

Dan-iso A/S

Dan-isoFIT

Test af isoleringsegenskaber

Herluf Montes Schütte, Senior Application Engineer
11-09-2025

Indhold

1	Oversigt	3
2	Introduktion	3
2.1	Bestemmelse af varmetab i ventiler og flangeforbindelser	3
2.2	Isoleringsløsninger	5
3	Formål.....	6
4	Testopsætning og metodologi	7
4.1	Testobjekt	7
4.2	Testopstilling.....	8
4.3	Instrumentering.....	10
4.4	Opvarmningsudstyr.....	10
4.5	Placering af termoelementer	12
4.6	Dataindsamling	13
4.7	Installationsmiljø.....	14
4.8	Indledende tests	15
5	Test 1: Snavssamler uden isolering.....	16
5.1	Resultater: Test 1	17
6	Test 2: Snavssamler med Dan-isoFIT isolering	19
6.1	Resultater: Test 2	20
7	Diskussion af resultater	22
7.1	Sammenligning med varmetabsestimer fra EN ISO 12241.....	23
8	Reduktion af drivhusgasudledning	24
9	Konklusioner	25
10	Kilder.....	26

1 Oversigt

Dette dokument præsenterer resultaterne fra en række tests udført for at bestemme energitabene, der opstår i en snavssamler under følgende forhold:

- I uisolert tilstand
- Tilpasset med en Dan-isoFIT isoleringsløsning

Til testene blev en DN-200 snavssamler fyldt med vand, og vandet blev opvarmet til en temperatur på $\sim 85^{\circ}\text{C}$ ved hjælp af et 2 kW elektrisk varmelegeme. Når systemet opnåede en stabil temperaturltilstand, blev temperaturen holdt konstant i en periode på 100 timer ved hjælp af en PID-temperaturregulator.

Den samlede energi, der krævedes for at opretholde vandets temperatur konstant ved 85°C , blev målt ved hjælp af en strømforbrugsmåler.

Den samme procedure blev gennemført med snavssamleren uden isolering og en Dan-isoFIT pur-skal.

Dan-isoFIT løsningen gav en reduktion i energiforbruget på 91,7 % sammenlignet med mineralulds løsningen.

2 Introduktion

Rørisolering bliver typisk prioriteret af de mest energiintensive industrier, der er afhængige af transport af væsker ved temperaturer, der er lavere eller højere end den omgivende temperatur, hvorimod isolering af ikke-standard geometrier desværre ofte overses. Eksempler på installationer som ofte overses, er flangeforbindelser til pumper, ventiler, snavssamlere og lignende installationer.

2.1 Bestemmelse af varmetab i ventiler og flangeforbindelser

I 2024-whitepaper af The European Industrial Insulation Foundation (EiIF) "The overlooked industry decarbonization champion: Technical insulation" [4] fremhæves potentialet for betydelige energibesparelser gennem bedre isolering af industrielle installationer, med særlig fokus på isolering af ikke-standard geometrier såsom ventiler og snavssamlere.

En af de største udfordringer når man diskuterer potentielle energibesparelser ved isolering af denne type installationer er manglen på empirisk data vedrørende fordelene ved isolering af rørforbindelser.

ISO-standarden EN/ISO 12241 i sin 2008 version [1] præsenterer en metode, der konverterer forskellige typer flangeforbindelser til en ækvivalent installationslængde. For eksempel angives en DN 200 flangeforbindelse, der transporterer en væske ved 100 °C og er placeret indendørs ved 20 °C, til at have energitab svarende til mellem 5 og 11 m uisoleret DN 200 rør (se Figur 1), mens den samme forbindelse med isolering svarer til mellem 0,8 og 1,3 m uisoleret rør.

Disse tabelfdata er en forbedring i forhold til den tidligere version af standarden [3], udgivet i 1998, som ikke tog højde for tab fra ventiler eller ikke-standardiserede rørgemetrier.

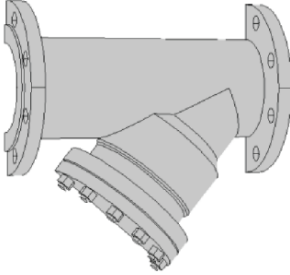
Tabellerne i 2008-versionen af standarden fremhæver vigtigheden af isolering omkring ikke-standardiserede rørgemetrier. De angivne estimater forbliver dog meget grove tilnærmelser, med værdier der kan variere med mere end 200 % mellem minimum og maksimum estimeret tab for de uisolerede tilfælde og mere end 60 % for de isolerede tilfælde.

Table A.1 — Equivalent length for installation-related “thermal bridges”

Flanges for pressure stages PN 25 to PN 100 ^b			Equivalent length for given temperatures ^a		
			ΔT m		
			100 °C	250 °C	450 °C
Uninsulated for pipes	in buildings at 20 °C	DN 50 ^c	3 to 5	5 to 11	9 to 15
		DN 100	4 to 7	7 to 16	13 to 16
		DN 150	4 to 9	7 to 17	17 to 30
		DN 200	5 to 11	10 to 26	20 to 37
		DN 300	6 to 16	12 to 37	25 to 57
		DN 400	9 to 16	15 to 36	33 to 56
		DN 500	10 to 16	17 to 36	37 to 57
	in the open air at 0 °C	DN 50	7 to 11	9 to 16	12 to 19
		DN 100	9 to 14	13 to 23	18 to 28
		DN 150	11 to 18	14 to 29	22 to 37
		DN 200	13 to 24	18 to 38	27 to 46
		DN 300	16 to 32	21 to 54	32 to 69
		DN 400	22 to 31	28 to 53	44 to 68
		DN 500	25 to 32	31 to 52	48 to 69
Insulated	in buildings at 20 °C and in the open air at 0 °C	DN 50 ^c	0,7 to 1,0	0,7 to 1,0	1,0 to 1,1
		DN 100	0,7 to 1,0	0,8 to 1,2	1,1 to 1,4
		DN 150	0,8 to 1,1	0,8 to 1,3	1,3 to 1,6
		DN 200	0,8 to 1,3	0,9 to 1,4	1,3 to 1,7
		DN 300	0,8 to 1,4	1,0 to 1,6	1,4 to 1,9
		DN 400	1,0 to 1,4	1,1 to 1,6	1,6 to 1,9
		DN 500	1,1 to 1,3	1,1 to 1,6	1,6 to 1,8

