

Bodemenergieprogramma Rotterdam Central District-XL

Het instrument voor ordening van open bodemenergie
in het RCD-XL gebied



Versie: Definitief

Opgesteld door: Gemeente Rotterdam – Cluster Stadsontwikkeling

Datum: 21 april 2026



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doelstelling	5
1.3	Toetsing bevoegd gezag	5
1.4	Leeswijzer	5
2	Achtergrond en Evaluatie	6
2.1	Historie van bodemenergie in Rotterdam centrum	6
2.2	Samenvatting van het Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam (BCR, 2013)	6
2.3	Hoofdpunten uit de evaluatie van het huidige Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam (BCR, 2013)	7
2.4	Evaluatie van andere bodemenergieplannen in aangrenzende gebieden	8
2.5	Technologische en beleidsmatige ontwikkelingen	9
3	Analyse van het RCD-XL Gebied	11
3.1	Gebiedsbeschrijving en plangrenzen	11
3.2	Bestaande en vergunde OBES Systemen	12
3.3	Bodembeschrijving	12
3.4	Huidige en verwachte energievraag	14
3.5	Specifieke beschrijvingen van milieubeschermingsgebieden	15
3.6	Ondergrondse en bovengrondse inrichting	16
3.7	Omgevingsbelangen	18
4	Beleidskader wet en regelgeving	19
4.1	Gemeentelijk en provinciaal beleid, inclusief bruidsschat	19
4.2	Doelstellingen op het gebied van duurzaamheid en energie	19
4.3	Toetsingskaders en beleidsregels (Waterprogramma, Omgevingsverordening)	19
4.4	Relatie met de energietransitie en Omgevingswet	20
5	Planvoorstellen voor Bodemenergie	21
5.1	Toewijzing van warme- en koudezones	21
5.2	Collectieve Aanpak versus individuele systemen	22
5.3	Gebruiksregels	23
6	Effecten en Milieuwinst	26
6.1	Hydrologische effecten	26
6.2	Thermische effecten	27
6.3	Mogelijke zettingen	27
6.4	Bijdrage aan CO ₂ -reductie en koppeling met WAT Kaart 3.0 Rotterdam	27
7	Aanbevelingen	28
7.1	Samenvatting van de bevindingen	28

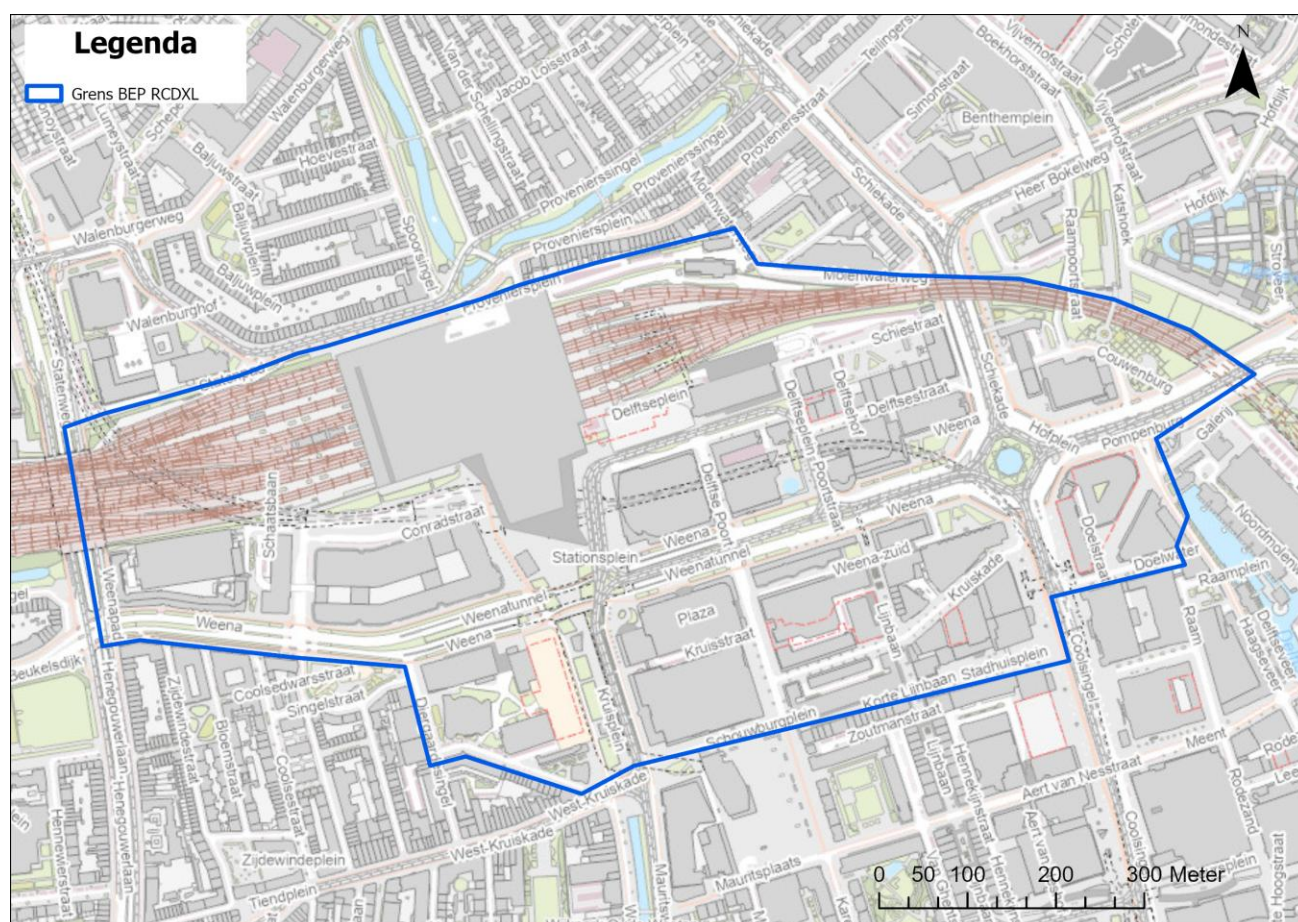


7.2	Knelpunten en kansen	28
7.3	Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling	28
7.3.1	Versterken van de samenwerking met ODH	28
7.3.2	Bevorderen van collectieve aanpak bodemenergiesystemen	29
7.3.3	Integratie in bredere energievisie van Rotterdam	29
8	Bijlagen	30
8.1	Nota van Toelichtingen	30
8.1.1	Bodembeschrijving	30
8.1.2	Afvalwater	30
8.2	Energievraag en -aanbod analyse	31
8.2.1	Kengetallen	32
8.2.2	Inventarisatie oppervlakte naar functie per gebouw	33
8.2.3	Inventarisatie Koudevraag en bepaalde broncapaciteit	34
8.2.4	Opgenomen aantal doubletten per gebouw	36
8.3	Zettingen	38
8.3.1	Schematische visualisatie boringen	42
	Colofoon	45

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Rotterdam Central District XL (RCD-XL) gebied (Figuur 1) is een dynamisch stedelijk gebied met een hoge concentratie van commercieel vastgoed en in toenemende mate woningbouw, wat leidt tot een sterke vraag naar duurzame energie, met name koude. Het bestaande Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam uit 2013 (BCR) was een eerste stap in het reguleren van open bodemenergie, maar voldoet niet meer aan de huidige ontwikkelingen en beleidskaders. Sindsdien zijn de energieprestatienormen aangescherpt, zijn er nieuwe technieken en data beschikbaar gekomen en is de Omgevingswet ingevoerd (paragraaf 2.5). Dit vraagt om een actualisatie van het plan voor open bodemenergiesystemen, waarbij efficiënt gebruik van de ondergrond, afstemming met stakeholders en borging in gemeentelijk en provinciaal beleid centraal staan. De urgentie voor een update van het BCR in het RCD-XL gebied is groot vanwege de vele bouwontwikkelingen. Daarom is ervoor gekozen om eerst een bodemenergieprogramma op te stellen voor dit gebied en later de update uit te voeren voor het hele centrum van Rotterdam en andere focusgebieden met nieuwbouwontwikkelingen. Met het vaststellen van het bodemenergieprogramma RCD-XL zal het gebied met deze afbakening vervallen in het bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam (2013). Voor het gebied RCD-XL zal het bevoegd gezag dit nieuwe plan hanteren als toetsingskader voor vergunningsaanvragen. Voor de overige delen van het centrum zal het BCR 2013 het toetsingskader blijven.



Figuur 1 Grens projectgebied Bodemenergieprogramma RCD-XL.



1.2 Doelstelling

Dit bodemenergieprogramma biedt kaders voor een efficiënte en duurzame inzet van open bodemenergie binnen het RCD-XL gebied. Het plan optimaliseert de benutting van de ondergrond in 3D en in de tijd (4D) ten behoeve van de ontwikkeling van de opslag en het gebruik van warmte en koude. Daarnaast draagt het bij aan gemeentelijke klimaatdoelen, zoals CO₂-reductie en verduurzaming van de gebouwde omgeving.

Het bodemenergieprogramma is opgesteld met behulp van de inventarisatie van de huidige en toekomstige vraag naar bodemenergie (zie paragraaf 8.2). De daadwerkelijke vraag kan afwijken en door de jaren heen veranderen. Om het bodemenergieprogramma actueel te houden, zal de interferentie warmte-/koudeberekening met het 4D CARROT-grondwatermodel jaarlijks worden geüpdatet om het effect van daadwerkelijk verpompte debieten en temperaturen te berekenen. Hiervoor moeten procesafspraken worden gemaakt (zie aanbevelingen paragraaf 7.3.1). Op die manier houden we samen met de provincie grip op bodemenergie en kunnen we, indien nodig, het plan bijstellen. Op deze manier verandert het statische bodemenergieprogramma in een groeidocument met achterliggende open-source modelberekening.

1.3 Toetsing bevoegd gezag

De provincie Zuid-Holland is het bevoegd gezag voor open bodemenergie. De toetsing en vergunningverlening vinden plaats namens de provincie, waarbij de uitvoering is belegd bij de voor het gebied bevoegde omgevingsdienst. Voor Rotterdam is dit de Omgevingsdienst Haaglanden (ODH). Dit plan houdt rekening met de eisen van de provincie, zodat een soepel toetsingsproces mogelijk is en juridische problemen in de toekomst worden voorkomen. De belangrijkste aandachtspunten in de toetsing zijn het Waterprogramma van de provincie Zuid-Holland, de Omgevingswet, het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal). Het plan moet zorgen voor een verantwoorde inpassing van bodemenergiesystemen binnen deze kaders. Gemeente Rotterdam levert dit plan aan en is betrokken bij de toetsing.

1.4 Leeswijzer

Dit document is bedoeld voor beleidsmakers, ontwikkelaars, vergunningverleners en andere betrokkenen bij de realisatie van open bodemenergie in het RCD-XL gebied. In **hoofdstuk 2** wordt ingegaan op de historische context en de evaluatie van het bestaande plan. **Hoofdstuk 3** geeft een gedetailleerde analyse van het RCD-XL gebied en beschrijft de omgevingsbelangen, terwijl **hoofdstuk 4** de beleidsmatige kaders schetst. Het planvoorstel voor de verdeling van bodemenergie en de instructie- en gebruiksregels waarop ODH zal toetsen, worden behandeld in **hoofdstuk 5**. **Hoofdstuk 6** gaat in op hydrologische, thermische en milieueffecten, waarna in **hoofdstuk 7** de aanbevelingen volgen. Het rapport sluit af met een aantal bijlagen met relevante kaarten en data. Ook zijn in de bijlagen de zettingsberekening en de nota van toelichtingen opgenomen.

In het **technische achtergronddocument**, dat als losse bijlage wordt gedeeld, wordt uitgebreider stilgestaan bij de data t.b.v. de modellering, de methodiek van de modellering en de analyse van de output.



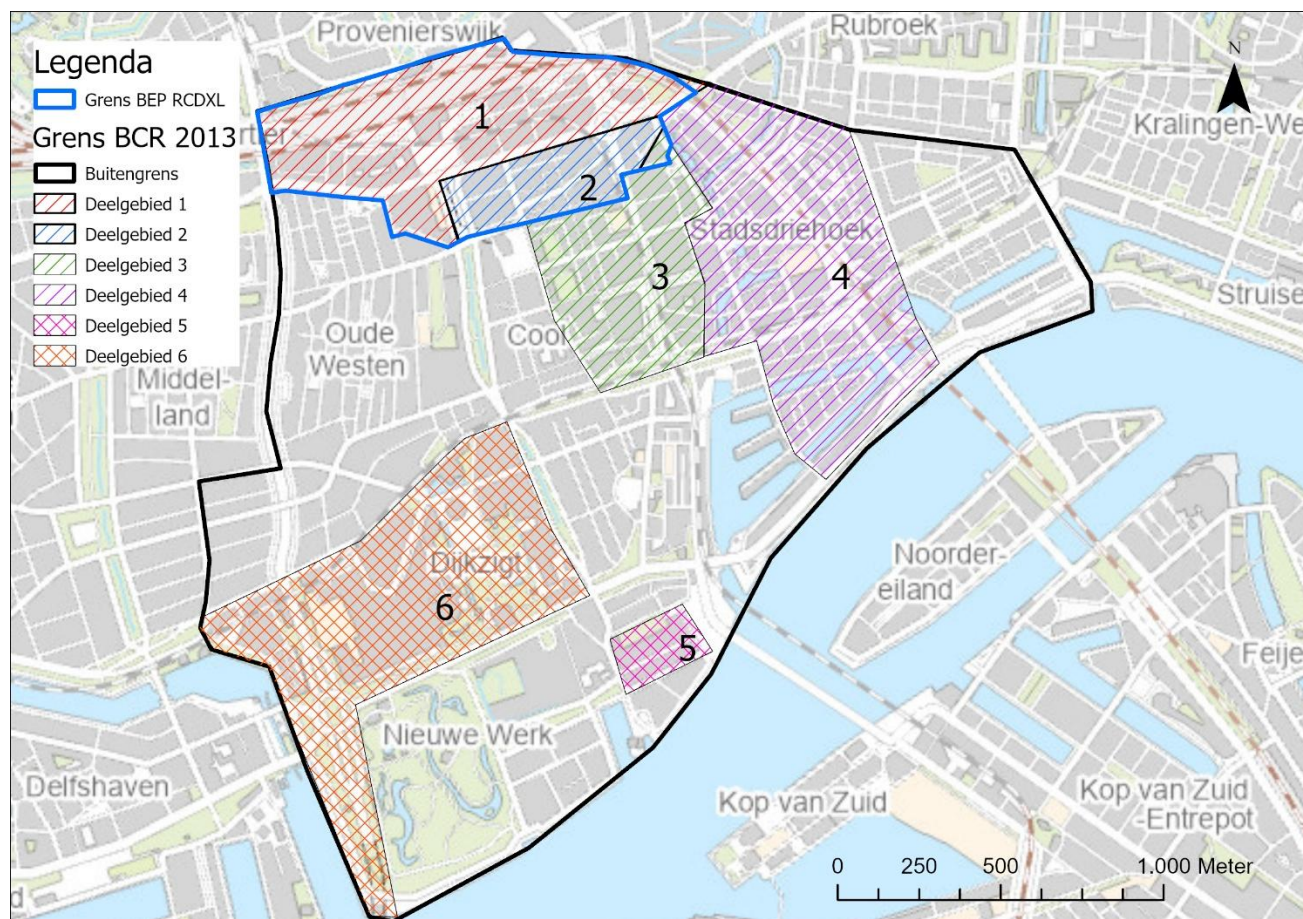
2 Achtergrond en Evaluatie

2.1 Historie van bodemenergie in Rotterdam centrum

Rotterdam zet al sinds de jaren 2000 in op duurzame energie, waaronder de benutting van bodemenergie via open bodemenergiesystemen (OBES). In 2013 werd het eerste [Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam](#) (BCR) vastgesteld (zie Figuur 2 voor plangrenzen) om de energie opslagcapaciteit optimaal te benutten. Dit plan zorgde voor een gedetailleerde ordening van bodemenergie in het centrumgebied voor voorziene nieuwbouwprojecten. Het plan was nog beperkt in de manier om het actueel te houden en integratie met andere beleidsplannen. Sindsdien is de inzet van bodemenergie toegenomen, mede door strengere energienormen en gemeentelijke verduurzamingsdoelstellingen. Dit resulteert er ook in dat bestaande gebouwen na renovatie/ transformatie vaak OBES willen toepassen.

