

Kom
verder



Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening

Werkdocument
Bijdrage aan onderzoeksproject WarmingUp6c

Colofon

Datum 5 december 2022
Referentie –
Versie 02
Status Werkdocument definitief
Afdeling Lectoraat Bodem en Ondergrond
Auteur Geert Roovers

Datum 5 december 2022

Titel Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening

Pagina 3 / 26

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Introductie.....	4
1.2	Onderzoeksvraag.....	4
1.3	Methode.....	6
1.4	Leeswijzer.....	6
2	Ordening en regie van ondergrondse infrastructuur.....	7
2.1	De integratie van de ondergrond in ruimtelijke ontwikkeling.....	7
2.2	Vijf perspectieven op ordening.....	11
2.3	Regie op de ondergrond.....	12
2.4	Middelen en instrumenten.....	13
3	Regie en ordening van warmtenetten.....	15
3.1	Warmtenetten als ondergrondse infrastructuur.....	15
3.2	4-D ordening in ruimte en tijd.....	16
3.3	Flexibiliteit en omgaan met onzekerheden.....	17
3.4	Ordening van warmtenetten als proces.....	18
3.5	Regie.....	18
3.6	Meekoppelkansen.....	20
4	Instrumenten.....	22
5	Reflectie.....	23

1 Inleiding

1.1 Introductie

In 2050 moeten in Nederland 7 miljoen woningen en 1 miljoen gebouwen van het aardgas af (Klimaatakkoord, 2019). In 2030 moeten 1,5 miljoen bestaande woningen en gebouwen verduurzaamd zijn. Collectieve warmtenetten vormen een belangrijk middel om de doelstellingen te behalen. WarmingUp is een onderzoekprogramma waarin onderzoeksorganisaties, bedrijven en overheden samen werken aan de vraag centraal hoe collectieve warmtesystemen betrouwbaar, duurzaam en betaalbaar kunnen worden ontwikkeld en ingezet. Het programma omvat zowel technische vraagstukken als thema's rondom sociaal maatschappelijke inpassing. Het voorliggende werkdocument beschrijft de mogelijkheden tot regie en ordening van warmtenetten in de ondergrond. Het werkdocument volgt uit de 'Kennisagenda Governance van Opschaling' (Deltares, 2021), waarin de volgende vragen zijn benoemd:

Kennisvragen

11. Wat is het ruimtebeslag van de warmte-infrastructuur?
 - Wat is impact van de warmte-infrastructuur op de ruimte en leefomgeving?
 - Wat zijn de gevolgen voor het fysische systeem (bodem, water en natuur)?
 - Waar zitten de bovengrondse en ondergrondse belemmeringen?
12. Welke (wijk)belangen en opgaven kunnen gecombineerd worden?
 - Hoe kunnen meekoppelkansen vroegtijdig geïdentificeerd worden?
 - Hoe kunnen via meekoppelkansen de (maatschappelijke) kosten gereduceerd worden?
 - Wat is er nodig om de planning van warmte-infrastructuur succesvol afstemmen met andere (infrastructurele) werkzaamheden?
 - Welke risico's zijn er met betrekking tot planning en uitvoering?

Het onderzoek voor deze notitie is in de periode september 2021 – november 2022 uitgevoerd en gerapporteerd. Het werkdocument dient als achterliggende informatiebron bij de Handreiking Warmtenetten, WarmingUp 6c.

1.2 Onderzoeksvraag

Voor het voorliggende onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd.

Hoofdvraag

Welke ruimtelijke/omgevingsinstrumenten heeft een gemeente ter beschikking om sturing te geven aan de realisatie van een warmtenetten en het realiseren van meekoppelkansen daarbij?

Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening

Pagina 5 / 26

Daarbij:

- maken we onderscheidt tussen sturing op strategisch, tactisch en operationeel niveau.
- kijken we naar zowel de mogelijke meekoppelkansen.

Deelvragen

- Wat is er reeds bekend over regie en ordening van ondergrondse infrastructuur?
- Wat zijn specifieke kenmerken en mogelijkheden daarvoor bij warmtenetten?
- Welke instrumenten zijn op de verschillende niveaus beschikbaar, en hoe kunnen deze worden ingezet?
- Welke meekoppelkansen zien betrokkenen?

Ruimtelijke instrumenten

Ruimtelijke instrumenten zijn instrumenten die handvatten geven aan het realiseren van een ruimtelijke visie (Rijksoverheid, z.d.¹). Bij ruimtelijke instrumenten gaat het om de ruimtelijke inpasbaarheid van maatschappelijke behoeften in relatie met elkaar. Voorbeelden van ruimtelijke instrumenten zijn de structuurvisie en het bestemmingsplan. Met de inwerkingtreding van de Omgevingswet is ruimtelijke sturing ondergebracht bij het Omgevingsbeleid en de instrumenten van deze wet (Informatiepunt Leefomgeving, z.d.). De Omgevingswet heeft zes kerninstrumenten voor het gebruiken en beschermen van de leefomgeving. Met deze instrumenten kan de overheid beleid maken en uitvoeren. Daarnaast kunnen overheden met deze instrumenten regels stellen aan activiteiten en de uitvoering van projecten. De zes kerninstrumenten zijn: de omgevingsvisie, het programma, decentrale regels, algemene rijksregels, omgevingsvergunning en het projectbesluit.

Ruimtelijke inpassing

Ruimtelijke inpassing is een breed begrip. Ruimtelijke inpassing speelt op meerdere schaalniveaus – (inter)nationaal, nationaal, provinciaal, regionaal en lokaal (Kenniscentrum InfoMil, z.d.²). Op lokaal niveau (stad of dorp) is het vooral de vraag of de locatie geschikt is voor iets. Bovengronds zou dit bijvoorbeeld zijn of een zonneweide ergens binnen het stedelijk gebied past, of dat het beter is om naar het buitengebied te kijken naar een plek hiervoor. Moet er een of meerdere zonneweides komen, enzovoorts. Hierbij zijn ook aspecten als de cultuurhistorische waarde en structuurbepalende elementen van belang. Daarnaast wordt er ook gekeken naar eventuele last die de omgeving kan hebben van het in te passen element. Ondergrondse ruimtelijke ontwikkelingen zijn, wat dat betreft, meestal niet (de gehele tijd) zichtbaar (Kenniscentrum InfoMil, z.d.).

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/ruimtelijke-ordening-en-gebiedsontwikkeling/beleid-ruimtelijke-ordening>, geraadpleegd 4 april 2022

² www.infomil.nl, geraadpleegd 4 april 2022

1.3 Methode

De onderzoeksvragen zijn onderzocht door middel van deskstudie en interviews:

- Deskstudie huidige inzichten regie en ordening ondergrondse infra. Hierbij is vanwege het toegepaste Nederlandse karakter van dit onderzoek bewust gekozen om Nederlandse vakliteratuur als basis te nemen, en geen uitgebreide wetenschappelijke deskresearch te verrichten. De gebruikte vakliteratuur kent daarbij veel ook een onderbouwing vanuit peer-reviewed wetenschappelijke literatuur.
- Interviews van betrokkenen bij warmtenetten. Deze interviews zijn uitgevoerd in het kader van studentenonderzoeken, de geïnterviewden zijn in bijlage 1 weergegeven.
- Analyse: koppeling van de interviewresultaten aan de relevante aspecten vanuit de deskresearch.
- Rapportage met conclusies, waarin de onderzoeksvragen worden beantwoord.

