

Het gewicht is afhankelijk van de gekozen maat. Een waalklinker weegt ongeveer 1,9 kg en de dikklinker rond de 2,5 kg (Baksteen, 2016)

De vorm van bakstenen is erg stabiel en de uitzettingscoëfficiënt is ontzettend laag. Zelfs bij temperatuurwisseling zet de steen niet uit en krimpt hij ook niet.

Locatie van het materiaal

Baksteen wordt vaak gebruikt voor het metselen van een gevel. Ook binnenmuren kunnen van baksteen worden gemaakt.

Demonteerbaarheid

Bakstenen kunnen uit het Werkspoorkwartier worden gehaald door het ontmantelen van gevels en binnenmuren. Bakstenen kunnen goed worden hergebruikt en gerecycled. Hergebruik gaat op voor stenen die minimaal een vlakke-, strek en kopsekant hebben. Ook mag de steen niet kleiner zijn dan de helft. Wanneer de steen voldoet aan deze eisen worden oude mortelresten verwijderd en is de steen klaar voor hergebruik. Wanneer de steen 'stuk' is kan deze gerecycled worden.

Dakleer

Primaire gebruiksfunctie

Het dakleer op de daken dient als beschermlaag voor de constructie. In het Werkspoorkwartier staan veelal panden met platte daken. In dit geval is het erg belangrijk dat het dakleer geheel waterdicht is en goed is aangebracht. Er mag geen vocht binnendringen door regen- of sneeuwval en de laag moet beperkt luchtdoorlatend zijn. Bij voorkeur is het dakleer dampdoorlatend maar indien dit niet het geval is, kan ook aan de binnenkant van het gebouw een dampremmende laag worden aangebracht. Doel hiervan is het voorkomen van condensatie in de constructie met schimmel als gevolg.

Algemene eisen die gesteld worden aan dakbedekking, is het hebben van een licht gewicht zodat het dak niet te zwaar wordt en het moeilijk vatbaar zijn voor vlammen; het liefst zelfs ontbrandbaar. Het materiaal mag tot slot niet te veel onderhoud nodig hebben omdat werkzaamheden op hoge daken erg kostbaar zijn. (Geertsma, Technisch werken, 2014)

Levensduur

Een bitumen dakbedekking kan gemiddeld twintig tot veertig jaar meegaan (Eigen huis, 2016). Dit is afhankelijk van het weer en de hoeveelheid uv-straling waaraan het wordt blootgesteld. Veroudering komt voornamelijk door de opname van zonlicht en de positie van het dak ten opzichte van de zon heeft daarom veel invloed op de kwaliteit. Door kunststoffen (polymeren) in de bitumen dakrollen te verwerken, kan de kwaliteit van het product worden verbeterd. Hierdoor blijft het bijvoorbeeld elastischer of uv-bestendig ondanks weersinvloeden (Dakwerk-IJmond, 2018).

Wanneer er gekozen wordt voor hergebruik kan de levensduur verlengd worden. Bitumen dakrollen kunnen voor 100% gerecycled worden tot nieuw dakleer (Jacob's dak, 2018). Het enige verlies treedt op bij het verwijderen van de oude dakbedekking. Omdat het aannemelijk is dat er in de huidige bebouwing geen rekening is gehouden met de demonteerbaarheid van dakleer, zal een klein restdeel verloren gaan.

Schaarste gerelateerde waarde

Bitumen wordt niet direct als grondstof gewonnen maar ontstaat door het raffineren van aardolie. Het winnen van deze stof draagt daardoor ook bij aan de uitputting van grondstoffen. Bijkomend is dat de afname van onze olievoorraad ervoor zorgt dat er steeds meer energie nodig is om olie te winnen. Hierdoor wordt het verkrijgen van aardolie een steeds duurder en vervuilender proces. Het totale verbruik van primaire energie voor de productie van 1m² bedraagt 178,5 MJ. De uitstoot voor het produceren van deze zelfde vierkante meter is 2,71 CO₂ (NBD, 2018).

Wanneer de schaarste toeneemt gaat de prijs van aardolie omhoog en daarmee ook de schaarste in het verkrijgen van nieuw dakleer. De vraag naar aardolie is enorm en het aanbod blijft krimpen. De prijs van bitumen dakrollen is afhankelijk van de dikte en de kwaliteit. De rollen hebben gemiddeld een dikte van 4 mm en kosten €45/m² inclusief aanlegkosten door een professional (Huisfocus, 2014).

Karakteristieke eigenschappen

Bitumen is een donkere viskeuze stof die natuurkundig gezien vloeibaar is, maar bij omgevingstemperatuur de eigenschappen heeft van een vaste stof. Het smeltpunt ligt pas bij 140 graden. Doordat het materiaal een hoge kleefkracht heeft, hecht het gemakkelijk vast op het dak. Dit komt mede door de goede flexibiliteit. Ondanks deze flexibiliteit is het materiaal ijzersterk, maar niet elastisch. Dit heeft als nadeel dat bitumen gevoelig is voor temperatuurverschil. Zo wordt het bij vrieskou hard en bij hitte zacht waardoor er scheurtjes kunnen ontstaan. Toch is het materiaal erg geschikt voor dakbedekking omdat het waterdicht is en het kan worden uitgerust met kunststoffen die de scheurvorming tegengaan. Deze toevoeging maakt dat er twee typen dakleer zijn. Eén type wordt verkregen door het gebruik van een elastische kunststof genaamd a-tactisch polypropyleen (APP) en in het andere type wordt styreen butadieen styreen (SBS) verwerkt. APP wordt gebruikt wanneer de toplaag van het dak wordt bedekt met bitumen. Dit is omdat APP een elastische kunststof is die soepel wordt onder bepaalde omgevingstemperaturen waardoor het materiaal beter bestand is tegen zon en uv-straling.

SBS wordt vanwege de elastische eigenschap toegepast bij dakleer dat een harde ondergrond (van bijvoorbeeld hout of staal) moet opvangen omdat het mee kan rekken. Het nadeel van deze stof is dat het onder blootstelling aan uv-straling erg poreus wordt. Deze variant dakleer kan daarom niet worden gebruikt als toplaag en moet voorzien worden van bijvoorbeeld een laag grind (Huisfocus, 2014).