2.2 Samenvatting van het Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam (BCR, 2013)

Het BCR 2013 en de [Verordening Bodemenergiesystemen Rotterdam](#) richten zich op de ruimtelijke ordening van open en respectievelijk gesloten bodemenergiesystemen. In de onderstaande afbeelding zijn de gebiedsgrenzen van het BCR en de toen vastgestelde deelgebieden opgenomen. Er werd gewerkt met een '**verticale knip**' in het toegewezen interferentiegebied (zie Figuur 9, restrictiegebied ordening), waarbij gesloten systemen tot 80 meter diepte kunnen worden gerealiseerd en open systemen tussen de 80 en 240 meter diepte, om interferentie te voorkomen. Daarnaast bood het plan de basis voor de provinciale vergunningverlening en afstemming tussen belanghebbenden inclusief benodigde gemeentelijke vergunningen. Het plan is opgesteld op basis van de toenmalige energetische vraag, een bivalent energieconcept in combinatie met stadsverwarming, de voorziene nieuwbouwontwikkelingen en bodeminformatie. Sindsdien is de vraag naar OBES toegenomen, waardoor aanpassingen nodig zijn om de capaciteit van de ondergrond weer optimaal te kunnen benutten en nieuwe bouwontwikkelingen te accommoderen.



Figuur 2 Grenzen van het Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam 2013, ten opzichte van de grens van het Bodemenergieprogramma RCD-XL gebied in blauw.

2.3 Hoofdpunten uit de evaluatie van het huidige Bodemenergieplan Centrumgebied Rotterdam (BCR, 2013)

Uit de evaluatie blijkt dat het bodemenergieplan uit 2013 (BCR) zijn bestaansrecht heeft bewezen, maar ook tekortkomingen kent en ingehaald is door de tijd. Via interviews met interne en externe stakeholders en kennishouders, is gevraagd of het BCR goed functioneert en waar eventueel aanpassingen nodig zijn via gedetailleerde deelvragen. De belangrijkste knelpunten zijn:

- **Onvoldoende flexibiliteit voor toekomstige ontwikkelingen:** Het plan is gebaseerd op destijds voorziene nieuwbouwontwikkelingen. Na enkele jaren veranderde het aantal voorziene OBES. Als gevolg van de snelle verandering in nieuwbouwontwikkelingen moet vaak worden afgeweken van het BCR. Er ontbraken eenduidige richtlijnen hoe om te gaan met wijzigingen en of extra bodemenergie-initiatieven. De capaciteit per kerngebied was puur gebaseerd op de destijds bekende nieuwbouwprognose, niet op de capaciteit van de ondergrond. Dit zorgde ervoor dat de laatste jaren bij vrijwel elk bodemenergie project afgeweken moest worden van het BCR.
- **Veranderde energievraag:** De vraag naar koude is sterker gestegen dan verwacht, door een aangescherpt bouwbesluit en de toename van commercieel vastgoed in RCD-XL



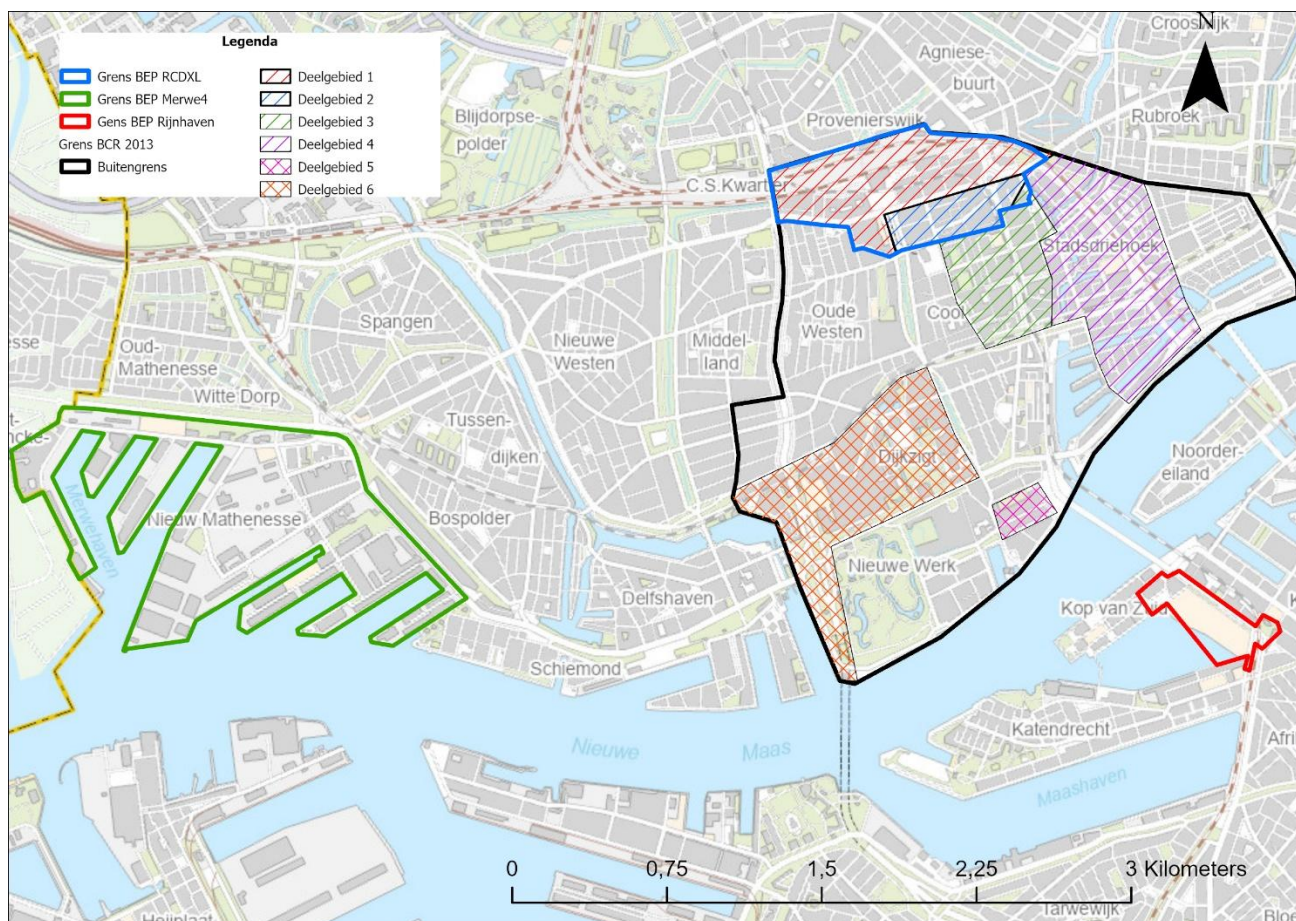
- **Gebrek aan integratie met andere beleidsplannen:** Het bodemenergieplan sluit inmiddels onvoldoende aan op de gemeentelijke strategie voor de energietransitie en ruimtelijke ordening.
- **Beperkte monitoring en handhaving:** Er is onvoldoende inzicht in de daadwerkelijke benutting en prestaties van bodemenergiesystemen. Het aantal doubletten uit een vergunning en/of het maximaal aangevraagde jaardebiet zijn naar verwachting groter dan het daadwerkelijke gebruik. Het is echter niet duidelijk hoe vaak dit voorkomt en hoeveel systemen een te ruime vergunning hebben.

Deze punten vormen de basis voor de actualisatie van het plan, zodat het beter aansluit op de huidige en toekomstige energiebehoefte.

2.4 Evaluatie van andere bodemenergieplannen in aangrenzende gebieden

Naast het BCR 2013 zijn er andere bodemenergieplannen (Figuur 3) in omliggende gebieden, zoals het recente bodemenergieplan [Merwe-Vierhaven](#) en het plan voor de [Rijnhaven](#), beide gebiedsontwikkelingen welke gefaseerd ontwikkeld worden. Deze gebieden hanteren verschillende strategieën, zoals de clustering van open bodemenergiesystemen in collectieve netwerken. De ervaringen uit deze plannen bieden waardevolle inzichten voor de actualisatie van het bodemenergieplan voor RCD-XL. Zo wordt bijvoorbeeld, op basis van het plan Merwe-Vierhaven, een periodieke herijking van de onderliggende modelberekening opgenomen.

Voor het RCD-XL gebied wordt geen interferentie van bodemenergiesystemen met andere gemeenten verwacht. Voor Merwe-Vierhaven was dit wel het geval omdat de gemeentegrens van Schiedam het westelijk deel van de grens van het bodemenergieplan Merwe-Vierhavens vormt.



Figuur 3 Grenzen van vastgestelde bodemenergieplannen binnen de gemeente Rotterdam.

2.5 Technologische en beleidsmatige ontwikkelingen

Sinds de vaststelling van het vorige plan zijn er grote technologische en beleidsmatige veranderingen geweest:

- **Nieuwe wetgeving:** De invoering van de [Omgevingswet](#) en het [Besluit activiteiten leefomgeving \(Bal\)](#) stelt nieuwe eisen aan vergunningen en ruimtelijke ordening. Ook is in de Omgevingswet opgenomen dat de lozingsvergunning (nodig bij ontwikkelen of onderhoud van de bron) onderdeel uitmaakt van de vergunning die wordt afgegeven door de provincie. Afvalwater en verontreiniging van afvalwater dienen daarbij zoveel mogelijk te worden voorkomen of beperkt.

Voor bodemenergie is voor het vrijkomend afvalwater het volgende van toepassing:

Voor afvalwater dat vrijkomt bij het uitvoeren van de boringen ten behoeve van de bronnen van het bodemenergiesysteem (werkwater) is de voorkeursvolgorde:

1. Vuilwaterriool
2. Op de bodem
3. Overige routes

Voor afvalwater dat vrijkomt bij het ontwikkelen van de bronnen en bij het onderhoud van het bodemenergiesysteem (ontwikkelwater en onderhoudswater) is de voorkeursvolgorde voor open bodemenergiesystemen:

1. In de bodem
2. Oppervlaktewater
3. Schoonwaterriool
4. Vuilwaterriool
5. Externe verwerker

Nadere toelichting vindt u in de nota van toelichtingen (Bijlage H8.1).



In het verleden gaf de gemeente deze lozingsvergunning zelf af. Nu maakt de lozingsvergunning deel uit van de omgevingsvergunning die door de provincie wordt afgegeven. De (tijdelijke) riool-aansluitvergunning loopt nog via de gemeente en blijft nodig als men tijdens aanleg van de bron wil lozen op het gemeentelijk riool.

- **Verbeterde modellering en monitoring:** Het CARROT-model (Coordinated Approach Remediation ROTterdam) is het grondwatermodel dat sinds 15 jaar wordt ingezet om de Gebiedsgerichte Aanpak (GGA) van de verontreinigingen in Rotterdam mogelijk te maken. Sinds 2022 is het model door Deltares en gemeente Rotterdam uitgebreid met een module warmte om Warmte-Koude in de ondergrond in 3D + tijd (dus 4D) te kunnen modelleren. Hiermee kan het worden ingezet om de inpassing van OBES in de ondergrond te bepalen. Het grote voordeel van een 4D model ten opzichte van de tot nu toe gebruikte 2D modellen is dat het doelmatig gebruik van de ondergrond in 3D kan worden bepaald zodat een realistischer beeld ontstaat waar in 4D nog ruimte is voor bodemenergie en waar de ruimte beperkt is. Het CARROT-model wordt nu al ingezet om effectenstudies te toetsen en te vergelijken. Het model is aangevuld met de historische data (verpompte debieten en infiltratie temperaturen per maand vanaf 2010) van huidige bodemenergiesystemen. Op die manier kunnen we van bestaande systemen het daadwerkelijk ruimte gebruik in de ondergrond bekijken en daaruit lessen trekken hoe andere systemen kunnen worden ingepast. Een uitgebreide beschrijving van het gebruik van 4D CARROT-Grondwatermodel is opgenomen in het technische achtergronddocument. De workflow voor het ophalen en verwerken van gegevens van ODH wordt verder geautomatiseerd. Het omzetten van de data tot modelinput is al geautomatiseerd met Python scripts.
- **Strengere energieprestatienormen:** De [BENG-normen](#) (Bijna Energie Neutrale Gebouwen) uit het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) stimuleren een grotere vraag naar duurzame koude en warmte, wat impact heeft op de vraag naar bodemenergie.
- **Groei van collectieve aanpak voor energiesystemen:** Er is bij de gemeente Rotterdam een toenemende vraag naar een collectieve aanpak voor OBES-netwerken in plaats van individuele systemen, wat vraagt om nieuwe ordeningsprincipes. Hierdoor kan efficiënter worden omgegaan met de beschikbare ruimte voor energie in de bodem.
- **Inzet op vermindering van het Heat Island Effect:** In het RCD-XL gebied is de opwarming in de zomer aanzienlijk groter dan in de rest van de stad. Indien er meer airco's of warmtepompen zouden worden aangebracht zou de temperatuur nog verder toenemen. Daarom is er een sterke voorkeur voor koeling van gebouwen via OBES of andere duurzame bronnen zoals koeling via rivierwater (wat binnen RCD-XL echter niet mogelijk is).
- **Aansluiten stadswarmte/ bivalent energieconcept:** Net als in het BCR 2013 geniet het de voorkeur om aan te sluiten op stadsverwarming indien mogelijk. Dit zorgt voor een bivalent energiesysteem wat minder beslag legt op de capaciteit van het elektriciteitsnet door het niet elektrificeren van het benodigde piekvermogen. Uiteraard wordt hierbij aangesloten bij de vigerende regelgeving.

