

IEBB 1.5 ACTIVITEIT 2: LAGERE TEMPERATUREN: AFGIFTESYSTEMEN

ANDRIES VAN WIJHE
YASIN BULUT

Dit project wordt uitgevoerd met ondersteuning vanuit de MMIP 3&4 regeling van het Ministerie van Economische Zaken & Klimaat en het Ministerie van Binnenlandse Zaken & Koninkrijksrelaties.

› ACHTERGROND

- › Het verlagen van de aanvoertemperatuur van een warmtenet heeft als gevolg dat de temperatuur van het afgiftesysteem in huis ook omlaag gaat. In een collectief systeem wordt de ondergrens van aanvoertemperatuur bepaald door de 'zwakste schakel', bijvoorbeeld een niet na-geïsoleerd huis met radiatoren.
- › Een radiator heeft bij verlaagde temperatuur een verminderde afgifte. De warmteafgifte van een radiator schaalst met het temperatuurverschil met de omgeving tot de macht N, waarbij N een waarde heeft van ongeveer 1.3.
- › Dit houdt in dat een systeem welke ontworpen is met 75°C aanvoer en 65°C retour een significant deel van het thermisch vermogen mist bij verlagen van de aanvoertemperatuur:

| Aanvoer | Retour | Verlies vermogen |
|---------|--------|------------------|
| 75 | 65 | 0% |
| 65 | 55 | 25% |
| 55 | 47 | 46% |
| 45 | 40 | 65% |
| 35 | 30 | 84% |

› GEDANE STUDIE

- › Omdat een huis een bepaalde warmtevraag heeft, is er een minimum temperatuur welke nodig is om het huis warm te houden en te krijgen. Een aantal factoren die de radiator temperatuur bepalen zijn geïdentificeerd: (Weer, isolatie, geïnstalleerd radiatorvermogen, ventilatie, stookgedrag, interne warmtelast).
- › Deze factoren zijn meegenomen in een dynamisch computermodel. Dit computermodel bevat een huis en een radiatorsysteem onder invloed van de genoemde factoren.
- › Het model is gebruikt om het effect van nachtverlaging te evalueren. De gevolgen van nachtverlaging zijn een verlaging van het energieverbruik voor verwarming. In ruil daarvoor is een hoger piekvermogen nodig wat resulteert in een hogere benodigde aanvoertemperatuur van het radiatorsysteem.
- › Het doel van deze studie is de uitruil tussen aanvoertemperatuur en energieverbruik te kwantificeren.
- › Voordat het effect van nachtverlaging geëvalueerd kan worden, moet eerst het model gevalideerd worden aan de hand van monitoringdata.

TESTS

› Validatie

- › Vergelijk tussen monitoringdata en simulaties gebaseerd op KNMI weerdata

› Simulaties

- › Gebaseerd op NEN5060 referentieweerdata

| | Dag temperatuur [°C] | Nacht temperatuur [°C] | Opwarmperiode [uren] |
|----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Case0 | 20 (always) | 20 (always) | - |
| Case1.1 | 20 (9:00 - 22:00) | 14.5 (22:00 - 8:00) | 1 |
| Case1.2 | 20 (9:00 - 22:00) | 17 (22:00 - 8:00) | 1 |
| Case2.1 | 20 (9:00 - 22:00) | 14.5 (22:00 - 7:00) | 2 |
| Case2.2 | 20 (9:00 - 22:00) | 17 (22:00 - 7:00) | 2 |

› BRONNEN VAN DATA

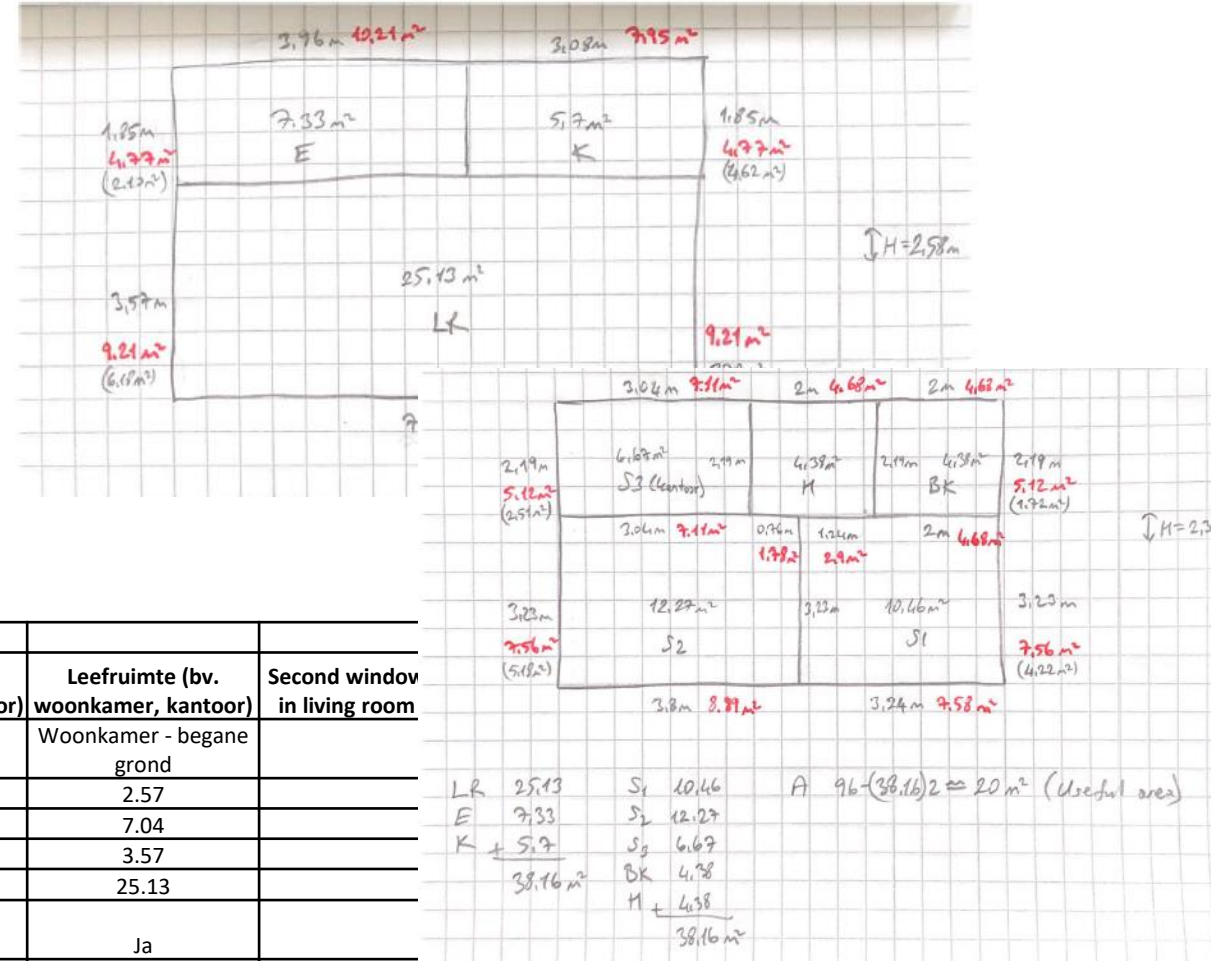
- › De volgende bronnen zijn gebruikt om de randvoorwaarden van het model op te stellen