Over het algemeen kiest de consument voor een dakbedekking met zwarte bitumen. Zwart heeft de eigenschap om zonlicht vast te houden waardoor eerder slijtage optreedt. Witte daken op basis van bitumen weerkaatsten juist het zonlicht waardoor het dak koeler blijft en langer meegaat. Bijkomend voordeel is dat er bespaard kan worden op de energiekosten. In de zomer kunnen de koelingskosten wel tot 20% gereduceerd worden.

Samenstelling en compositie

Bitumen dakrollen bestaan uit een inlage (van bijvoorbeeld glas- of polyestervlies) die gedrenkt en gecoat wordt van bitumen. Sinds de jaren 70 is het gebruikelijk om deze samenstelling te voorzien van kunststoffen (SBS of APP) die werken als polymeer om de kwaliteit te verbeteren. Dit proces maakt deel uit van een technische kringloop ondanks het feit dat bitumen een natuurproduct is. Dit komt doordat het als grondstof lastig te winnen is waardoor het makkelijker is om het zelf te maken door destillatie van aardolie. Vervolgens wordt het aangevuld met kunstmatig gefabriceerd rubber (SBS) of een andere kunststof genaamd APP.

Behandeling van materiaal

Staal is geen biobased product, maar een kunstmatig bereid metaal. Staal wordt vaak behandeld door legeringen die zorgen voor een verandering van bijvoorbeeld treksterkte en hardheid. Staal is niet afhankelijk van de behandeling als het gaat om recyclen, behalve als het gaat om koper. Dit element is namelijk niet te scheiden uit het staal bij het recycle proces, omdat dit niet uit het schroot kan worden geoxideerd. Roest is geen probleem bij het recycleproces, omdat dit alleen maar helpt bij het oxideren van schroot.

Gewicht en vorm

Dakleer wordt gemaakt in rollen van bijvoorbeeld 7,27m x 1,1m x 3mm. Het gewicht van deze rol is 25 kg. Het soortelijk gewicht van bitumen wordt gegeven in twee verschillende situaties. Namelijk het gebruikelijke soortelijk gewicht en het losgestorte soortelijk gewicht van afvalstoffen. De tweede is interessant wanneer de stoffen worden gebruikt voor recycling. Losgestort weegt bitumen 850 kg/m³ en het gebruikelijke gewicht is 1050 kg/m³ (GWW kosten, 2018).

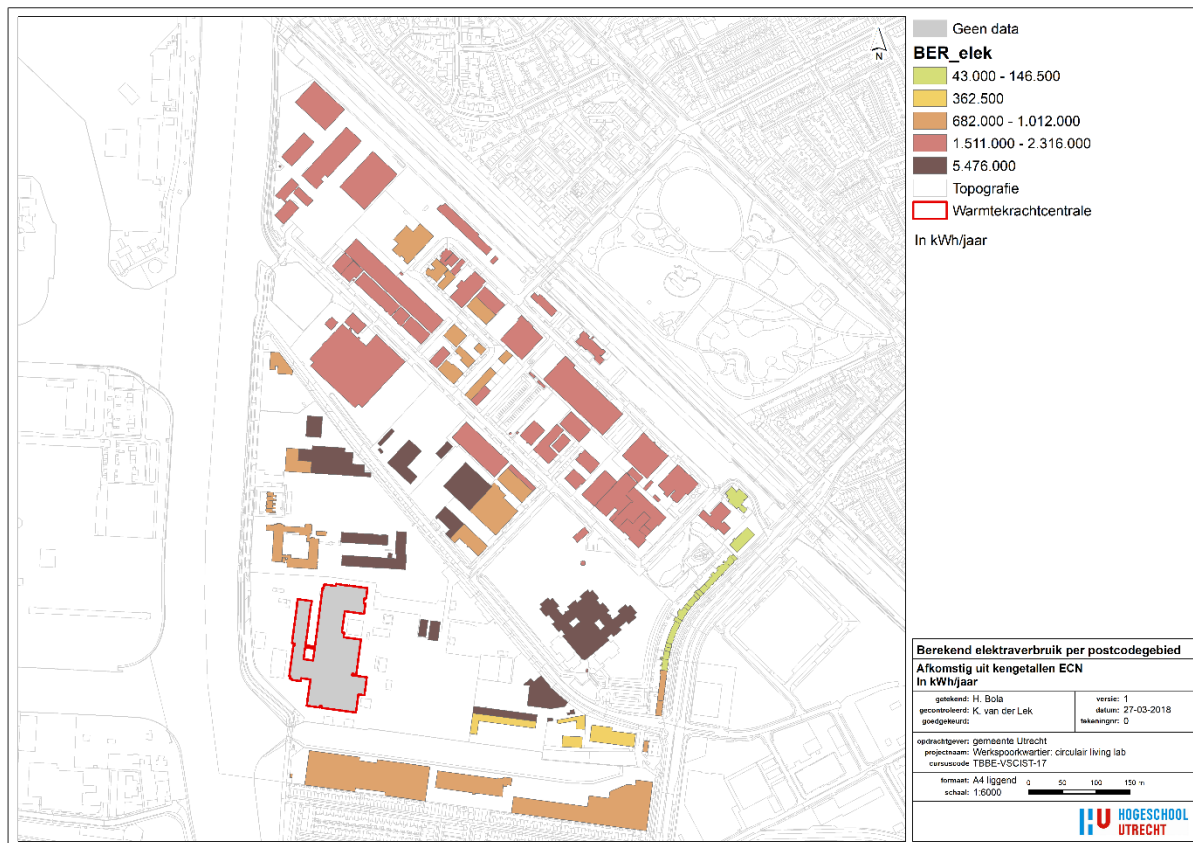
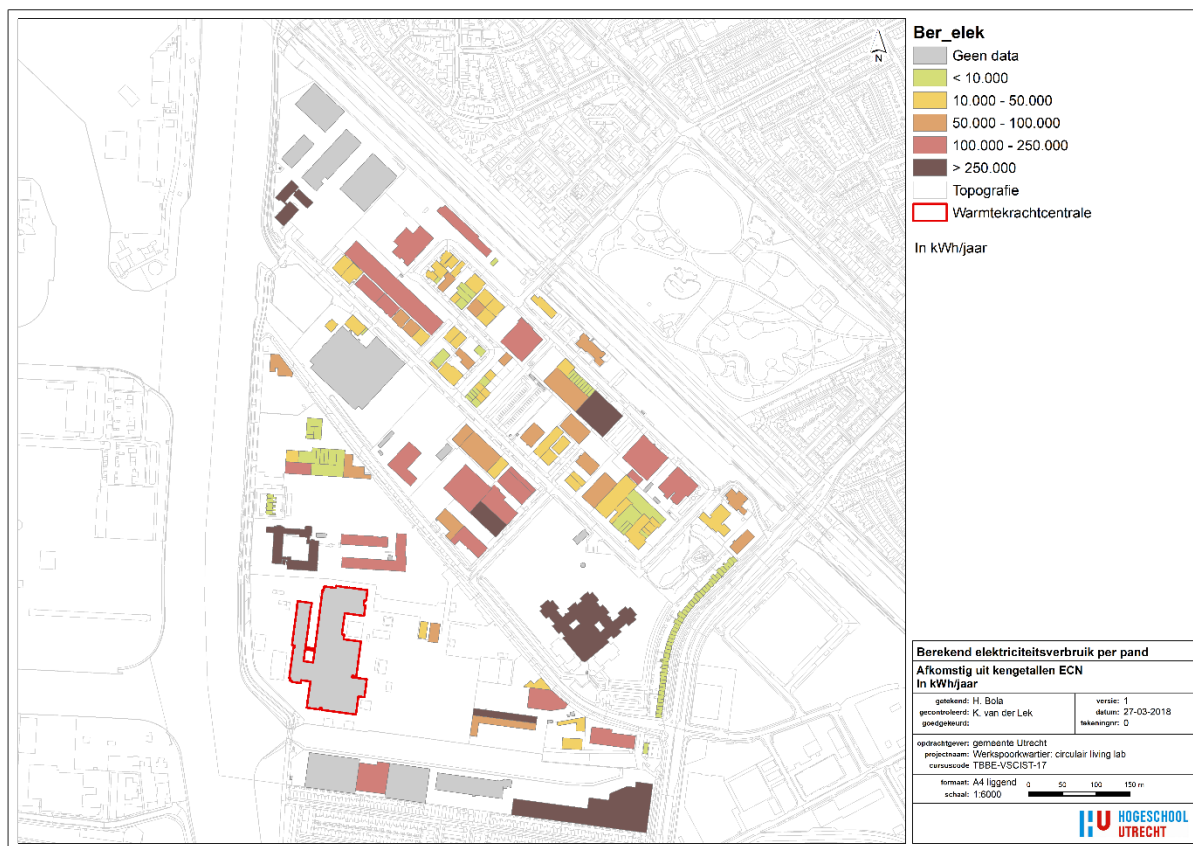
Locatie van het materiaal