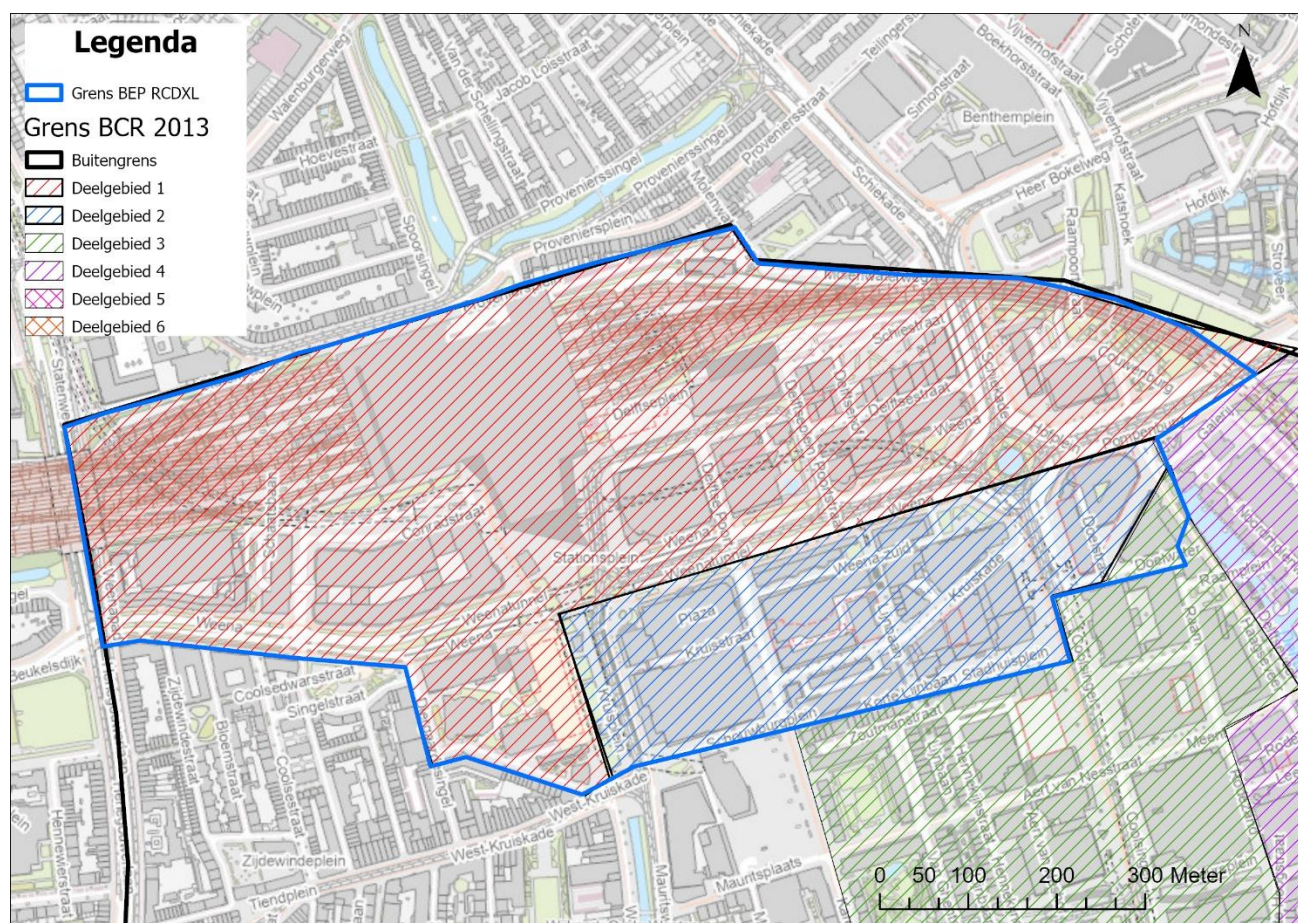
Deze ontwikkelingen worden meegenomen in de actualisatie van het bodemenergieprogramma om de inzet van bodemenergie beter af te stemmen op de stedelijke energietransitie.

3 Analyse van het RCD-XL Gebied

3.1 Gebiedsbeschrijving en plangrenzen

Het Rotterdam Central District XL (RCD-XL) is een reeds hoogstedelijk gebied rond het Centraal Station, met een mix van woningen, kantoren, commercieel vastgoed en nieuwbouwwontwikkelingen. Dit gebied, dat nog verder wordt verdicht, is sterk afhankelijk van koeling vanwege de hoge dichtheid van gebouwen en de beperkte ruimte voor traditionele energieoplossingen. De komende jaren worden er nog zo'n 100.000 m² kantoren en 4000 woningen toegevoegd. Daarnaast worden veel bestaande kantoren gerenoveerd. De plangrenzen zijn vastgesteld op basis van de invloedssfeer van bodemenergiesystemen en de ruimtelijke ontwikkelingen in het gebied. Daar waar het plangebied RCD-XL de plangrenzen uit het BCR overlappen, vervalt het BCR (Figuur 4). Binnen de grenzen wordt gekeken naar de optimale verdeling van open bodemenergiesystemen. De plangrenzen volgen voor een groot deel de grenzen van deelgebieden 1 en 2 uit het BCR. Er zijn echter ook 2 belangrijke verschillen:

1. Een stuk van deelgebied 3 rondom Doelwater is opgenomen in de plangrenzen van het RCD-XL gebied om ruimte te bieden aan de ontwikkelingen van Rise voor open bodemenergie.
2. Het RCD-XL gebied volgt in het Noordoosten de noordelijke rand van het spoor en overlapt daarmee niet geheel grens van deelgebied 1 uit het BCR.

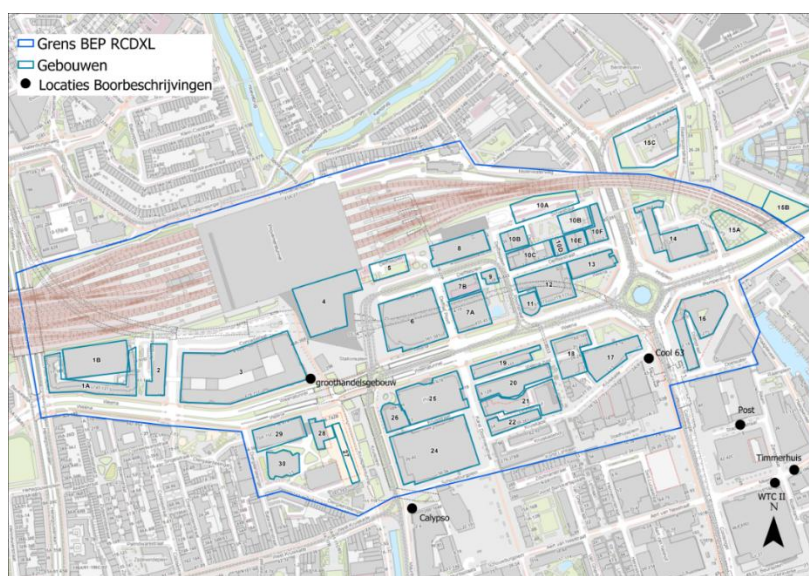


Figuur 4 Overlap tussen plangrens RCD-XL en het BCR 2013

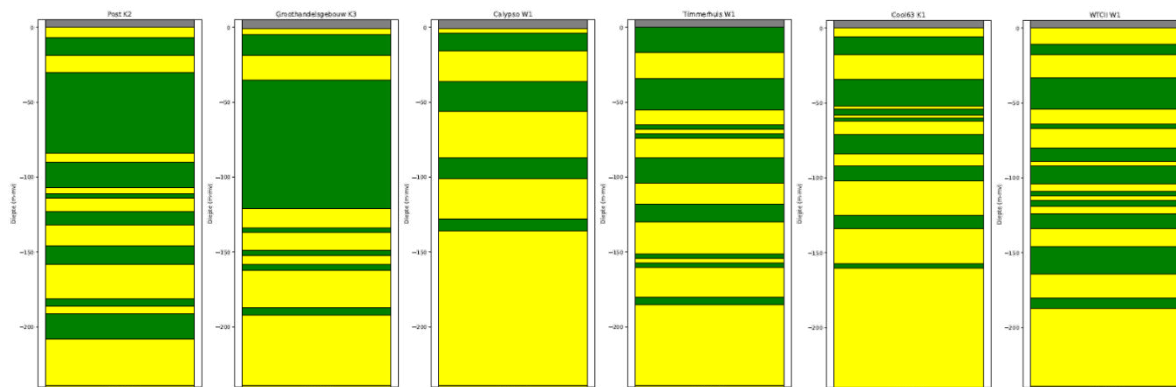


vormen. Het hierboven genoemde 3^e watervoerende pakket wordt daarmee omsloten door de derde kleiige eenheid van Waalre aan de bovenzijde en de 1^e kleiige eenheid van de formatie van Oosterhout aan de onderkant. In het verleden werd dit pakket beschreven als het gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket. In het technisch achtergrond document is opgenomen met welke laagindeling is gerekend en welke horizontale en verticale doorlatendheden zijn toegekend aan de modellen. Een uitgebreide uiteenzetting waarom het filtertraject in de hier genoemde laag moet worden geplaatst is opgenomen in Bijlage 8.1.1.

Tijdvak	Periode (x1000 jaar geleden)	Milieu in Rotterdam	Belangrijke geologische formaties in de regio
Holoceen	Heden-11,7	Actieve getijdengebieden, veenvorming, zeespiegelstijging, menselijke inpoldering	Formatie van Naaldwijk (afwisseling van veen, klei, getijdenzand), ondergrond (>0–15 m)
Laat-Pleistoceen	11,7-126	Vlechtend en meanderend fluvioglaciale afzettingen, lage zeespiegel, windafzettingen	Formatie van Kreftenheye (Maas/Rijn-rivierafzettingen) diepe ondergrond (>15–35 m)
Midden-Pleistoceen	126-800	Oude riviersystemen, estuaria, geen gletsjerbedekking, maar wel koudere fasen met smeltwaterafzettingen	Formatie van Peize en Waalre (rivierafzettingen, afwisselend zand/klei) — in diepe ondergrond (>35–100 m)
Vroeg-Pleistoceen	800-2.580	Ondiep marien, Kustvlakten, rivierdelta's, afwisseling zout/zoet milieu	Formatie van Maassluis (marien tot brak, delta-afzettingen) diepe ondergrond (>100–240 m)



Figuur 6 Locaties van diepe boringen die zijn gebruikt bij de bodembeschrijving van het RCD-XL gebied



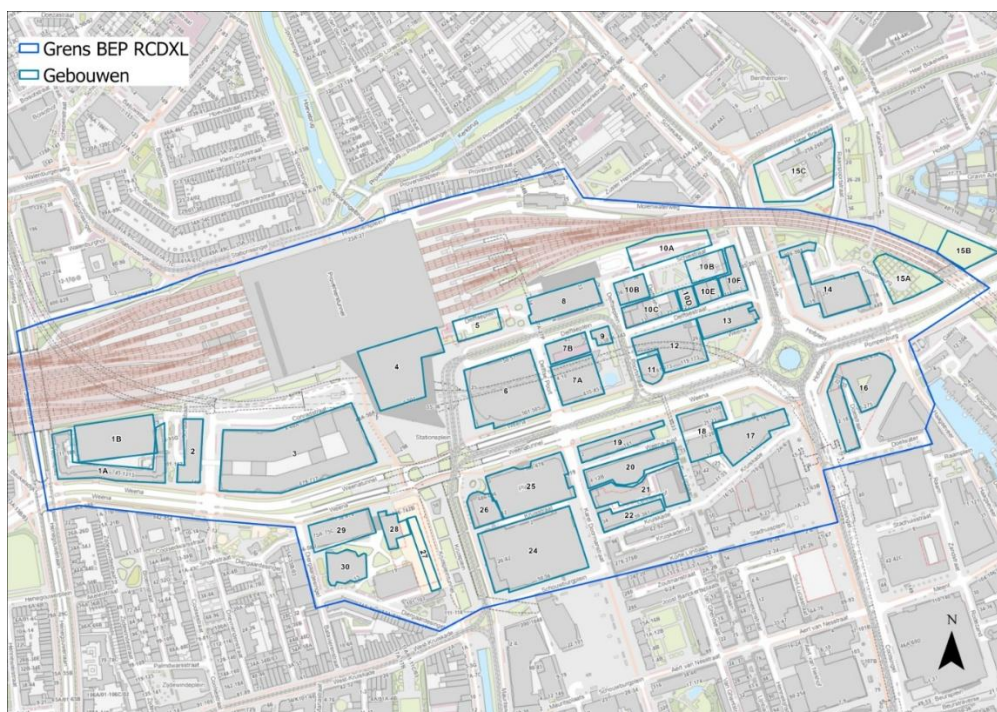
Figuur 7 Vergelijking van watervoerende (geel) en scheidende lagen(groen) voor de verschillende boorlocaties van een diepte van 0 tot en met 240 meter beneden maaiveld.

3.4 Huidige en verwachte energievraag

De energievraag in RCD-XL wordt gedomineerd door de behoefte aan koeling, vooral voor kantoren en commerciële functies. Daarnaast bestaat het gebied in de toekomst voor een belangrijk deel uit gebouwen met appartementen waarbij de behoefte aan warmte weer groter is. Op dit moment is het aantal open bodemenergiesystemen binnen het RCD-XL gebied nog beperkt. De toename van concrete nieuwbouwprojecten en herontwikkelingen vergroot de vraag naar duurzame energieoplossingen.

Om een inschatting te kunnen maken van de verwachte energievraag is het gebied opgedeeld en is per gebouw een inventarisatie gemaakt wat de huidige vraag of de vraag in de toekomst kan zijn. Daarmee wordt gekeken naar de mogelijkheid om de vraag en het bodemzijdige aanbod beter op elkaar af te stemmen door clustering en efficiëntere benutting van de bodem. De gebouwen die zijn opgenomen in de inventarisatie zijn weergegeven in (Figuur 8) De uitkomsten van de inventarisatie van de koude vraag per gebouw is als tabel opgenomen in bijlage 8.2.3. De keuze om te dimensioneren op de koudevraag is tweeledig. Enerzijds omdat er een aansluitplicht is op stadswarmte in dit gebied. Anderzijds omdat er geen ruimte in het gebied is om te dimensioneren op de warmtevraag.

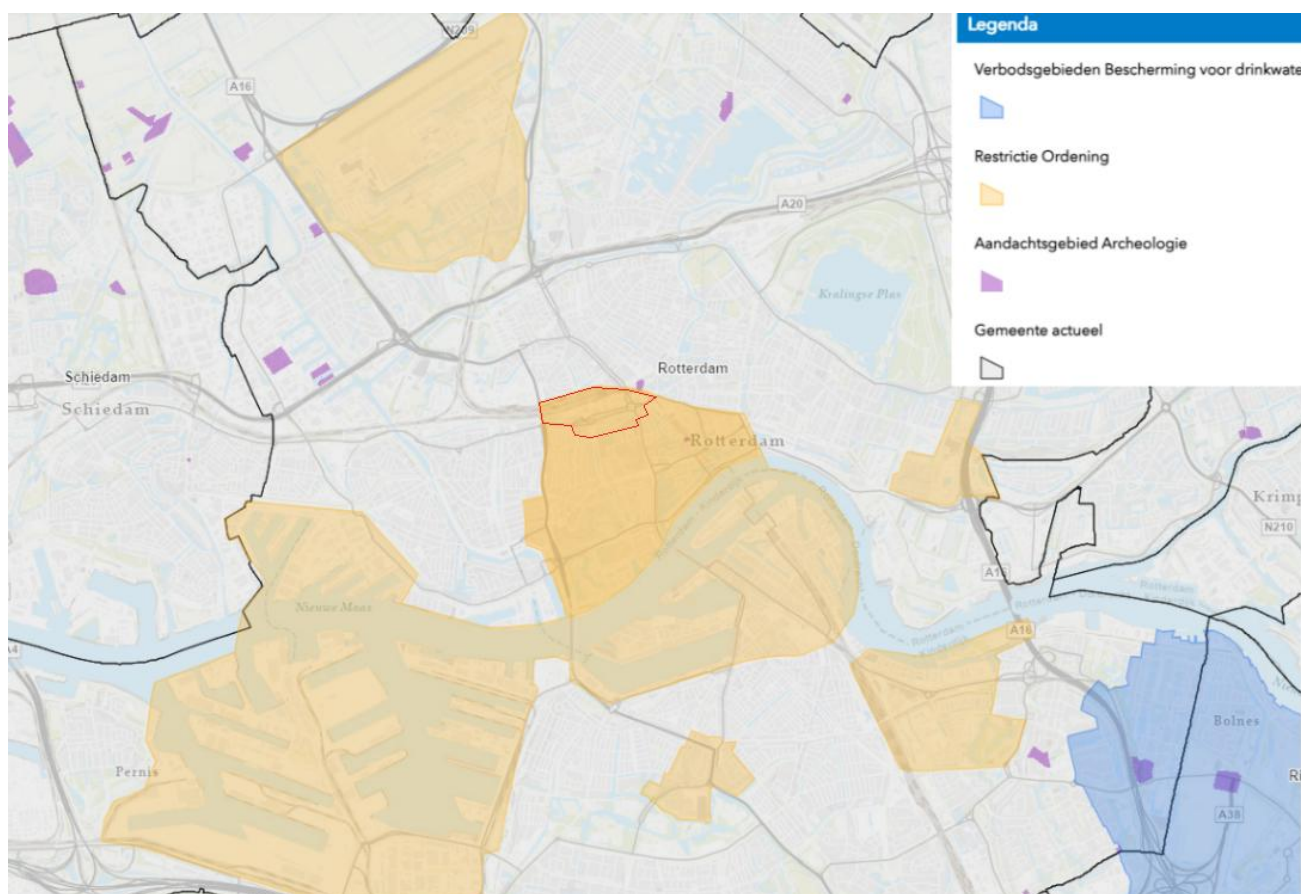
Een deel van de gebouwen heeft geen bestaande of concrete plannen voor bodemenergie. Voor deze gebouwen is een inschatting gemaakt van de mogelijke koudevraag, aangezien deze vraag leidend is voor het OBES ontwerp. De koudevraag is gebaseerd op het aantal vierkante meter per functie (wonen, kantoor, hotel) per bestaand of nieuwbouw-gebouw. De kengetallen om het aantal vierkante meter om te zetten naar de energetische vraag zijn opgenomen in bijlage 8.2.1. Vanuit de koudevraag kan aan de hand van andere kengetallen vervolgens het te verwachten debiet per jaar en per uur worden bepaald. Hieruit komt een inschatting van het aantal doubletten dat gewenst is om aan de koudevraag te voldoen. In de technische beschrijving is opgenomen waar de doubletten in het model zijn geplaatst (X, Y locatie en filterdieptes). Bij het kiezen van deze locaties is voornamelijk rekening gehouden met de inpassing in de diepe ondergrond. **Aan deze locaties kunnen geen rechten worden ontleend.**



Figuur 8 Indeling gebouwen t.b.v. de inventarisatie van de energetische vraag

3.5 Specifieke beschrijvingen van milieubeschermingsgebieden

Binnen en rondom de gemeentegrenzen van Rotterdam bevinden zich verschillende milieubeschermingsgebieden, zoals [grondwaterbeschermingszones en boringvrije zones](#) (Figuur 9). Deze zones liggen echter op een dermate grote afstand van het plangebied RCD-XL dat invloed van open bodemenergie op deze gebieden wordt uitgesloten. Wel liggen er aandachtsgebieden voor Archeologie in de buurt van de gebiedsgrenzen van het RCD-XL gebied. Met name bij de inpassing van bronnen moet rekening worden gehouden met gebieden met een verhoogde kans op Archeologische vondsten. De "Restrictie Ordening" in Figuur 9 geeft aan waar gesloten bodemenergiesystemen enkel zijn toegestaan tot een diepte van 80 meter, en open bodemenergiesystemen van 80 tot 240 meter. De verticale knip om gesloten en open bodemenergiesystemen van elkaar te scheiden is vastgesteld in de gemeentelijke [Verordening bodemenergiesystemen Rotterdam](#).