Figur 1: Uddrag fra tabel i 2008-udgaven af EN-ISO 12241.

Den seneste version af samme standard blev udgivet i 2022 [2]. Denne version indeholder et betydeligt mere komplekst sæt beregningsregler for forskellige ventiler og flangeforbindelser. Et uddrag fra den relevante tabel vises i figuren nedenfor.

8	Dirt arrester, flanged		DN 15–DN 200; PN = (6...16) $f_A = -\frac{0,37}{1\,000} \cdot \theta_i + 0,938$ $A_A = 18,4 \cdot D_{p,e}^2 + 0,969 \cdot D_{p,e} + 0,034 \cdot 6$ $K_A = f_A \cdot h_{sc} \cdot A_A + K_{fl}$
---	-------------------------------	---	---

Figur 2: Uddrag fra Tabel A.3 i 2022-versionen af EN-ISO 12241, der viser korrektionsfaktorer for en snavssamler.

Figur 2 viser de korrektionsfaktorer, der kræves for at beregne varmetab i en snavssamler. Disse korrektionsfaktorer er baseret på simuleringer med finite element-metoden udført ved temperaturer fra 50°C til 500°C. Dette er klart en langt mere præcis metode end de grove estimater, der blev præsenteret i den tidligere version af standarden, men det forbliver et estimat, og kræver speciel software for at udføre.

Udviklingen af standarden på dette område – fra ingen data til detaljerede beregningsregler for over et dusin geometrier baseret på hundredvis af FEM-simuleringer – indikerer et øget fokus på ventiler og andre flangeforbindelser som et interesseområde, hvor store energitab forventes at forekomme. Dog giver selv den nyeste version af standarden kun meget forenklede metoder til beregning af energitab for de samme geometrier under isolerede forhold.

En undersøgelse via *Google Scholar* indikerer, at emnet heller ikke har fået megen opmærksomhed i den videnskabelige litteratur.

Denne mangel på pålidelige data eller retningslinjer gør det ønskeligt at udføre en række tests for at fastslå indflydelsen af forskellige typer isolering på varmetab – i det mindste for udvalgte geometrier.

2.2 Isoleringsløsninger

Der findes flere løsninger på markedet, som har til formål at isolere disse geometrier. De fleste af disse er baseret på et "blødt" isoleringsmateriale (såsom mineraluld), der er indeholdt i en presenningspose, som kan vikles rundt om installationen og holdes på plads via elastiske fastgørelsesanordninger. Selvom disse løsninger reducerer energitabet, er de ikke ideelle, da de tillader dannelse af termiske broer langs samlinger og ved de områder hvor isoleringen bliver komprimeret (hvilket kraftigt reducerer dens effektivitet).

Dan-iso har udviklet en produktlinje designet til at opfylde behovet for effektiv isolering af ventiler og andre flangeforbindelser.

Dan-isoFIT produkter er designet til nemt at passe omkring flangeforbindelser. På grund af deres rigid konstruktion sikrer Dan-isoFIT, at korrekt isolering opretholdes hele vejen rundt om den isolerede del. Derudover er produktlinjen designet til at sikre nem inspektion og vedligeholdelse af den isolerede del, da de nemt kan afmonteres og genmonteres blot ved hjælp af en skruetrækker.

Dette dokument præsenterer resultaterne af tests udført på en DN 200 snavssamler indeholdende vand opvarmet til $\sim 85^{\circ}\text{C}$, for at bestemme energitabet. Testene er udført under følgende forhold:

- Uden isolering
- Isoleret med et Dan-isoFIT produkt

3 Formål

De primære formål med testene har været følgende:

- At sammenligne den termiske ydeevne og energieffektivitet af Dan-isoFIT isoleringsprodukter med traditionel isolering baseret på mineraluld på en ikke-standard rørgeometri
- At kvantificere energibesparelser og termiske fordele ved en Dan-isoFIT isoleringsløsning

På grund af begrænsninger i testudstyret er testene først og fremmest tænkt som sammenlignende tests. De opnåede værdier er således primært tænkt som en relativ reference i forhold til hinanden, idet de målte varmetab under testene, forventes at være repræsentative og forholdsvis nøjagtige.