| Factor op invloed van stookgedrag | Bron van data gebruikt van model |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Weer | Van KNMI gebaseerd op locatie van huis |
| Huis geometrie en isolatie | Van schouw rapport van woning + bouwregels ter tijde van bouw |
| Geïnstalleerd radiatorvermogen | Van schouwrapport |
| Ventilatie | Gebaseerd op bouwregels ter tijden van bouw |
| Stookgedrag | Van logdata van kamerthermostaat en schouwrapport |
| Interne warmtelast | Geschat op basis van bewoner samenstelling en VLA2017 |

- › De gemeten radiatortemperatuur en debiet zijn gebruikt om het model te valideren in termen van warmtelast en radiatortemperatuur

OVERZICHT VAN GEBRUIKTE DATA

Monitoring data
van WarmingUP
Project 2A *



| woning NR: 2 | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|-------------------------------------|--------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Type of space | Verkeersruimte | Leefruimte (bv. woonkamer, kantoor) | Slaapruimte | Slaapruimte | Sanitaire ruimte | Leefruimte (bv. woonkamer, kantoor) | Leefruimte (bv. woonkamer, kantoor) | Second window in living room | |
| Type of space | Entree | Hobbykamer/kantoor | Slaapkamer 1 | Slaapkamer 2 | Badkamer 1 | Keuken | Woonkamer - begane grond | | |
| Height - surface | 2.59 | 2.34 | 2.34 | 2.34 | 2.25 | 2.58 | 2.57 | | |
| Length - surface | 3.7 | 3.05 | 3.14 | 3.58 | 2.14 | 3.08 | 7.04 | | |
| Width - surface | 2.14 | 2.5 | 3.23 | 3.19 | 1.66 | 1.77 | 3.57 | | |
| Area - surface | 7.92 | 7.63 | 10.14 | 11.42 | 3.55 | 5.45 | 25.13 | | |
| Has outer wall a window? | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | | |
| Type of space | Verkeersruimte | Leefruimte (bv. woonkamer, kantoor) | Slaapruimte | Slaapruimte | Sanitaire ruimte | Leefruimte (bv. woonkamer, kantoor) | Leefruimte (bv. woonkamer, kantoor) | Second window in living room | Total Glazing Area [m2] |
| Width - window | 0.98 | 1.6 | 2.74 | 3.2 | 1.04 | 1.79 | 3.25 | 1.89 | |
| Length - window | 2.14 | 1.57 | 1.54 | 1.62 | 1.65 | 2.58 | 1.9 | 1.97 | |
| Area - window | 2.10 | 2.51 | 4.22 | 5.18 | 1.72 | 4.62 | 6.18 | 3.72 | 30.25 |

* <https://www.warmingup.info/project/21/2a-acceptabele-verlaagde-aanvoertemperatuur>

› MODEL AANNAMES

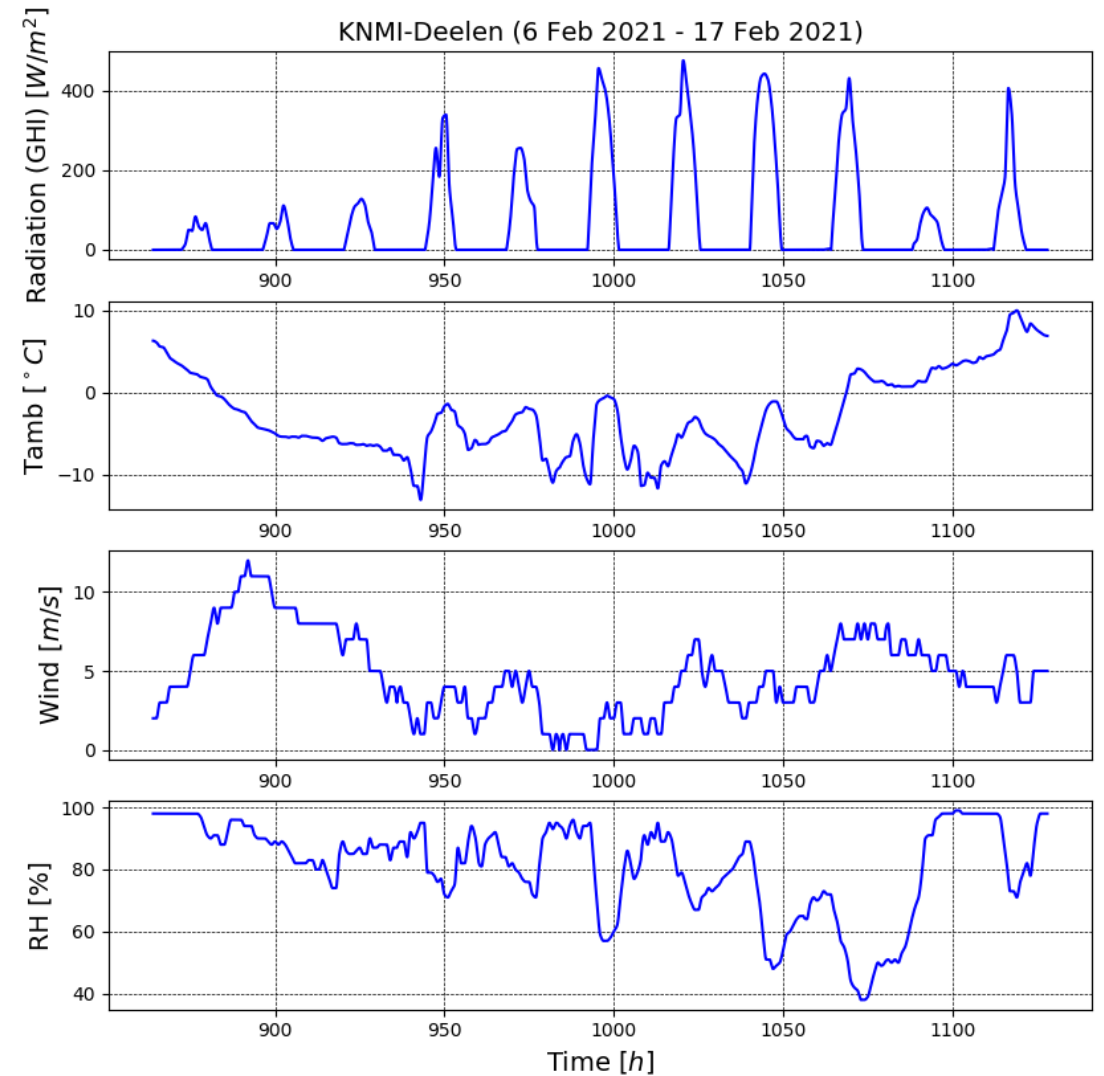
- › Thermostaat hangt in de woonkamer op een interne muur tegen de keuken
- › De (vast) ingestelde waardes op de thermostatische radiatorkranen zijn als volgt ingesteld:

