

21 Februari 2024



**KWR 2024.031**

# Extra scenario's bij TKI Engine

Bram Hillebrand, Amitosh Dash

**KWR**

Bridging Science to Practice

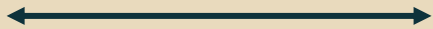
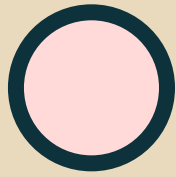
~  
Aanleiding

~  
1,5 meter afstand - met uitzonderingen

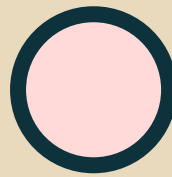


≥1,5 m voor alle leidingen  
**(Gewenste situatie)**

# 1,5 meter afstand - met uitzonderingen

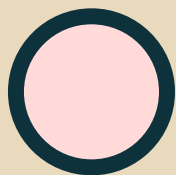
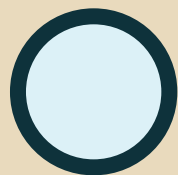


$\geq 1,5$  m voor alle leidingen  
**(Gewenste situatie)**

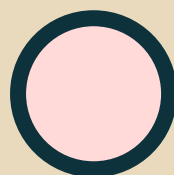
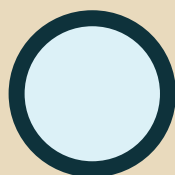


P% leidinglengte mag een afstand  
van  $\geq 1,0$  m van warmtenet hebben  
**(Wat is een acceptabele waarde  
voor P?)**

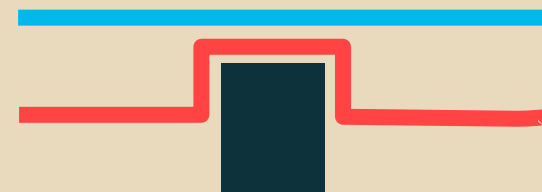
# 1,5 meter afstand - met uitzonderingen



$\geq 1,5$  m voor alle leidingen  
**(Gewenste situatie)**

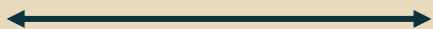
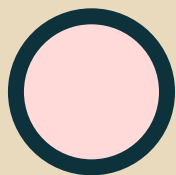


P% leidinglengte mag een afstand  
van  $\geq 1,0$  m van warmtenet hebben  
**(Wat is een acceptabele waarde  
voor P?)**

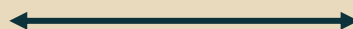
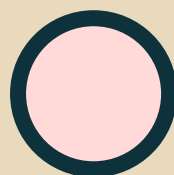
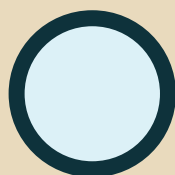


Q% leidinglengte zal een kleinere  
afstand van warmtenet hebben  
**(Wat is een acceptabele waarde  
voor Q?)**

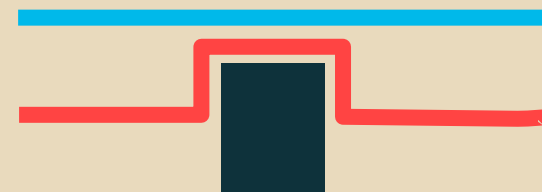
## 1,5 meter afstand - met uitzonderingen



$\geq 1,5$  m voor alle leidingen  
**(Gewenste situatie)**



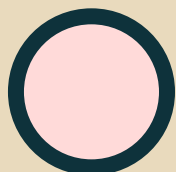
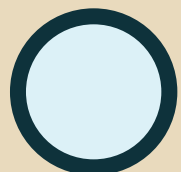
P% leidinglengte mag een afstand van  $\geq 1,0$  m van warmtenet hebben  
**(Wat is een acceptabele waarde voor P?)**



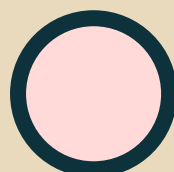
Q% leidinglengte zal een kleinere afstand van warmtenet hebben  
**(Wat is een acceptabele waarde voor Q?)**

**Wat is er al eerder in het TKI-Engine project in dit verband gedaan?**

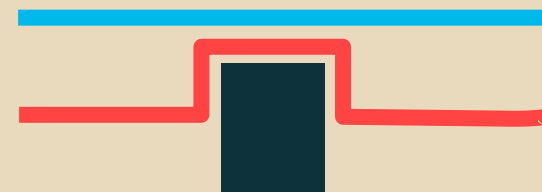
# 1,5 meter afstand - met uitzonderingen



$\geq 1,5$  m voor alle leidingen  
(**Gewenste situatie**)

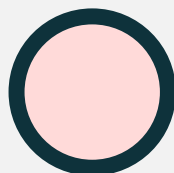


P% leidinglengte mag een afstand van  $\geq 1,0$  m van warmtenet hebben  
(**Wat is een acceptabele waarde voor P?**)



Q% leidinglengte zal een kleinere afstand van warmtenet hebben  
(**Wat is een acceptabele waarde voor Q?**)

Wat is er al eerder in het TKI-Engine project in dit verband gedaan?