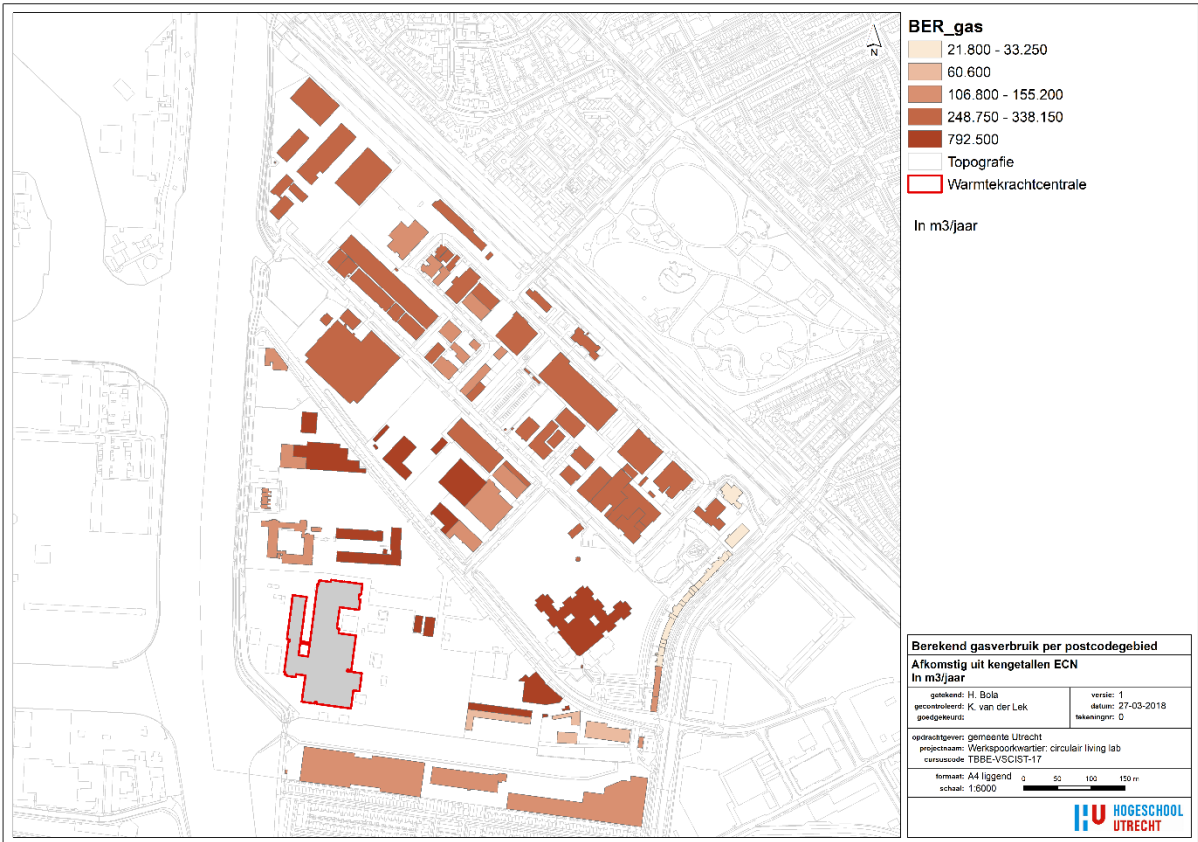
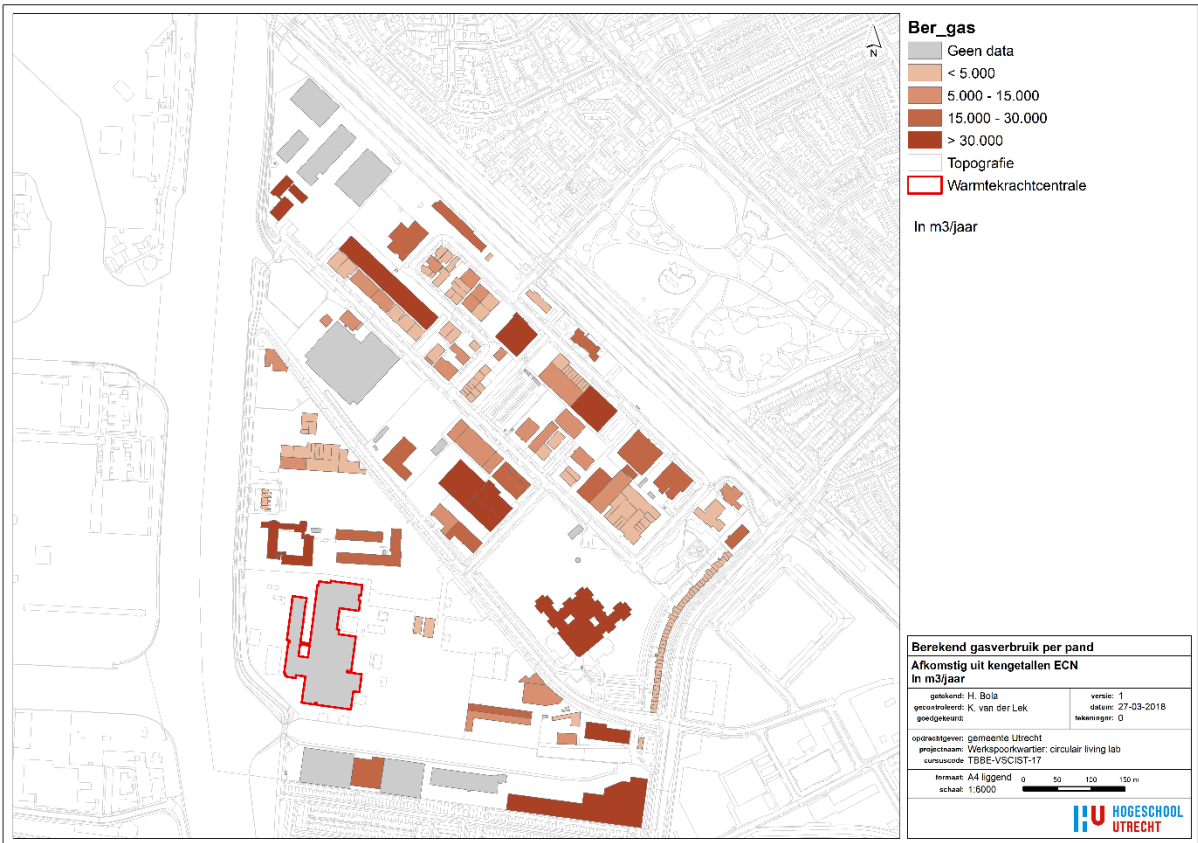
Bitumen wordt voornamelijk (ongeveer 10%) gebruikt als dakbedekking, te vinden op het dak van een pand. In mindere mate (ongeveer 5%) wordt bitumen gebruikt voor het isoleren of afdichten van bouwmaterialen. Bijvoorbeeld door het gebruik van coatings of verf met bitumen. (Geertsma, Technisch werken, 2014). Het overige percentage wordt gebruikt bij de wegenbouw.