| Radiator valve | |
|----------------------|-----------------|
| Woonkamer | Volledig open |
| Keuken | Volledig open |
| Hal | TRV_set = 16° C |
| Slaapkamer 1 | TRV_set = 18° C |
| Slaapkamer 2 | TRV_set = 16° C |
| Slaapkamer 3/kantoor | TRV_set = 16° C |
| Badamer | TRV_set = 16° C |
| Overloop | Geen radiator |

- › Lucht infiltratie is aangenomen is windafhankelijk.

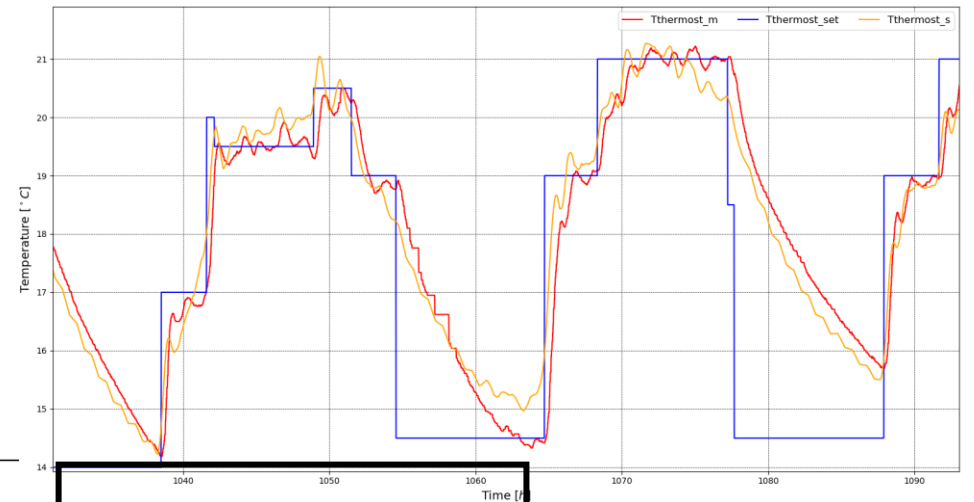
› VALIDATIE MODEL

- › Data van KNMI, datalogger en thermostaat interface
- › Koude en zonnige periode van begin dit jaar
- › Model in:
 - › Weerdata → KNMI
 - › Debiet → datalogger monitoring
 - › Aanvoertemperatuur → datalogger monitoring
- › Model uit:
 - › Retour temperatuur → vergelijk met waarde van datalogger
 - › Kamertemperatuur → vergelijk met gelogde waarde van kamerthermostaat
 - › Meerdaags cumulatief energieverbruik → vergelijk met gelogde data