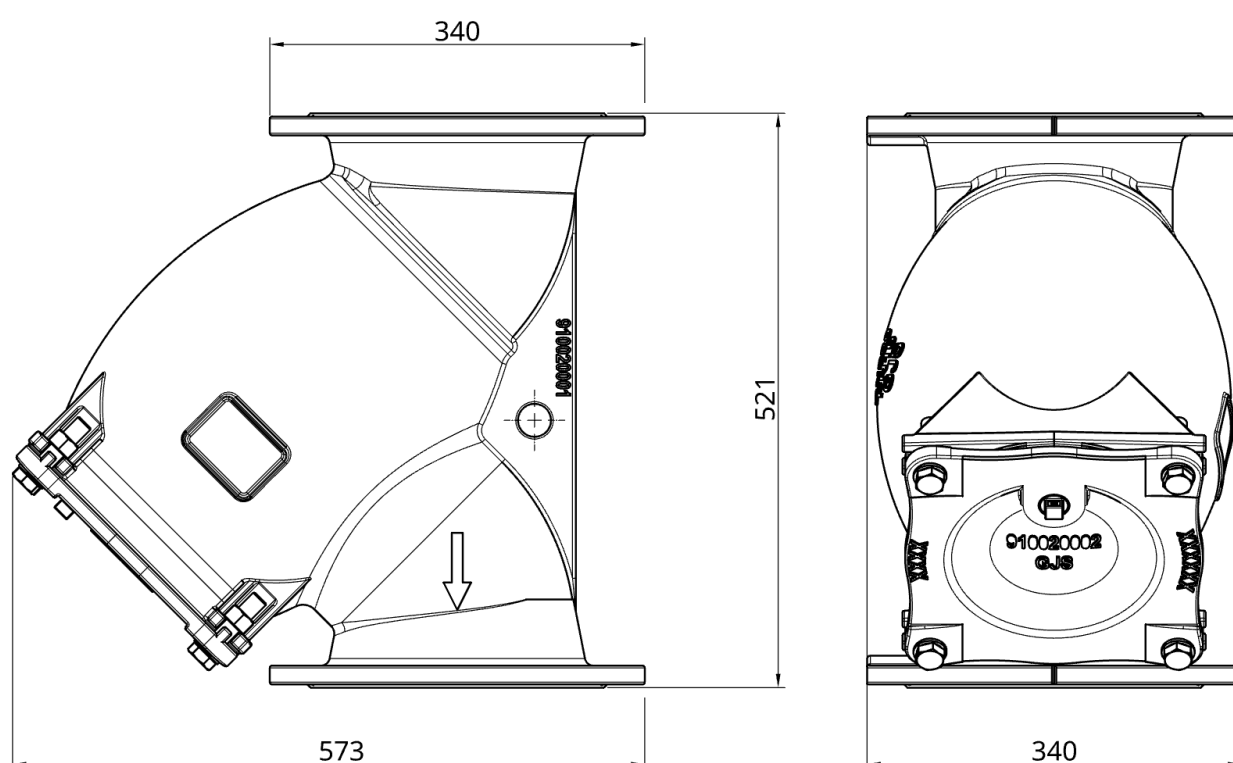
4 Testopsætning og metodologi

I dette afsnit beskrives testobjektet og måleudstyr, der blev anvendt til at bestemme temperatur og energitab under testene.

4.1 Testobjekt

Testobjektet var en AVK snavssamler Model 910-0200-21-311020004. Denne snavssamler overholder DN 200-dimensionerne og har en PN 10 trykklassificering. Snavssamleren er fremstillet af støbejern og belagt med en epoxylakering.

Figuren nedenfor viser de vigtigste dimensioner af snavssamleren.



Figur 3: Generelle dimensioner af AVK snavssamleren anvendt som testobjekt.

Snavssamleren har en indvendig volumen på cirka 31,5 liter.

Dette specifikke testobjekt blev valgt, da det repræsenterer en typisk geometri, som ofte findes i fjernvarmepumpestationer og industrielle anlæg, hvor varme eller kolde væsker transporteres via rør. Det er dog en komponent, der ofte overses ved isolering af installationer, selvom der findes isoleringsløsninger til denne – de fleste af dem baseret på mineraluld.

Figur 4 viser en DN 200 snavssamler installeret i en fjernvarmepumpestation.

Billedet viser den samme installation uden isolering, med isolering af mineraluld og med en Dan-isoFIT isoleringsløsning.



Figur 4: Snavssamler installeret på en fjernvarme pumpestation.

4.2 Testopstilling

Udover AVK DN-200 snavssamleren bestod testopstillingen af to plader (endeflanger), der var designet til at lukke snavssamlerens flanger og holde vandet inde under testene.

Bundflangen blev lukket med en 10 mm tyk stålplade med en diameter på 340 mm – standarddiametere for en DN 200 PN10 flange. Pladen blev fastholdt med M20 bolte af passende længde (70 mm) samt tilhørende møtrikker og skiver. Denne plade var forsynet med et ½" gevindhul, der tillod installation af et varmeelement som beskrevet i følgende afsnit.