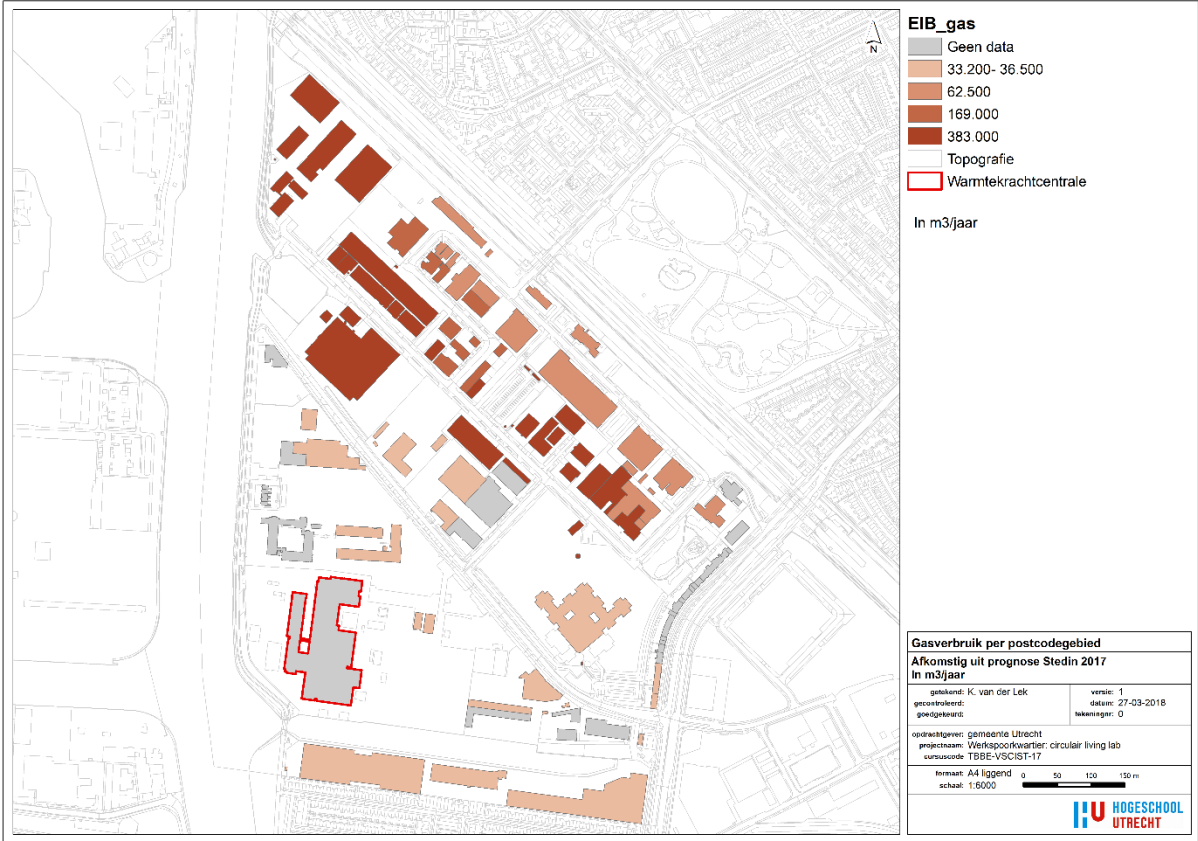
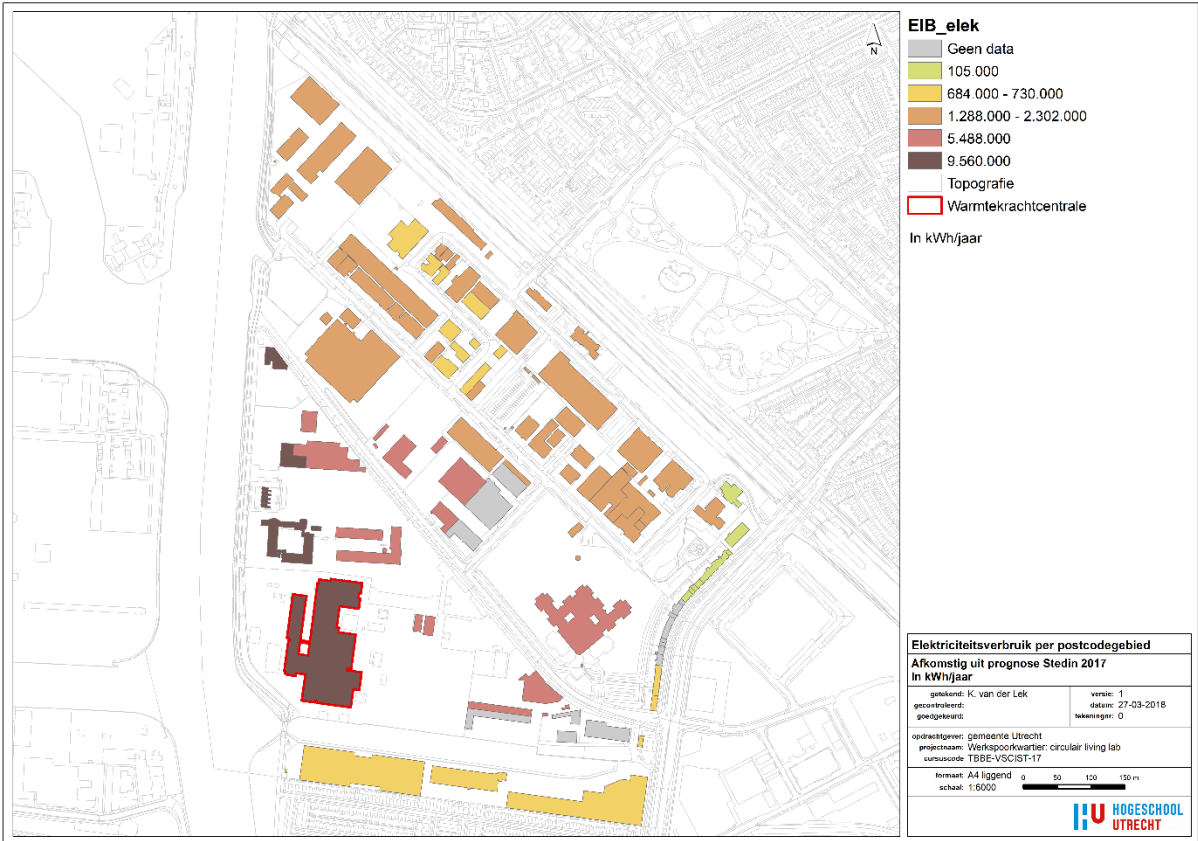
Demonteerbaarheid