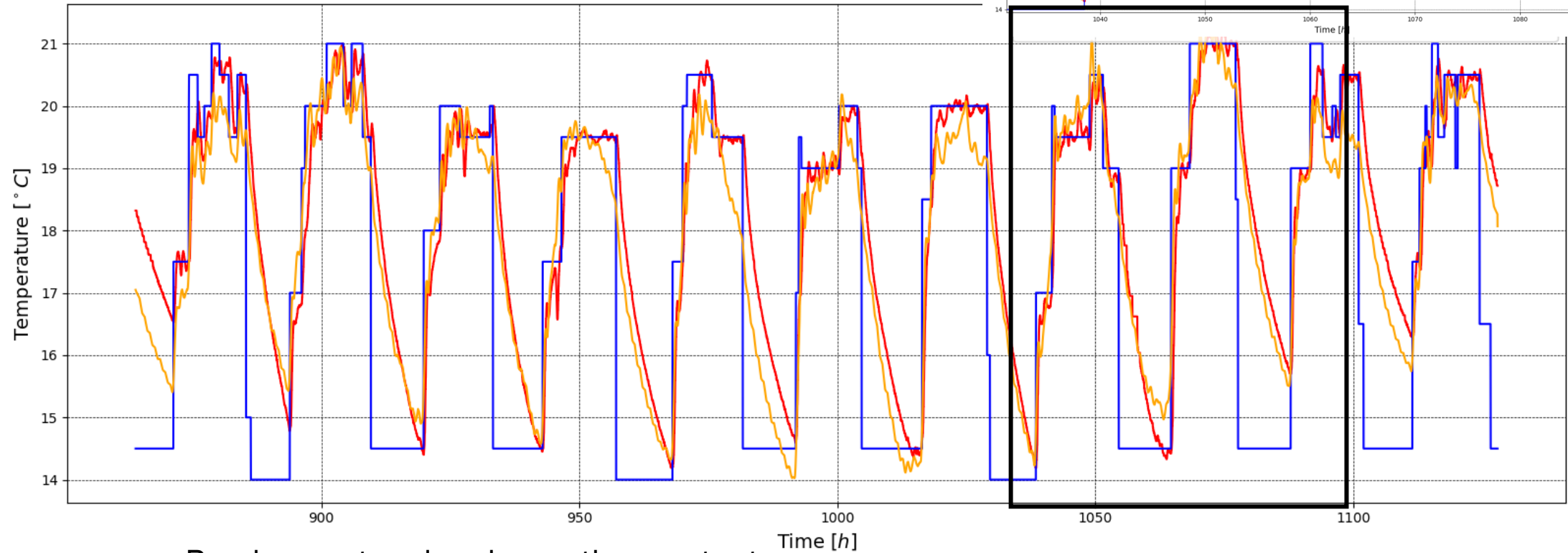


VALIDATIE

Monitoring data
van WarmingUP
Project 2A



Model vergelijk kamerthermostaat

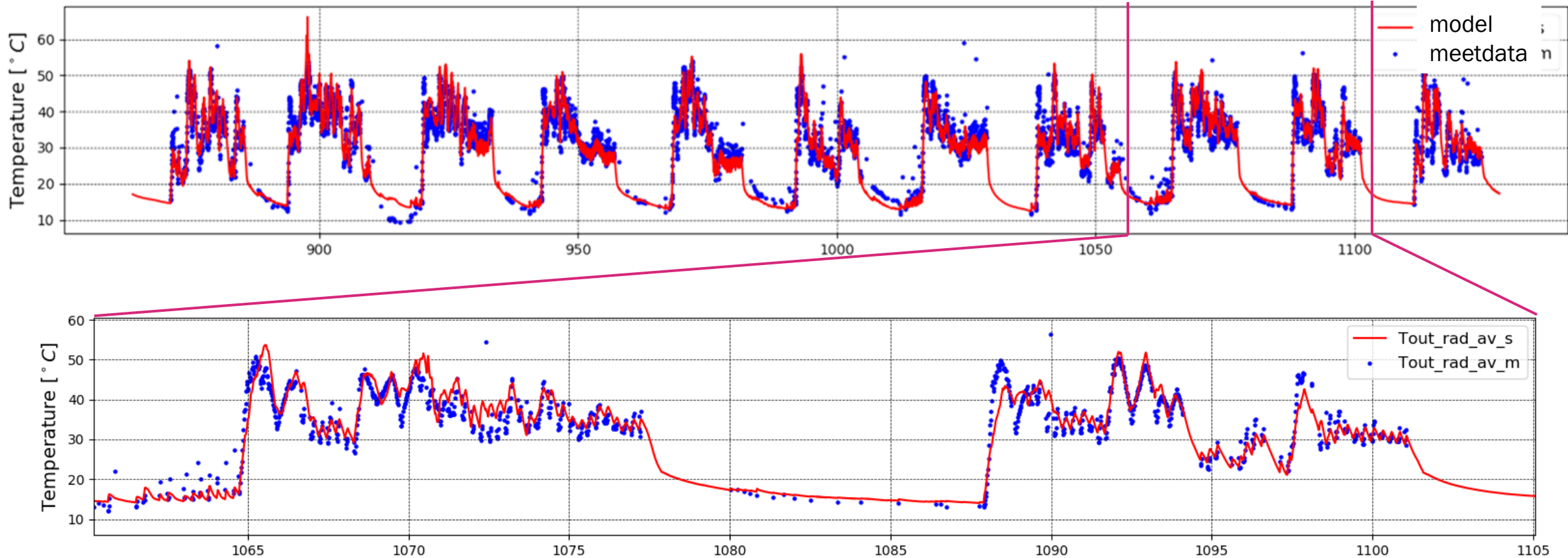


Rood: gemeten door kamerthermostaat
Blauw: ingesteld door bewoner
Geel: Model

VALIDATIE MODEL

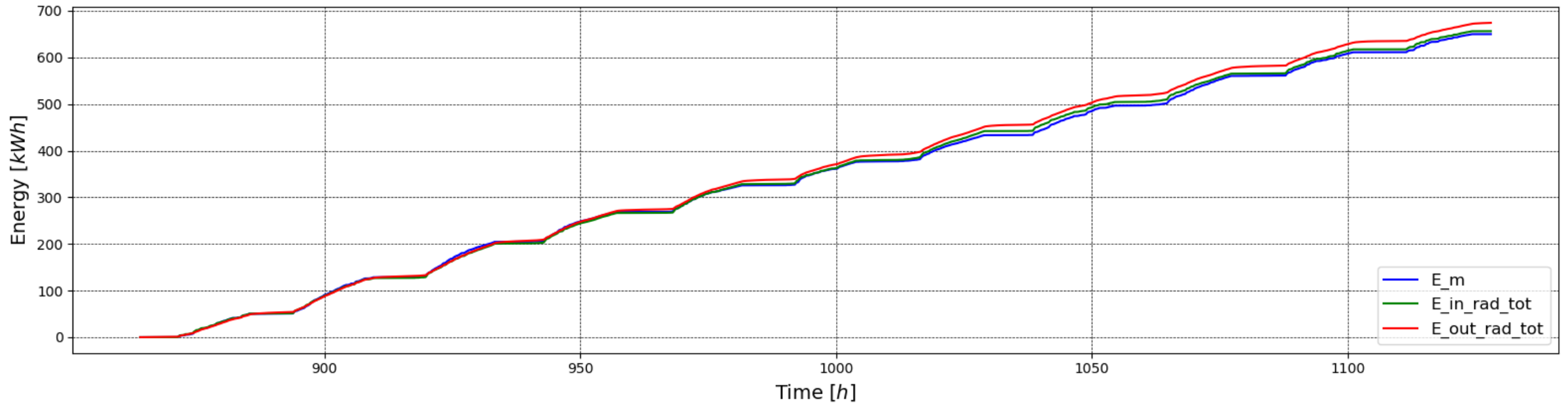
Monitoring data
van WarmingUP
Project 2A