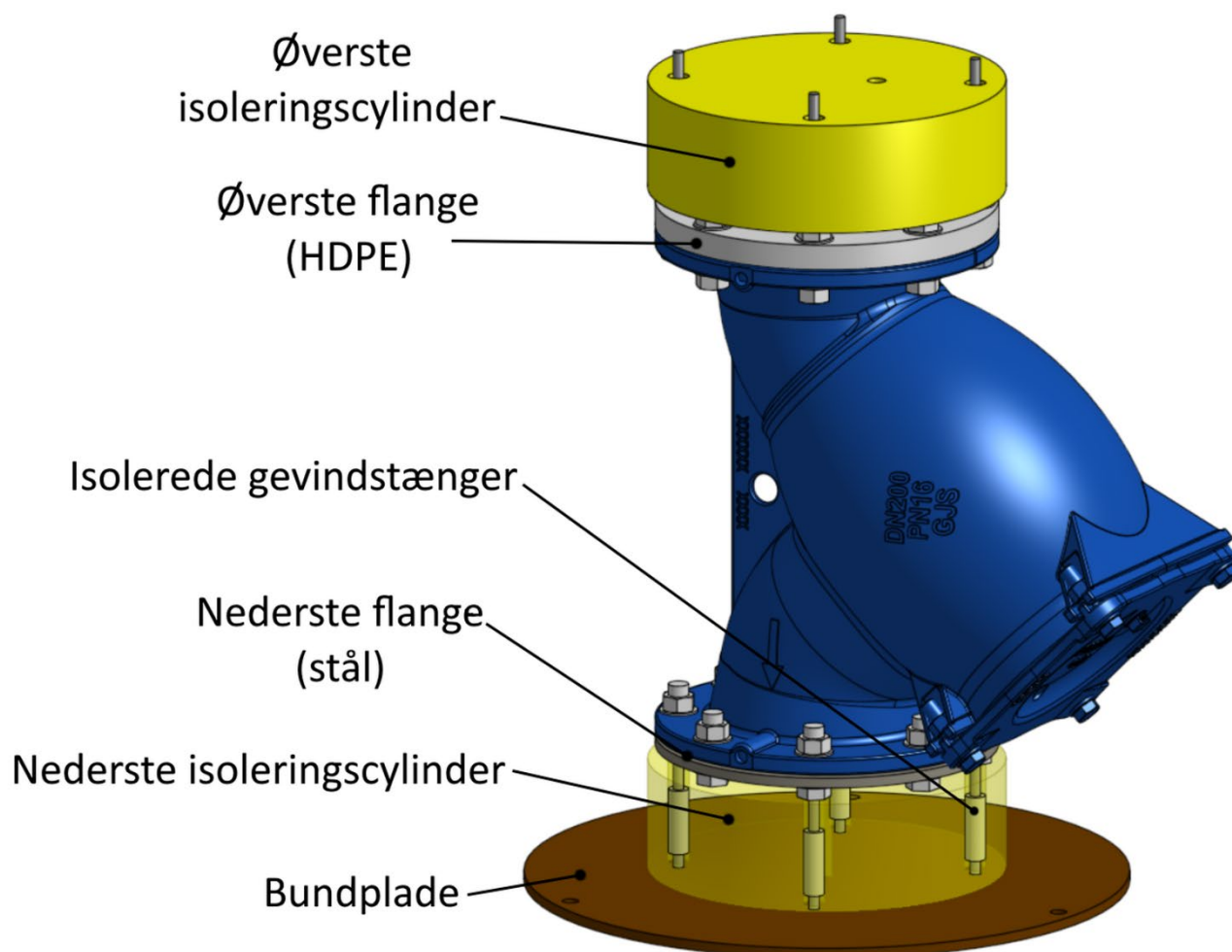
Topflangen af udskilleren blev lukket med en 20 mm tyk HDPE-plade med en diameter på 340 mm. Denne plade havde et Ø11 mm hul placeret cirka 100 mm fra midten. Formålet med dette hul var at fungere som indgang for de forskellige termoelementer, der kræves til dataopsamling. Derudover tillod perforeringen, at vand og damp kunne slippe ud og forhindre trykophbygning i tilfælde af kogning. Ligesom bundpladen, blev HDPE-pladen fastgjort med M20x70 mm bolte.

Hovederne på 8 af M20-boltene, der blev brugt til at fastholde endepladerne, blev boret og forsynet med M10 gevind.

For at sikre reproducerbare forhold for alle tests og begrænse varmeoverførsel fra områder, der ikke er dækket af de testede isoleringsløsninger, blev top- og bundflangerne isoleret med 130 mm polyurethancyindre. Hver af disse cylindre blev fastholdt ved hjælp af 4 gevindstænger. Gevindstængerne bestod af to M10 gevindstænger adskilt af et HDPE-stykke. HDPE fungerede isolerende og minimerede varmeoverførsel gennem stængerne. Gevindstængerne sat sammen med HDPE-stykket, udgør en isoleret støtte.

Disse isolerede støtter blev skruet ind i hovedet på 8 af M20-boltene (4 i top og 4 i bund), der blev brugt til at fastgøre hver af flangepladerne.

Ligesom HDPE-pladen havde den øverste isoleringscylinder et Ø11 mm hul for at tillade instrumentledninger at passere igennem.



Figur 5: Testopstilling med hovedkomponenter. Den nederste isoleringscylinder vises som semitransparent.

Den komplette opstilling hvilede på de nederste 4 isolerede gevindstænger, som var fastgjort til en cirkulær 10 mm tyk stål bundplade med en diameter på 600 mm.

Denne opsætning blev anvendt til begge testkonfigurationer.

Det er værd at bemærke, at forbindelserne fungerer som termiske broer, hvor varme kan slippe ud til omgivelserne. Dog anses energitabet gennem dem som ubetydeligt i forhold til det samlede tab fra hovedstrukturen, givet de begrænsede eksponerede overflader (uisolerede) og den lave varmeledningsevne for HDPE. Derudover er det primære formål med testene at opnå sammenlignelige resultater mellem de forskellige isoleringsmetoder. Da stængerne er til

stede i begge testkonfigurationer, vil deres tilstedeværelse medføre den samme forskydning i det samlede energitab for begge konfigurationer.

4.3 Instrumentering

Følgende instrumenter blev anvendt til at overvåge temperaturforhold ved og omkring testobjektet samt energiforbruget under testene:

- Danoplus THE-373 termometer / datalogger med 4 kanaler udstyret med type K-termoelementer
- Ketotek KTEM02 strømforbrugsmåler (2 enheder)
- Bosch GTC 400C termisk kamera

Termometeret blev kalibreret, og dets linearitet blev verificeret ved brug af kogende vand og vand tæt ved frysepunktet. Proceduren er beskrevet i Bilag B.