Doordat het dakleer stevig vastgekleefd zit moet worden losgesneden. Het is aannemelijk dat er in de huidige bebouwing geen rekening is gehouden met het demonteren van dakleer in verband met recyclen. Wanneer het dakleer vastzit aan de isolatie zal er een deel verloren gaan omdat dit lastig te scheiden is van elkaar. Het is ook mogelijk dat het dakleer direct op de onderconstructie is geplaatst. Ook in dit geval zal er altijd een deel achterblijven.

Bijlage II - Kaartmateriaal energiestromen







Bijlage III - Berekening zonnepotentieel Werkspoorkwartier

Op dit moment wordt maar een minimaal aandeel van de energievraag in het Werkspoorkwartier geleverd door hernieuwbare energie. Er zijn maar op enkele gebouwen zonnepanelen en zonneboilers in gebruik. Dit aandeel zou moeten worden verhoogd in de toekomstige situatie om de circulariteit van het gebied te verhogen. Adressen met zonnepanelen zijn:

- Keulsekade 216
- Tractieweg 32
- Vlampijpstraat 57

Dat er veel elektriciteit wordt gebruikt in het Werkspoorkwartier is duidelijk, helaas komt veel van deze energie nog van uitputbare bronnen. Het zou dus mooi zijn als de energie volledig uit hernieuwbare bronnen zal komen. Om een stap te zetten naar dit doel zullen zonnepanelen een grote rol kunnen gaan spelen. Maar in hoeverre is dit fysiek en financieel mogelijk in het Werkspoorkwartier? En hoeveel zal de opbrengt kunnen zijn als we alle zeer geschikte daken gaan benutten? In dit hoofdstuk gaan we daar het antwoord op proberen te geven.



Afbeelding III.1 - m² dakoppervlakte dat zeer geschikt is voor zonnepanelen

Om aan de m² getallen te komen in de figuur is de gebouwoppervlakte of dakoppervlakte van alle woningen genomen uit de BAG open data. Met deze getallen is gekeken hoeveel procent van dit dakoppervlakte zeer geschikt is voor zonnepanelen met behulp van (zonatlas.nl/utrecht, 2018). Hiervoor is een schatting gemaakt en kan dus iets afwijken van de werkelijkheid. Hieruit zijn de m² dakoppervlakte gekomen dat zeer geschikt is voor zonnepanelen. Het totale dakoppervlakte dat zeer geschikt is voor zonnepanelen is 86960 m².