1.4 Leeswijzer

Dit werkdocument is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 beschrijft inzichten rondom ordening en regie van de ondergrond in algemene zin.
- Hoofdstuk 3 specificeert dit voor warmtenetten.
- Hoofdstuk 4 beschrijft inzichten rondom meekoppelkansen.
- Hoofdstuk 5 reflecteert op de resultaten.

2 Ordening en regie van ondergrondse infrastructuur

2.1 De integratie van de ondergrond in ruimtelijke ontwikkeling

Nederland kent grote opgaven, zoals de energietransitie, klimaatverandering en verstedelijking. Het omgaan met deze opgaven vraagt om ingrepen in de ondergrond, zoals het gebruik van ondergrondse infrastructuur voor warmtenetten (zie ook de Mulder, 2015 en Roovers, 2016). Deze opgaven vragen om ruimte in de ondergrond én afstemming met de bovengrondse ruimte. Dit gebruik van de ondergrond is problematisch. Dit komt onder meer vanwege fragmentatie in sectoren, beleidsvelden en organisaties, en omdat ondergrond professionals en ruimtelijke professionals in verschillende werelden met verschillende talen leven (zie onder meer Bloemendal et.al. 2014, Osinga et. al., 2014 en Roovers, 2016). De onzichtbaarheid van de ondergrond is daarbij belemmerend voor het verbinden met de bovengrond.

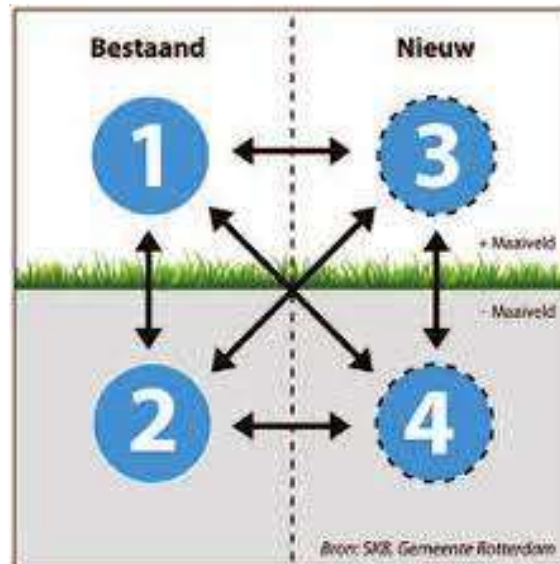
Om de potentie van de ondergrond bij toenemende ruimteclaims duurzaam en effectief te benutten – zoals voor warmtenetten – is een passende ordening van de ondergrond noodzakelijk. Daarbij beschouwen we ordening als het toekennen van (te scheiden of te combineren) wenselijke en mogelijke functies in de ruimte, of zoals het Rijk stelt: de ruimte te verdelen en gebieden aan te wijzen voor bepaalde bestemmingen³. Daarbij lijken traditionele vormen van ruimtelijke ordening steeds minder in staat om om te gaan met de complexiteit van de hedendaagse maatschappij (Hajer, 2003, Hajer et. al., 2010). We werken aan nieuwe methoden die beter zijn toegerust om ondergrond te verbinden met maatschappelijke opgaven. Denk bijvoorbeeld aan methoden als 'planning as persuasive storytelling' (Throgmorton, 1996) of 'een creatief ontwerpproces, in een vroeg stadium' (Hooimeijer&Maring, 2013). Beleidsmakers spreken daarbij over een '3-D ruimtelijke benadering', zoals het Rijk in de Rijksstructuurvisie Ondergrond uit 2018: *'Een driedimensionale ruimtelijke ordening, als praktisch handvat voor duurzaam, veilig en efficiënt gebruik van de ondergrond, is geboden.'*

Er zijn diverse concepten ontwikkeld waarin de samenhang tussen boven- en ondergrond, de 3-D ordening, vorm is gegeven. Als conceptuele basis wordt in Nederland veelal het model ontwikkeld door SKB en gemeente Rotterdam gebruikt, waarin boven- en ondergrond en bestaande en nieuwe situatie verbonden zijn, zie figuur 1. Dit concept is door het Rijk tevens overgenomen in haar Structuurvisie Ondergrond uit 2018.

³ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/ruimtelijke-ordening-en-gebiedsontwikkeling/beleid-ruimtelijke-ordening>, geraadpleegd 25 juni 2022

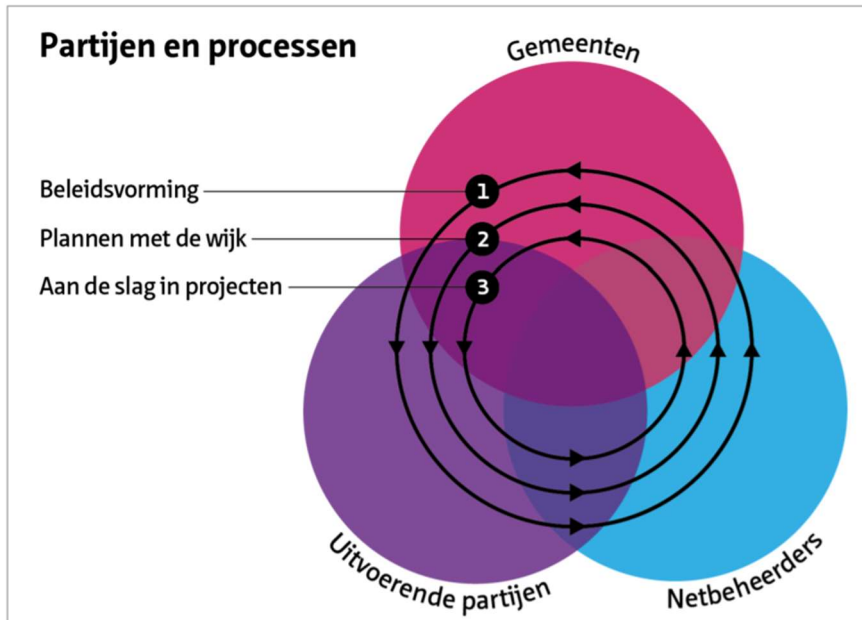
Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening

Pagina 8 / 26



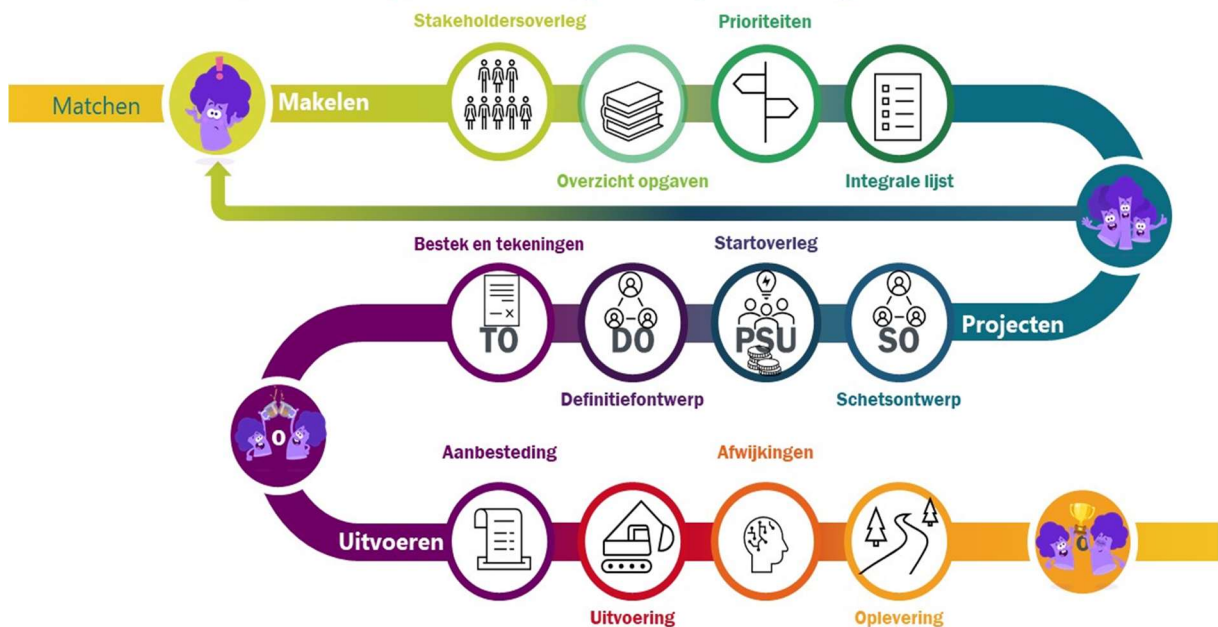
Figuur 1, ontwikkeld door SKB en gemeente Rotterdam, overgenomen uit Structuurvisie Ondergrond uit 2018.

Deze conceptuele basis kent diverse meer concrete uitwerkingen. Twee voorbeelden van uitwerkingen voor het omgaan met ondergrondse infrastructuur zijn weergegeven in figuur 2 en 3. Figuur 2 geeft sturing op drie niveaus weer om ondergronds 'aardgas vrij' te worden. Deze niveaus zijn strategisch, tactisch en operationeel. Het concept impliceert dat sturing óp en interactie tússeen deze drie niveaus noodzakelijk is. Daartoe zijn op al deze drie niveaus samenwerking en afspraken noodzakelijk tussen betrokken partijen: gemeenten, netbeheerders en uitvoerders. Dit concept is met behulp van diverse netbeheerders, gemeenten en kennisinstellingen ontwikkeld door het Centrum van Ondergrondse Bouwen. Figuur 3 geeft een interactief stappenplan vanuit het Gemeentelijk Platform Kabels en leidingen, waarin de planvorming voor ondergrondse infrastructuur in relatie tot de bovengrond is uitgewerkt. Ook dit schijnbaar lineair gefaseerde stappenplan geeft terugkoppel 'loops' om de noodzaak tot interactie tussen de verschillende fasen te duiden.



Figuur 2: sturing op drie samenhangende en interacterende niveaus (COB, 2018)

Van matches, ontwerp, uitvoering tot oplevering



Figuur 3: Stappenschema voor realiseren ondergrondse infrastructuur (GPKL, 2020)

Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening

Pagina 10 / 26

In deze concepten zien we de niet-lineaire interactie op verschillende schaalniveaus tussen boven- en ondergrond. Daarbij zijn deze concepten nog abstract. De wijze waarop zo'n 3-D aanpak concreet vorm krijgt, is nog weinig gekend. Het is een leerproces waar wij nu midden in zitten. In Rooilijn (2020) is in een artikelenreeks met deskundigen naar concrete werkwijzen voor zo'n 3-D aanpak gekeken. Daaruit volgen een aantal aspecten:

- Een structurele analyse van de potentie van de ondergrond voor ruimtelijke opgave zou ingebed moeten zijn vanaf het begin van de ruimtelijke planvorming, op alle schaalniveaus, (F. Hooimeijer, 2021, E. Martinius, 2021). Zo'n analyse lijkt nog niet structureel te worden opgepakt.
- Op tactisch en operationeel niveau lijken gekende principes uit de gebiedsontwikkeling een goede basis om de ondergrond mee te nemen in ruimtelijke ontwikkeling, zie onder meer Roovers, Nap en Rood (2021) en Puylaert (2020). Deze principes zijn gebaseerd op een procesmatige werkwijze met alle stakeholders, zie bijvoorbeeld de Zeeuw, 2019. Puylaert (in Rooilijn 2020) schetst voor een aantal 3-D-pilots met bodem en ondergrond zo'n werkwijze met: (1) het opdrachtgeverschap voor het meenemen van de ondergrond leggen bij de trekker van het ruimtelijk plan, (2) een maatschappelijke opgave als startpunt nemen, (3) denken in kansen vanuit ondergrond, te stimuleren met de vraag: 'hoe kan de ondergrond helpen?', en (4) veel interactie tussen de betrokken disciplines.
- Het gebruik van 'leesbare kaarten' en 'checklists' is een wenselijke toevoeging aan deze werkwijzen. Henk Puylaert (2020) beschrijft deze voor 'de ondergrondkwaliteiten', waarmee zowel gebiedsontwikkelaars als bodemprofessionals geholpen worden om de ondergrond een passende plek te geven. De kaarten en checklists kunnen tevens als dialoog-instrument tussen hen dienen;
- Het bij betrokkenen ontwikkelen van de 'routine' om beelden tussen verschillende disciplines uit te wisselen. Hierdoor kan een gezamenlijk gedeeld begrip ontstaan van de uitdagingen en kansen in een gebied inclusief de grond en bodem er onder. Evelijn Martinius noemt dat '4D-beeldvorming' van een gebied (2021).
- Voor een 3-D ruimtelijke ontwikkeling zijn verrijking van informatie, duurzame opslag van data en relevante op maat gemaakte informatieproducten essentieel. Het beeld dat de artikelen in Rooilijn hierover schetsen is eenduidig: informatiemanagement lijkt niet goed geregeld. Gegevens over de ondergrond zijn over het algemeen beperkt, slecht toegankelijk, verspreid over veel organisaties, in veel verschillende formaten, ingewonnen op uiteenlopende schaalniveaus, alleen door experts tot informatie te maken, niet structureel ingewonnen, niet duurzaam en in samenhang bewaard, de kwaliteit ervan zelden inzichtelijk en zelden sprake van een transparant bronhouderschap (Scheffers&Hogewey, 2020).
- We zien een nadruk op techniek en technische 3D-innovaties, maar juist dialoog is noodzakelijk om gezamenlijk 3D-beelden (of zelfs 4D-beelden zoals Evelijne Martinius (2021) ze noemt) te vormen. Daarbij zal niet alleen een ondergrondexpert moeten worden geïntegreerd in een ontwerpteam, maar zal deze expert ook een positie moeten krijgen die borgt dat de informatie goed wordt meegenomen in ontwerpoverwegingen.

Kortom, ruimtelijke claims op de ondergrond kunnen tot conflicten leiden en vragen om ordening. Deze ordening moet boven- en ondergrond verbinden, in een 3-D benadering. Voor zo'n benadering zijn theoretische concepten beschikbaar, maar hoe dit concreet in de praktijk vorm te geven is nog een leerproces. Onderdelen van zo'n aanpak die ook voor warmtenetten relevant kunnen zijn:

Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening

Pagina 11 / 26

- interactie tussen keuzes boven- en ondergrond, in de tijd en tussen schaalniveaus,
- analyse van de potentie van de ondergrond voor warmtenetten,
- procesmatige aanpak,
- adequaat informatiemanagement,
- gebruik van visualisaties en gedeelde beelden,
- specialist ondergrond in het ontwerpteam.

