



PROJECT Collectieve Bodemlus (MOOI322009)

VOORTGANGSRAPPORTAGE 1 Januari t/m 31 september 2024

Projectinformatie

Penvoerder	TNO
Contactpersoon	Maartje Koning
E-mail / M	maartje.koning@tno.nl / 06-2453 7347
Consortiumpartners	TNO, Bentonietfabriek, ENB, Encor, Itho Daalderop, TuGeo, Actium
Gehonoreerde subsidie	€ 2.682.925
Startdatum	1 maart 2023
Einddatum	1 maart 2026
Website	Het Collectieve Bodemlus Project - Collectieve bodemlus
Publicaties	3 conference abstracts & papers

Het project is uitgevoerd met Topsector Energie subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidie ronde 2023

Voortgangsrapportage 2024

Deze voortgangsrapportage is een bijlage tot het voortgangsverslag dat via de RVO website wordt ingediend. De voortgangsrapportage bevat een deelrapportage voor elk van de zeven Resultaten.

De deelrapportages bevatten een compact tekstueel uitleg over het project en zijn doelen, uitgevoerde activiteiten en bereikte resultaten in de afgelopen periode. Daarnaast bevatten beide deelrapportages een lijst met relevante onderwerpen waarvoor de voortgang en eventuele knelpunten d.m.v. een stoplichtkleur wordt aangegeven.

Datum voortgangsrapportage: 28 oktober 2024

Openbare samenvatting project

Aanleiding

De warmtetransitie van bestaande woningen verloopt langzaam. De schaal van grote warmtenetten sluit vaak niet goed aan bij de ontwikkeling van de warmtevraag en wensen van bewoners.

Woningbouwcorporaties hebben behoefte aan een systeem oplossing voor het verduurzamen van veelvoorkomende woningtypen zoals rijtjeshuizen of portiekflats. Zij zoeken naar een kleinschalige en kosteneffectieve systeemoplossing die modulair uitgerold kan worden. Gesloten bodemenergiesystemen (Verticale Bodem Warmte Wisselaar- VBWW) zijn sterk in ontwikkeling. In 2022 worden ~ 15.000 nieuwe systemen aangelegd met een dieptebereik van 100 tot 350m. Het vermogen van VBWW kan mogelijk worden vertienvoudigd door diepere VBWW. Hierdoor kan een blok rijtjeshuizen of een portiekflat worden verwarmd met 1 VBWW gekoppeld aan een warmtepompnet (WPN). Ook zijn de kosten lager en de milieu impact kleiner omdat er minder boringen nodig zijn. Wel zijn er vragen van overheden en de drinkwatersector over de bescherming van het (zoete) grondwater. Er is behoefte aan veilige en detecteerbare afdichtingsmaterialen waarvan de veiligheid ook op lange termijn kan worden aangetoond en daarmee gegarandeerd.

Doel van het project

Het voorstel omvat de uitwerking, optimalisatie en validatie van VBWW en WPN voor 4 – 12 woningen gevoed door een diep bodemenergiesysteem (400–800 meter). Kennis en ervaring met betrekking tot ontwikkeling en exploitatie van diepe bodemenergiesystemen moet nog worden opgebouwd om marktontwikkeling een succes te maken. Het project richt zich op 3 doelen:

[1] ontwikkeling van veilige en duurzame omstortingsmaterialen voor diepe bodemenergiesystemen. Dit is nodig voor optimale bescherming van het grondwater en het behouden van het draagvlak bij overheden en de (drink)watersector

[2] Verhogen opbrengst bodemenergiesystemen. Het vermogen van een bodemenergiesysteem kan worden vertienvoudigd

[3] Systeem optimalisatie door slimme aansturing WPN. Een systeem bestaat uit 4 – 12 woningen met of zonder zonnepanelen, een WPN en een diep bodemenergiesysteem

Het project draagt bij aan MOOI missie B, Innovatiethema 2 en mate name aan de Betaalbaarheid (verlaging kosten per kW), Leveringszekerheid (stabiele en lokale energievoorziening & minder beslag op energie infrastructuur), Schoon (CO2 neutrale optie), Duurzaamheid (bescherming grondwater, verlengen levensduur).