0,75 m (Scenario 6)

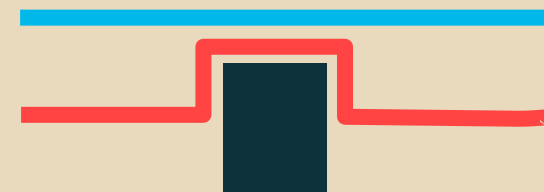
# 1,5 meter afstand - met uitzonderingen



≥1,5 m voor alle leidingen  
**(Gewenste situatie)**



P% leidinglengte mag een afstand van ≥1,0 m van warmtenet hebben  
**(Wat is een acceptabele waarde voor P?)**

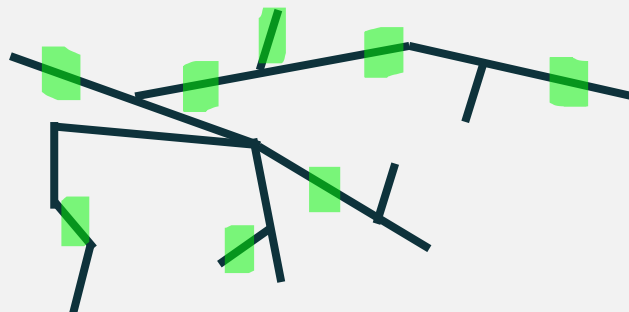


Q% leidinglengte zal een kleinere afstand van warmtenet hebben  
**(Wat is een acceptabele waarde voor Q?)**

## Wat is er al eerder in het TKI-Engine project in dit verband gedaan?



0,75 m (Scenario 6)



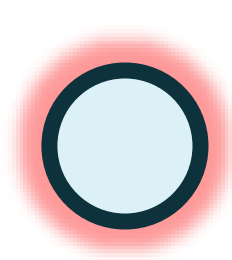
- Korte stukken leiding van 5 m lengte hebben een afstand van of 0,25 m (Scenario 6-I) of 0,5 m (Scenario 6-II) van warmtenet.
- Totale lengte van korte stukken bedraagt X%.
- Resterende leidingen op of 0,75 m afstand van warmtenet.



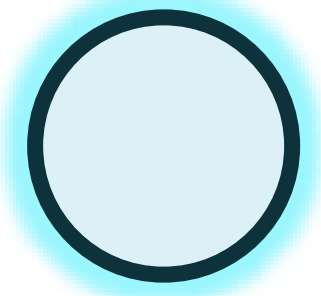
~  
Uitleg scenario's



# Uitleg scenario's



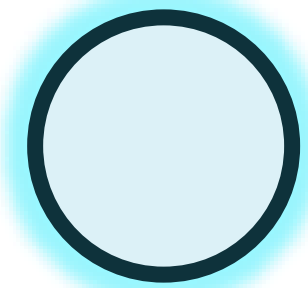
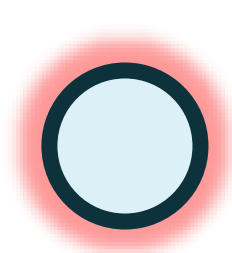
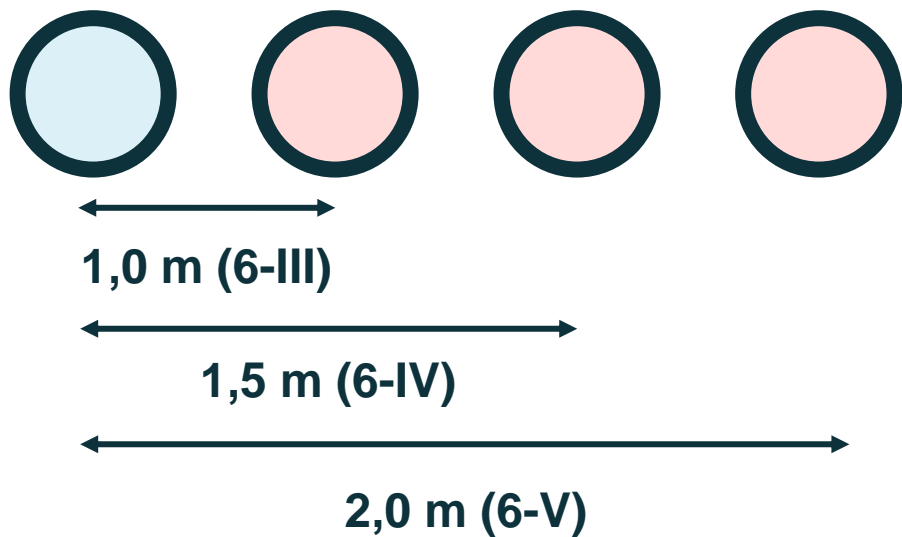
**Kleine leidingen ( $\leq 300$  mm)**  
Wel invloed warmtenet