2.2 Vijf perspectieven op ordening

De ondergrond is een complex fysisch-ecologisch systeem. Het omgaan met de ondergrond kan gezien worden als een complex socio-fysisch complex systeem. Voor complexe systemen past geen traditionele manier van ordenen van de ruimte (in lijn met Hajer, 2005): het toekennen van (te scheiden of te combineren) wenselijke functies in de 3D-ruimte (boven- en ondergronds) zal onvoldoende zijn om recht te doen aan de complexiteit ervan. Deze ordening kent meervoudige perspectieven en zal vandaar uit benaderd moeten worden (Roovers, 2020a):

1. Ordening als 4-D ordening van de ruimte én tijd van boven- en ondergrond;
2. Ordening als flexibiliteit: inspelen op bijbehorende onzekerheden;
3. Ordening als beleidsuitvoering: interactie tussen strategisch beleid, tactische programmering en concrete projecten
4. Ordening als proces: samenwerkingsspelregels tussen betrokken partijen;
5. Ordening als narratief leerproces van zingeven, binding en leren;

Roovers (2020b) heeft dit concreet uitgewerkt in het 'verankeren' van bodem en ondergrond binnen gemeentelijke organisaties. Daarin stelt hij dat effectief verankeren vraagt om adequate aandacht, maatregelen en inbedding voor inzicht in de ondergrond, positie ván de ondergrond, werkwijzen vóór de ondergrond, imago ván de ondergrond en leren óver omgaan met de ondergrond. In figuur 4 is dit concreet uitgewerkt.

Thema	Aspecten
Inzichten	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Opbouw, werking en samenhang</i> • <i>Aanwezige waarden en infra</i> • <i>Aanwezige bedreigingen</i> • <i>Potenties</i> • <i>Ruimtevaart (scenario's)</i>
Positie	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bestuur en politiek</i> • <i>Beleid en besluitvorming</i> • <i>Organisatie</i> • <i>Systemen</i>
Werkwijzen	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ontwerpend onderzoek, lerende werkwijzen</i> • <i>Modellen en concepten die verbinding bodem en ruimtelijke ontwikkeling leggen.</i> • <i>Werken met ruimtelijke ordenaars, gebiedsontwikkelaars en stedenbouwkundigen.</i> • <i>Gebruik van innovatieve technieken en data.</i>
Imago	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Potentie en waarde uitgedragen in communicatie-uitingen en strategie</i> • <i>Verantwoordelijke communicatie-medewerker voor bodem en ondergrond</i> • <i>Gemeente neemt deel aan / organiseert bijeenkomsten en festiviteiten die aansluiten</i>
Leren	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Monitoringsprogramma voor inzicht en bijdrage aan de opgaven</i> • <i>Actief deelnemen aan kennisnetwerken rondom bodem en ondergrond.</i> • <i>Delen informatie en kennis over hun bodem en ondergrond.</i>

Figuur 4: Concrete aspecten voor het verankeren van bodem en ondergrond in gemeentelijke organisaties (Roovers, 2020b).

2.3 Regie op de ondergrond

De toenemende ruimteclaims op de ondergrond leiden met name in stedelijk gebied tot de roep om regie op deze ondergrond. Regie kan daarbij gezien worden als de wijze waarop sturing op de ondergrond vorm gegeven kan worden, bijvoorbeeld op de ordening ervan. Wij hanteren in deze notitie de volgende definitie van regie. 'Regie is een bijzondere vorm van sturen die gericht is op de afstemming van actoren, hun doelen en handelingen tot een min of meer samenhangend geheel, met het oog op een bepaald resultaat' (Ministerie van BZK, 2006). Pröpper et. al. (2004) onderscheiden twee belangrijke kenmerken van regie, doorzettingsmacht en eigen script. Met doorzettingsmacht bedoeld men de mate waarin een actor zijn belangen voorop kan stellen en eigen script staat voor de mate

waarin de actor inhoudelijk overwicht heeft. Op basis van deze kenmerken kunnen vier typen regie worden onderscheiden:

		Eigen 'script' of beleidskader	
		Ja	Nee
Doorzettingsmacht	Ja	(1) Beheersingsgerichte regisseur (inhoudelijk én procesmatig)	(2) Uitvoeringsgerichte regisseur
	Nee	(3) Visionaire regisseur	(4) Faciliterende regisseur

Daarbij ligt de primaire regie op de ondergrond in stedelijk gebied bij de gemeente. De gemeente heeft daarbij vijf verschillende rollen in te nemen (afgeleid uit Ketenanalyse COB, 2018):

1. *Visionair en inspirerend* in beleidsvorming en programmering;
2. *Sturend* in de beleidsvorming, inclusief het nemen van besluiten;
3. *Faciliterend* in de programmering en planning, en bij de afstemming tussen individuele projecten;
4. *Toetsend* bij het uitvoeren van projecten;
5. *Uitvoerend* bij eigen projecten in de programmering en planning en de uitvoering.

Deze rollen worden binnen de gemeente veelal door verschillende organisatieonderdelen en mensen van de gemeente uitgevoerd. Daarbij zijn rolhelderheid en rolvastheid cruciaal om een betrouwbare partner in het werkveld te zijn, en om deze rollen adequaat in te vullen. En daarbij is interne afstemming tussen deze rolhouders belangrijk voor de effectiviteit ervan.

Doorzettingsmacht en handhaven

De regietheorie maakt gebruik van de term doorzettingsmacht. Dit is bedoeld in de context dat een partij zijn/haar wensen kan opleggen aan de ander. Voor ondergrondse infrastructuur betekent dit dat bijvoorbeeld dat een gemeente het tracé, ligging en/of uitvoering kan opleggen aan netbeheerders. Het verlenen van vergunningen en daarop handhaven, zien we in dit kader niet als doorzettingsmacht, maar is wél een middel die in alle vormen van regie gebruikt kan worden. Daarbij zien we dat strakke handhaving tijdens de uitvoering lastig is, onder meer vanwege capaciteits- en prioriteitsgebrek en de druk tijdens de uitvoering (COB, 2018).

2.4 Middelen en instrumenten

In de voorgaande paragrafen zijn ordening en regie op ondergrondse infrastructuur beschreven. Deze leiden reeds tot een aantal mogelijke concrete middelen en instrumenten om sturing te geven aan de realisatie van warmtenetten:

- interactie tussen keuzes boven- en ondergrond, in de tijd en tussen schaalniveaus,
- analyse van de potentie van de ondergrond voor warmtenetten,
- procesmatige aanpak,
- adequaat informatiemanagement,

Warmtenetten, regie en ruimtelijke ordening

Pagina 14 / 26

- gebruik van visualisaties en gedeelde beelden,
- specialist kabels en leidingen in het ontwerpteam.

3 Regie en ordening van warmtenetten

In het vorige hoofdstuk zijn bestaande inzichten voor ordening en regie op ondergrondse infrastructuur in beeld gebracht. Dit levert een aantal concepten, werkwijzen en instrumenten die ook kunnen bijdragen aan het realiseren van warmtenetten. In dit hoofdstuk verdiepen we deze inzichten naar warmtenetten, gebaseerd op interviews met diverse betrokkenen bij de ontwikkeling warmtenetten in gemeenten.