Model vergelijk radiator retour temperatuur



› VALIDATIE

› Vergelijk cumulatief energieverbruik



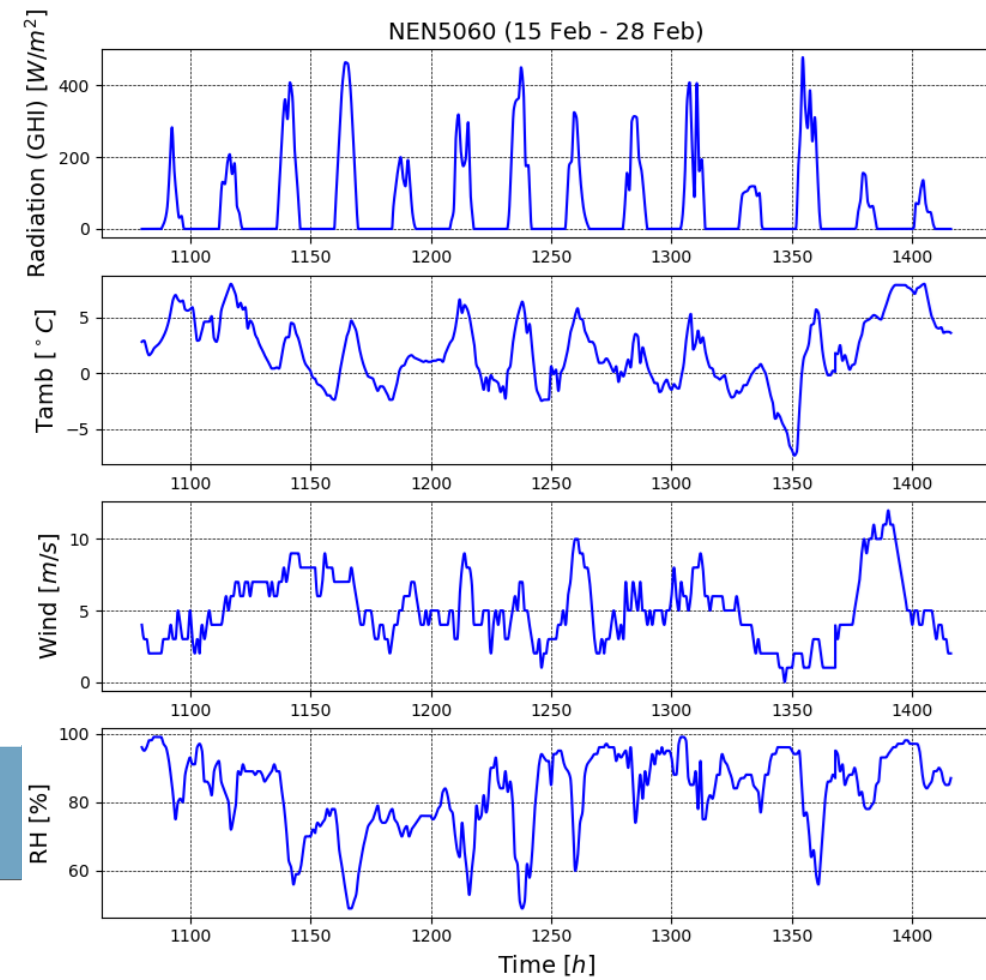
› CONCLUSIE OVER VALIDATIE

- › Een model als dit kent veel onzekerheden.
- › naast de vele fysische processen is er ook nog een bewoner welke:
 - › Ramen open en dicht kan zetten
 - › Vocht en warmte introduceert door bijvoorbeeld uitgebreid te koken
 - › Aan verwarmingsknoppen draait
- › Het doel van het model is om alle relevante dynamica te vangen welke belangrijk is voor het evalueren van een nachtverlaging
 - › Hiervoor is een kwalitatieve overeenkomst tussen meet- en modelwaardes belangrijk.
 - › De validatie is gedaan in hetzelfde ‘werkgebied’ als dat het model toegepast word.
 - › Een kwantitatieve overeenkomst is te behalen door te ‘spelen’ met onbekende parameters
- › De getoonde data geeft voldoende vertrouwen in het model.

› SIMULATIES

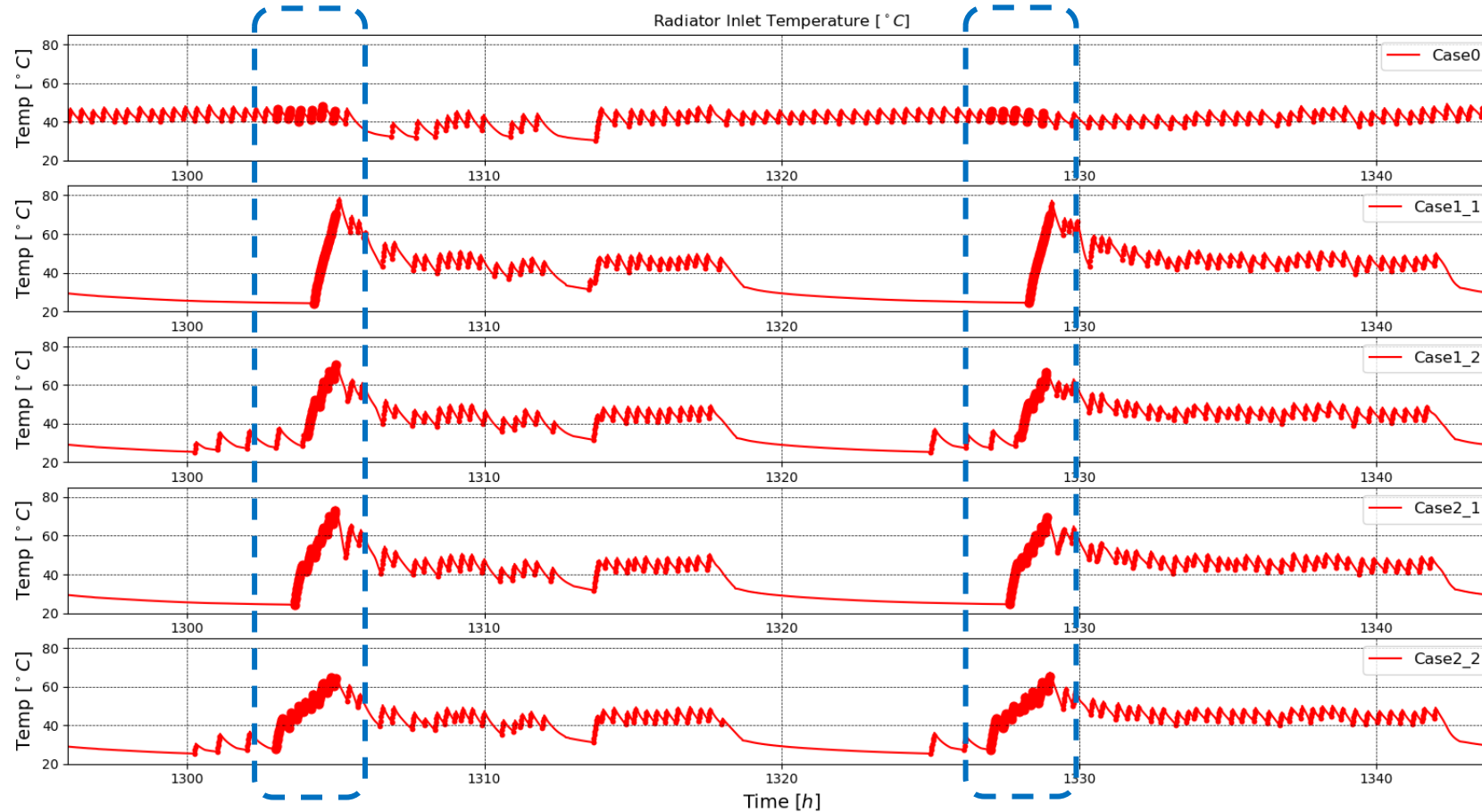
- › De 5 cases zijn gedaan met een weerprofiel die bestaat uit 2 weken van het referentiejaar uit NEN5060.
- › Gemiddelde temperatuur over periode is 1.9C
- › Verder gelijke aannames als validatiemodel
- › Dit model gaat uit van een ‘constante’ verwarming met een vermogen van 15kW en een thermostaat met een extreem kleine hysteresis. Hierdoor is er een hoogfrequente aan/uit schakeling welke de belasting uitmiddelt.