**KWR**

**Grote leidingen ( $> 300$  mm)**  
Geen invloed warmtenet

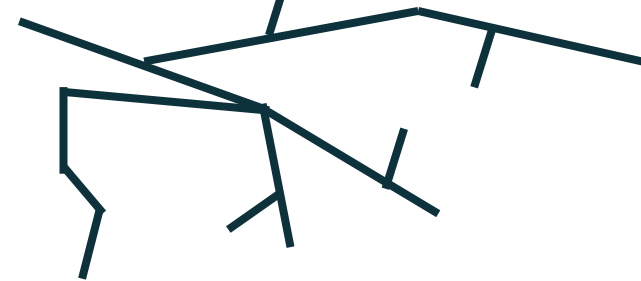
Uitleg scenario's



KWR

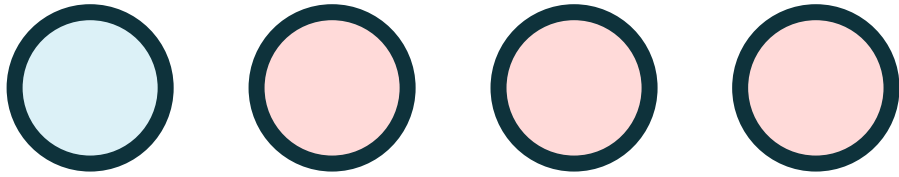
**Kleine leidingen ( $\leq 300$  mm)**  
Wel invloed warmtenet

**Grote leidingen ( $> 300$  mm)**  
Geen invloed warmtenet



Alle leidingen op of 1,0 of 1,5 of 2,0 m afstand van warmtenet.

# Uitleg scenario's

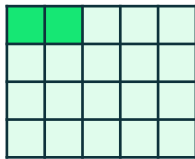


1,0 m (6-III)

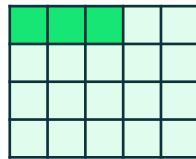
1,5 m (6-IV)

2,0 m (6-V)

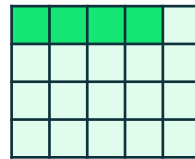
Korte stukken  
(5 m lengte op  
0,5 m afstand)



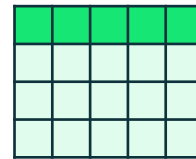
a - 10%



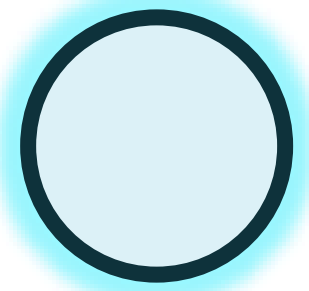
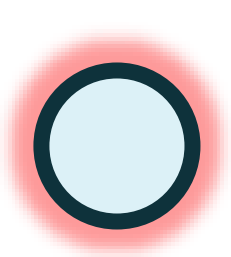
b - 15%



c - 20%



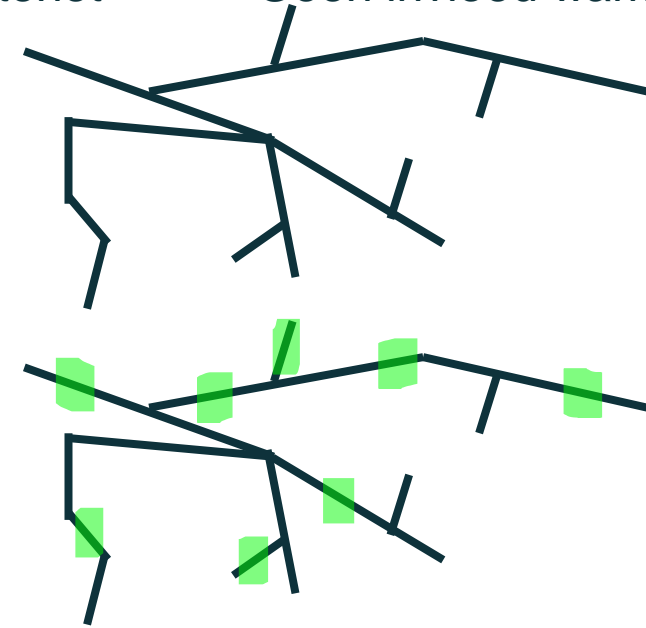
d - 25%



KWR

Kleine leidingen ( $\leq 300$  mm)  
Wel invloed warmtenet

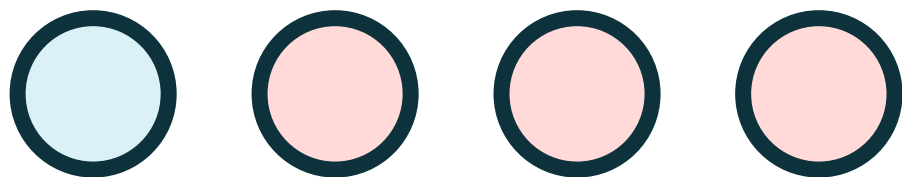
Grote leidingen ( $> 300$  mm)  
Geen invloed warmtenet



Alle leidingen op of 1,0 of 1,5 of 2,0 m afstand van warmtenet.

- Korte stukken leiding van 5 m lengte hebben een afstand van 0,5 m van warmtenet.
- Totale lengte van korte stukken bedraagt X%.
- Resterende leidingen op of 1,0 of 1,5 of 2,0 m afstand van warmtenet.