Resultaten

Het resultaat van het project is de ontwikkeling, optimalisatie en validatie van een WPN voor 4 – 12 woningen gevoed door 1 diepe VBWW. Alle essentiële onderdelen om de opschaling van deze systeemoplossing mogelijk te maken worden ontwikkeld, getest en gevalideerd. De resultaten van het project omvatten de ontwikkeling van veilige afdichtingsmaterialen voor optimale bescherming van het grondwater, vergroten van het vermogen van bodemenergiesystemen met een factor 10 en slimme regeltechniek voor de aansturing van het WPN net. Na afloop van dit project zijn deze essentiële elementen voldoende ontwikkeld en kan het WPN met een diep bodemenergiesysteem in de praktijk worden toegepast in een woonwijk. Binnen het project wordt een blauwdruk voor een woonwijk ontwikkeld voor woningbouwvereniging Actium die kan worden uitgerold. Een volgende stap van het consortium is het indienen van een DEI+ aanvraag voor het demonstreren een WPN met diepe bodemenergiesysteem in een woonwijk in de gemeente Assen (2026). Een ander resultaat is dat na afloop van het project de resultaten zijn gedeeld met belangrijke doelgroepen zoals woningbouwverenigingen, RES-regio's en de watersector.

Korte omschrijving van de geplande activiteiten

De volgende activiteiten worden uitgevoerd per doelstelling:

[1] Veilige en duurzame bodemenergiesystemen: Testen van diverse samenstellingen van omstortingsmaterialen op hun invloed op robuuste plaatsingsmethodiek, levensduur en thermische

geleiding voor een diepe VBWW. Ontwikkeling van een detectiemethode voor het herkennen van gefaalde of falende kleilaagafdichting in diepe VBWW

[2] Verhogen opbrengst bodemenergie-systeem: ontwikkeling optimaal ontwerp van VBWW tot 800 meter en validatie met een 2 veldtesten (optimalisatie bestaande bodemlussen tot 800 meter en een n compleet nieuw concept voor een diepe VWBB (buis-in-buis systeem). Voor een betere voorspelbaarheid en ontwerp-optimalisatie worden performance simulatietechnieken aangepast aan diepe VBWW. Verder worden in 2 putten een diepte-afhankelijke thermal response testen uitgevoerd voor model-kalibratie.

[3] Systeem-optimalisatie en opschaling: Ontwikkeling van slimme regeltechniek van het WPN. Dit omvat een bronregeling, regeling voor bodembronwarmtepompen, koppeling met PV-opbrengst en predictive control voor verhoogde efficiëntie van een WPN gekoppeld aan een diepe VBWW>

Locaties waar het project uitgevoerd wordt

- Gemeente Rijswijk, TNO Rijswijk Centre for Sustainable Geo-energy: Testfaciliteit / fieldtest diepe bodemlus en testen veiligheid omstortingsmaterialen en een thermal response test in de HTO test faciliteit.
- Gemeente Lingewaard: locatie bestaande proefboring met diepte van 465 meter. Deze wordt gebruikt voor een thermal response test.
- Gemeente Eindhoven, TNO laboratorium faciliteit □testen omstortingsmaterialen.
- Gemeente Assen; ontwikkeling blue print voor veelvoorkomende woningtypen (rijstjeswoningen en portiekflats) van woningcorporatie Actium.

MOOI missie waarop het project ingediend werd

MOOI-missie	Innovatiethema
B – Gebouwde omgeving	2 - Duurzame collectieve warmtevoorziening op basis van volledig elektrisch, hybride of met een zeer laag, laag of midden temperatuur warmtenet voor woonwijken, bedrijventerreinen, kantoor- of winkelgebieden)

Projectvoortgang – uitgevoerde activiteiten t/m Sep 2024 - confidentieel

De activiteiten uitgevoerd voor **Resultaat 1** zijn gericht op het beoordelen van afdichtingsmaterialen voor diepe bodemlussen onder realistische ondergrondse omstandigheden. In het eerste jaar werden mechanische sterktebepalingen uitgevoerd op groutmonsters bij verschillende drukken en temperaturen. Deze gegevens werden in het tweede jaar gebruikt voor numerieke modellering om de duurzaamheid van de materialen bij temperatuurwisselingen te testen. Deze analyse toont aan dat de spanning in de buis lager is dan de treksterkte van het materiaal, wat wijst op een laag risico op falen.