3.1 Warmtenetten als ondergrondse infrastructuur

Een warmtenet is een stelsel van leidingen onder de grond waarin warm water van één of meerdere warmte opwekkers naar warmteafnemers wordt getransporteerd. Een warmtenet bestaat uit vier hoofdonderdelen: de warmtebronnen, de warmteafnemers, het distributienet en de stromingsmachines en regeltechniek. Warmtenetten kunnen een collectieve oplossing bieden voor de warmtevoorziening, terwijl de andere duurzamere voorzieningen vooral op individueel niveau worden toegepast. (Papa et al., 2020). Alle onderdelen van een warmtenet moeten ruimtelijk worden ingepast, met name het distributienet wordt ondergronds aangelegd, en vraagt dus ondergrondse ruimte. In bureauonderzoek door studenten zijn geen duidelijke waarden gevonden voor het ruimtebeslag (de Bruijn, et, al., 2022).

Voor de ordening van ondergrondse infrastructuur hebben we gesteld dat deze ordening geen traditionele manier van ordenen in de ruimte is: het toekennen van (te scheiden of te combineren) wenselijke functies in de 3D-ruimte (boven- en ondergronds) zal onvoldoende zijn om recht te doen aan de complexiteit ervan. De ordening zal moeten geschieden aan de hand van vijf elkaar versterkende perspectieven:

1. Ordening als 4-D ordening van de ruimte én tijd van boven- en ondergrond;
2. Ordening als flexibiliteit: inspelen op bijbehorende onzekerheden;
3. Ordening als beleidsuitvoering: interactie tussen strategisch beleid, tactische programmering en concrete projecten
4. Ordening als proces: samenwerkingsspelregels tussen betrokken partijen;
5. Ordening als narratief leerproces van zingeven, binding en leren;

Voor de ruimtelijke ordening van warmtenetten betekent dit dat deze concreet vormgegeven moeten worden:

- In een netwerk van betrokken stakeholders,
- Die gezamenlijk spelregels afspreken voor het omgaan met elkaar en de wijze van ordenen;
- Die daarin door de schaalniveaus van beleid, programmeren en uitvoeren werken (convenanten, gezamenlijk programmeren, projectafstemmingen, etc.);
- Onzekerheden en tijd daarin een plek geven door flexibiliteit in te bouwen (werken met bandbreedtes, scenario's, ontwikkelpaden, etc).
- In dialoog met elkaar waarin geleerde lessen worden gedeeld, opgeschaald en toepast in nieuwe werkwijzen, en waarbij geen angst is om terug te komen op eerder gemaakt keuzes en afspraken.

Uit de interviews volgt dat gemeenten niet altijd weten welke eisen zij kunnen stellen aan een omgevingsvergunning. En welke eisen zij kunnen stellen aan het plaatsten van de warmtenetten. Gemeenten vinden het hierdoor moeilijker om sturing te kunnen geven aan deze energietransitie.

3.2 4-D ordening in ruimte en tijd

Geïnterviewden stellen dat er momenteel geen potentie lijkt om het landelijke gebied te voorzien van warmtenetten. Dit maakt de ordening van warmtenetten een *stedelijk issue*. Hierbij kunnen op hoofdlijnen drie situaties worden onderscheiden:

1. Bestaande wijken waar een nieuw warmtenet wordt aangelegd;
2. Bestaande wijken waar een bestaand warmtenet functioneert en mogelijk moet worden aangepast;
3. Nieuwbouwwijken waar mogelijk een warmtenet wordt aangelegd.

Uit de interviews volgt dat voor het omgaan met de ondergrond met name de eerste situatie lastig kan zijn: daar waar de bestaande ruimte beperkt is. In nieuwbouwwijken kan in het ontwerp van de wijk al geanticipeerd worden op een passende ondergrondse ordening van te verwachten infrastructuur. In deze situatie kunnen warmtenetten ook samen met de andere leidingen worden aangelegd. Dit is ook benoemd als meekoppelkans. In toekomstige nieuwbouwwijken betekent dit ook dat in de ontwikkeling ervan een extra partner / stakeholder onderdeel wordt van het ontwikkelproces. Geïnterviewden geven aan dat sommige (nieuwe) woonwijken mogelijk te klein zijn voor warmtenetten en te ver weg kunnen liggen van mogelijke warmtebronnen.

Vrijwel alle geïnterviewden spreken over *drukke in de ondergrond*, die vooral ontstaat door ingrepen in de ondergrond voor de energietransitie, inclusief warmtenetten. Bijvoorbeeld zowel gemeente Zwolle, Rotterdam als Tilburg noemen toenemende elektrificatie en het uitleggen van warmtenetten als belangrijkste oorzaken voor deze drukte. Deze drukte uit zich in toenemend ruimtegebrek in de ondergrond om maatregelen voor de energietransitie goed te kunnen nemen. Geïnterviewden stellen daarbij dat dit niet alleen om kabels en leidingen gaat, maar ook om transformatorhuisjes en warmteoverdrachtstations. Deze stations zijn nodig om warmte om te zetten naar een gewenste temperatuur. Deze stations nemen ook ruimte in, veelal in wijken waar ruimte al schaars is.

Een geïnterviewde: "Waar we heel erg tegenaan lopen is dat die ondergrond en die bovengrond heel erg met elkaar te maken hebben. In de zin van dan, op het moment dat daar leidingen gelegd worden, dat daar ook bovengronds objecten geplaatst moeten worden. Stadsverwarming heeft warmteoverdrachtstations nodig, van het primaire transportnet naar het distributienet, zeg maar. Vergelijk het met een soort transformatorhuisjes, dat gaat bovengronds."

Geïnterviewden verwijzen ook naar bestaande leidingen in de ondergrond, inclusief oude gasleidingen, als één van de belangrijke oorzaken van de drukte. Een geïnterviewde netbeheerder stelt: *'De uitdaging ligt dan ook vooral in het vinden van een goede plek om daartussen de warmteleidingen te leggen.'* De netbeheerder draagt hierbij aan, ook naar andere plekken te kijken dan onder het trottoir. Diverse

geïnterviewden vragen zich af of de voorzieningen zoals warmtenetten altijd in openbare ruimte moeten worden geplaatst. Aanleg in private ruimten kan in situaties een oplossing bieden. Daar waar de aanleg van warmtenetten het weghalen van gasleidingen mogelijk maakt, stelt een geïnterviewde dat het belangrijk is te realiseren dat dit pas kan op het moment dat het warmtenet operationeel is. Dit stelt ook eisen aan de ordening in de tijd.

Sommige geïnterviewden geven aan dat ‘tot nu toe’ alle leidingen redelijk in de ondergrond passen. Echter, géén van de geïnterviewden geeft aan dat de mate van drukte en benodigd ruimtebeslag – inclusief conflicten – structureel in kaart is gebracht (kwalitatief en/of kwantitatief). Tot slot zijn een aantal factoren te benoemen die de snelheid in een proces van realisatie van warmtenetten bepalen (Nationaal Warmtecongres, 2022, in de Bruin, 2022), te weten acceptatie door bewoners, betaalbaarheid, haalbaarheid, buffers in tijd, ruimte en financiën van een project, betrouwbaarheid van betrokken stakeholders, voortgang en uitvoerbaarheid.

3.3 Flexibiliteit en omgaan met onzekerheden

Diverse geïnterviewden geven aan dat warmtenetten lang (ongeveer 60 jaar) zullen blijven liggen, en naar verwachting preventief vervangen worden. Hierdoor hoeft niet in een keer een complete wijk opengemaakt te worden. Het is vergelijkbaar met de werkwijze die gemeenten hanteren bij het vervangen van de riolering. Deze lange periode levert diverse onzekerheden. De respondent gaf al eerder aan dat het nog afwachten is welke vorm van het warmtenet het gaat worden. Toch is er niet één vorm van warmtenetten de beste en het meest duurzaam is, het is gebiedsafhankelijk.