# Uitleg scenario's

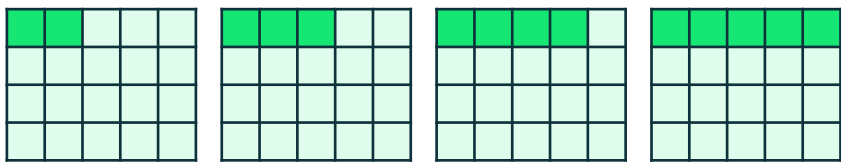


1,0 m (6-III)

1,5 m (6-IV)

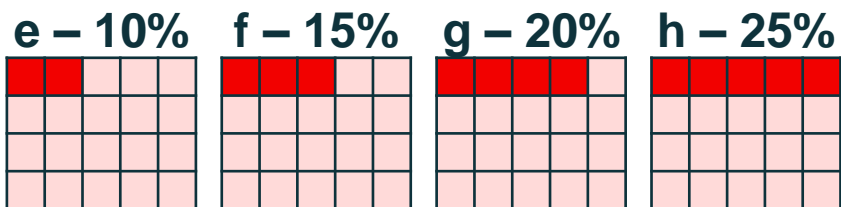
2,0 m (6-V)

Korte stukken  
(5 m lengte op  
0,5 m afstand)



a - 10%    b - 15%    c - 20%    d - 25%

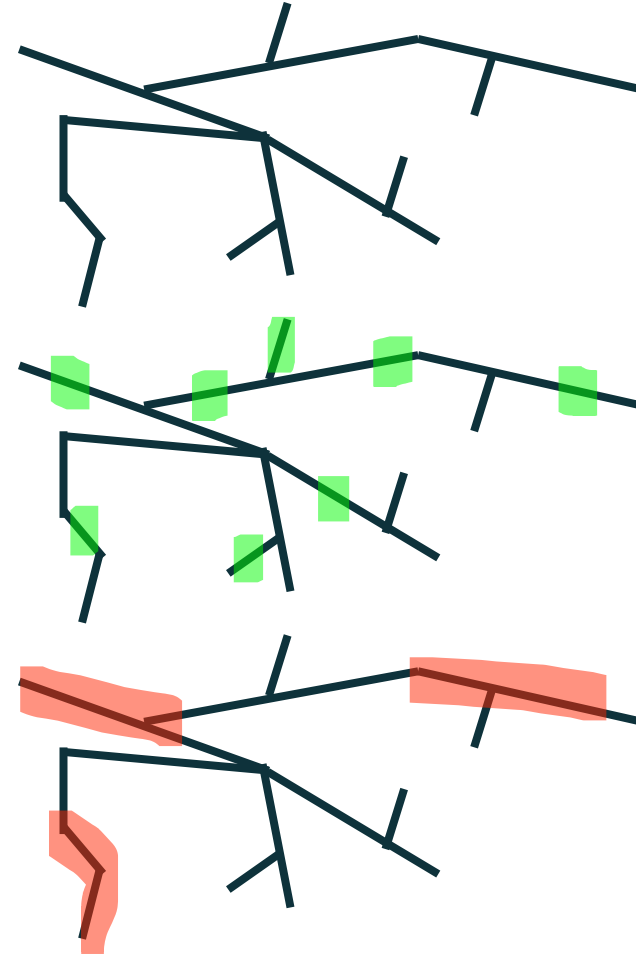
Lange stukken  
(100 m lengte op  
1,0 m afstand)



e - 10%    f - 15%    g - 20%    h - 25%

Kleine leidingen ( $\leq 300$  mm)  
Wel invloed warmtenet

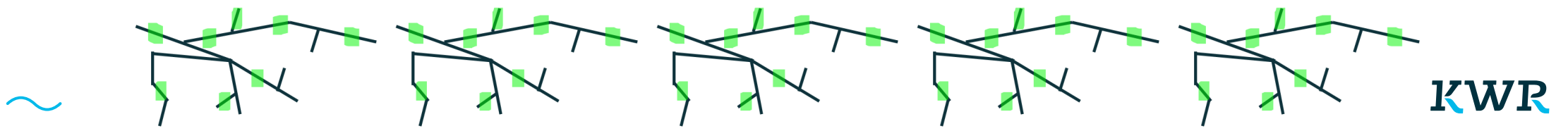
Grote leidingen ( $> 300$  mm)  
Geen invloed warmtenet



Alle leidingen op of 1,0 of 1,5 of 2,0 m afstand van warmtenet.

- Korte stukken leiding van 5 m lengte hebben een afstand van **0,5 m** van warmtenet.
- Totale lengte van korte stukken bedraagt X%.
- Resterende leidingen op of 1,0 of 1,5 of 2,0 m afstand van warmtenet.
- Lange stukken leiding van 100 m lengte hebben een afstand van **1,0 m** van warmtenet.
- Totale lengte van lange stukken bedraagt X%.
- Resterende leidingen op of 1,0 of 1,5 of 2,0 m afstand van warmtenet.

Resultaten  $\sim$  conclusies



## Invloed korte stukken op kortere afstanden van warmtenet

(100 cm)	0%	10%	15%	20%	25%
≥ 0°C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25°C	91,0	91,7	92,0	92,3	92,7
≥ 0.5°C	74,8	76,2	77,0	77,7	78,1
≥ 0.75°C	29,5	36,5	40,2	44,3	47,0
≥ 1°C	10,6	13,3	15,1	16,5	17,6
≥ 1.25°C	4,2	5,5	6,0	6,6	7,2
≥ 1.5°C	1,0	1,8	2,0	2,6	2,9
≥ 1.75°C	0,0	0,2	0,3	0,7	0,8
≥ 2°C	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2