| | Dag temperatuur | Nacht temperatuur | Opwarmperiode [uren] |
|---------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Case0 | 20 (always) | 20 (always) | - |
| Case1.1 | 20 (9:00 – 22:00) | 14.5 (22:00 – 8:00) | 1 |
| Case1.2 | 20 (9:00 – 22:00) | 17 (22:00 – 8:00) | 1 |
| Case2.1 | 20 (9:00 – 22:00) | 14.5 (22:00 – 7:00) | 2 |
| Case2.2 | 20 (9:00 – 22:00) | 17 (22:00 – 7:00) | 2 |



VOORBEELD RESULTAAT – 2 DAGEN

› Duidelijk verschil in radiator aanvoertemperatuur tijdens opwarmperiode



$T_d/T_n t_{opwarm}$

20/20

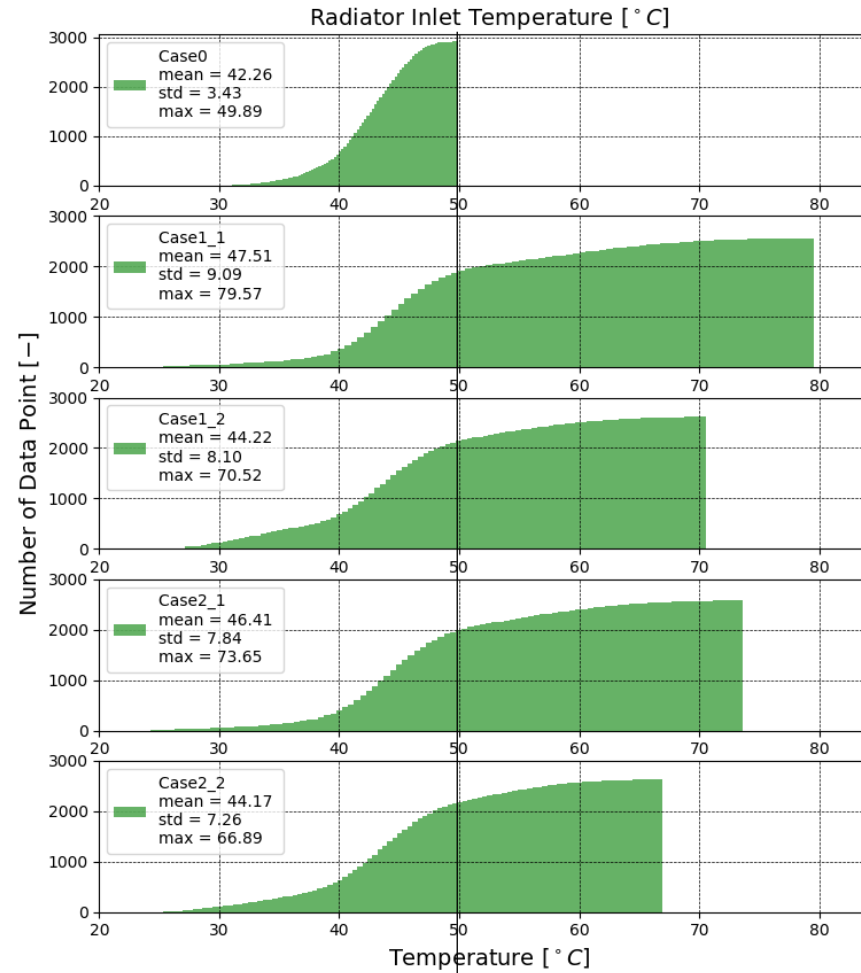
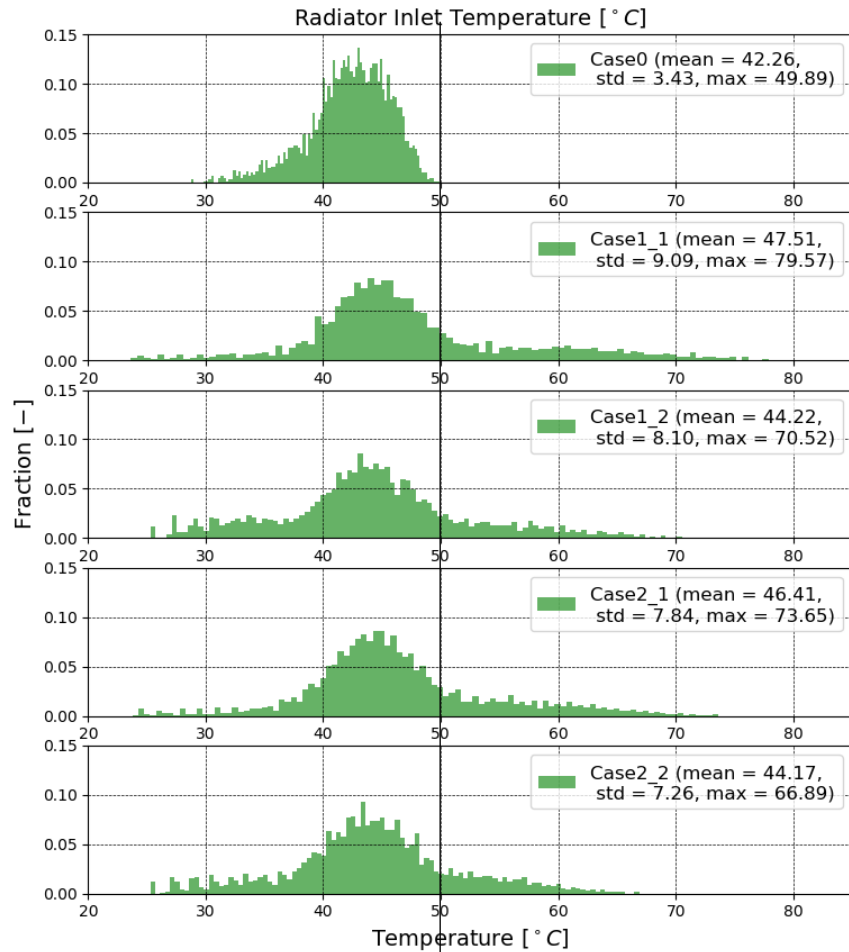
20/14.5 1u