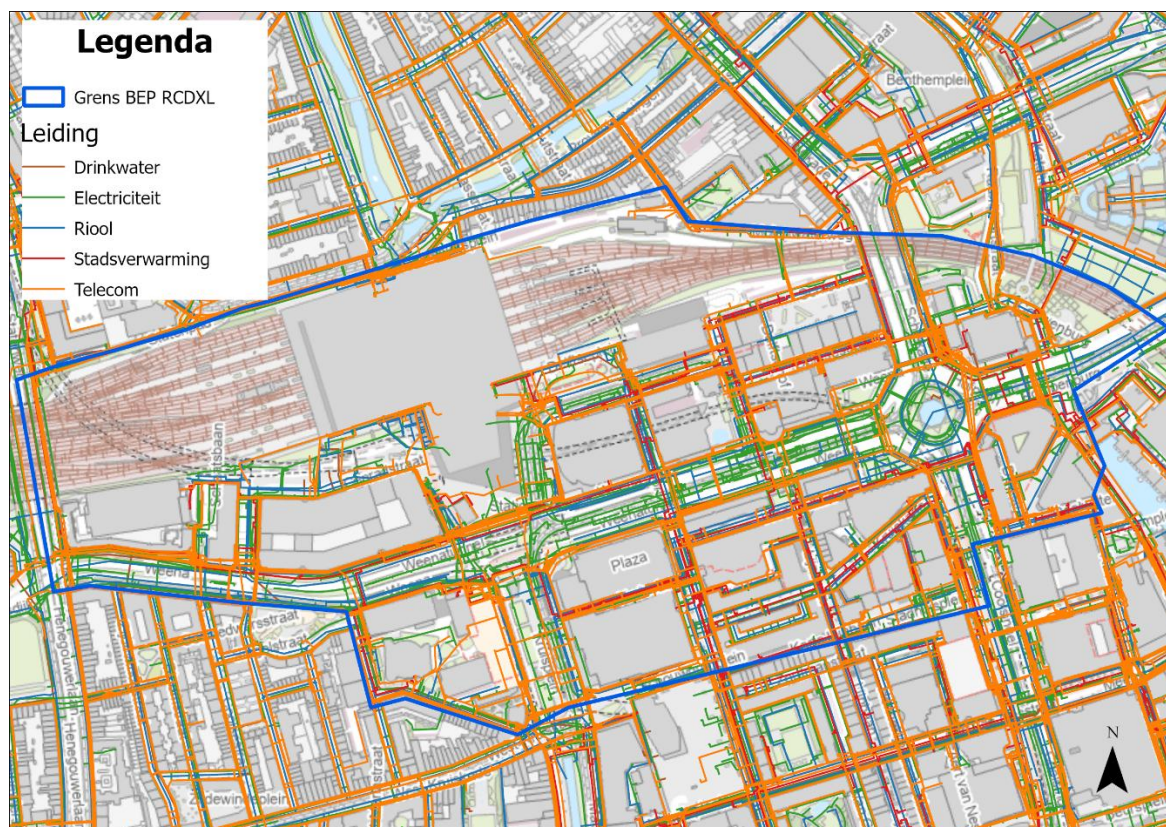
Figuur 9 Aandachtsgebieden in en rondom de grenzen van het RCD-XL gebied (in rood) (bron: [wkotool](#))

3.6 Ondergrondse en bovengrondse inrichting

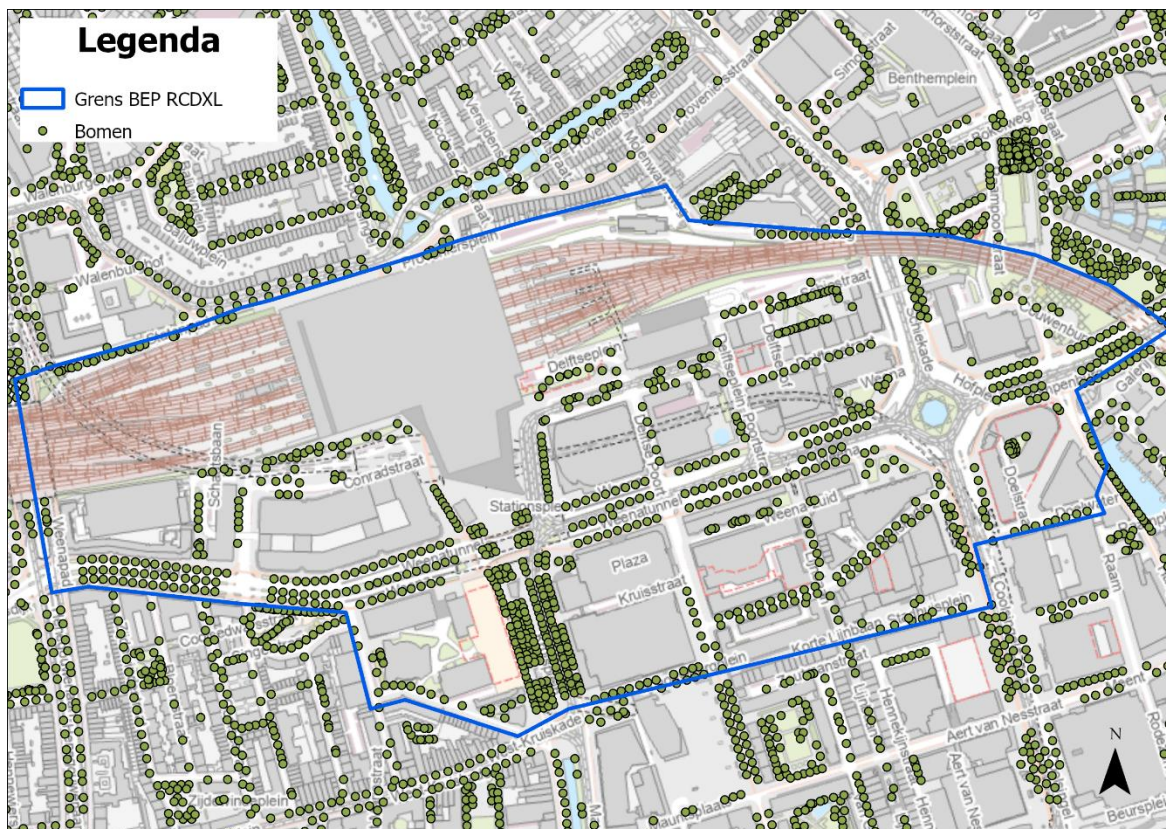
De ondergrondse ruimte in RCD-XL is beperkt door de aanwezigheid van kabels en leidingen (Figuur 10), bestaande bodemenergiesystemen, bomen en groenvoorzieningen (Figuur 11), infrastructuur zoals tram, metro- en treinverbindingen, funderingen van hoogbouw en ondergrondse parkeergarages.

De balans tussen bovengrondse en ondergrondse belangen speelt een cruciale rol in de uiteindelijke verdeling van bodemenergiesystemen. Dit bodemenergieprogramma houdt beperkt rekening met de complexe ondergrondse en bovengrondse situatie. De reden hiervoor is tweeledig:

1. De boven en ondergrondse inrichting van het plangebied is aan verandering onderhevig en zou elke maand moeten worden ge-update om deze veranderingen te kunnen volgen. Uit de evaluatie van het BCR is gebleken dat een bodemenergieprogramma beter bestand moet zijn tegen veranderingen in de buitenruimte.
2. Het detailniveau van broninpassing past beter in de effectenstudie (t.b.v. aanvraag omgevingsvergunning) waar rekening kan worden gehouden met de bestaande of nieuw te ontwikkelen situatie.



Figuur 10 Riool en leidingen binnen het RCD-XL gebied. De hoge dichtheid van ondergrondse kabels en leidingen kan inpassing van bronnen een uitdaging maken.



Figuur 11 Schematische weergave van bomen in openbaar gebied binnen het gebied RCD-XL. Zowel de boomkruin als boomwortels kunnen een belemmering vormen bij de inpassing van bronnen.



3.7 Omgevingsbelangen

De omgevingsbelangen zijn opgenomen in de onderstaande tabel. Het is van belang om bij de vergunningsaanvraag onderstaande belangen in detail te wegen. De provincie ziet hier ook op toe.

Onderwerp	Toelichting	Beoordeling
Bodemenergiesystemen	Er liggen bodemenergiesystemen binnen en in de directe omgeving van het plangebied. Er zijn geen gesloten systemen aanwezig.	Aandachtspunt
Interferentiegebied	Gelegen binnen een interferentiegebied, Verordening bodemenergiesystemen Rotterdam is van kracht.	Aandachtspunt
Zettingen	Geen zetting verwacht die invloed heeft op stabiliteit of gebruik omliggende belangen	Geschikt
Grondwaterbescherming	Niet gelegen in een grondwaterbeschermingsgebied	Geschikt
Natuurbelangen	Nieuwe Maas is beschermd natuurgebied, maar vormt geen belemmering voor toepassing	Geschikt
Archeologie	Hoge archeologische verwachting op de rand van het plangebied bij Rotterdam Hofplein; geen aardkundig beschermd gebied binnen plangebied	Aandachtspunt
Aardkundige waarde	Niet gelegen in een gebied met een aandachtspunt voor aardkundige waarden	Geschikt
Verontreinigingen	Ondiepe verontreinigingen aanwezig, met name verhoogde kans op sterk verontreinigde grond in de driehoek van het plangebied tussen Weena, Kruisplein en Diergaardesingel. Geen diepe verontreinigingen aanwezig.	Aandachtspunt
Waterkering	Niet gelegen binnen beschermingszone	Geschikt
Spoor	Trein, Metro en Tram vormen een beperking voor de inpassing van de bronnen en een aandachtspunt bij plaatsing.	Aandachtspunt
Begraafplaats	Geen begraafplaats in plangebied	Geschikt
Ondergrondse infrastructuur	Ondergrondse parkeerplaats, metrotunnels en kwetsbare leidingen aanwezig	Aandachtspunt
Niet gesprongen explosieven	Geen blindgangers of explosieven aanwezig binnen interessegebied. Er is bij de bouw van The Modernist onderzocht of een blindganger aanwezig was, maar deze is niet aangetroffen.	Geschikt



4 Beleidskader wet en regelgeving

4.1 Gemeentelijk en provinciaal beleid, inclusief bruidsschat

Het bodemenergieprogramma RCD-XL moet aansluiten op het bredere duurzaamheids- en energiebeleid van de gemeente Rotterdam en de provincie Zuid-Holland. Binnen de Omgevingswet heeft de gemeente de mogelijkheid om regels voor bodemenergie vast te stellen via het omgevingsplan. Daarnaast geldt de zogenaamde bruidsschat: een pakket aan regels over bodemenergie die van kracht blijven totdat de gemeente deze bruidsschatregels heeft omgezet naar het definitieve omgevingsplan.

De provincie Zuid-Holland is bevoegd gezag voor open bodemenergiesystemen. De aanleg van deze systemen is vergunningplichtig onder de Omgevingswet. Hierbij gelden juridische voorwaarden zoals:

- Een maximale gemiddelde infiltratietemperatuur van 25 °C (tenzij anders toegestaan).
- Geen ontoelaatbare negatieve invloed op bestaande systemen of verzilting van zoet grondwater.
- Koudeoverschot toegestaan; warmteoverschot verboden (behoudens uitzonderingen).

4.2 Doelstellingen op het gebied van duurzaamheid en energie

Rotterdam heeft ambitieuze duurzaamheidsdoelen, zoals het streven naar een CO₂-neutrale stad in 2050 en het verminderen van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. Dit plan draagt bij aan die doelen door de inzet van bodemenergie als duurzame energiebron te optimaliseren. Specifieke doelstellingen zijn onder andere:

- Het maximaal benutten van de ondergrondse energiepotentie zonder negatieve milieueffecten.
- Het stimuleren van collectieve aanpak voor de inpassing van OBES om ruimte efficiënt te benutten.
- Het voorkomen van overbelasting van het elektriciteitsnet door de vraag naar elektrische koeling te verminderen.
- Het verminderen van de energievraag voor koude en warmte door gebouwszijdige maatregelen, zoals isoleren en zontoetreding beperking.
- Het verminderen van het Heat Island Effect door nieuwe airco's en warmtepompen te voorkomen.

4.3 Toetsingskaders en beleidsregels (Waterprogramma, Omgevingsverordening)

Bodemenergie in Rotterdam valt onder een complex stelsel van regelgeving op nationaal, provinciaal en gemeentelijk niveau. Relevant zijn onder andere:

- **Regionaal Waterprogramma Zuid-Holland:** bevat randvoorwaarden voor bodemenergiesystemen.
- **Omgevingsverordening Zuid-Holland (ZHOV):** stelt regels voor interferentiegebieden en beschermingszones.
- **Omgevingswet:** bepaalt de vergunningsplicht voor open systemen; de provincie hanteert hiervoor de openbare voorbereidingsprocedure. Een deel van de omgevingsvergunning omvat ook de voorwaarden voor het lozen van ontwikkelwater. Voorheen moest de lozingsvergunning worden aangevraagd bij de gemeente.
- **Verordening Bodemenergiesystemen Rotterdam:** In het RCD-XL gebied is de verordening bodemenergiesystemen Rotterdam van kracht die onder andere regelt dat gesloten



bodemenergiesystemen worden toegestaan tot een diepte van 80 meter onder maaiveld (zie Figuur 9).

- De vergunning voor het lozen van ontwikkelwater maakt deel uit van de omgevingswet en wordt niet meer als losse lozingsvergunning bij de gemeente aangevraagd.