(150 cm)	0%	10%	15%	20%	25%
≥ 0°C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25°C	84,1	86,3	87,3	88,0	89,0
≥ 0.5°C	44,6	55,6	60,7	63,4	66,7
≥ 0.75°C	7,7	15,1	18,7	21,9	26,2
≥ 1°C	1,4	3,6	5,1	6,5	7,8
≥ 1.25°C	0,0	0,5	1,0	1,5	1,9
≥ 1.5°C	0,0	0,2	0,4	0,5	0,7
≥ 1.75°C	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2
≥ 2°C	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1

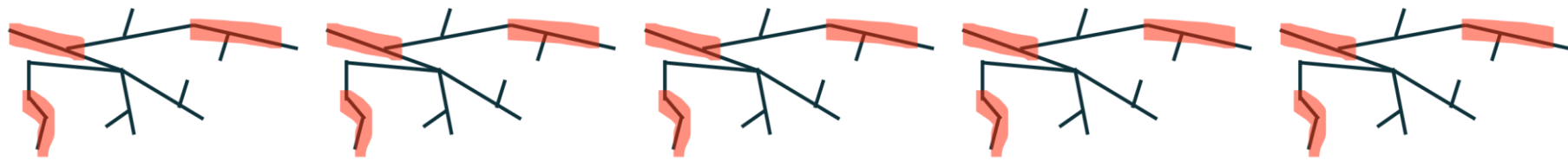
(200 cm)	0%	10%	15%	20%	25%
≥ 0°C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25°C	71,6	77,2	79,5	80,5	83,1
≥ 0.5°C	9,5	20,6	26,8	33,3	39,5
≥ 0.75°C	1,0	6,0	8,3	11,6	15,5
≥ 1°C	0,0	0,9	1,3	2,2	3,3
≥ 1.25°C	0,0	0,4	0,4	0,7	0,9
≥ 1.5°C	0,0	0,2	0,2	0,3	0,4
≥ 1.75°C	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1
≥ 2°C	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1

### Leeswijzer:

- Alle leidingen zijn op 1,0 (links) of 1,5 m (midden) of 2,0 m (rechts) afstand van de warmtenet.
- Daarbovenop zijn een aantal korte stukken leiding (5 meter lang) op 0,5 m afstand van de warmtenet.
- De totale lengte van de korte stukken bedraagt X%. In zo'n situatie zullen Z% van de aansluitingen een temperatuurverhoging van Y °C of meer ervaren.

### Conclusies:

- Als warmtenet op **1,0 m afstand** wordt aangelegd zal **minstens 10% van de aansluitingen temperatuurverhoging van ≥1 °C** ervaren.
- Als warmtenet op **1,5 m afstand** wordt aangelegd zal **ongeveer 5% van de aansluitingen of minder een temperatuurverhoging van ≥1 °C** ervaren zolang **maximaal 15% van leidinglengte van korte stukken** op 0,5 m afstand van de warmtenet ligt.
- Als warmtenet op **2,0 m afstand** wordt aangelegd zal **minder dan 5% van de aansluitingen temperatuurverhoging van ≥1 °C** ervaren **ook als 25% van leidinglengte van korte stukken** op 0,5 m afstand van de warmtenet ligt.



# Invloed lange stukken op kortere afstanden van warmtenet

(150 cm)	0%	10%	15%	20%	25%
≥ 0 °C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25 °C	84,1	85,0	85,3	85,8	86,0
≥ 0.5 °C	44,6	50,0	52,4	54,5	56,5
≥ 0.75 °C	7,7	9,1	10,3	11,0	12,0
≥ 1 °C	1,4	1,7	2,3	2,5	2,9
≥ 1.25 °C	0,0	0,2	0,3	0,3	0,6
≥ 1.5 °C	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2
≥ 1.75 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 2 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

(200 cm)	0%	10%	15%	20%	25%
≥ 0 °C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25 °C	71,6	74,6	75,9	76,8	78,2
≥ 0.5 °C	9,5	16,2	19,5	23,3	27,0
≥ 0.75 °C	1,0	2,1	2,7	3,2	4,0
≥ 1 °C	0,0	0,3	0,5	0,7	0,9
≥ 1.25 °C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3
≥ 1.5 °C	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
≥ 1.75 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 2 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

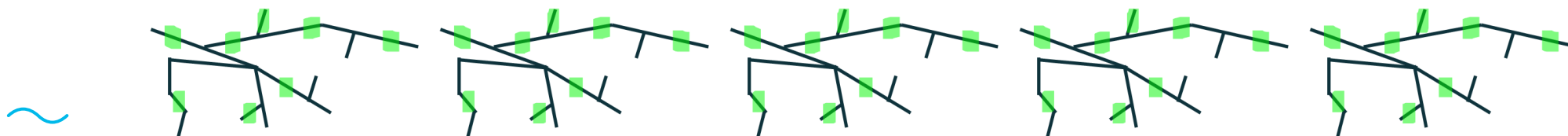
### Leeswijzer:

- Alle leidingen zijn op 1,5 m (midden) of 2,0 m (rechts) afstand van de warmtenet.
- Daarbovenop zijn een aantal lange stukken leiding (100 meter lang) op 1,0 m afstand van de warmtenet.
- De totale lengte van de lange stukken bedraagt X%. In zo'n situatie zullen Z% van de aansluitingen een temperatuurverhoging van Y °C of meer ervaren.