Eén geïnterviewde geeft aan dat gemeenten meer moeten nadenken over de onzekerheden en keuzes in warmtetransitie: maak daarvoor scenario's. Anticipeer daarmee op de ruimtelijke ordening van het openbare gebied. Kijk op een planmatige manier naar alles wat er wordt gedaan in de ondergrond en wat er nog bij komt. Dat kan betekenen dat het vervangen van de riolering dan even nog moet wachten. Ga op een toekomstgerichte manier te werk. Dus niet zoals de gemeenten nu de “standaard” drie jaar aannemen, maar denk verder. Amsterdam is bijvoorbeeld al begonnen met 10 jaar vooruitkijken in hun programmeren van ondergrondse infrastructuur, aldus de geïnterviewde.

Daarnaast is er onzekerheid bij de bestaanszekerheid en leveringszekerheid van de warmtebronnen. bestaan zij in de toekomst nog wel, kunnen de warmtenetten nog wel gevoed worden met warmte? Neem dit mee in de scenario's die vooraf worden beschouwd.

Eén geïnterviewde adviseert om bij het repareren en onderhouden van een riool rekening te houden met het aanleggen van een warmtenet, eventueel een warmtenet dat in de toekomst kan worden gelegd. Er moet worden dan dus ruimte gereserveerd in de bodem. Hiermee ontstaat flexibiliteit om hierop te kunnen anticiperen.

3.4 Ordening van warmtenetten als proces

Door liberalisering en marktwerking zijn het aantal betrokken partijen bij ondergrondse infrastructuur sterk toegenomen, én heeft de gemeente geen harde sturingsmiddelen. Zo mogen gemeenten bijvoorbeeld geen warmtenet weigeren. Het proces om leidingen te ordenen en te realiseren is daardoor veelal meer een samenwerkingsproces met diverse publieke én private partijen. Sommige gemeenten hebben – of zijn bezig met– samenstellingsovereenkomst met netbeheerders. De duur van zo'n proces (van initiatief tot en met uitvoering) kan 2 tot 8 jaar duren (de Bruin et al, 2022). Zoals een gemeente stelde: voor het realiseren van warmtenetten zijn goede relaties met partijen en afspraken nodig met de andere warmtepartijen, het is een wederzijdse afhankelijkheid.

'Een rol van de gemeente is dat wij een beetje regie proberen te voeren voor wat er in de ondergrond gebeurt. Maar het blijven systemen van anderen, het belangrijkste is dat er gesprekken gevoerd blijven worden.'

Een warmtenet realiseren kost veel tijd, dit zien gemeenten vooral bij het proces dat voorafgaat aan de realisatie van warmtenetten. Maar ook bij het aanleggen van de warmtenetten zijn er problemen volgens de gemeente. Zo komt er bijvoorbeeld af en toe onvoorziene vervuiling naar boven waardoor er extra grond afgevoerd moet worden. Het proces duurt daardoor langer en kost extra geld.

3.5 Regie

Welke vormen en instrumenten

Harde instrumenten

Het aanleggen van leidingen is veelal vergunningsplichtig [nagaan, ook kabels?] . Echter, gemeenten kunnen warmtenetten – evenals andere kabels en leidingen – niet weigeren. De vergunning gaat dus eerder over het effectiviteit en veilig ordenen van de ondergrond (wat ligt waar, en onder welke voorwaarden). Zo hanteert bijvoorbeeld de gemeente Zwolle de AVOI, algemene verordening ondergrondse infra. Hierin staat dat elke kabel en leiding die in de grond ligt, vergunning plichtig is. In Tilburg wordt gewerkt met de Nen-norm, dit zijn landelijke normen om te zorgen dat netbeheerders. Op deze manier houdt de gemeente regie over wat er in de ondergrond gebeurt. Ook werken diverse gemeenten met een 'standaard ordeningsprofiel': een standaard dwarsprofiel waarin is aangegeven hoe de kabels en leidingen in het straatprofiel ten opzichte van elkaar liggen. Voor warmtenetten wil de gemeente Zwolle wil weten welke warmtebron, geschikt is voor welk deel van de stad. Op dit moment is de gemeente vooral bezig met het in kaart brengen van de warmtebronnen. In de meeste gemeentes wordt gewerkt met een standaard ordeningsprofiel. Echter, bij ruimtegebrek wordt hier in overleg tussen gemeente en netbeheerders gezocht naar maatwerk. Het ordeningsprofiel is dus niet in beton gegoten.

Binnen dit maatwerk geven Rotterdam en Tilburg aan dat kabels steeds vaker dieper in de grond gelegd. Dit is echter nog steeds meer de uitzondering dan de regel is. Gemeenten geven aan dat zij steeds meer proberen projecten te combineren.

Daarom kijkt de gemeente uit naar de nieuwe Wet collectieve warmtevoorziening, waar gemeenten warmte kavels mogen aan gaan wijzen, waar warmtenetten mogen liggen. De gemeente kan daarmee effectiever regie gaan voeren. Maar ook gaf de geïnterviewde gemeente aan dat er meer ambtenaren moeten komen die toezicht houden op het proces dat nodig is bij warmtenetten en wat er in de ondergrond zich afspeelt. Onder de nieuwe Warmtewet krijgen gemeenten meer sturingsmogelijkheden. Volgens de Memorie van Toelichting bij de nieuwe Warmtewet hebben gemeenten namelijk het meeste zicht op lokale karakteristieken en zijn zij het best in staat om de gemaakte keuzes te communiceren met burgers en andere betrokken lokale partijen en om deze te betrekken bij de keuzes. Gemeenten hebben voor nieuwbouw al de bevoegdheid om te kiezen voor collectieve warmtevoorziening als duurzaam alternatief voor verwarming via aardgas. Met de nieuwe Warmtewet wordt deze bevoegdheid ook uitgebreid tot bestaande bouw. In aanloop van de nieuwe Warmtewet doen gemeenten er daarom goed aan vroegtijdig te inventariseren welke wijken zich lenen voor aansluiting op een collectieve warmtevoorziening.

De bodem en warmtetransitie adviseur geeft ook aan dat de wettelijke afstanden die tussen warmteleidingen en waterleidingen moet liggen, misschien wel niet meer nodig is door de verbeterde isolatie van de warmteleidingen.

Zachte instrumenten

Zowel via sectorale als integrale beleidsplannen kunnen gemeenten regie voeren op de ordening van de ondergrond. Zo stellen gemeenten samen met regionale partners regionale energiestrategieën op, en werken deze uit in gemeentelijk warmtetransitievisies en uitvoeringsplannen. Hierin kunnen gemeenten bijvoorbeeld aangeven waar ze warmtenetten willen. Dit kan tevens worden opgenomen in bijvoorbeeld de gemeentelijke omgevingsvisie, en doorvertaald worden in omgevingsplannen. Op deze manier kan de gemeente sturing geven aan de liggen van warmtenetten en de ordening daarvan. Ook hier geldt dat in deze beleidsplannen een concrete analyse van het ruimtebeslag en mogelijke ruimtelijke conflicten voor ondergrondse infrastructuur en ruimtegebruik nog niet voorkomen.