20/17 1u

20/14.5 2u

20/17 2u

RADIATOR AANVOERTEMPERATUUR - VERDELING



Max 50C

Max 79C

Max 71C

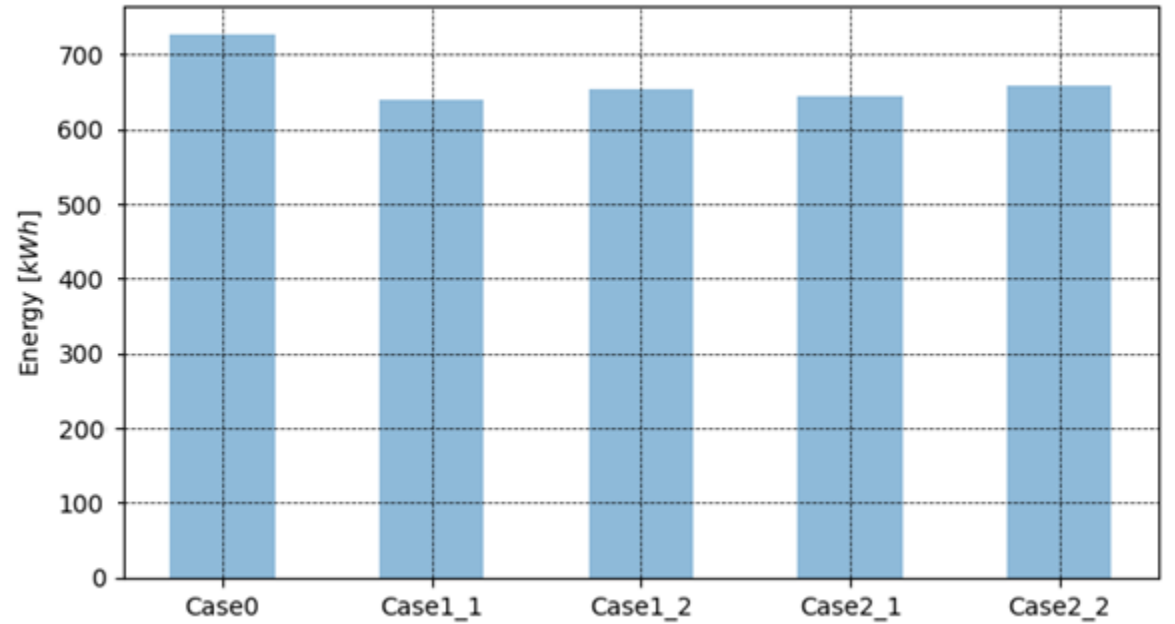
Max 73C

Max 67C

ENERGIEBESPARING

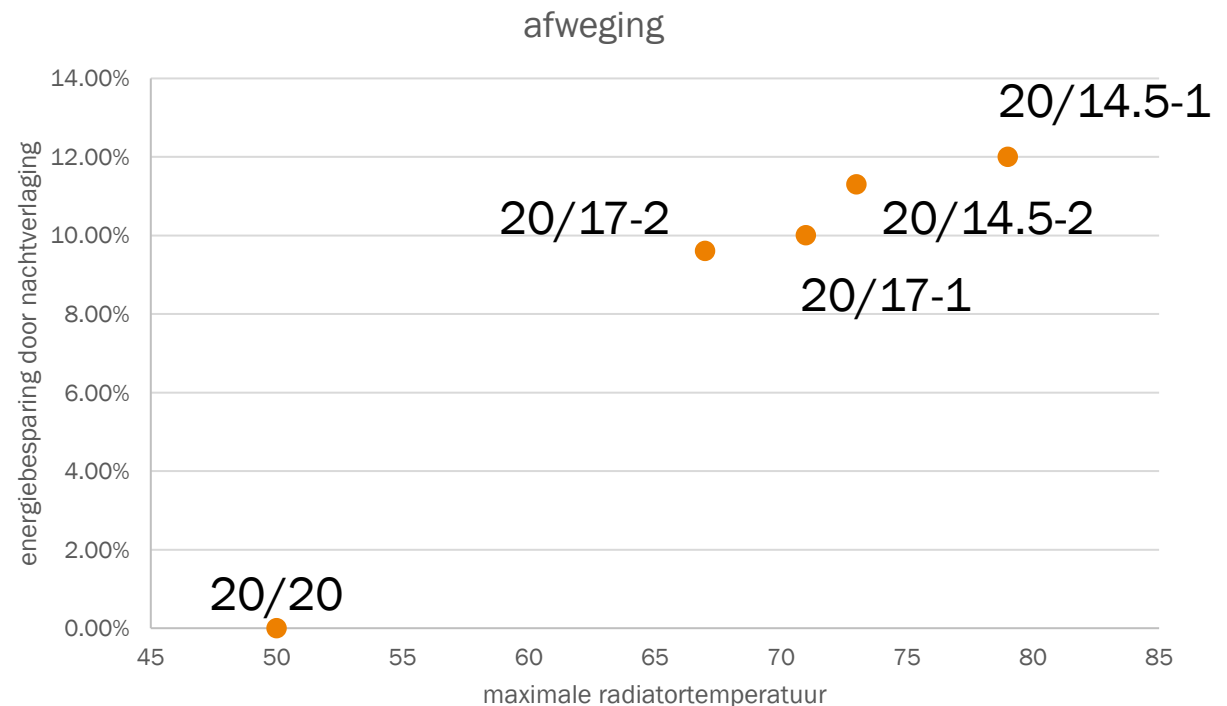
- › Energiegebruik van 2 weken
- › Besparing in energie:

| Energy Saving [%] | |
|-------------------|------|
| Case1.1 | 12.0 |
| Case1.2 | 10.0 |
| Case2.1 | 11.3 |
| Case2.2 | 9.6 |



› AFWEGING

- › De hele afweging kan als volgt gemaakt worden:
- › De nachtverlaging brengt een energiebesparing van rond de 10-12% met zich mee, dit moet afgezet worden tegen een extra piekbelasting die significant is.
- › Het verlengen van de aanwarmtijd van 1 naar 2 uur is effectief in het verlagen van de piekbelasting
- › Een slimmere thermostaat zou de nachtverlaging en aanwarmtijd dynamisch kunnen maken: afhankelijk van de buitencondities en de mate van afkoeling



› DISCUSSIE

- › Het gebruikte huis- en radiatormodel is goed gevalideerd op basis van de monitoringdata, echter moet het toepassingsgebied vooralsnog beperkt worden tot wintercondities. Het model is dus nog niet geschikt voor zomercondities.
- › Het effect van nachtverlaging geeft een energiebesparing van 10-12%, maar heeft een significante verhoging van aanvoertemperatuur tot gevolg. Hierin lijkt een geleidende schaal te zitten mbt 'diepte' van de nachtverlaging en aanwarmtijd.
- › Deze bevindingen zijn toepasbaar op dit type huis(houden) van 'zuinige stokers'. De getrokken conclusie over energiebesparing en temperatuurverhoging zijn beperkt te generaliseren.
 - › Te verwachten is dat een goed geïsoleerd van zichzelf minder afkoelt. Een huis welke van zichzelf meer natuurlijke ventilatie heeft (tocht) zal relatief veel profijt hebben van nachtverlaging met een beperkte verhoging van de radiator temperatuur.
- › Er zijn verschillende typen afleversets voor warmtenetten:
 - › Indirect of direct: met of zonder hydraulische scheiding door middel van een warmtewisselaar
 - › Direct met of zonder circulatiepomp. Zonder circulatiepomp houd in dat het debiet over het radiatorsysteem gelijk is aan het debiet van het warmtenet, de temperaturen zijn ook gekoppeld. Een circulatiepomp zorgt ervoor dat het debiet door de radiatoren groter is dan door het warmtenet, hierdoor is de aanvoertemperatuur van het radiatorsysteem lager dan de aanvoertemperatuur van het warmtenet.
 - › De simulaties zijn gedaan op basis van een systeem met circulatiepomp.

› DISCUSSIE – FEEDBACK VAN CONSORTIUM

- › Bij het toepassen van nachtverlaging is er meer piekbelasting nodig voor het opwarmen van de woning in de morgen.
 - › Hierdoor is een hogere aanvoer/retour temperatuur nodig van het warmtenet.
 - › Hierdoor is een hoger piekvermogen en debiet nodig in de ochtend.
 - › Gevolg: minder goede toepasbaarheid van duurzame bronnen zoals restwarmte en geothermie.
 - › Gevolg: Duurdere warmteopwekking in warmtenet door *bijstook*.
- › Echter betaalt de gebruiker 8-12% minder voor de warmte door de reductie in totaal gebruikte warmte.
- › Hier lijkt een tegenstelling van belangen...
- › Een slimme regeling kan de nachtverlaging aanpassen op de weersverwachtingen en huiseigenschappen. Een koppeling met het warmtenet kan hierbij helpen.
- › Een ander beprijzingsmodel kan overwogen worden zoals betalen voor comfort in plaats van GJ's of een variabel tarief afhankelijk van de tijd.
- › Een lagere aanvoer/retourtemperatuur voor ruimteverwarming kan (ten koste van extra energiegebruik) leiden tot een verlaging van aanvoertemperatuur van een warmtenet en een daling in de piekbelasting in de ochtend. In deze studie wordt niet op ingegaan hoe de kosten/baten zich verhouden aan de kant van de opwekking.

› **DISCUSSIE - INPASSING WERK IN ENERGIETRANSITIE**

- › Door het beperken van nachtverlaging kan de aanvoer- en retourtemperatuur van het warmtenet verlaagd worden,
 - › Hierdoor kunnen duurzame warmtebronnen meer gebruikt worden.
 - › Aardwarmte hoeft minder diep gewonnen te worden.
 - › Restwarmte kan beter benut worden (koelen tot een lagere temperatuur).
 - › Als er warmtepompen gebruikt worden hebben deze een beter rendement.
- › Door het beperken van nachtverlaging is de piekvraag ook minder.
 - › Hierdoor is minder bijstook nodig welke vaak op aardgas is.
 - › Past de vraagverdeling beter bij restwarmteaanbod als die continue verdeeld is over de dag.
 - › Lagere piekbelasting zou moeten leiden tot meer aansluitcapaciteit op een netwerk.



› **THANK YOU FOR
YOUR TIME**

TNO innovation
for life