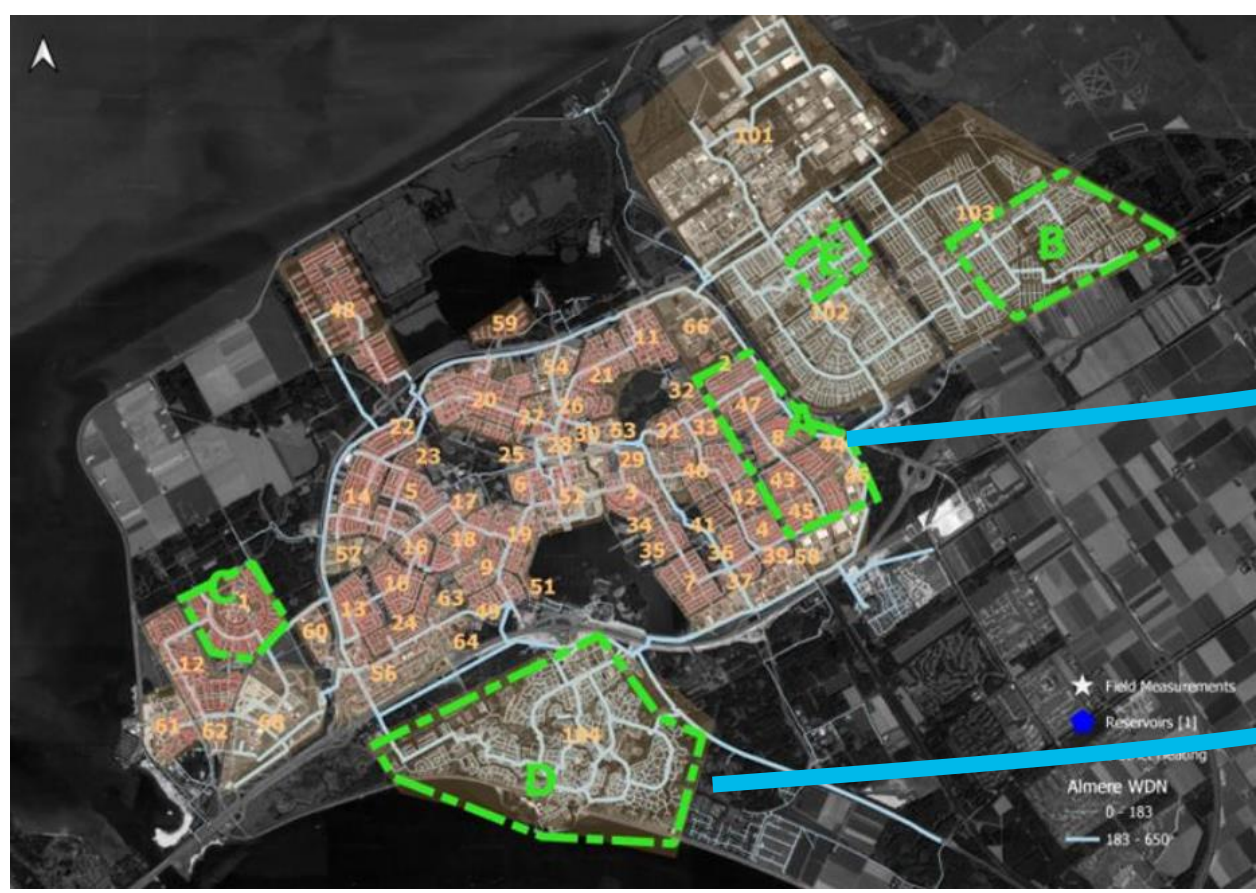
### Conclusies:

- Als warmtenet op 1,5 m of 2,0 m afstand wordt aangelegd zal **minder dan 5% van de aansluitingen temperatuurverhoging van ≥1 °C ervaren ook als 25% van leidinglengte van lange stukken** op 1,0 m afstand van de warmtenet ligt.





Er kunnen toch verschillen tussen wijken/buurten zijn



(150 cm)	0%	10%	15%	20%	25%
≥ 0°C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25°C	73,1	75,9	76,0	78,6	79,6
≥ 0.5°C	20,4	33,7	42,0	48,8	49,1
≥ 0.75°C	0,5	7,2	4,6	10,4	15,2
≥ 1°C	0,0	0,2	0,2	0,3	0,7
≥ 1.25°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 1.5°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 1.75°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 2°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Weinig invloed korte stukken dichterbij warmtenet op overschrijdingen 1 °C

(150 cm)	0%	10%	15%	20%	25%
≥ 0°C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25°C	90,3	92,0	93,5	92,8	95,0
≥ 0.5°C	49,1	60,7	69,7	68,8	76,3
≥ 0.75°C	9,7	16,9	22,8	23,2	31,6
≥ 1°C	1,9	5,2	5,6	7,4	10,0
≥ 1.25°C	0,0	0,9	1,3	2,0	1,5
≥ 1.5°C	0,0	0,5	0,3	0,8	0,7
≥ 1.75°C	0,0	0,1	0,1	0,3	0,1
≥ 2°C	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0

Sterkere invloed korte stukken dichterbij warmtenet op overschrijdingen 1 °C

## Samenvatting, conclusie

Afstand warmtenet – drinkwaternet, bulk van het leidingnet	Uitzonderingen – % leidinglente drinkwater		Percentage aansluitingen dat $\geq 1$ °C opwarming ervaart
	korte stukken (5 m) op 0,5 m	lange stukken (100 m) op 1,0 m	
1,0 m	0 %	0%	10 % → niet acceptabel
1,5 m	15%	0%	$\leq 5\%$
2,0 m	25%	0%	$\leq 5\%$
1,5 m	0%	25%	$\leq 5\%$
2,0 m	0%	25%	$\leq 5\%$

N.B. 1) tussen buurten kunnen verschillen bestaan (a) door random selectie van leidingen en (b) door de positie van een wijk t.o.v. de bron en transportleidingen.