4.4 Relatie met de energietransitie en Omgevingswet

De energietransitie vraagt om innovatieve oplossingen, waaronder duurzame bodemenergiesystemen. Het bodemenergieprogramma moet daarom afgestemd zijn op:

- De Rotterdamse Warmtevisie: het bodemenergieprogramma sluit hierop aan en wordt afgestemd op het warmteprogramma vanaf 2026.
- De Wet collectieve warmtevoorziening (Wcw) en de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw): deze geven gemeenten meer sturingsmogelijkheden in de warmtetransitie.
- De Omgevingswet: deze beschouwt bodemenergie als integraal onderdeel van gebiedsontwikkeling.

Door integrale beleidsontwikkeling en afstemming tussen wet- en regelgeving, wordt beoogd de bijdrage van bodemenergie aan de energietransitie te versterken en tegelijkertijd juridische en milieutechnische kaders te borgen.



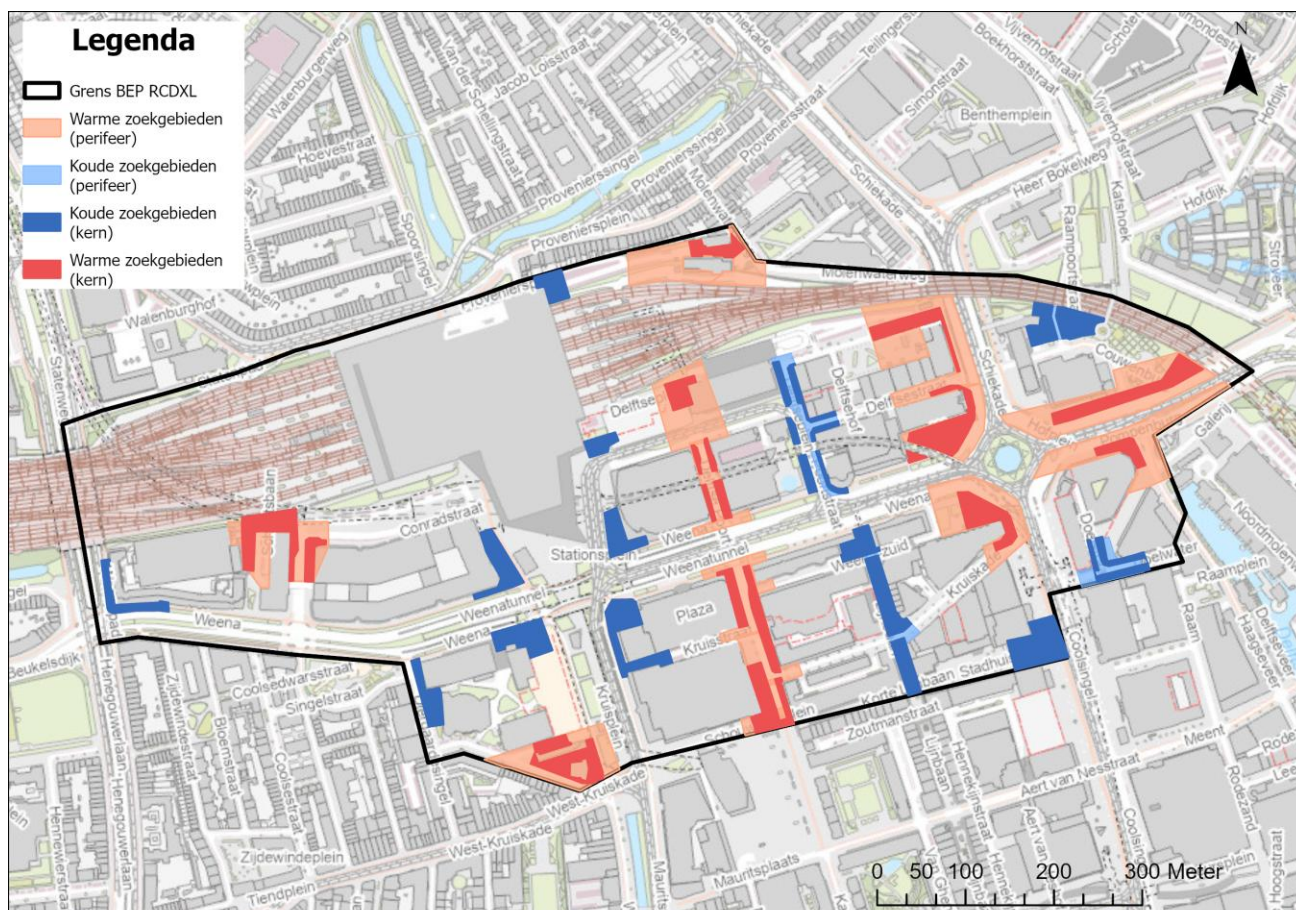
5 Planvoorstellen voor Bodemenergie

5.1 Toewijzing van warme- en koudezones

Om de beschikbare ondergrondse ruimte optimaal te benutten, zijn binnen het RCD-XL gebied specifieke **warme- en koudezones** aangewezen (Zie figuur 12). De toewijzing van deze zones is gebaseerd op het CARROT-model en houdt rekening met de toekomstige groei van het gebied. In het technische achtergrond document zijn de bronlocaties opgenomen ten behoeve van de modellering. Deze locaties zijn gekozen op basis van het energetisch aanbod van de bodem. Er is enkel rekening gehouden met de ligging van trein, tram, metrobanen en drukke wegen. Voor de daadwerkelijke inpassing van nieuwe bronlocaties moet zowel de ondergrondse als bovengrondse infrastructuur worden meegenomen. Het is belangrijk om de inpasbaarheid en vergunning technische haalbaarheid van bronlocaties tijdig af te stemmen. Hierbij moet niet alleen rekening gehouden worden met de inpassing tijdens aanleg van het systeem maar ook met (publiek) ruimtegebruik door onderhoud.

Er is gekozen om de zoekgebieden (naast warme en koude zones) op te delen in warme en koude kernzones met daaromheen een perifeer zoekgebied. Uit de evaluatie van het BCR 2013 is gebleken dat de zoekgebieden na verloop van tijd niet meer aansloten bij de inpassing van de bronnen. Daarom houden we voor het Bodemenergieprogramma RCD-XL vast aan de warme en koude zoekgebieden maar staan we onder strikte voorwaarden plaatsing in de aangewezen perifere zones toe. De eisen hiervoor zijn verderop in dit hoofdstuk opgenomen.

Uit de berekeningen is gebleken dat er enkel voldoende capaciteit in de bodem is om alle bekende ontwikkelingen, inclusief renovaties van bestaande gebouwen, te voorzien van duurzame koeling en warmte uit de bodem, mits gebruik wordt gemaakt van de volledige dikte van het 2e en 3e watervoerende pakket. In deze analyse is er gekeken wat er werkelijk gebruikt wordt van de verleende debieten. Het positioneren van de verschillende nieuwe bronnen met omringende bestaande gebouwen en nieuwe ontwikkelingen vraagt om nauwe afstemming. Vooral in het gebied aan weerszijden van het Weena is deze afstemming zeer noodzakelijk.



Figuur 12 Indeling warme en koude zoekgebieden. De warme zoekgebieden zijn opgedeeld in een kerngebied in rood met daaromheen een perifeer deel in oranje. De koude zoekgebieden bestaan uit een donkerblauwe kern met een perifeer gebied in lichtblauw. Afwijken van het kerngebied naar het perifeer gebied is enkel onder strikte voorwaarden toegestaan.

5.2 Collectieve Aanpak versus individuele systemen

Omdat de ruimte zowel in de bovengrond, ondiepe ondergrond en diepe ondergrond beperkt is wil de gemeente het aantal bronlocaties minimaliseren en de capaciteit per bron maximaliseren. Om dit voor elkaar te krijgen is een collectieve aanpak vaak nodig.

Binnen RCD-XL wordt gekeken naar een balans tussen collectieve aanpak voor OBES en individuele bodemenergiesystemen. Een collectieve aanpak, waar meerdere gebouwen aangesloten worden op één energiebron of nauwe afstemming plaats vindt over de bronverdeling, zorgen voor een efficiëntere benutting van de ondergrond en betere afstemming tussen open bodemenergiesystemen. Individuele systemen kunnen echter flexibeler zijn en beter inspelen op specifieke gebouwbehoeften.

Om de ruimte zo optimaal mogelijk te benutten is het van belang om eerst de grote ruimte in de diepe ondergrond te vullen met gemaximaliseerde systemen om vervolgens te kijken hoeveel ruimte er over blijft voor kleinere systemen of monobronnen. Monobronnen zijn daarom niet toegestaan. Dit bodemenergieprogramma zal periodiek worden herzien om te kunnen beschouwen of hieraan vast moet worden gehouden of dat we hier in de toekomst van af zullen wijken.



5.3 Gebruiksregels

Naast technische en ruimtelijke kaders zijn er gebruiksregels opgesteld. Deze regels bepalen hoe nieuwe bodemenergiesystemen worden ingepast in het gebied. De gebruiksregels zijn hieronder in willekeurige volgorde opgenomen.

1. Voorkeursvolgorde grondgebruik
Bronnen en leidingwerk worden gerealiseerd op eigen terrein. Indien dat aantoonbaar niet mogelijk is, kan gebruik worden gemaakt van terrein van derden, waaronder gemeentelijk terrein. In dat geval wordt bij de vergunningaanvraag schriftelijke toestemming van de betreffende grondeigenaar gevoegd.
2. *Soort bodemenergiesysteem*
Het open bodemenergiesysteem moet worden uitgevoerd als een doubletsysteem. Open bodemenergiesystemen uitgevoerd als monobron- of recirculatiesystemen zijn niet toegestaan.
3. Diepte bronfilters.
De bronfilters van een doubletsysteem worden gerealiseerd vanaf de onderste zandige eenheid van de Formatie van Peize tot en met de onderste zandige eenheid van de Formatie van Maassluis, met een minimale filterlengte van 40 meter.
Warme bronfilters worden in beginsel gerealiseerd binnen een diepte van circa 80 tot 190 meter beneden maaiveld. Koude bronfilters worden in beginsel gerealiseerd binnen een diepte van circa 160 tot 250 meter beneden maaiveld.
De exacte filterstelling wordt bepaald op basis van een 3D-geohydrologisch ontwerp, waarbij:
 - De gekozen filterstelling past binnen de lokale bodemopbouw;
 - Negatieve thermische interferentie wordt voorkomen;
 - Hydrologische effecten binnen de gestelde grenswaarden blijven; en
 - De gekozen diepteverdeling doelmatig is voor het functioneren van het systeem en de toekomstige inpasbaarheid van andere systemen.
4. Positionering bronputten
Voor de inpassing van bronputten gelden de volgende regels:
 - Bronputten moeten op minimaal 100 meter ten opzichte van een ander brontype (afstand tussen warme en koude bronputten) worden geplaatst.
 - Bronputten moeten op minimaal 20 meter ten opzichte van elkaar (afstand tussen gelijksoortige bronputten) worden geplaatst.
 - Warme en koude bronputten moeten worden gepositioneerd binnen de daarvoor aangewezen warme en koude zones (zie figuur 12).
De zones zijn onderverdeeld in kernzones (donker rood en donker blauw) en perifere zones (licht rood en licht blauw).

Binnen kernzones (zoekgebied) geldt:

Uit de effectenstudie ten behoeve van het verkrijgen van een omgevingsvergunning moet gebruik worden gemaakt van een 3D-geohydrologisch model waarin de filters van het (aangevraagde) systeem worden ingepast. In dit model worden de watervoerende pakketten en scheidende lagen opgenomen op basis van REGIS en beschikbare boorgegevens. In de kernzone moeten alle dan bekende OBES initiatieven en bestaandesystemen binnen het invloedsgebied worden doorgerekend.



Binnen perifere zones geldt:

Anders dan in de kernzones moet bij plaatsing van bronputten binnen de perifere zone zowel bestaande systemen als toekomstige systemen (uit de inventarisatie in 8.2.2) cumulatief worden doorgerekend in de effectenstudie. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het 4D CARROT geohydrologisch model. In dit model zijn toekomstige systemen (Uit de inventarisatie voor dit bodemenergieprogramma) opgenomen. Het 4D CARROT geohydrologisch model kan worden opgevraagd bij de gemeente.

5. Samenwerking voor broncapaciteit

Indien in een deelgebied meerdere initiatieven aanspraak maken op dezelfde ondergrondse ruimte, dient tussen de initiatiefnemers de bronverdeling, broncapaciteit en de mogelijke clustering van systemen te worden afgestemd, met als resultaat:

- Een overzicht van de benaderde partijen;
- Een korte beschrijving en besprekingsverslag van het gevoerde overleg;
- De onderzochte alternatieven voor bronverdeling of samenwerking;
- De reden(en) waarom wel of niet tot samenwerking is gekomen.

De gemeente beoordeelt op basis van deze stukken of voldoende is onderzocht of de beschikbare broncapaciteit doelmatig wordt benut. De maximale broncapaciteit per systeem bedraagt binnen het RCD-XL gebied in beginsel 100 m³/uur, tenzij in de onderbouwing wordt aangetoond dat een andere capaciteit ruimtelijk en technisch doelmatig is.

6. Maximale verandering in stijghoogte

De cumulatieve stijghoogteverandering als gevolg van het aangevraagde systeem, in combinatie met relevante bestaande en vergunde systemen, bedraagt niet meer dan 9,5 meter ter plaatse van de bronfilters en in het invloedsgebied zoals bepaald in de effectenstudie.

Deze grenswaarde geldt zowel voor de berekende situatie in de effectenstudie als voor de beoordeling van het ontwerp van het systeem.

7. Thermische interferentie

Uit de cumulatieve thermische effectenstudie moet blijken dat het aangevraagde systeem geen noemenswaardige negatieve thermische interferentie veroorzaakt bij bestaande, vergunde en in de studie betrokken toekomstige open bodemenergiesystemen.

Van noemenswaardige negatieve thermische interferentie is sprake indien het aangevraagde systeem tijdens de beschouwde modelperiode leidt tot:

- Meer dan 0,5 °C temperatuurverlaging in een warme bronput of het relevante filtertraject daarvan; of
- Meer dan 0,5 °C temperatuurverhoging in een koude bronput of het relevante filtertraject daarvan.

Bij het ontwerp wordt daarnaast rekening gehouden met een achtergrondbeïnvloeding van maximaal 0,5 °C door omliggende systemen.

8. Ontwerpen op koudevraag

Ontwerpuitgangspunt is de geprognostiseerde koudevraag van het gebouw. Deze wordt per gebouw afgeleid uit de tabel in paragraaf 8.2.3 en, indien de gebouwmvang daarvan afwijkt, herberekend op basis van de kentallen per m² uit paragraaf 8.2.1.

Indien de initiatiefnemer uitgaat van een andere ontwerpvrage, wordt dit bij de aanvraag gemotiveerd met een project specifieke berekening.



9. Ontwerpreserve

Bij het ontwerp van nieuwe systemen wordt rekening gehouden met een extra stijghoogteverandering van minimaal 2 meter ter plaatse van de bronfilters, als ontwerpreserve voor hydrologische beïnvloeding door andere open bodemenergiesystemen in het plangebied.

10. Energetische balans ondergrond

Het open bodemenergie systeem moet uiterlijk vijf jaar na ingebruikneming een balans bereiken waarop de totale hoeveelheid warmte in megawattuur die aan de bodem is toegevoegd niet groter is dan de totale hoeveelheid koude in megawattuur die aan de bodem is toegevoegd. De balans moet vervolgens elke drie jaar opnieuw worden bereikt. Vanaf twee jaar na ingebruikneming kan het bevoegd gezag, wanneer blijkt dat de balans zich aantoonbaar in een ongunstige richting ontwikkelt en de onbalans toeneemt, het initiatief nemen om betrokken partijen bijeen te brengen. In een dergelijk overleg worden de meetresultaten en inzichten van de afgelopen periode besproken en wordt gezamenlijk verkend welke maatregelen of optimalisaties passend zijn om de balans alsnog te realiseren. Indien nodig kan in overleg met het bevoegd gezag een plan van aanpak worden opgesteld, waarin wordt vastgelegd welke stappen worden genomen om de balans te bereiken

11. Indien het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan een gebruiksregel te voldoen, kan na overleg en goedkeuring hiervan worden afgeweken. Een onderbouwing van de afwijking wordt bij de vergunningaanvraag gevoegd en ingediend bij de Omgevingsdienst Haaglanden. In de onderbouwing moet worden opgenomen waarom op het gebied van inpasbaarheid en/of rendement en/of effectiviteit moet worden afgeweken. Een kostenafweging is onvoldoende reden. De Omgevingsdienst stemt dit vervolgens af met de gemeente en de provincie.