De gemeente geeft aan dat ze veel willen en er mee aan de slag willen gaan, maar dat zij niet de instrumenten hebben om dat te doen. Eén gemeente gaf aan dat het nieuwe coalitieakkoord geld beschikbaar heeft gesteld om de financiering van warmtenetten te ondersteunen.

Verder wordt er gekeken hoe zij het gesprek met de inwoners aan kunnen gaan. Om hen te kunnen overtuigen voor de warmtenetten. De geïnterviewde gemeente gebruikt zelf al subsidie als instrument, er is ongeveer 3000 euro beschikbaar voor de aansluitingskosten op een warmtenet voor de bewoner.

Rollen

De bodem en warmtetransitie adviseur vindt dat als het wenselijk wordt gezien om meer warmtenetten te gaan plaatsen om van het gas af te komen, dat dit dan echt door de gemeenten moeten worden gedaan. Omdat gemeenten vanuit de wettelijke kaders de ruimte hebben om ze aan te leggen. Er zijn

zo veel losse partijen als beheerders en er horen bij de aanleg heel veel (financiële) risico's. Het warmtenet proces kan alleen goed verlopen als de overheid (gemeente) regie neemt en de risico's afdekt. Er is een pps (publiek–private samenwerking) nodig. De overheid/gemeente is de enige partij die dat kan doen, wel is er nog de vraag of de gemeente voldoende (financiële) capaciteit heeft hiervoor.

3.6 Meekoppelkansen

Meekoppelkansen zijn kansen die tegelijk met de realisatie van een warmtenet uitgevoerd kunnen worden en een win-winsituatie kunnen bieden. Zo is het bijvoorbeeld niet efficiënt om alleen voor een warmtenet de straat open te breken. Dit geldt vooral voor drukke stedelijke gebieden. De komende decennia spelen ook andere grote ruimtelijke opgaven, zoals nieuwbouw, groot onderhoud aan gebouwen, de energietransitie en de transitie naar een circulaire economie. Deze opgaves kunnen worden meegenomen tijdens de aanleg van een warmtenet. Hierbij kan je ook denken aan het verbeteren van verkeersveiligheid, verlichting en de aanleg van glasvezel (Kennisportaal Klimaatadaptatie, z.d.).

Meekoppelen in de tijd

Geïnterviewden stellen dat een gemeente vooral baat bij meekoppelkansen op het gebied van waterhuishouding, vergroening en het verbeteren van de infrastructuur. Zij geven de volgende meekoppelkansen aan:

- het aanleggen van een verkeersdrempel, infiltratiekratten en het aanleggen van wadi's. Netbeheerders lijken hier geen problemen in te zien, met betrekking tot de nieuwe, noch de oude leidingen.
- het vervangen van de waterleidingen samen met de aanleg van warmtenetten. Maar het hangt er wel van af wie de partij is die dit doet.
- fysieke en sociale maatregelen in / bij woningen bij het plaatsen van warmtenetten. Woningen isoleren is een voorbeeld hiervan, zodat mensen het ook kunnen zien als een positieve ontwikkeling in plaats van een hindering.
- het gelijktijdig vervangen van de riolering, vooral de riolering 'in één keer' meegenomen kan worden. Dit is in de praktijk minder simpel dan in theorie. Er is namelijk ruimte nodig voor een warmtenet, dit kan worden verkregen door de riolering te verplaatsen. Er kan dan ook gelijk een gescheiden riool worden aangelegd of daarvoor ruimte worden gereserveerd. Dit vraagt dat in de planning van het rioolonderhoud dat er rekening gehouden wordt met het aanleggen van een warmtenet, eventueel eentje voor in de toekomst.

Geïnterviewden geven hierbij aan dat er goed nagedacht moet worden of warmtenetten worden aangelegd vóórdat of nádat huizen geïsoleerd worden. Zijn de huizen dat niet, dan moet er eigenlijk een hoge temperatuurnet worden aangelegd. De buizen nemen dan bijna exponentieel toe in dikte bij verhoging van de temperatuur, dit leidt tot hogere kosten en minder ruimte in de ondergrond. De

afweging kan soms dus ook zijn om nog even te wachten met het aanleggen van een warmtenet en eerst te beginnen ná het isoleren van huizen, zodat hier beter op kan worden geanticipeerd.

Meekoppelen in de ruimte

Het toepassen van meekoppelkansen is altijd afhankelijk van de plek waar een warmtenet wordt aangelegd. Geïnterviewden geven aan dat:

- leidingen technisch prima gebundeld worden, maar de meeste partijen in de ondergrond vinden dat niet prettig. Gebundelde leidingen lijken minder makkelijk te beheren. Onderliggende leidingen zijn minder makkelijk te bereiken. Er wordt momenteel al wel gekeken naar meer verticale ordening in de grond. Op deze manier kan de gemeente inzichtelijk maken welke buizen waar liggen en kan het onderhoud van de buizen aan elkaar gekoppeld worden. Volgens de netbeheerder, kan er ook onderhoud worden gepleegd bij andere leidingen. De netbeheerder geeft hierbij als voorbeeld, de oude water- en elektriciteitsleidingen die vervangen moeten worden.
- Leidingen op private grond, zoals in voortuinen. Hiertoe zijn juridische constructies nodig, over het onderhoud. Ook kan dit veel overleg vragen met bewoners.
- leidingen kunnen onder bomen geplaatst kunnen worden. Misschien zelfs wel zo dicht op elkaar, dat de wortels van de boom om de leidingen heen kunnen groeien. Ook hier zijn er bij betrokken partijen veelal bezwaren over onderhoud en (vermeende) risico's op schade.
- aanleggen van de warmtenetten combineren met het opnieuw inrichten van de openbare ruimte. Wanneer de straten weer opnieuw bestraat moeten worden na het plaatsten van de warmtenetten kan er ook gelijk gekeken worden naar een andere indeling van de openbare ruimte, bijvoorbeeld in het licht van klimaatadaptatie.
- Infiltratiekratten en warmtenetten kunnen elkaar in de weg zitten.

Verzilveren

Geïnterviewden geven voor het verzilveren van meekoppelkansen aan dat verzilveren vraagt om lange termijn programmering en het afstemmen daarvan tussen organisaties. Dit kan ook afspraken op bestuurlijk niveau vragen (strategisch en tactisch niveau). Dit gebeurt nog weinig. Geïnterviewden geven aan dat gemeenten veel geen compleet overzicht van alle leidingen in de hebben en zelf een eigen meerjarenonderhoudsplan maken, zonder de andere actoren die betrokken zijn in de ondergrond

4 Instrumenten

De ruimtelijke sturing in Nederland vindt vanaf 1 januari 2023 in essentie vanuit het kader van de Omgevingswet plaatsvindt, en daarmee in algemene zin het Omgevingswet-instrumentarium hiertoe de logische handvatten vormen. In essentie zijn dit voor de gemeenten de volgende instrumenten:

- Omgevingsvisie – strategisch
- Omgevingsprogramma – tactisch
- Omgevingsplan – operationeel
- Participatieverordening – tactisch

In aansluiting hierop volgen in dit onderzoek uit de bureaustudie en interviews de volgende instrumenten die gemeenten kunnen gebruiken om ruimtelijk sturing te geven aan warmtenetten⁴.