N.B. 2) de combinatie van korte en lange stukken is niet doorgerekend

N.B. 3) kruisingen zijn eerder doorgerekend in TKI Engine

## Overwegingen m.b.t. aanbevelingen

- In de praktijk zullen “Uitzonderingen, korte stukken (5 m) op 0,5 m” beperkt voorkomen, meer dan 5% is niet nodig
- De berekeningen laten zien dat “Uitzonderingen, lange stukken (100 m) op 1,0 m” bij een percentage van 25% van de leidinglengte nog ruimte laten voordat de 5% huishoudens die maximaal 1,0 °C opwarming ervaart is bereikt
- Het leidt tot verwarring wanneer voor de combinatie van de beide uitzonderingen andere percentages worden gehanteerd dan voor elk van de uitzonderingen apart. Eenduidigheid is gewenst.

# Aanbevelingen

- De basisregel: minimale afstand (dagmaat) tussen drinkwater- en warmteleiding is **1,5 m** in parallellegging
- Op de basisregel kunnen uitzonderingen worden gemaakt:
  - minimale afstand (dagmaat) tussen drinkwater- en warmteleiding is **1,0 m** in parallellegging voor een lengte van maximaal **100 m**. Dit kan per buurt tot maximaal **25%** van de leidinglengte van het drinkwaternet.
  - minimale afstand (dagmaat) tussen drinkwater- en warmteleiding is **0,5 m** in parallellegging voor een lengte van maximaal **5 m**. Dit kan per buurt tot maximaal **5%** van de leidinglengte van het drinkwaternet. Hiermee kunnen reguliere ondergrondse of bovengrondse obstakels worden vermeden.
  - De uitzonderingen kunnen in combinatie voorkomen (met 25%, respectievelijk 5% van de leidinglengte)
  - N.B. de begrenzingen van een buurt is gebaseerd op wat gemeenten aan het CBS doorgeven.
- Er worden i.v.m. opwarming geen eisen gesteld aan haakse kruisende leidingen. Met het oog op het voorkomen van schade wordt een minimale afstand van 0,25 m aangehouden.

# ~ Bijlage A



## Uitleg over random selectie van leidingsegmenten (5 m)

Een hydraulisch leidingnetmodel bestaat uit leidingen en knopen. Knopen zorgen ervoor dat a) een leiding een bocht kan maken/andere richting kan inslaan, b) een leiding over kan gaan in twee leidingen en c) waterverbruik kan worden toegekend aan (het uiteinde van) een leiding. Op deze manier is de definitie van een “leiding” in het model anders dan in de praktijk. Voor de selectie van de leidingen die dichterbij een warmtenet liggen waardoor ze een hogere bodemtemperatuur ervaren is gewerkt met de leidingen zoals die in het model voorkomen.

De selectie van de leidingen die dichterbij een warmtenet liggen waardoor ze een hogere bodemtemperatuur ervaren is in het leidingnetmodel gedaan door

- leidingen die langer dan 5 meter zijn als basis te nemen
- random een x% te selecteren uit die groep
- de geselecteerde leidingen over hun volle lengte de hogere temperatuur als randvoorwaarde mee te geven.

Volledig random op stukken van 5 meter de nieuwe randvoorwaarde toepassen kan er ook toe leiden dat meerdere stukken van 5 meter achter elkaar worden geselecteerd. Echter bevinden zich in het model ook enkele behoorlijke lange leidingen (gem. 50 meter, maximale lengtes zijn langer dan 100 m).

Gecontroleerd is of het verwachte % toegepast is, zie pg 24. Het percentage is telkens iets lager dan beoogd. Ook staat in de tabel wat de gemiddelde en 95 percentiel lengte is van de geselecteerde individuele leidingen.

# Uitleg over random selectie van leidingsegmenten (100 m)

In het leidingnetmodel zijn slechts enkele leidingsegmenten langer dan 100 meter. Niet voldoende om random 25% te selecteren. Vandaar dat we hier meerdere leidingsegmenten die achter elkaar liggen hebben geselecteerd als één leiding.

Dit is op de volgende manier geïmplementeerd:

- Leidingsegmenten die achter elkaar liggen, zonder een aftakking ertussen zijn gegroepeerd. Dit noemen we kettingen.
- Van deze kettingen is bekeken of de diameters van de afzonderlijke leidingsegmenten in dezelfde diameterklasse vallen zoals deze zijn gedefinieerd in TKI Engine (  $\leq 130$  mm,  $> 130$  mm en  $\leq 300$  mm,  $> 300$  mm), en wat de totale lengte is.
- Van de kettingen die bestaan uit één diameterklasse en een lengte van 100 m of meer hebben, is een lijst gemaakt.
- Uit deze lijst is vervolgens een bepaald percentage (10-25%) geselecteerd.