6 Effecten en Milieuwinst

Dit hoofdstuk beschrijft de hydrologische en thermische effecten van de modellering. De modellering laat zien dat er geen negatieve effecten zijn berekend voor zowel interferentie warmte-koude als drukverschillen in de ondergrond, door het retourneren en onttrekken van grondwater. Ook is berekend dat er geen significante kans op zettingen ontstaat door de drukverschillen in de ondergrond. De zettingsberekening is opgenomen in paragraaf 8.3.

Om de thermische interferentie zo klein mogelijk te houden zijn de niet bestaande systemen verdeeld in het horizontale vlak (binnen de kerngebieden uit Figuur 12) en in de diepte. Hierbij zijn de filters voor de warme bronnen en de koude bronnen grotendeels in de diepte van elkaar gescheiden.

In de onderstaande tabel zijn de filterstellingen van de niet bestaande systemen opgenomen. De koude bronnen hebben een totale filterlengte van 50 meter en de warme bronnen van 51 meter.

Om te analyseren waar in het 4D model de grootste hydrologische en thermische veranderingen optreden moeten alle filterlocaties in de ruimte (270 locaties) en in de tijd (25 jaar) worden getoetst.

Om dit te kunnen doen is een script geschreven dat de output in stijghoogte en temperatuur in de ondergrond op al deze punten ophaalt en de minimale en maximale waarden teruggeeft. Op die manier kunnen de maximale veranderingen in stijghoogte worden bepaald. Ook is hiermee de thermische interferentie gekwantificeerd door de bepalen of te temperatuur rondom een koude bron ergens een waarde van 12,5 of hoger bereikt, of dat een warme bron ergens een temperatuur van 11,5 of lager bereikt. Dit is op geen enkele plaats het geval. De resultaten zullen worden gedeeld als bijlage bij dit bodemenergieprogramma als Excel document.

Tabel 1 Diepte filters gemodelleerde niet bestaande OBES

Diepte (meter)	Filters warme bron	Filter koude bron
-92 tot -112	x	
-130 tot -151	x	
-160 tot -170	x	
-170 tot -180		x
-185 tot -195		x
-205 tot -215		x
-220 tot -240		x

6.1 Hydrologische effecten

De aanleg en exploitatie van bodemenergiesystemen kunnen invloed hebben op verschillende hydrologische aspecten in het RCD-XL gebied. Open systemen onttrekken en infiltreren grondwater, wat kan leiden tot veranderingen in stromingsrichtingen, stijghoogten en drukverschillen in de bodem. Dit kan van invloed zijn op omliggende watergebruikers, zoals andere bodemenergiesystemen of grondwatergevoelige infrastructuur.

In de onderstaande tabel is het maximale verschil in stijghoogte weergegeven voor het freatisch pakket, het 1^e WVP en voor de locaties waar open bodemenergiebronnen zijn gemodelleerd.

Laag	Maximaal stijghoogte	verschil	in
freatisch	3,3 millimeter		
1 ^e watervoerende pakket	2,0 centimeter		
Van 100 – 240 meter beneden maaiveld	8,50 meter		



6.2 Thermische effecten

Bij bodemenergie wordt warmte en koude in de bodem opgeslagen, wat kan leiden tot thermische invloeden op het grondwatersysteem. Onbalans tussen warmtevraag en koudevraag kan bijvoorbeeld leiden tot ongewenste opwarming of afkoeling van de ondergrond, wat de efficiëntie van systemen in de buurt beïnvloedt. Om de thermische effecten in de ruimte en de tijd te kunnen beoordelen is de output van de modellering opgenomen in het Rotterdam3D Digital Twin model. De modeloutput is op dit moment niet voor iedereen toegankelijk. Op aanvraag kan het model (zowel input als output) worden ingezien bij de gemeente Rotterdam. De viewer zonder thermische modelinput is te bekijken via [3D Rotterdam](#). In het technische achtergrond document zijn enkele doorsneden opgenomen om een beeld te krijgen bij de viewer.

6.3 Mogelijke zettingen

Bij de aanleg van diepe bronnen of het langdurig onttrekken van grondwater kan in sommige gevallen bodemdaling of zetting optreden. Het risico op zettingen is in het RCD-XL gebied klein. De veranderingen in druk door onttrekken en infiltreren van grondwater is aanzienlijk op een diepte tussen de 100 en 240 meter, maar 'dooft' uit door de dikke kleipakketten tussen de 100 en 35 meter diepte. De kans op zettingen aan maaiveld of zettingen van diepe paalfunderingen door toedoen van deze drukverschillen is verwaarloosbaar. Andere putconfiguraties of een andere bodemopbouw kunnen leiden tot een verschil in druk. In **paragraaf 8.3** zijn de resultaten van indicatieve zettingsberekeningen weergegeven, uitgevoerd door Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam. Bij het maken van een effectenstudie voor een individueel systeem zal altijd moeten worden beschouwd of de kans op zettingen door toedoen van het OBES verwaarloosbaar klein blijft.

6.4 Bijdrage aan CO₂-reductie en koppeling met WAT Kaart 3.0 Rotterdam

Bodemenergie speelt een belangrijke rol in de verduurzaming van de gebouwde omgeving en de vermindering van CO₂-uitstoot. In dit hoofdstuk wordt de verwachte bijdrage van bodemenergie aan de Rotterdamse klimaatdoelen berekend op basis van:

- De hoeveelheid fossiele energie die wordt vervangen door OBES.
- De impact op het verminderen van piekbelasting op het elektriciteitsnet.
- De synergie tussen bodemenergie en andere duurzame energiebronnen, zoals riothermie of warmtenetten.

Daarnaast sluit het bodemenergieprogramma direct aan bij de **Rotterdamse Transitievisie Warmte** en het Project WAT Kaart 3.0 Rotterdam. De WAT Kaart 3.0 is een instrument dat de warmtetransitie per wijk in kaart brengt en inzicht geeft in welke duurzame warmtebronnen het meest geschikt zijn. Binnen RCD-XL is bodemenergie een van de voorkeursopties voor duurzame koeling en verwarming, gezien de hoge dichtheid van kantoren en hoogbouw. Dit plan zorgt ervoor dat bodemenergie strategisch wordt ingepast in de bredere warmtestrategie van Rotterdam en ondersteunt de ambities om in 2050 CO₂-neutraal te zijn.

Om de aansluiting met de WAT Kaart 3.0 te waarborgen, worden de volgende stappen genomen:

- Vergelijking van het bodemenergiepotentieel met andere duurzame warmtebronnen in de regio.
- Afstemming met het warmteprogramma van Rotterdam, waarin de transitie naar aardgasvrije gebouwen is vastgelegd.
- Borging in de gemeentelijke beleidskaders, zodat bodemenergie een vaste plek krijgt in de lange termijn plannen voor energievoorziening.



7 Aanbevelingen

7.1 Samenvatting van de bevindingen

Het bodemenergieprogramma RCD-XL biedt een geactualiseerd kader voor de ordening en benutting van bodemenergie binnen het stedelijk gebied. Uit de analyse blijkt dat:

- De energievraag in RCD-XL sterk is gegroeid, met name door de toenemende behoefte aan duurzame koeling voor hoogbouw en kantoren. Dit zorgt ervoor dat alleen voldoende ruimte voor alle energievraag is als er intensief afgestemd wordt over situering en diepte van de nieuwe bronnen.
- De ondergrondse potentie van bodemenergie groot is, maar dat de ruimtelijke ordening in 4D van systemen noodzakelijk was om interferentie te minimaliseren.
- De samenwerking met Omgevingsdienst Haaglanden (**ODH**) essentieel is, gezien hun rol als bevoegd gezag voor open bodemenergiesystemen.
- Er een structureel afstemmingsproces nodig is met ontwikkelaars, netbeheerders en andere stakeholders om bodemenergie effectief te integreren in de warmtetransitie.

Dit plan vormt een belangrijke stap in het verduurzamen van de energievoorziening in Rotterdam Central District-XL en draagt bij aan de doelstellingen van de Rotterdamse Transitievisie Warmte en de WAT Kaart 3.0.

7.2 Knelpunten en kansen

Hoewel bodemenergie een grote rol kan spelen in de verduurzaming van RCD-XL, zijn er ook uitdagingen:

Knelpunten:

- Ruimtelijke schaarste in de ondergrond, door de aanwezigheid van metro- en spoortunnels, funderingen en andere infrastructuur.
- Onbalans tussen warmtevraag en koudevraag, wat kan leiden tot thermische verstoringen.
- Beperkte monitoring en datadeling, waardoor het lastig is om bodemenergie optimaal te benutten en te handhaven.

Kansen:

- Uitbreiding van de collectieve aanpak voor bodemenergiesystemen, waardoor warmte en koude efficiënter worden uitgewisseld.
- Beter gebruik van data uit vergunningsprocedures en terugkoppeling van die uitgangspunten door monitoring, door intensievere samenwerking met ODH.
- Synergie met andere duurzame bronnen, zoals riothermie en restwarmte, om de warmte- en koudevraag beter in balans te brengen.

7.3 Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling

Om de implementatie van bodemenergie in RCD-XL te versterken, worden de volgende aanbevelingen gedaan:

7.3.1 Versterken van de samenwerking met ODH

Gemeente Rotterdam en de Omgevingsdienst Haaglanden maken procesafspraken over de jaarlijkse uitwisseling en verwerking van gegevens voor het actualiseren van het bodemenergieprogramma en het onderliggende model. Deze afspraken omvatten ten minste: (1) het opnemen van nieuwe en gewijzigde open bodemenergiesystemen, (2) het verwerken van nieuw



beschikbare boringen en andere geohydrologische gegevens in het bodemmodel, (3) het jaarlijks verwerken van de werkelijk verpompte debieten en temperaturen van bestaande systemen, en (4) het omzetten van deze gegevens naar modelinput en het periodiek doorrekenen van het model.

7.3.2 Bevorderen van collectieve aanpak bodemenergiesystemen

- a. Actief sturen door gemeente in samenwerking met gebouweigenaren en ontwikkelaars op de organisatie om clustering van systemen binnen warme- en koudezones mogelijk te maken.

7.3.3 Integratie in bredere energievisie van Rotterdam

- a. Zorgdragen voor een sterke koppeling met de WAT Kaart 3.0 en de Rotterdamse Warmtevisie, zodat bodemenergie een strategische rol blijft spelen in de stad.
- b. Actieve afstemming met netbeheerders en warmtebedrijven, zodat bodemenergie optimaal wordt benut in combinatie met andere duurzame warmtebronnen.



8 Bijlagen

8.1 Nota van Toelichtingen

8.1.1 Bodembeschrijving

Er is op basis van de hydrogeologische eenheden dus sprake van twee verschillende watervoerende pakketten en volgens het geldende Provinciaal Beleid mag er geen grondwateruitwisseling tussen twee verschillende watervoerende pakketten plaatsvinden. Uit het hierboven vermelde Regis II model blijkt echter dat de onderste laag (de Peize-Waalre zandlaag 4) van het 2^e watervoerende pakket en de bovenste laag van het 3^e watervoerende pakket (formatie van Maassluis, eerste zandige eenheid) direct op elkaar liggen, zonder een scheidende kleilaag. Daarom kunnen we voor het bodemenergieprogramma voor een filtertraject vanaf de Peize-Waalre zandlaag 4 filter vergunnen. Het aangevraagde filtertraject verloopt van 80 m-mv tot 250 m-mv, waarbij de scheiding tussen de Peize-Waalre en Maassluis formaties zich op circa 100 m-mv bevindt. Het aangevraagde filtertraject ligt hiermee ruim 20 m boven de scheiding tussen de 2^e en 3^e watervoerende pakketten. Uit de analyses van het Regis II model en de boorstaten, is op te maken dat op een diepte van circa 80 m-mv de derde kleiige eenheid van Waalre voorkomt. Zoals hierboven is aangegeven, kunnen we de aanvraag alleen vergunnen als de filters geplaatst worden vanaf 80 m-mv, omdat op die diepte de vierde zandige eenheid van Peize-Waalre begint, die overgaat naar de eerste zandige eenheid van Maassluis. Concluderend uit het bovenstaande, wordt het filtertraject geplaatst in de onderste zandlaag van de Peize-Waalre formatie en de Maassluisformatie die samen het 3^e watervoerende pakket opmaken. Het hierboven genoemde 3^e watervoerende pakket wordt daarmee omsloten door de derde kleiige eenheid van Waalre aan de bovenzijde en de 1^e kleiige eenheid van de formatie van Oosterhout aan de onderkant.

8.1.2 Afvalwater

Allereerst dienen het ontstaan van afvalwater en verontreiniging van afvalwater te worden voorkomen of beperkt.

“Het is bij de aanleg en het gebruik van open bodemenergiesystemen onvermijdelijk dat afvalwater vrijkomt. Er zijn drie verschillende afvalwaterstromen te onderscheiden. Allereerst komt bij het uitvoeren van boringen ten behoeve van de aanleg van bronnen werkwater (boorspoelwater) vrij. Bij het boren wordt water (vaak drinkwater, maar soms ook oppervlaktewater) gebruikt waaraan boorspoeladditieven (bijvoorbeeld bentoniet en polymeren) zijn toegevoegd om het water viskeus (dik) te houden. Deze boorspoeladditieven zijn ontwikkeld in de drinkwatersector, schadelijke of toxische stoffen zijn daarin dus niet aan de orde. Het werkwater wordt gebruikt om bij de boring vrijgekomen grond uit het boorgat te spoelen. Het afvalwater dat hierbij ontstaat, en dat dus weer wordt onttrokken aan de bodem en daarmee als grondwater wordt beschouwd, bevat dus slechts biologisch goed afbreekbare, maar zuurstofbindende, stoffen en onopgeloste stoffen in de vorm van gronddeeltjes en bentoniet.

Een tweede afvalwaterstroom is het ontwikkelwater. Nadat dat de bronnen zijn geplaatst, worden deze ontwikkeld. Hierbij wordt een aantal acties uitgevoerd om ervoor te zorgen dat de bronnen zand- en slibvrij water leveren. Gemiddeld duurt het ontwikkelen van één bron twee weken. Hiervoor wordt veel grondwater onttrokken, zonder dat daar stoffen aan worden toegevoegd. De



vrijkomende hoeveelheid ontwikkelwater tijdens realisatie is sterk afhankelijk van het ontwerpdebiet. Het ontwikkelwater wordt discontinu onttrokken.

De derde afvalwaterstroom is onderhoudswater, en wordt ook wel spuiwater genoemd. Bij open bodemenergiesystemen wordt, in het algemeen, halfjaarlijks preventief onderhoud aan de bronnen gepleegd om te voorkomen dat de bronnen verslechteren of zand/slib gaan leveren. Afhankelijk van de specifieke situatie kan de frequentie van dit onderhoud verschillen. Bij dit onderhoud worden de bronnen gespoeld met grondwater, vaak in omgekeerde richting dan gebruikelijk en met een hogere stroomsnelheid, zodat de bodemdeeltjes uit het systeem worden verwijderd. Bij dit onderhoud worden normaliter geen stoffen, reinigingsmiddelen of iets dergelijks toegevoegd.