Strategisch

- covenant tussen gemeenten en netbeheerders (zoals bijvoorbeeld tussen Stedin en gemeente Rotterdam)
- financiële incentives om samenwerking af te dwingen
- Diverse theoretische concepten, zoals beschreven in hoofdstuk 2;
- pm

Tactisch

- gezamenlijke programmering van werkzaamheden (zoals bijvoorbeeld in Zeeland, AZON, Afstemming Zeeuwse Overheden en Nutsbedrijven)
- leggen van lege mantelbuizen
- opschonen van de ondergrond
- afspraken over graafrust
- ontwikkeling nieuwe technieken – technologische ontwikkelingen.
- registratie, data, kaarten en bestanden – zoals de leidingverzamelkaart van Rotterdam
- planvormingsproces zoals uitgewerkt door GBKL, zie hoofdstuk 2
- pm

Operationeel

- AVOI, eigen ; Handboek Kabels en Leidingen, met standaard profielen
- handhaving en toezicht
- pm

De effectiviteit van deze middelen en mogelijke samenhang en samenspel van deze instrumenten, is niet onderzocht.

⁴ Uit studentenonderzoeken (zie refetentielijst)

5 Reflectie

In voorliggende memo is de stand van zaken beschreven inzake het ordenen en sturen van de ondergrond, gericht op het toepassen van warmtenetten. Daarbij zijn de belangrijkste noties:

- Sturing en ordening van warmtenetten is lastig: de ondergrond, ondergrondse infrastructuur en de daarin betrokkenen veelheid aan stakeholders maken het tot een complex systeem. Reguliere methoden voor sturing en ordening zijn veelal weinig effectief.
- Nieuwe, beter passende methoden van sturing en ordening zijn in ontwikkeling. Succesvolle toepassing daarvan vraagt om concretiseren ervan en leren wat wél en wat niet werkt. Daarbij dienen zij in hun samenhang te worden gezien. Dit betreft samenhang op strategisch, tactisch en operationeel niveau, en samenhang inzake verankering ervan bij gemeenten (werkwijzen, informatievoorziening, positionering, leren en imago).

Referenties

Bloemendal, M., Olsthoorn, T. en Boons, F. 'How to achieve optimal and sustainable use of the subsurface for Aquifer Thermal Energy Storage', *Energy Policy*, 66(2014), 104–114.

Brunsting, S., De Best-Waldhober, M., Feenstra, C.F.J. en Mikunda, T. 'Stakeholder participation practices and onshore CCS: Lessons from the Dutch CCS Case Barendrecht', *Energy Procedia*, 4(2011), 6376–6383.

Deltares, 2021; Kennisagenda Governance van Opschaling van Collectieve Warmtesystemen; WarmingUp

Hajer, M. (2003); Policy without polity? Policy analysis and the institutional void, *Policy Sciences*, 36, 175–195.

Hajer, M., Grijzen, J. and Van 't Klooster, S. (2010); *Strong Stories, how the Dutch are reinventing spatial planning*, Rotterdam: Uitgeverij 010.

Hooimeijer, F. en Maring, L. (2013) 'Ontwerpen met de ondergrond', *Stedebouw & Ruimtelijke Ordening*, 06(2013), 52–55.

Hooimeijer, F; 2021; Is de Omgevingswet de katalysator van ontwerpen met de ondergrond? Rooilijn, 26 februari 2021

Martinius, E.; 2021; Integraal ontwerpen door routines en verbeeldingskracht; In: Rooilijn; 14 februari 2021

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2018), *Rijksstructuurvisie Ondergrond*, Den Haag.

Ministerie van BZK. (2006). *De gemeente als regisseur: de lokale draagkracht mobiliseren*. Den Haag, Zuid-Holland, Nederland. Ministerie van BZK.

Mulder, E.F.J. de, Van Ree, C.C.D.F., Wang, K. (2015) 'Undergrond Urban Development: An Overview', in: Lollino, G., Manconi, A., Guzzetti, F., Culshaw, M., Bobrowsky, P. and Luino, F. *Engineering Geology for Society and Territory: Volume 5*, Dordrecht: Springer, 25–32. Tahon et al, 2013.

Osinga, J., Alphenaar, A. en Meijerink, S. (2012) 'Verbinden van onder- en bovengrond: De ondergrond bestaat nog niet!', *Bodem*, 3(2012), 19–21.

Papa, T., Asare-Bediako, B., Van Leeuwen, R., De Geus, J., Aué, J. J., Entrop, A. G., & Bernard, J. (2020). *Duurzame energietechniek*. Boom Lemma.

Pröpper, I., Litjens, B. & Weststeijn, E. (2004). Lokale regie uit macht of onmacht? Onderzoek naar de optimalisering van de gemeentelijke regiefunctie. Vught: Partners+Pröpper. Geraadpleegd op 14 maart 2018 van: <https://kennisopenbaarbestuur.nl/media/62912/lokale-regei-uit-macht-of-onmacht-partners-en-proepper-bzk-2004.pdf>

Puylaert H.; 2020; 3D-ordening: lessen uit de praktijk; in Rooilijn; 12 december 2020

Roovers, 2016; Ondergrond 3.0: Inspirerend, digitaal en adaptief; Lectorale Rede; Saxion Hogeschool

Roovers, G. (2020, 7 mei). Webinar Tijd voor een ordening van de ondergrond? Stadswerk. <https://stadswerk.nl/praktijkkennis/webinarterugkijken/1655156.aspx?t=Webinar-Tijd-voor-een-ordening-van-de-ondergrond>

Roovers G., R. Nap, P. Rood; 2020; Ruimtelijke heroverweging van verontreinigde terreinen; in Rooilijn; 27 november 2020

Scheffers M., M. Hogeweyj; Stedelijke ontwikkeling in een nieuwe dimensie; In: Rooilijn; 18 november 2020

Zeeuw, F. de; Zo werkt gebiedsontwikkeling, handboek voor studie en praktijk; TU Delft Praktijkleerstoel Gebiedsontwikkeling; ISBN 978-90-827811-0-6; eerste druk, 2018

Studentenrapporten

Bo Abbink, Han Engberts, Eline Geukes, Tess Nijhof, Financiële burgerparticipatie bij warmtenetten; Studentenopdracht; StadsLAB Urban Studies; 28-06-2022

Bo Abbink, Elina Geukes, Engberts, Eline Geukes, Tess Nijhof; Eindrapport: Ruimtelijke inpassing van warmtenetten; 21 APRIL 2022; Saxion hogeschool; StadsLAB Urban Studies

Jelle de Bruin, Daan Herbers, Senne Lensink, Noa Bos; Onderzoek naar Warmtenetten; 11 november 2022; Saxion hogeschool; StadsLAB Urban Studies

Marrit Meulman Tristan Dekker Levi Janssen Sylvan Bruggink; 23 april 2021; Ordenen en afwegen van ondergrondmaatregelen voor de noodzakelijke opgaven; Saxion hogeschool; StadsLAB Urban Studies

Lensing, S. (2018). Waarde van ondergrond: Een casestudy naar Amsterdamse ondergrondse kabels en leidingen projecten. Hogeschool van Amsterdam.

Ton, H. (2018); De ondergrond van bovenaf Regie voeren op kabels en leidingen in de ondergrond van Rotterdam; Bachelorscriptie; Hogeschool van Amsterdam

Bijlage 1: Geïnterviewden

Ten behoeve van de studentenonderzoeken voor dit onderzoek zijn medewerkers van de volgende partijen door studenten geïnterviewd:

- Gemeente Rotterdam
- Gemeente Tilburg
- Gemeente Zwolle
- Gemeente Enschede
- Ennatuurlijk
- Siers Bouwbedrijf
- Antea Group
- Cogas
- Saxion hogeschool