# Statistieken van random selectie van leidingsegmenten

	% verwacht	% lengte	95 percentiel lengte (m)	gem. lengte (m)
6.III.a	10	9.2	107.3	49.4
6.III.b	15	13.5	102.0	48.5
6.III.c	20	18.5	105.8	49.9
6.III.d	25	22.9	102.1	49.5

	% verwacht	% lengte	95 percentiel lengte (m)	gem. lengte (m)
6.IV.a	10	9.4	104.4	50.8
6.IV.b	15	14.3	106.1	51.3
6.IV.c	20	18.1	102.4	48.9
6.IV.d	25	22.6	101.5	48.9
6.IV.e	10	10.2		
6.IV.f	15	16.1		
6.IV.g	20	20.4		
6.IV.h	25	25.3		

	% verwacht	% lengte	95 percentiel lengte (m)	gem. lengte (m)
6.V.a	10	8.7	99.9	47.0
6.V.b	15	13.1	101.5	47.3
6.V.c	20	18.0	101.7	48.5
6.V.d	25	22.7	102.2	49.1
6.V.e	10	10.6		
6.V.f	15	15.7		
6.V.g	20	20.4		
6.V.h	25	25.3		

N.B. voor de scenario's e-h is het niet eenvoudig om achteraf de lengtes te controleren



# Bijlage B

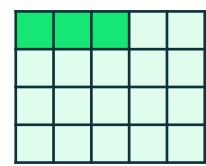


←→  
1,5 m (6-IV)

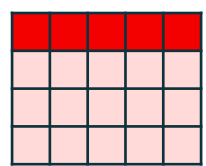
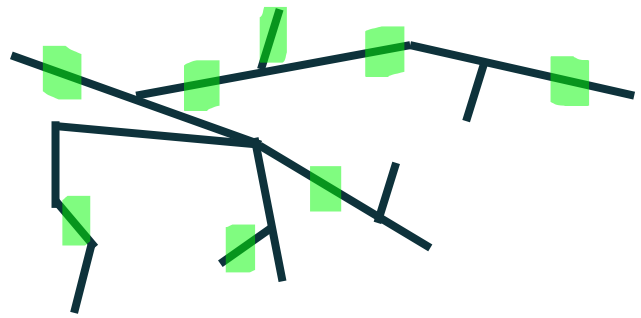
# Scenario 6.IV.b en 6.IV.h – alle wijken/buurtten

	Totaal	A	B	C	D	E
≥ 0 °C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25 °C	87,3	76,0	99,8	78,2	93,5	63,7
≥ 0.5 °C	60,7	42,0	89,3	49,6	69,7	16,2
≥ 0.75 °C	18,7	4,6	28,5	5,3	22,8	2,2
≥ 1 °C	5,1	0,2	4,9	0,3	5,6	0,0
≥ 1.25 °C	1,0	0,0	0,2	0,0	1,3	0,0
≥ 1.5 °C	0,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
≥ 1.75 °C	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
≥ 2 °C	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0

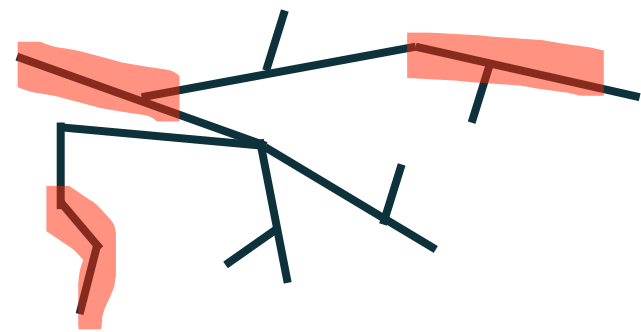
	Totaal	A	B	C	D	E
≥ 0 °C	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
≥ 0.25 °C	86,0	76,2	99,8	78,2	91,2	57,5
≥ 0.5 °C	56,5	41,8	86,8	41,0	60,4	16,8
≥ 0.75 °C	12,0	4,3	23,4	0,0	12,1	0,0
≥ 1 °C	2,9	0,0	4,1	0,0	3,9	0,0
≥ 1.25 °C	0,6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
≥ 1.5 °C	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 1.75 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 2 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



b – 15%



h – 25%





# Colophon

**KWR | Februari 2024 | KWR 2024.031**  
**Extra scenario's bij TKI Engine**

**Opdrachtnummer**  
404740/001

**Projectmanager**  
Bram Hillebrand

**Opdrachtgever**  
VEWIN

**Kwaliteitsborger**  
Mirjam Blokker

**Auteur(s)**  
Bram Hillebrand, Amitosh Dash

## **Verzonden aan**

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. KWR zal zich onthouden van verspreiding van dit rapport en het rapport derhalve niet verstrekken aan derden, tenzij partijen anders overeenkomen. Opdrachtgever is gerechtigd het rapport te verspreiden mits KWR daarvoor vooraf toestemming heeft verleend. Aan de toestemming voor de verspreiding van (onderdelen van) het rapport kan KWR voorwaarden verbinden.