Effektmålerne (elektricitetsforbrugsmålere) var af "forbruger kvalitet", dvs. der fulgte ikke noget kalibreringscertifikat med leverancen, og producenten giver ingen oplysninger om enhedens nøjagtighed.

Målerne blev testet i tandem (forbundet efter hinanden), og de værdier, de viste for energiforbrug ved tilslutning til en modstand, blev sammenlignet med værdier målt med multimeter. En detaljeret beskrivelse af testene findes i Bilag 10.3.

Disse tests indikerer, at enhederne viser god gentagelsesnøjagtighed og acceptabel præcision i de viste værdier.

Da formålet med den aktuelle test er at foretage en sammenlignelig vurdering af de to isoleringssystemer, anses den absolutte nøjagtighed af strømmåleren for mindre vigtig til fordel for et højt niveau af præcision og gentagelighed.

4.4 Opvarmningsudstyr

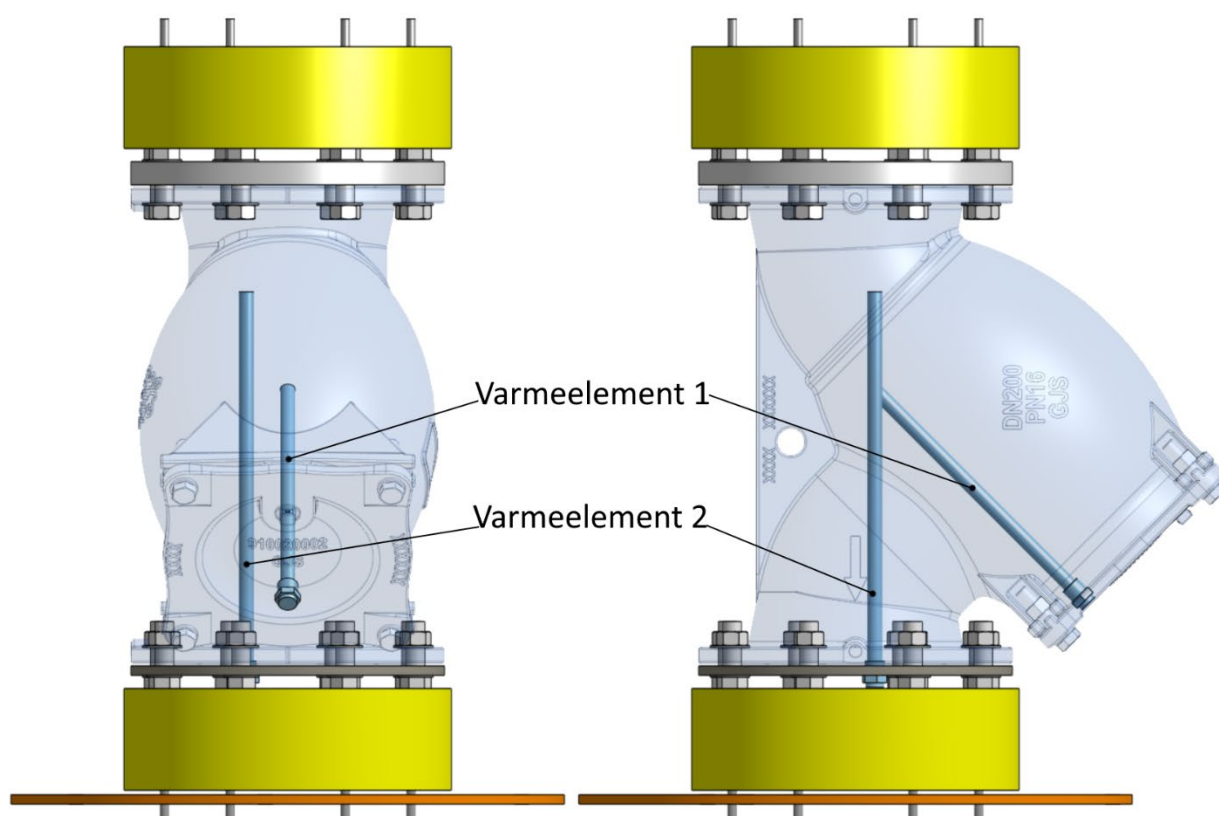
To elektriske varmeelementer blev anvendt til at opvarme vandet. Begge varmeelementer var cylindriske, med en diameter på 16 mm og var udstyret med et 1-tommers (32 mm) standard gevind til rør i bunden. Længden af varmeelementerne var afhængig af deres effekt.

Varmeelement 1 havde en angivet effekt på 2 kW. Dets faktiske strømforbrug ved fuld kapacitet blev målt til ~1,890 kW ved hjælp af strømmålerne. Elementet havde en længde på 300 mm og blev fastgjort til den nederste del af snavssamlerens arm via gevindet.

Varmeelement 1 var det element, der blev anvendt under alle tests for at opretholde en stabil temperatur i systemet.

Varmeelement 2 havde en angivet effekt på 3 kW, mens dets faktiske forbrug blev målt til ~3,650 kW. Elementet havde en længde på 400 mm og blev fastgjort til bundpladen (nedre flange) via gevindet. Dette varmeelement blev installeret som backup og for at gøre den indledende opvarmning af testobjektet hurtigere, indtil en stabil temperatur var opnået i hele snavssamlern. Varmernelementet blev ikke anvendt under testene, efter en stabil temperatur var nået i testobjektet.

Figur 6 viser placeringen af varmernelementerne 1 og 2 inde i testobjektet. Snavssamlern vises som gennemsigtig i figuren.



Figur 6: Placering af varmernelementer 1 og 2. Elementerne vises i lyseblå.