In artikel 10.29a van de Wet milieubeheer is een voorkeursvolgorde voor (het lozen van) afvalwater opgenomen. Indien er toch sprake is van afvalwater, bepaalt de voorkeursvolgorde dat afvalwater dat geen huishoudelijk afvalwater is of afvalwater dat daarmee wat biologische afbreekbaarheid betreft overeenkomt, bij voorkeur lokaal teruggebracht wordt in het milieu. Het heeft dus de voorkeur om het water terug te lozen in de bodem of in oppervlaktewater (al dan niet via een schoonwaterriool) en liever niet in het vuilwaterriool. Gezien de in de praktijk ondervonden complexiteit bij het vinden van een lozingsroute voor open bodemenergiesystemen, is in 2013 een beleidsondersteunend document opgesteld (Lozingen bij aanleg en onderhoud van bodemenergiesystemen, Beleidsondersteunend document, AgentschapNL, februari 2013). Rond de komst van de Omgevingswet is de Handreiking Lozingen ontwikkeld. Dit is een digitaal hulpmiddel voor vergunningverleners (zie iplo.nl) en een bundeling van relevante informatie die stap voor stap ondersteuning biedt bij het nemen van goed onderbouwde besluiten voor (afval)waterlozingen. Ook bij een lozing op het riool. Bij de toetsing van de vergunningaanvraag zijn zowel het beleidsondersteunend document als de handreiking gehanteerd.

In het beleidsondersteunend document is een voorkeursvolgorde voor specifiek lozingen bij open bodemenergiesystemen aangegeven. Het is aan te raden om in een vroeg stadium contact te zoeken met rioolbeheerder van de gemeente om te bespreken waar, wanneer en hoeveel water mogelijk op het riool kan worden geloosd.

Voor afvalwater dat vrijkomt bij het plaatsen van de boringen ten behoeve van de bronnen van het bodemenergiesysteem (werkwater) is de voorkeursvolgorde:

1. vuilwaterriool
2. op de bodem
3. overige routes

Voor afvalwater dat vrijkomt bij het ontwikkelen van de bronnen en bij het onderhoud van het bodemenergiesysteem (ontwikkelwater en onderhoudswater) is de voorkeursvolgorde voor open bodemenergiesystemen:

1. In de bodem
2. Oppervlaktewater
3. Schoonwaterriool
4. Vuilwaterriool
5. Externe verwerker

8.2 Energievraag en -aanbod analyse



Deze bijlage bevat een gedetailleerde analyse van de huidige en toekomstige energievraag in RCD-

Kentallen					
	Warmtevraag (kWh/m ² /jaar)	Tapwatervraag (kWh/m ² /jaar)	Warmtevermogen (W/m ²)	Koudevraag (kWh/m ² /jaar)	Koelvermogen (W/m ²)
Woning	30	15	35	15	15
Hotel	30	15	35	50	50
Kantoor	30	15	40	60	65
Utiliteit	30	15	40	45	65
Sport	30	15	40	-	65
Woning bestaand	50	15	60	15	0
Hotel bestaand	40	15	50		
Utiliteit bestaand	45	15	50		

XL, inclusief de verwachte groei door nieuwbouw en transformatieprojecten. Het aantal vierkante meter bestaand oppervlakte per gebouw is opgenomen en daar waar mogelijk is data over nieuw te ontwikkelen vastgoed opgenomen. Vervolgens is aan de hand van kengetallen en uitgangspunten uit onderstaande tabellen het aantal vierkante meter omgezet naar de Koudevraag (kWh/m²/jaar). NB: oppervlaktes zijn op basis van Gebruiksoppervlak

8.2.1 Kengetallen

De kengetallen voor de warmte-, koude- en tapwatervraag zijn gebaseerd op diverse studies van adviesbureaus en bevatten een voortschrijdend inzicht op dit gebied.

Voor de kengetallen is dit per gebruiksfunctie uitgesplitst in warmte, koude en warm tapwater.

De kengetallen zijn daarnaast geverifieerd aan de hand van kentallen uit de uniforme Maatlat voor de Gebouwde Omgeving.

Uitgangspunten berekening en kentallen:

1. Benodigde broncapaciteit is worst case o.b.v. 100% koudelevering vanuit de bodem (dus passief)
2. Er is onderscheid gemaakt tussen nieuwbouw systemen (grotere koudevraag wegens meer isolatie) en bestaande systemen
3. Bestaande OBES worden wel doorgerekend, maar zijn feitelijk niet relevant: beter om daadwerkelijke projectdata te gebruiken
4. Delta T van 6K is waarde waarmee adviesbureaus rekenen, dat geldt voor goed ingeregelde systemen op groter schaalniveau
5. Wegens passief koelen is gebouwzijdige koudevraag gelijk aan de bodemzijdige koudevraag
6. Normaliter wordt een OBES niet op piekvraag ontworpen. Voor totale koudevraag maakt dit nauwelijks verschil:
Bij 80% van max gevraagd vermogen, levert de OBES nog circa 97% van energie. Dit effect is hier dan ook verwaarloosd.
7. Deze berekening is o.b.v. kentallen (bijv. vaste vollasturen). In de praktijk is elk OBES anders. Betere input data van gebouweigenaren is dan ook zeer welkom en verbetert de betrouwbaarheid aanzienlijk.



Omschrijving	Waarde	Eenheid
Bodemzijdig rendement	40,0	COP
Vollasturen Koude	1860,5	uur
Delta T OBES	6,0	K
Volumestroom	39,7	l/s/MW
Volumestroom	142,9	m3/MWh

8.2.2 Inventarisatie oppervlakte naar functie per gebouw

Cijfer	Gebouw	Oppervlakte bestaand m2		Oppervlakte nieuw m2		
		Wonen	Utiliteit	Wonen	Utiliteit	Hotel
1a	Weenahof - appartementen	20.500	6.500	20.500	6.500	
1b	Weenahof - parkeergarage		18.000		18.000	
2	Albeda College		6.800		6.800	
3	Groothandelsgebouw		115.000		115.000	
4	Centraal Station		5.000		5.000	
5	TreeHouse			25.100	15.900	
6	Delftse Poort		92.200		92.200	
7a	Unilever		27.700		27.700	
7b	Hogeschool Tio		6.000		6.000	
8	Central Post		22.100		22.100	
9	Weenacenter	11.300		11.300		
10a	Schiekadeblok - Spoorstrook				40.000	
10b	Schiekadeblok - torens			48.750	16.000	
10c	Schiekadeblok - Volkshotel		21.800		30.000	
10d	Schiekadeblok - Delftsestraat 17-19		3.300		3.300	
10e	Schiekadeblok - Delftsestraat 9-11		5.300		5.300	



10f	Schiekadeblok - Schieblok		7.800			
11	Weenatoren		10.000		10.000	
12	Weenahuis (+parkeergarage)		10.900		10.900	
13	Weenaflat		3.300		3.300	
14	Hofplein 19/20		34.650		34.650	
15a	Nieuw Pompenburg - Hofplein			26.220	-	
15b	Nieuw Pompenburg - Stroveer			7.211	-	
15c	Nieuw Pompenburg - Heer Bokelweg		5.000	32.120	10.400	
16	Rise	16.900	16.600	112.500	34.500	13.500
17	Hilton		23.000			23.000
18	Weena70 / ASR		19.000	54.000	42.000	
19	Weena200		18.300		18.300	
20	Gebouw Weena		17.000		17.000	
21	Lumiere		3.500	26.000	11.000	11.000
22	City House	10.500		10.500		
23	The Lobby		2.000		2.000	
24	De Doelen		23.800		23.800	
25a	Central Plaza - kantoren		22.000		35.000	
25b	Central Plaza - appartementen	7.600		7.600		
26	Millenium toren		28.000		28.000	
27	Weena Point / The Modernist		9.100	31.800	15.700	
28	Premier Suites and Offices		11.800		11.800	
29	First Rotterdam		47.000		47.000	
30	Het Bouwcentrum		5.000		5.000	

8.2.3 Inventarisatie Koudevraag en bepaalde broncapaciteit



Cijfer	Gebouw	Koudevraag Gebouwzijdig [MWh]	Broncapaciteit [m3/jaar]	Broncapaciteit [m3/uur]
1a	Weenahof - appartementen	697	99.642	53
1b	Weenahof - parkeergarage	1.080	154.285	82
2	Albeda College	408	58.285	31
3	Groothandelsgebouw	6.900	985.714	529
4	Centraal Station	300	42.857	23
5	TreeHouse	1.330	190.071	102
6	Delftse Poort	5.532	790.285	424
7a	Unilever	1.246	178.071	95
7b	Hogeschool Tio	360	51.428	27
8	Central Post	1.326	189.428	101
9	Weenacenter	169	24.214	13
10a	Schiekadeblok - Spoorstrook	2.400	342.857	184
10b	Schiekadeblok - torens	1.691	241.607	129
10c	Schiekadeblok - Volkshotel	1.350	192.857	103
10d	Schiekadeblok - Delftsestraat 17-19	198	28.285	15
10e	Schiekadeblok - Delftsestraat 9-11	318	45.428	24
10f	Schiekadeblok - Schieblok	0	0	0
11	Weenatoren	600	85.714	46
12	Weenahuis (+parkeergarage)	654	93.428	50
13	Weenaflat	198	28.285	15
14	Hofplein 19/20	2.079	297.000	159
15a	Nieuw Pompenburg - Hofplein	393	56.185	30
15b	Nieuw Pompenburg - Stroveer	108	15.451	8
15c	Nieuw Pompenburg - Heer Bokelweg	1.105	157.970	84
16	Rise	4.432	633.214	340
17	Hilton	1.150	164.285	88
18	Weena70 / ASR	3.330	475.714	255
19	Weena200	1.098	156.857	84
20	Gebouw Weena	1.020	145.714	78
21	Lumiere	1.600	228.571	122
22	City House	157	22.500	12
23	The Lobby	120	17.142	9
24	De Doelen	1.428	204.000	109
25a	Central Plaza - kantoren	2.100	300.000	161
25b	Central Plaza - appartementen	114	16.285	8
26	Millenium toren	1.680	240.000	129
27	Weena Point / The Modernist	1.419	202.714	109



28	Premier Suites and Offices	708	101.142	54
29	First Rotterdam	2.820	402.857	216
30	Het Bouwcentrum	300	42.857	23

8.2.4 Opgenomen aantal doubletten per gebouw

Cijfer	Gebouw	Aantal Doubletten				
		bestaand	concreet	gewenst	Uitkomst tool	Input model
1a	Weenahof appartementen -				1	1
1b	Weenahof parkeergarage -				1	1
2	Albeda College				1	0
3	Groothandelsgebouw	3				3
4	Centraal Station	1				1
5	TreeHouse		1			1
6	Delftse Poort		0	0		0
7a	Unilever			1		1
7b	Hogeschool Tio				1	1
8	Central Post		0			0
9	Weenacenter				1	1
10a	Schiekadeblok Spoorstrook -		2			4
10b	Schiekadeblok torens -		1			
10c	Schiekadeblok Volkshotel -			1		
10d	Schiekadeblok Delftsestraat 17-19 -		0			
10e	Schiekadeblok Delftsestraat 9-11 -		0			
10f	Schiekadeblok Schieblok -		0			
11	Weenatoren				1	1
12	Weenahuis (+parkeergarage)				1	
13	Weenaflat				1	0
14	Hofplein 19/20		1			1
15a	Nieuw Pompenburg - Hofplein			1		1
15b	Nieuw Pompenburg - Stroveer				1	0
15c	Nieuw Pompenburg - Heer Bokelweg			1		0
16	Rise		3			3
17	Hilton				1	1
18	Weena70 / ASR			2		2
19	Weena200				1	1



20	Gebouw Weena				1	1
21	Lumiere		2			2
22	City House				1	0
23	The Lobby				1	0
24	De Doelen		1			1
25a	Central Plaza - kantoren				2	2
25b	Central Plaza - appartementen				1	
26	Millenium toren			1		
27	Weena Point / The Modernist		1			1
28	Premier Suites and Offices				1	1
29	First Rotterdam	1				1
30	Het Bouwcentrum				1	1



8.3 Zettingen

In onderstaande notitie is een indicatieve zettingsberekening opgesteld voor grondwaterstandsverlagingen t.g.v. bestaande en voorziene OBES in de diepe ondergrond binnen en direct rondom het RCD-XL gebied.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- D-Settlement, versie 23.2;
- 1D Koppejan model (natural strain) met Terzaghi consolidatie;
- Bodemopbouw:
 - o Vereenvoudiging van de geohydrologische uitgangspunten in het technisch achtergrond document;
 - o Zie Tabel 2 op pagina 39.
- Stijghoogtes:
 - o Vereenvoudiging van de geohydrologische resultaten in technisch achtergronddocument;
 - o Constante stijghoogte in zandlagen;
 - o Lineair verloop stijghoogte in kleilagen;
 - o Zie Tabel 2 en Figuur 13 op pagina 39;
- Stijghoogteverschil:
 - o Gemodelleerd als waterload;
 - o Stijghoogtes resulterend in een afname van de korrelspanning zijn verwaarloosd (=conservatief). Immers, deze stijghoogtes zullen theoretisch gezien leiden tot zwel, niet tot zettingen.
 - o Statisch gemodelleerd op de minst gunstige situatie (in werkelijkheid onderhevig aan fluctuaties tussen de seizoenen).
- Bodemparameters conform Tabel 3 op pagina 39;
 - o Parameters gebaseerd op proeven uit verzameling Gemeente Rotterdam. Opgemerkt wordt dat weinig data beschikbaar is van de diepe kleilagen, gezien de moeilijkheid om op diepte te komen met een boring en om samendrukkingsproeven uit te voeren op de genomen monsters;
 - o POP diepe kleilaag is overeenkomstig met oedometer tests van Gemeente Rotterdam. De waarde is hoog t.g.v. waterstandsverlaging laatste ijs tijd.

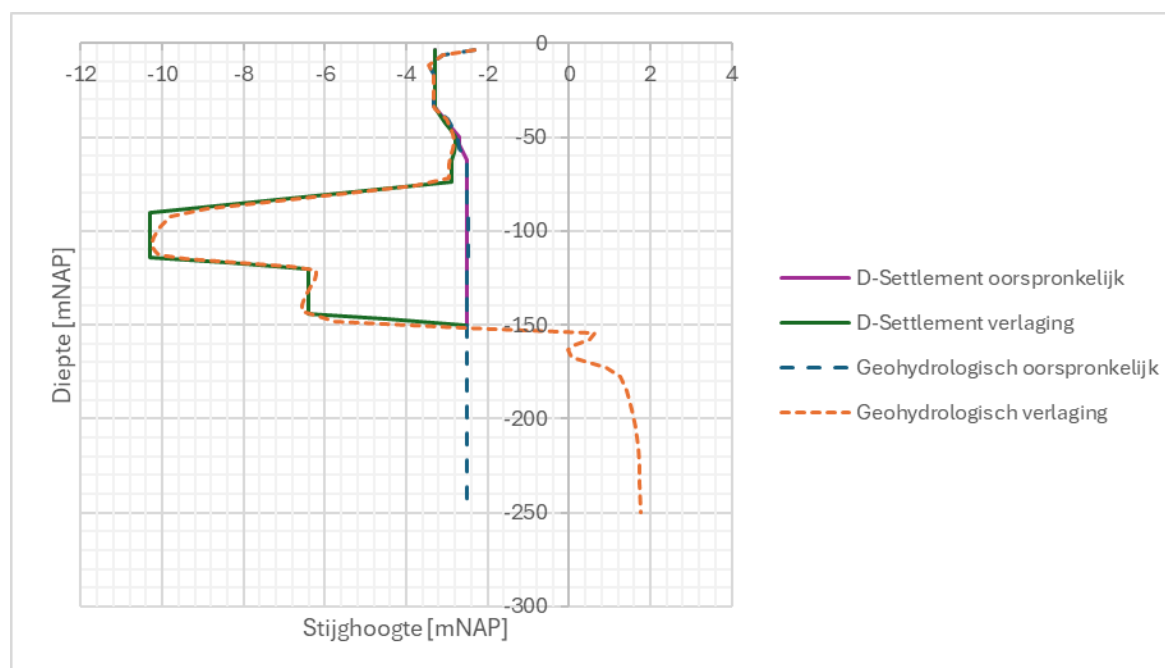
Uit de berekeningen resulteert een zetting van 1,6 cm ($\approx$ 2 cm) in 20 jaar. Verwacht wordt dat dit niet tot problemen gaat leiden.