Doorlatendheidstesten om de afdichtende werking van grout aan te tonen zijn gestart en resultaten worden voor het einde van het jaar verwacht. Vanwege het zachte grout waren aanpassingen en meerdere iteraties nodig om de juiste testopstelling te ontwikkelen. De monsters zijn nu uitgehard en de opstelling is functioneel.

Daarnaast werden alternatieve afdichtingsmaterialen onderzocht, zoals bentoniet, dat flexibel blijft en scheuren voorkomt. Om de snelle zwelling van bentoniet te vertragen, werden methoden zoals polymeercoatings en wateroplosbare polymeren getest. Alle monsters voldeden aan de uitlooglimietwaarden, wat wijst op geen bedreiging voor de grondwaterkwaliteit.

Groutmonsters werden gedurende langdurig uitgehard en vervolgens onderworpen aan verschillende diffusie-uitloogtest. Dit geeft inzicht in de langetermijn veiligheid en duurzaamheid van de materialen. Twee 10 meter lange opstellingen zijn gebouwd om de effectiviteit van de afdichting te testen. Dit grout staat ten tijde van de rapportage nog uit te harden.

In **Resultaat 2** wordt er dieper op ingegaan hoe de plaatsing en de kwaliteit van de plaatsing van het afdichtingsmateriaal aangetoond kan worden. Een akoestische sensor, ontwikkeld door TNO in een ander traject, en kan deze gaan gebruiken voor verschillende labtesten voordat de sensor gebruikt gaat worden in

een overgedimensioneerde bodemlusopstelling. Een speciale mal is ontworpen om groutmonsters van verschillende ouderdommen te analyseren, en vergelijkbare voorbereidingen worden getroffen voor kunststofmonsters.

Voor **Resultaat 3** heeft TUGeo een nieuw bodemlusontwerp voorgesteld, waarvan de prestaties zijn voorspeld met een door TNO ontwikkeld digitaal model dat is afgerond in Q3 2024. Dit model kan diepteafhankelijke effecten en onzekerheden in thermische eigenschappen van de ondergrond analyseren. Het vergelijkt verschillende ontwerpen op basis van vermogen, temperatuur en drukverliezen. Optimalisatie-algoritmen bepalen het beste lusontwerp voor verschillende dieptes. In combinatie met de randvoorwaarden van het bovengrondse pompsysteem, lijkt het optimale ontwerp voor diepe (800m) bodemlussen een dubbele-U buis te zijn. Encor heeft het boorproces geëvalueerd, en praktische randvoorwaarden zijn in de simulaties meegenomen. Het performance model wordt verder ontwikkeld in een spin-off Werk pakket binnen een nieuw TKI-project (Geo4All), waar ook naar bron interferentie en grondwaterstroming wordt gekeken.

Resultaat 4 draagt bij aan de betere voorspelbaarheid van bodemenergievermogen in Nederland. Hiervoor zijn op 2 verschillende locaties thermal response testen (TRT) gepland om de diepteafhankelijke thermische eigenschappen te bepalen voor verschillende ondergrondtypes. De ontwikkeling van een TRT-systeem bracht verschillende technische complicaties met zich mee. Om oververhitting van het bovengrondse deel van de DTS-kabel in Rijswijk te voorkomen, moest een koelingssysteem worden ontworpen. Dit heeft vertraging opgelopen door levertijden en beschikbaarheid van apparatuur. De test is nu gepland voor oktober 2024. Er is contact met een commerciële aanbieder voor een veldverwarmingssysteem dat in Lingewaard ingezet kan worden, met terugkoppeling verwacht in november. Als deze methode niet werkt, wordt een alternatief of scopewijziging overwogen.

Resultaat 5 is vervroegd gestart met het ontwerpen van een 'heat exchanger' testopstelling nav lessons learnt van andere experimenten, met gecontroleerde testen op kleinere opstellingen van ca. 1,5m hoog, gevolgd door tests op de grote 6m opstelling. Het doel is om te analyseren wat de warmtewisseling op diepte is bij verschillende bodemtypen en bodemlusconcepten. De 1,5m testopstelling is gerealiseerd en testen zullen starten in oktober 2024. Een numeriek model is ontwikkeld om de benodigde experimentele tijden beter te kunnen bepalen en om naderhand de resultaten te kunnen interpreteren.