Hver af varmernelementerne blev styret af en REX-C100 Proportional Integral Derivative (PID) digital temperaturregulator. REX-C100 er en udbredt lavpris temperaturregulator, der er kompatibel med K-type termoelementer. Regulatoren var tilsluttet et solid-state relæ (SSR), som leverede variabel spænding til varmernelementerne.



Figur 7: Foto af PID-regulatoren anvendt under testen, der viser aktuel temperatur (øverst) og ønsket temperatur (nederst).

En PID-regulator gør det muligt at indstille den ønskede temperatur, mens den aktuelle temperatur, målt af det tilsluttede K-termoelement, også vises på displayet. De viste værdier blev ikke kalibreret, da temperaturerne blev målt og logget af et uafhængigt sæt sensorer. En passende indstillingstemperatur til PID-regulatoren blev fastlagt ved indledende tests som beskrevet i Bilag 11.1.

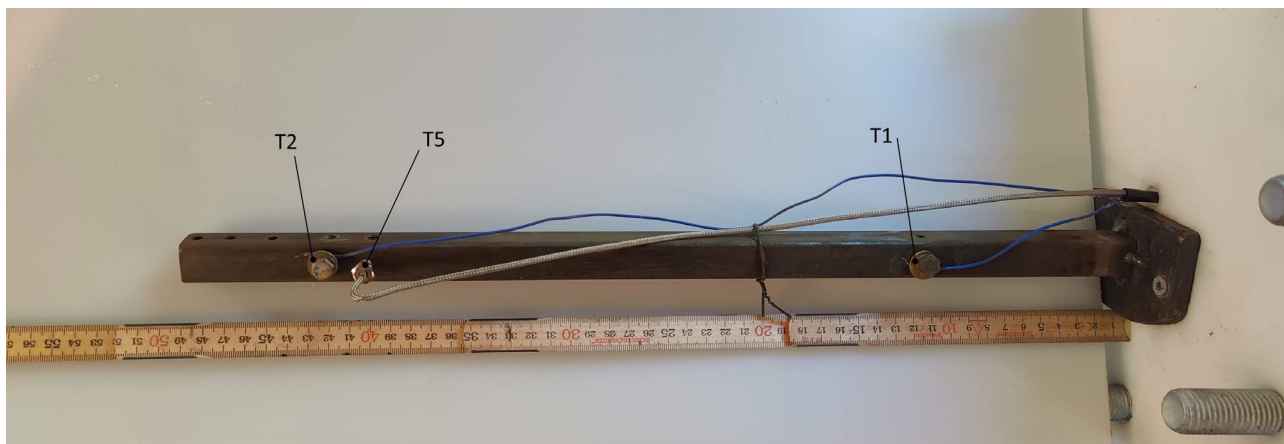
4.5 Placering af termoelementer

I alt blev der anvendt 5 termoelementer under hver af testene. De blev benævnt T1 - T5 som beskrevet herunder:

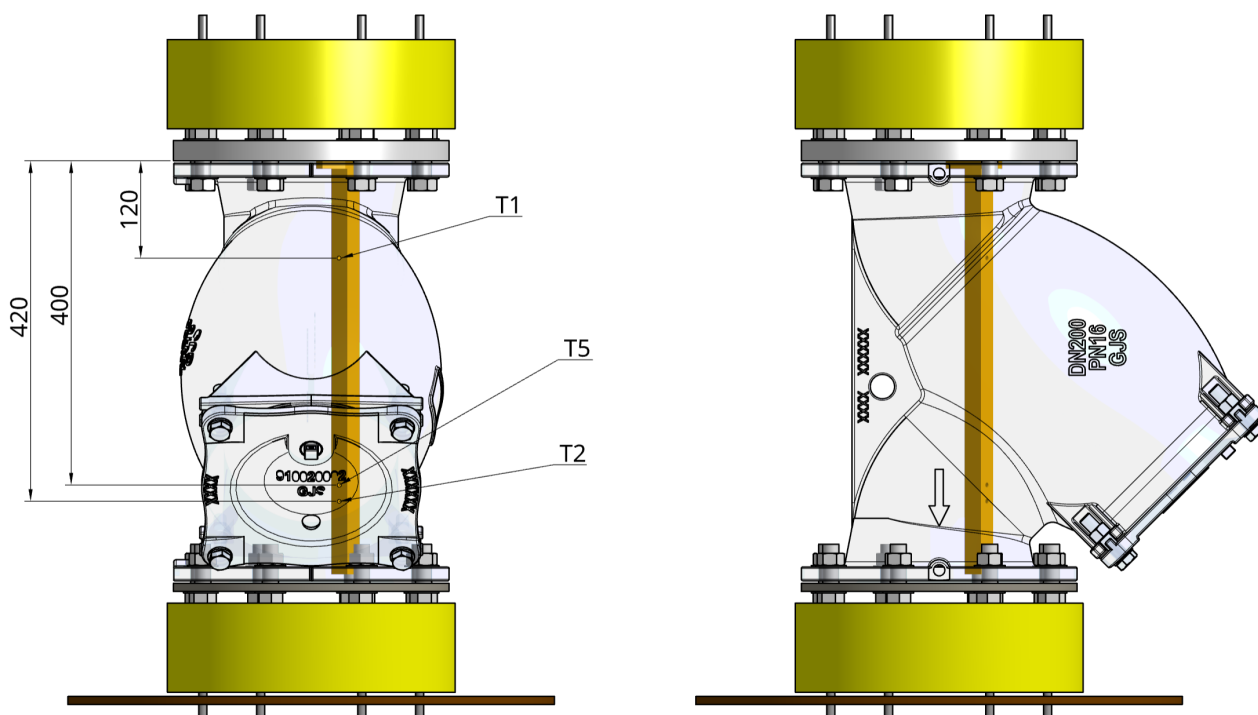
- **T1:** Blev brugt til at måle og logge vandtemperaturen i den øvre sektion af snavssamleren. Termoelementet var placeret 120 mm fra den øvre flange.
- **T2:** Blev brugt til at måle og logge vandtemperaturen tæt på bunden af snavssamleren. Termoelementet var placeret 420 mm fra den øvre flange.
- **T3:** Blev brugt til at måle og logge temperaturen på snavssamlerens udvendige flade, tæt på kroppens midte.
- **T4:** Blev brugt til at måle og logge omgivelsestemperaturen omkring testobjektet.
- **T5:** Dette termoelement var tilsluttet PID-regulatoren og blev brugt til at give feedback til varmekredsløbet. Termoelementet var placeret 400 mm fra den øvre flange.