Omdat veel daken plat zijn, kunnen de zonnepanelen in een ideale hoek gezet worden ten opzichte van de zon. Hierdoor zal de opbrengst van de pv-panelen gemaximaliseerd worden. Dit heeft ook met de oriëntatie ten opzichte van de zon te maken. Ook hier kan met platte daken mee geschoven worden. Onderstaande tabel laat zien wat de opbrengst van zonnepanelen in percentage is, meegenomen onder welke hoek en welke oriëntatie het paneel heeft. Als je al het dakoppervlakte wil gebruiken zal je de panelen loodrecht op het dak moeten plaatsen.

Dit heeft wel weer invloed op de oriëntatie. Er zijn twee verschillende oriëntaties in het gebied. De meeste voorkomende oriëntatie is zuidwest op 40 graden (65.610 m2 totaal). De andere oriëntatie is zuid (21.350 m2 totaal). Bij de zuidwest oriëntatie is het rendement onder de juiste hoek maximaal 96%. Dit moet dus worden meegenomen in de opbrengstberekening.

Prozentanteil vom maximal möglichen Ertrag in Abhängigkeit der Ausrichtung und der Dachneigung																			
Ausrichtung (Abweichung in Grad von Süden)																			
Dachneigung	Süd	SüdÖst SüdWest								Ost West	NordÖst NordWest								Nord
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	0°	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
10°	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%	85%	84%	83%	81%	81%	80%	79%	79%	79%
20°	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	73%	71%	70%	70%	70%
30°	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%	64%	62%	61%	61%
40°	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	52%	52%
50°	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%	48%	45%	44%	43%
60°	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	65%	60%	55%	50%	46%	41%	38%	36%	35%
70°	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	70%	58%	54%	49%	44%	39%	35%	32%	29%	28%
80°	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	37%	33%	29%	26%	24%	23%
90°	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	18%

Figuur III.2 oriëntatietabel voor zonnepanelen Bron: <http://www.allesoverzonnepanelen.nl/voorwaarden/orientatie/>

De panelen met het meeste rendement zijn de monokristallijne zonnepanelen. Deze panelen hebben meer rendement dan de polykristallijne en de amorf zonnepanelen. Deze panelen kunnen dus het beste worden gebruikt voor op de daken. Het rendement verschilt ook per model, maar gemiddeld heeft 1 paneel ca. 250 Wp aan opbrengst. Toch wordt het paneel niet altijd blootgesteld aan ideale omstandigheden, waardoor er een omrekenfactor moet worden toegepast. In Nederland is dat 0,85 (tentensolar.nl, 2018). Een paneel van 250 Wp heeft dus een jaarlijks rendement van $(250 * 0,85)$ 212 kWh. Deze panelen zijn rond de 1,6 m2 groot, dus heeft een paneel van 250 Wp een rendement van $(212 / 1,6)$ 132 kWh per m2. De gemiddelde prijs per m2 paneel ligt rond de 159 euro (zonnepanelencentra.nl, 2017).

De prijs en de opbrengst per m2 paneel van 250 Wp zijn nu duidelijk. Nu kan berekend worden wat de opbrengst per jaar is als je alle zeer geschikte daken in het Werkspoorkwartier vol zou leggen met zonnepanelen van 250 Wp. Er is 86960 m2 aan zeer geschikt dakoppervlak beschikbaar in het Werkspoorkwartier. De opbrengst zal dan jaarlijks ca. $(21.350 * 132 + 65.610 * 132 * 0,97)$ 11.218.904 kWh aan hernieuwbare elektriciteit zijn. De verliezen van de omvormer moeten ook meegerekend worden. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van goede kabels zullen de verliezen binnen de 1% blijven (fritts.nl). De opbrengst is dan netto 11.106.715 kWh. Dit is omgerekend 39.984,2 GJ.

De kosten van een zonnepaneel van 250 Wp is gemiddeld 159 euro per m2 inclusief installatie en aansluitingsbehoeftigheden. Er wordt in deze situatie 86960 m2 aangelegd. De kosten liggen daardoor gemiddeld op $(86960 * 159)$ 13.826.640 euro aan zonnepanelen totaal.

Het is bij zo'n grote investering natuurlijk wel van belang om dit in de toekomst te kunnen terugverdienen. Op dit moment betaal je als industrie gebruiker netto gemiddeld 40 euro per mWh aan stroom (nuon.nl, 2018). Dit betekent omgerekend 4 cent per kWh. Als je 4 cent betaalt voor een kWh zal je jaarlijks in het gehele gebied dus $(11.106.715 * 0,04)$ 444.269 euro aan stroomkosten besparen. De totale investering was 13.826.640 euro. De tijd dat de totale investering is terugverdiend zal in dit geval dus ca. $(13.826.640 / 444.269)$ 31,1 jaar zijn. Dit komt neer op ongeveer ca. 31 jaar en 1 maand om de volledige investering terug te verdienen. Hierdoor wordt het voor de industrie minder interessant om zonnepanelen te gebruiken.

Om het toch interessant te maken voor de zakelijke verbruikers kan worden gekeken of deze verbruikers in aanmerking kunnen komen voor subsidieregelingen van de energie-investeringsaftrek (EIA) of belastingverlaging uit de meerjarenaafpraak 3 (MJA3). Dit is een convenant van de overheid en bedrijven om de energiebesparing te verhogen. Op dit moment is de energiebesparing van 100 PJ nog niet in zicht (rvo.nl, 2018) en dit kan dus alleen maar een stimulans zijn om als bedrijf toch te kiezen voor duurzame energie.

Bijlage IV – Achtergrondinformatie onderdeel water

Meetwaarden project Waterschoon voor berekening potentiële nutriëntenwinning

Tabel IV.1 - Belasting en emissies Waterschoon en RWZI Deventer (meetwaarden) (STOWA, 2014)

Parameter	Eenheid	Waterschoon [#] (79 i.e.)	Waterschoon [@] (1.200 i.e.)	Referentie [#] (rwzi Deventer)
Debiet	$\text{l.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	86	82	194*
Influent				
CZV _t	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	174,8	174,8	106,7
N _t	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	15,3	15,3	9,5
P _t	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	2,5	2,5	1,4
Effluent				
CZV _t	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	4,9	4,9	6,7
N _t	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	0,6	0,6	2,1
P _t	$\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$	1,2	0,1	0,3
Verwijderingsrendement				
CZV _t	%	97	97	94
N _t	%	96	96	79
P _t	%	53	95	77
Biogasproductie	$\text{m}^3 \text{CH}_4.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$	13,8	12,2	6,1
Slibproductie	$\text{kg ds}.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$	4,2**	9,2	16,7
Gebruik metaal(Me)zout ⁺	$\text{Mol Me}.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$	4,0	18,0	5,6

[#] Daadwerkelijke meetwaarden aan Waterschoon respectievelijk rwzi Deventer;

[@] Verwachte waarden bij volle belasting op basis van extrapolatie en expert judgement;

* inclusief regenwater – bij DWA nominaal ca 120 lpppd;

** zonder grijswaterslib. Door onderbelasting van het systeem is nagenoeg geen slib geproduceerd in het grijswatersysteem.