Zie onderstaande uitwerking voor de volledige berekening.



Tabel 2: Gehanteerde bodemopbouw met stijghoogtes. "---" betekent dat is geïnterpoleerd tussen de stijghoogtes in de boven- en ondergelegen zandlagen

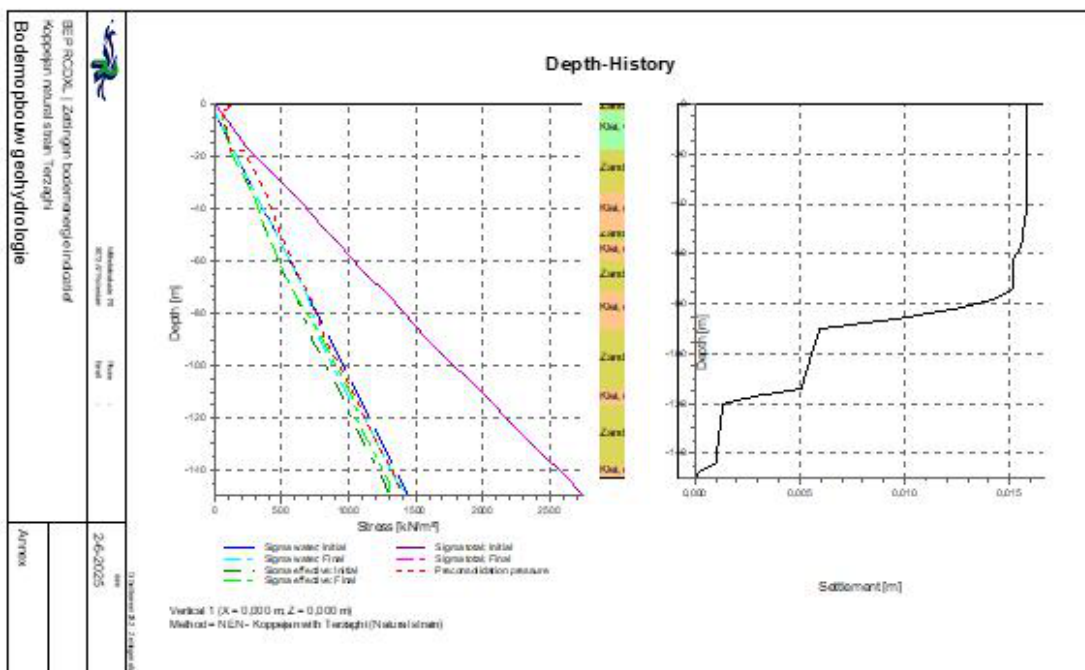
Bovenkant laag [mNAP]	Bodemtype [-]	Stijghoogte origineel [mNAP]	Stijghoogte na verlaging [mNAP]
+0,0	Zand	-3,3	-3,3
-2,0	Klei, veen	-3,3	-3,3
-17,5	Zand	-3,3	-3,3
-34,5	Klei	---	---
-50,0	Zand	-2,7	-2,8
-54,0	Klei	---	---
-62,0	Zand	-2,5	-2,9
-74,0	Klei	-2,5	---
-90,0	Zand	-2,5	-10,3
-114,0	Klei	-2,5	---
-120,0	Zand	-2,5	-6,4
-144,0	Klei	-2,5	---
-150,0	Zand	-2,5	0,6
-250,0	Klei	-2,5	0,6



Figuur 13: Geohydrologisch berekende stijghoogtes over de diepte t.o.v. de in D-Settlement ingevoerde stijghoogtes

Tabel 3: Gehanteerde samendrukkingsparameters

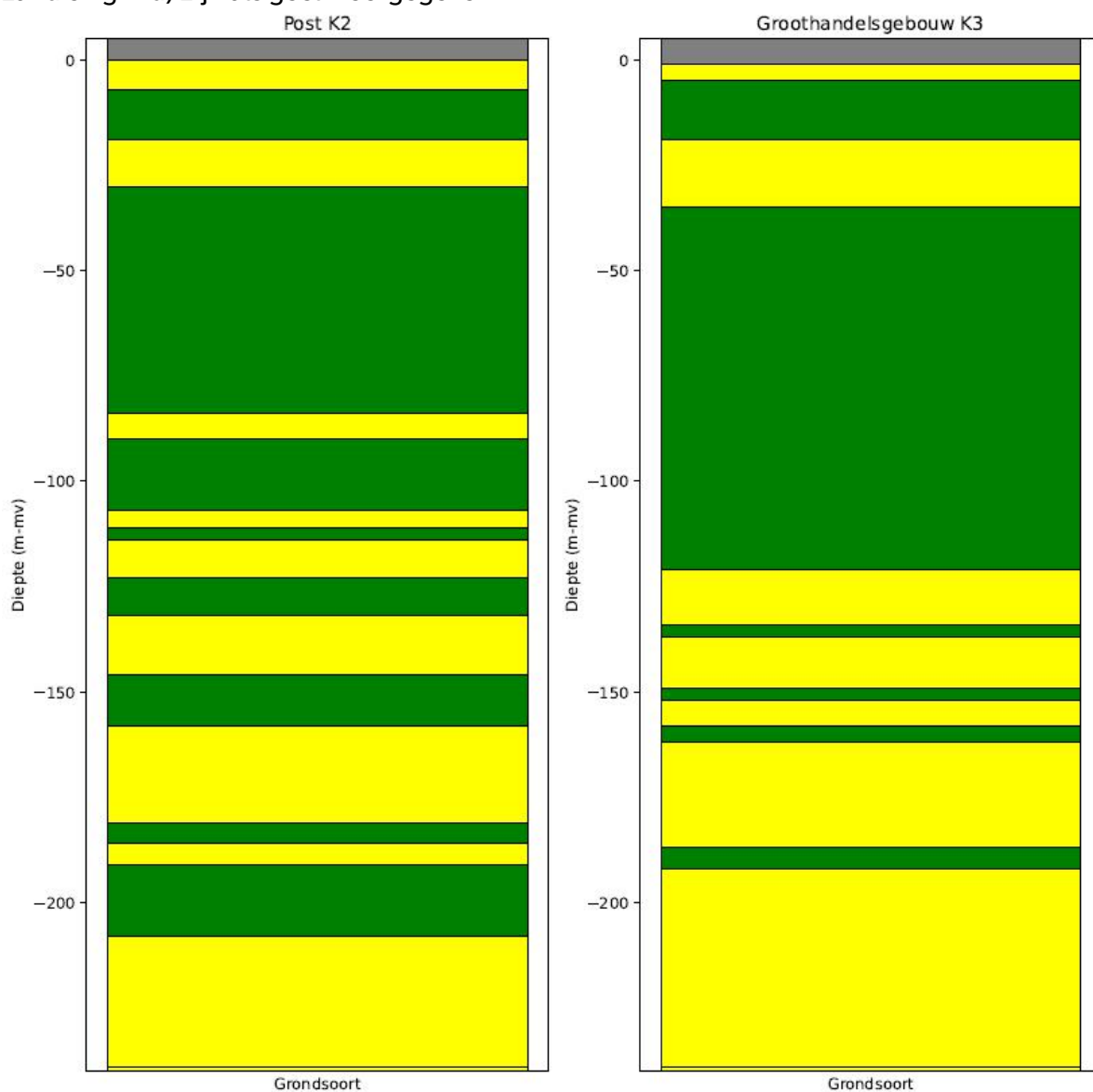
Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$	C_p	C'_p	C_s	C'_s	POP	C_v
[-]	[kN/m ³]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kPa]	[10 ⁻⁸ x m ² /s]
Klei, veen (toplaag)	14 / 14	28	7	320	80	5	5
Klei (diep)	17 / 17	150	15	900	300	100	5
Zand	18 / 20	2400	600	∞	∞	100	---

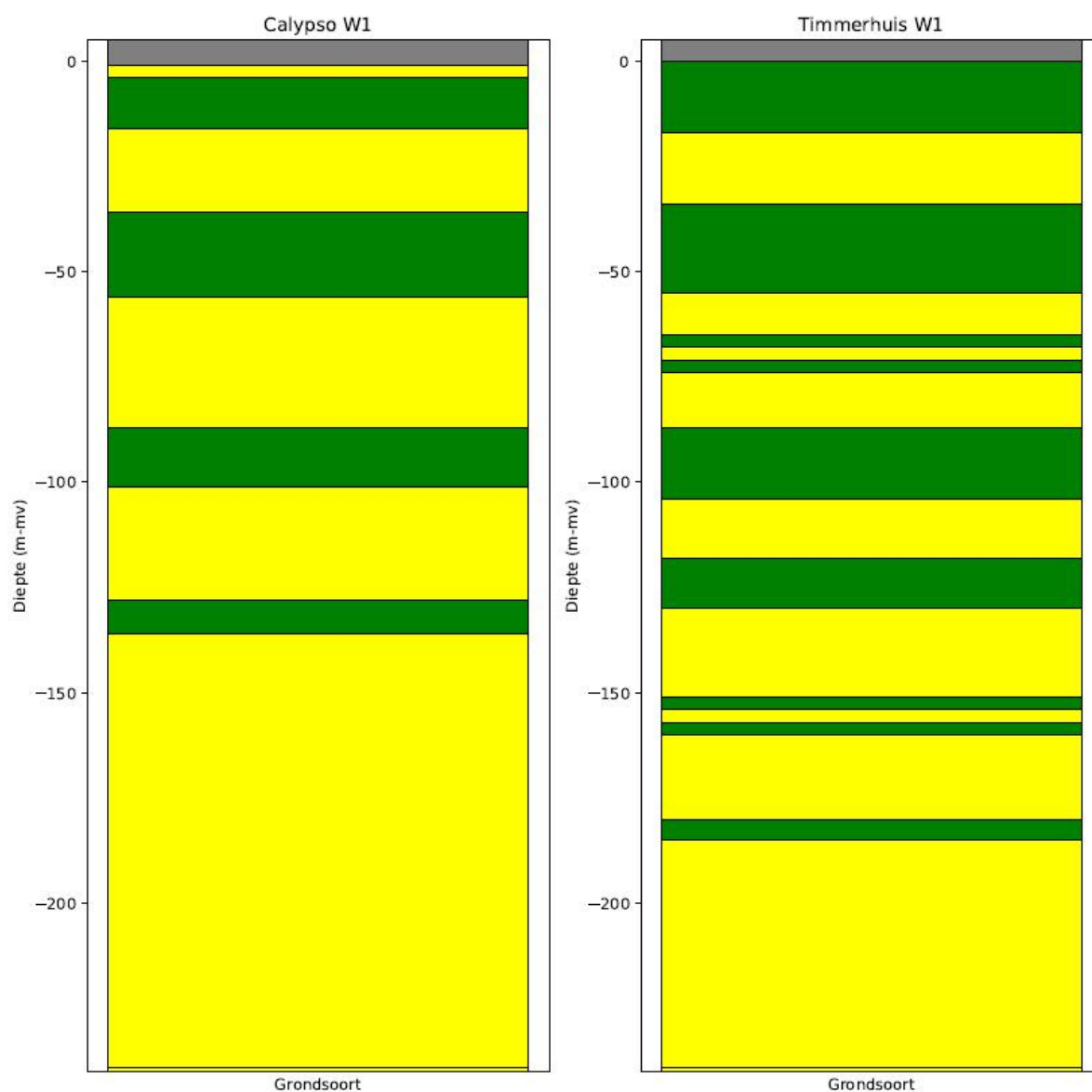


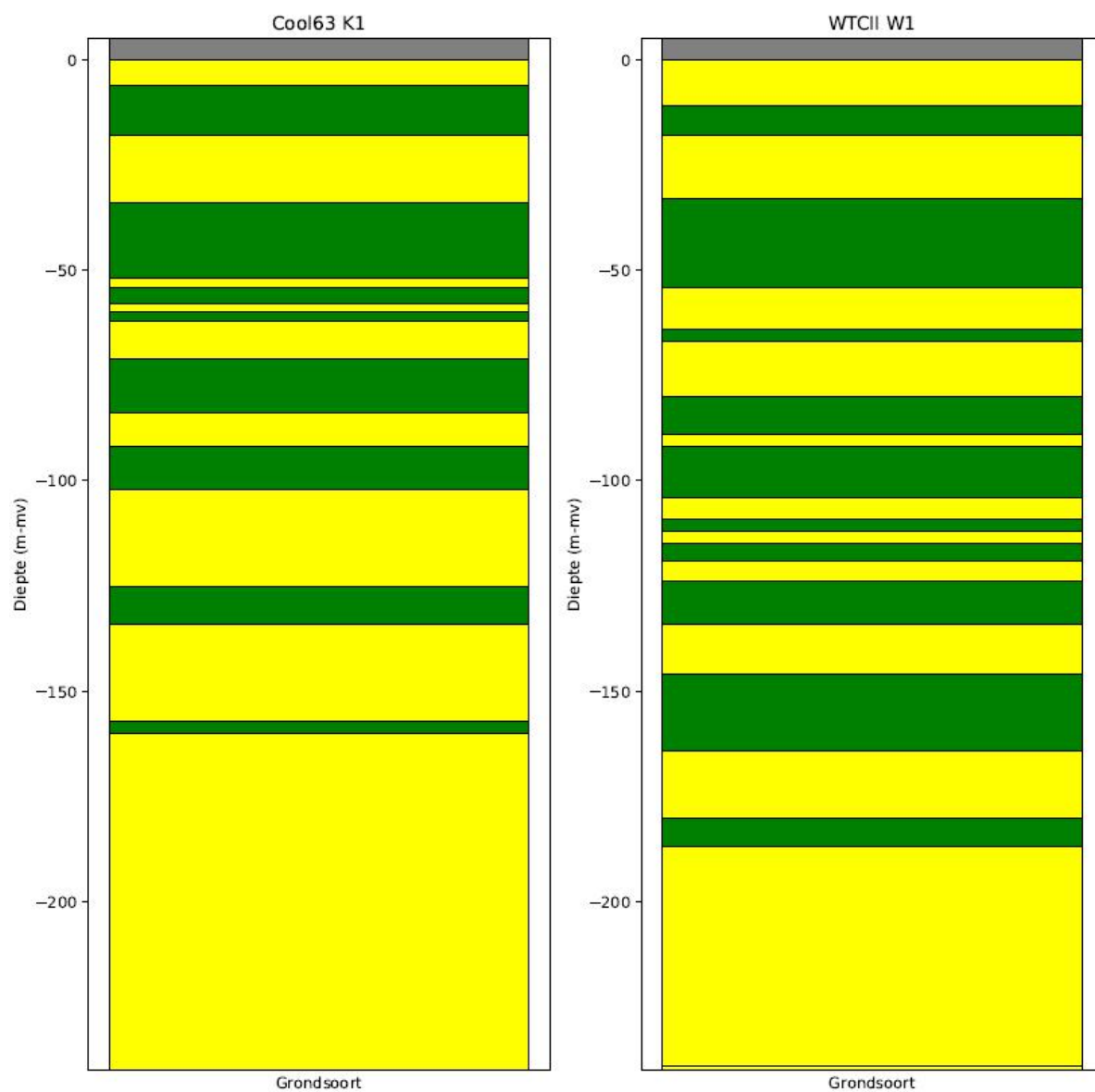


8.3.1 Schematische visualisatie boringen

Scheidende lagen (klei en veen) zijn als groen weergegeven en watervoerende lagen (fijn tot grof zand en grind) zijn als geel weergegeven.









Colofoon

Foto kaft:

Opgesteld door: Gemeente Rotterdam, Cluster Stadsontwikkeling

Versie:

Definitief dd. 24 maart 2026