Termoelementerne, der blev brugt til at måle vandtemperatur (T1, T2 og T5), var fastgjort til en instrumentstang, der blev nedsænket i vandet. Formålet med denne stang var at sikre, at temperaturmålingerne blev udført på nøjagtig samme positioner under hver test.

På nedenfor indsatte foto vises instrumentstangen fastgjort til HDPE-flangen med en målestok som reference. Placeringen af termoelementerne er angivet på billedet.



Figur 8: Instrumentstang fastgjort til topflangen som viser placeringen af termoelementer T1, T2 og T5.



Figur 9: Testopstilling, der viser placeringen af instrumentstangen (lysorange) inde i snavssamlere (snavssamlere vises gennemsigtig).

4.6 Dataindsamling

Temperaturen blev målt og logget med 1-minuts intervaller af termoelementerne T1 til T4. På grund af termometerets interne hukommelsesbegrænsninger (5000 målepunkter) blev dataene overført til en computer efter cirka 48 timer. Dette medførte et måleudfald på 4 til 5 minutter under hver af hovedtestene. På grund af systemets høje termiske stabilitet, anses

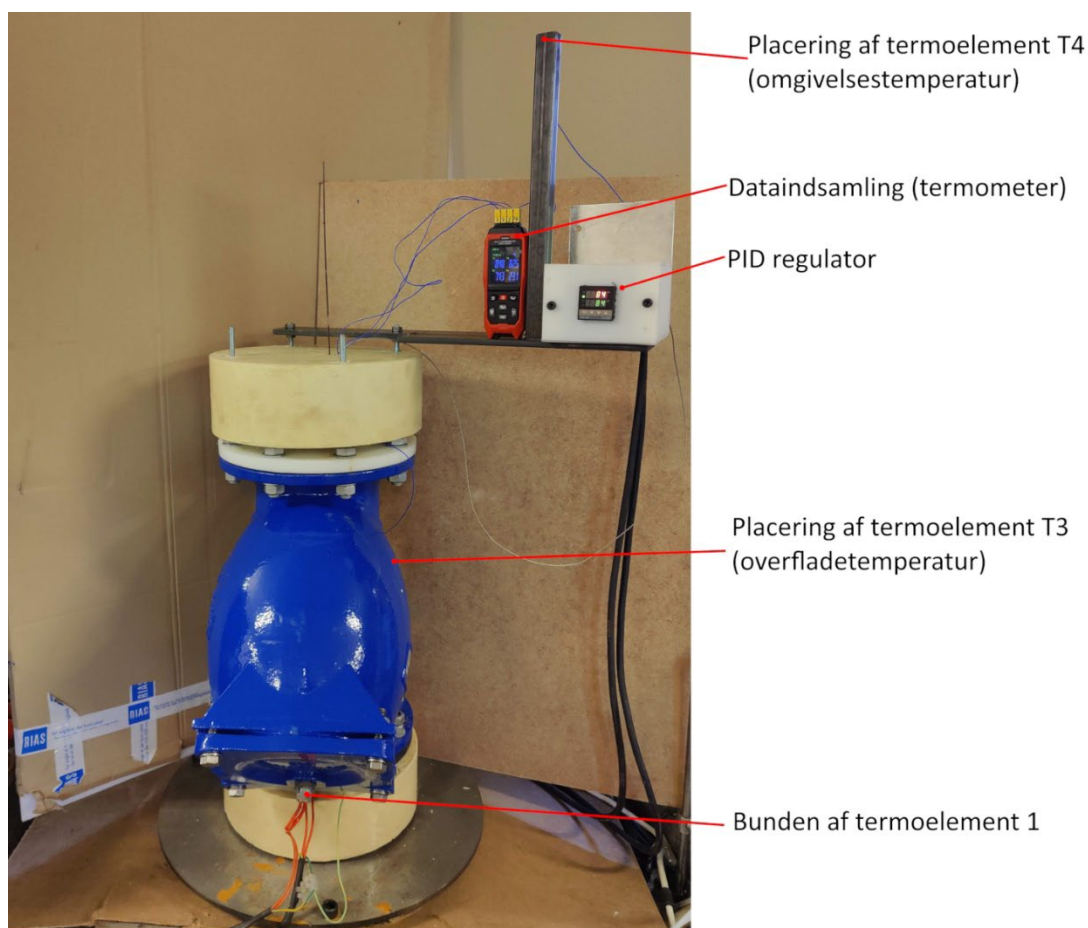
dette udfald for at være ubetydeligt og for ikke at have påvirket de sammenlignende resultater.

Strømforbruget blev overvåget under hele testen, men blev kun logget ved afslutningen af hver test.