⁺ Waterschoon gebruikt magnesiumzout, de referentie (rwzi) ijzerzout.

Tabel IV.2 - Energiestromen Waterschoon en RWZI Deventer (meetwaarden) (STOWA, 2014)

Parameter	Eenheid	Waterschoon* 79 i	Waterschoon** geoptimaliseerd	Referentie (rwzi Deventer)
Drinkwaterproductie en - levering	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	-35	-35	-58
Warmtebehoefte zuivering	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	-277	-50	-6
Dieselgebruik WKK	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	0	0	-3
Warmteproductie warmte- pomp	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	477	477	0
Elektriciteitsbehoefte warm- tepomp	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	-264	-264	0
Warmtelevering uit biogas [#]	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	133	148	6
Elektriciteit zuivering	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	-781	-52	-75
Elektriciteitsproductie (WKK)	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	0	0	61
Energie transport afvalwater	$\text{kWh}_p/\text{i.e.}/\text{jaar}$	-92	-40	-13
Totaal primair		-838	184	-88

* meetwaarden in onderzoek bij belasting van 79 inwoners

** verwachtingen en extrapolatie, na optimalisatie en bij belasting van 1.200 inwoners

[#] Meetwaarden aan rwzi Deventer en meetwaarden aan de riolering Deventer (energiegebruik). Het biogas (60,6 kWh/i.e./jaar) wordt volledig omgezet in warmte (30,3 kWh/i.e./jaar) en elektriciteit (24,2 kWh/i.e./jaar) in een WKK. Het warmte overschot (30,3 – 5,5 = 24,8 kWh/i.e./jaar) wordt vernietigd en draagt dus niet bij aan de energieproductie van de RWZI. De warmtelevering is daarom gelijk gesteld aan de warmtevraag.

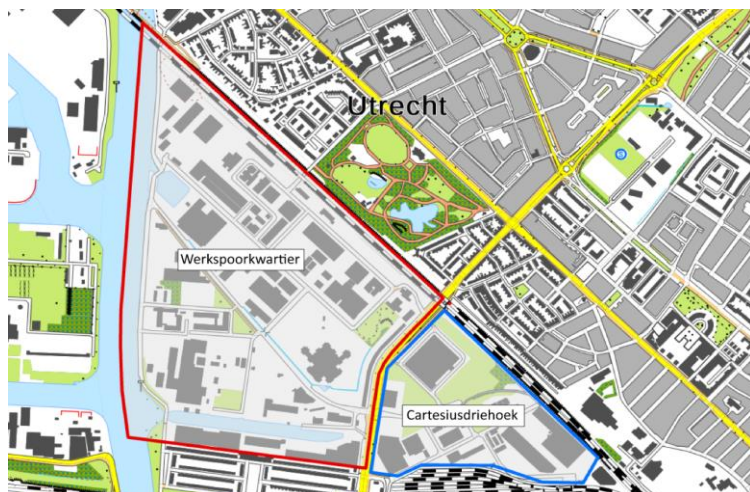
'First-flush' in berekening potentiële drinkwaterproductie

Op het dak en straatoppervlak verzamelen zich in een droge periode diverse vervuilingen. De eerste regen die na een droge periode valt is daardoor het sterkst vervuild. Middels een zogeheten 'first-flush' wordt de eerste hoeveelheid regenwater apart ingezameld. Een first-flush is toepasbaar in een dakafwateringssysteem, een gescheiden rioolstelsel (waarna 'verbeterd' gescheiden) en in tunnel waterkelders. Voor de berekening van potentiële drinkwaterproductie met hemelwater van dakoppervlaktes is een verlies van 52% aangenomen op basis van het onderzoek naar de haalbaarheid van drinkwaterwinning uit regenwater (KWR, Oasen, & Waternet, 2018). Hierin is het verlies door een first-flush verdisconteerd, met als uitgangspunt 2 mm per bui. In de berekening voor drinkwaterwinning uit het hemelwaterstelsel is geen rekening gehouden met de first-flush.

Bijlage V – Achtergrondinformatie Cartesiusdriehoek

Algemeen

Voor het vaststellen van de ontwikkelingen omtrent Cartesiusdriehoek, is gekeken naar het koersdocument dat door samenwerking tussen de Nederlandse Spoorwegen (NS) en gemeente Utrecht is opgesteld. De Cartesiusdriehoek behoort tot erfgoed van de NS en de gemeente is daarom blij dat de NS initieert tot transformatie van het gebied. In het koersdocument is in 2016 de ruimtelijke strategie vastgelegd en het volgende stuk is hierop gebaseerd (Utrecht, 2017). De Cartesiusdriehoek bevindt zich ten Oosten van de Cartesiusweg en het Werkspoorkwartier.



Visie

Momenteel staat Utrecht bekend als snelst groeiende stad en om deze reden is er gekozen voor inbreiding in het al bestaande stedelijk gebied. De Cartesiusdriehoek is hiervoor een geschikte locatie omdat het in een enclave ligt. Het gebied wordt omsloten door twee spoorwegen en de Cartesiusweg en ligt als het ware in een lus. Het gebied heeft daardoor potentie om uit te groeien tot een buurt met een geheel eigen karakter. In grote lijnen is het plan om het gebied te bezetten met hoogstedelijke bebouwing gelegen om een groen autovrij hart.

De gemeente Utrecht wil een nieuw stedelijk gebied creëren dat interessant is voor een diverse doelgroep. Om aan het stedelijke profiel te kunnen voldoen moet het gebied beschikken over een variërend aanbod aan wonen, werken en voorzieningen. Hierbij vormt wonen de hoofdfunctie en zowel de woonomgeving als de woningen zelf zijn wisselend. De te realiseren bebouwing zal een combinatie vormen van het industriële verleden met een nieuwe identiteit waarbij groen en licht centraal staan. Het gebied krijgt een ruime opzet en zal de duurzaamste wijk van Utrecht worden.