Voor **Resultaat 6** is de ontwikkeling en optimalisatie bronregeling afgerond, wat heeft geresulteerd in een nieuw prototype warmtepomp (6G). Dit prototype is in het lab en bij gebruikers intensief getest. Hieruit kwamen nog wat verbeterpunten die momenteel aangepakt worden. Zo moet de bronregeling beter omgaan met plotselinge veranderingen in bronflow, en worden software updates gedaan om beter aan te sturen bij een hoge vermogensvraag.

Het prototype warmtepomp kan nu draadloos communiceren met apparaten die zonnestroom kunnen consumeren. Dit zorgt voor slimme PV-zelfconsumptie, waar de warmtepomp eerst zelf opgewekte energie gebruikt voordat het teruggeleverd wordt aan het net.

Er is tevens gestart met het opzetten van een warmtepomp model wat gebruikt kan worden tijdens de operationele fase en voor het bepalen van optimale controle strategieën.

Resultaat 7 heeft zich voornamelijk gericht op disseminatie van resultaten die dit jaar behaald zijn. Zo zijn er 3 indieningen van (extended) abstracts goedgekeurd (EGW2024 en EGC 2025) voor publicatie. Daarnaast is er samengewerkt met Geothermie Nederland om tijdens het "Innovatieplein" de resultaten te presenteren. Dit jaar is tevens de project website live gegaan ([Het Collectieve Bodemlus Project - Collectieve bodemlus](#))

Mijlpalen, Tastbare Resultaten & Knelpunten 2024

Mijlpaal 1: Kwalificatie omstortingsmateriaal (Q3 2024). Er is vertraging opgetreden vanwege de langzame uitharding van het grout (2 maanden) en de noodzaak voor meerdere iteraties om goede testopstellingen

te ontwikkelen. Dit betreft vooral de doorlatendheidstests na cyclisch bevriezen en ontdooien en de 10 meter lange kolomtest. Ondanks de vertraging wordt verwacht dat de projectdoelstellingen haalbaar blijven en dat de resultaten op tijd afgerond zullen zijn voor de geplande veldtesten.

Mijlpaal 2: Optimaal putontwerp diepe VBWW (Q3 2024). Binnen het project is een nieuw (en uniek) numeriek model ontwikkeld waar de prestaties van de bodemlus voorspeld wordt voor verschillende dieptes en bodemsamenstellingen. Deze ontwikkeling heeft langer geduurd dan verwacht, maar is nu zo goed als afgerond (laatste debugging is nog gaande). Verschillende scenarios (lusontwerp, materialen, ondergrond-eigenschappen, buisisolatie) zijn doorgerekend en geanalyseerd met als resultaat dat het meest optimale ontwerp voor diepe (500-800m) bodemlussen een dubbel-U buissysteem is.

Mijlpaal 3: Thermal Response Test (TRT) (Q3 2024). De voorbereidingen voor de test in Rijswijk waren gecompliceerder dan verwacht. Door langere lead times voor de aanschaf van apparatuur (verwarmings- en meetkabels), het operationeel brengen van de DSTS interrogator voor data interpretatie en technische complicaties die de veiligheid van testen niet konden garanderen, zal deze mijlpaal in Oktober 2024 behaald worden voor Rijswijk en in Q1 2025 op z'n vroegst voor Lingewaard (afhankelijk van Rijswijk TRT resultaten).

GO / NOGO moment: Besluit aanleg fieldtest geoptimaliseerde diepe VBWW (Q3 2024): door enige uitloop in de activiteiten in projectjaar 1 zal het Go/no-go besluit mogelijk later (Q4 2024/Q1 2025) genomen kunnen worden. Er is ondertussen vastgelegd dat de locatie in Rijswijk gebruikt kan worden voor de proefboringen (fieldtests), er zijn geen juridische belemmeringen. Wel moet er nog een melding gemaakt worden bij de gemeente voor de proefboringen. Dit zal voor eind Januari 2025 gebeuren.

Spin offs

Een aantal partners van het huidige consortium zijn betrokken bij een groot TKI-project Geo4All dat in de zomer van 2024 van start is gegaan. Deze spin-off heeft als doel het bevorderen van gebruik van diepere gesloten geothermische systemen (van 300 naar 1500 m). De focus ligt op intensieve monitoring van zowel het bodemlus systeem als de ondergrond dmv glasvezelkabels geïnstalleerd in en buiten de bodemlus op 2 verschillende pilot locaties.