Nieuwbouw

Het totale woonprogramma gaat over de realisatie van 2200 tot 2600 huur- en koopwoningen waarvan 25% (staat gelijk aan zo'n 580 woningen) onder de categorie sociale huurwoning vallen. Dit zal op redelijk korte termijn gerealiseerd worden. Door het ontwikkelen van verschillende soorten woningen moet het gebied aantrekkelijk worden voor zowel jong als oud en rijk of arm. Deze woningen worden ontworpen in woonblokken met meerdere lagen appartementen waarvan de meeste open zijn en slechts twee gesloten. De open blokken worden gebouwd in een U-vorm waarvan de U telkens georiënteerd is op het groene hart. Tussen deze U en het park in komen solitaire gebouwen te staan.

In totaal worden er twee gesloten gebouwen gerealiseerd. Deze komen naast het CAB-gebouw en bij de Sligro. De gesloten gebouwen hebben dezelfde stijl als de halfopen bouwblokken alleen dan is het gebouw rondom gesloten en bevindt de gezamenlijke tuin zich binnen of op het dak. Ook is er, in tegenstelling tot de halfopen blokken, geen route die vanaf het park door het gebouw heen naar de lus toe loopt. Vanaf deze lus gezien is alle bebouwing

erg gesloten en er zullen dan ook nauwelijks openingen in de gevel zijn. Dit vormt een contrast met de binnenzijde (het groene hart) waar bijna alle gebouwen met de open kant naar wijzen. Aan deze zijde is de gevel voor 40-50 procent open. De zijgevels zijn ook voornamelijk gesloten.



Afbeelding V.1 - Ontwikkeling in beeld (gemeente Utrecht, 2017)

Een bouwblok bestaat uit verschillende panden met een wisselende architectuur, bouwhoogte en plastic. Het idee is dat voornamelijk de wisselende plastic erg uitnodigend wordt waardoor de gebouwen een levendig karakter krijgen. De bovenste en onderste verdieping zijn een stuk naar binnen gelegen. Hierdoor oogt de bebouwing minder groots en ontstaat er op de begane grond ruimte voor terrassen, erkers en glazen loggia's. De andere verdiepingen worden uitgerust met (overhangende) balkons. Wegens de ambitie tot een duurzame waterkringloop zullen de daken voor een groot deel groen zijn.

De bouwhoogte loopt van hoog naar laag. De gesloten bouwblokken krijgen een hoogte van acht lagen en de halfopen gebouwen langs de lus minimaal en maximaal acht bouwlagen. Langs de Cartesiusweg is de hoogte maximaal vier lagen en de solitaire gebouwen in het groene hart worden maximaal vijf verdiepingen hoog. De uitgangspunten voor het bouw materiaal zijn tijdloos, hoogwaardig en duurzaam. De gebouwen krijgen een lichte uitstraling door het gebruik van licht gekleurd materiaal en veel glas. Naast licht gekleurde bakstenen wordt er ook gewerkt met beton, natuursteen, metaal en hout.



Afbeelding V.2 - Referentiebeelden van levendige plastic (gemeente Utrecht, 2017)

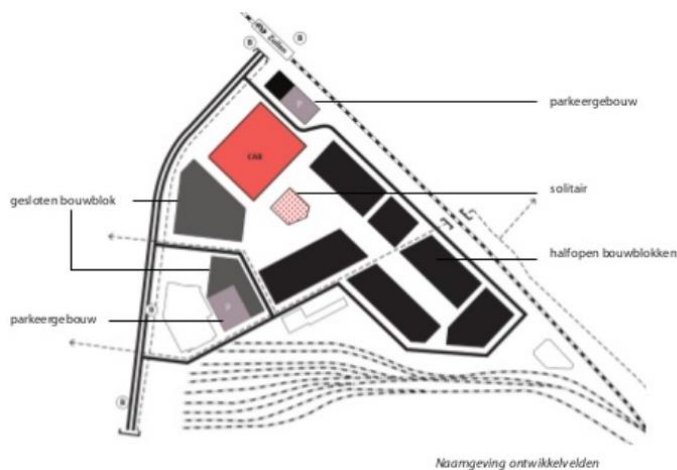
Gehandhaafde bouw

De ontwikkeling in het plangebied gaat bijna geheel over nieuwbouw op twee plaatsen na. Namelijk het gebouw van VolkerRail en het CAB-gebouw worden behouden. Het CAB-gebouw is de voormalige herstelplaats voor bussen en refereert naar het verleden waarin de Cartesiusdriehoek gebruikt werd als rengeerterrein en werkplaats van de NS. Dit gebouw is een gemeentelijk monument en zal daarom slechts uitvoerig worden gerenoveerd. Ook krijgt het gebouw een nieuwe publieksgerichte functie. Er wordt nog nagedacht over een manier waarop het enorme dakoppervlak kan worden benut. Gedacht wordt aan het plaatsen van zonnepanelen, zonnecollectoren of stadspark. Het is de bedoeling dat de herontwikkeling van dit gebouw een visitekaartje wordt voor duurzaam bouwen.

Parkeren

In het plangebied komen één of twee parkeergebouwen te staan aan de rand van het gebied. De totale grootte van deze gebouwen is nog niet vastgesteld maar de hoogte bedraagt maximaal vijf bouwlagen. De zichtbare gevels vanaf de openbare ruimte gezien worden groene gevels. Het parkeergebouw waarvan zeker is dat deze gebouwd gaat worden, komt vlakbij station Zuilen te staan. Een gebouw van tien tot twaalf bouwlagen met rondom een glazen gevel vormt de kop van de parkeergarage. De gezamenlijke tuin voor de bewoners van dit gebouw komt op het dak van de parkeergarage te liggen. In de plint van het gebouw komen voorzieningen die goed bij het treinstation passen.

Omdat alle bebouwing altijd georiënteerd is op de openbare ruimte of het groene hart ontstaat er een binnenruimte. Deze ruimte is geheel autovrij en de bewoners van het gebied kunnen per auto slechts tot de buitenzijde van de lus komen. Hier is in elk gebouw een opening die leidt tot een (deels) verdiepte parkeergarage.



Afbeelding V.3 - Locatie CAB gebouw en parkeervoorzieningen