4.7 Installationsmiljø

Testopstillingen blev placeret i Dan-iso's "smedje". Dette område befinder sig i en isoleret bygning, der opvarmes med en varmepumpe. Området holdes ved en konstant temperatur på $\sim 23^{\circ}\text{C}$, og der blev gjort en indsats for at opretholde denne temperatur under hele testperioden. Dog forventedes mindre temperaturvariationer at opstå som følge af eksterne faktorer såsom vejret, åbning af vinduer og begrænsninger i termostaten, der styrer varmepumpen.

Omgivelsestemperaturen blev målt og registreret med 1-minuts intervaller under hver test. Placering af termoelement T4 er angivet i figuren nedenfor.



Figur 10: Testobjekt og instrumentering, der viser placeringen af termoelementerne T3 og T4.

4.8 Indledende tests

Som forberedelse til hovedserien af tests blev der udført 4 indledende tests for at kontrollere pålideligheden af dataopsamlingen, fastslå temperaturfordelingen i vandet ved forskellige varmeinput og bestemme den tid, der kræves for at opnå en stabil temperaturlstand.

Fremgangsmåden og resultaterne af disse indledende tests er præsenteret i Bilag 10.1.

5 Test 1: Snavssamler uden isolering

Den første test blev udført med snavssamleren uden andet isolering end top og bund isoleringscylindre, som dækkede toppen og bunden af flangerne.

Testopstillingen blev placeret i en opvarmet og isoleret bygning hos Dan-iso. Rummet blev holdt ved en temperatur på cirka 23°C under hele testen. Det skal bemærkes, at der som følge af varmesystemets drift og åbning/lukning af vinduer kunne der forventes mindre pludselige ændringer i rumtemperaturen.



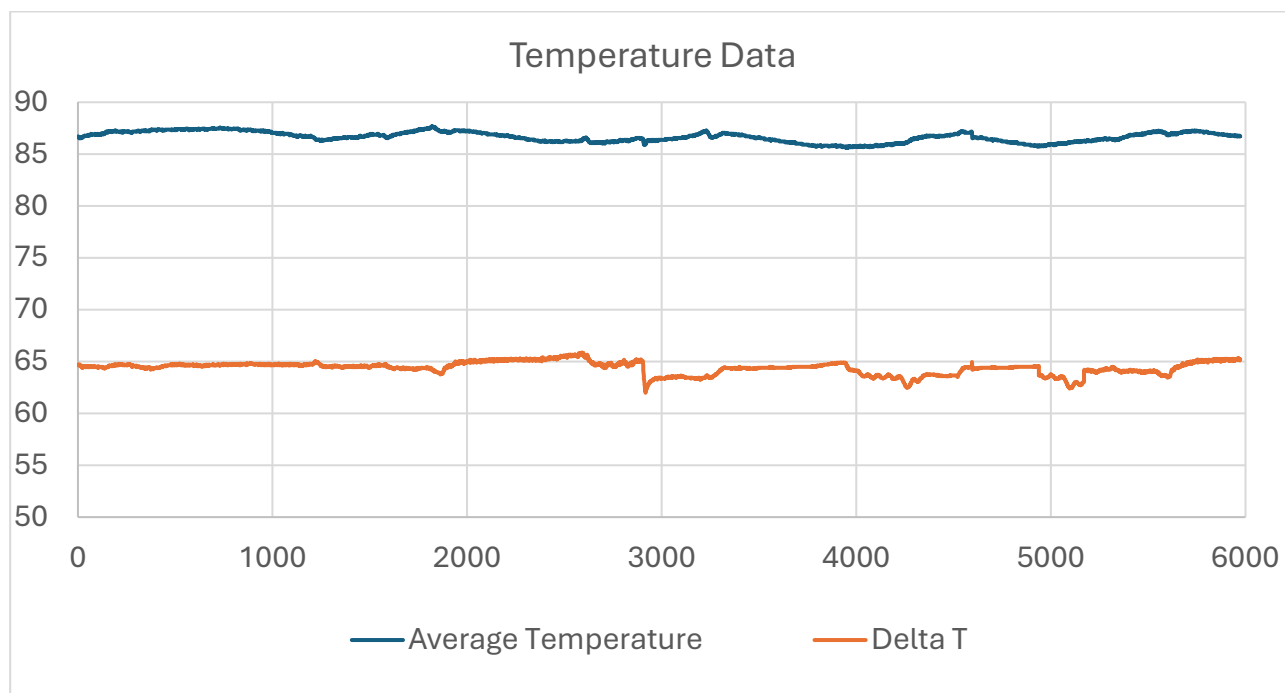
Figur 11: Testopstilling under test 1.

Baseret på resultaterne fra de indledende tests, blev PID-regulatoren indstillet til en temperatur på 84°C. Denne værdi resulterede i en gennemsnitstemperatur fra termoelementerne T1 og T2 på cirka 85°C. Testopstillingen fik lov til at opvarme til den ønskede temperatur og stabilisere sig i 6 timer. Efter denne indledende periode blev dataregistreringen påbegyndt, og testen fik lov til at køre i 100 timer. Følgende data blev registreret:

- Akkumuleret strømforbrug over de 100 timer
- Temperatur ved de 4 målepunkter beskrevet i Afsnit 4.5

5.1 Resultater: Test 1

Grafen nedenfor viser gennemsnittet af de temperaturer, der blev registreret af termoelementerne T1 og T2 (Internal Temperature), samt forskellen mellem denne gennemsnitstemperatur og omgivelsestemperaturen (Temperature Difference).



Figur 12: Temperaturdata fra test 1. Y-akse: Temperatur i °C. X-akse: Tid i minutter.

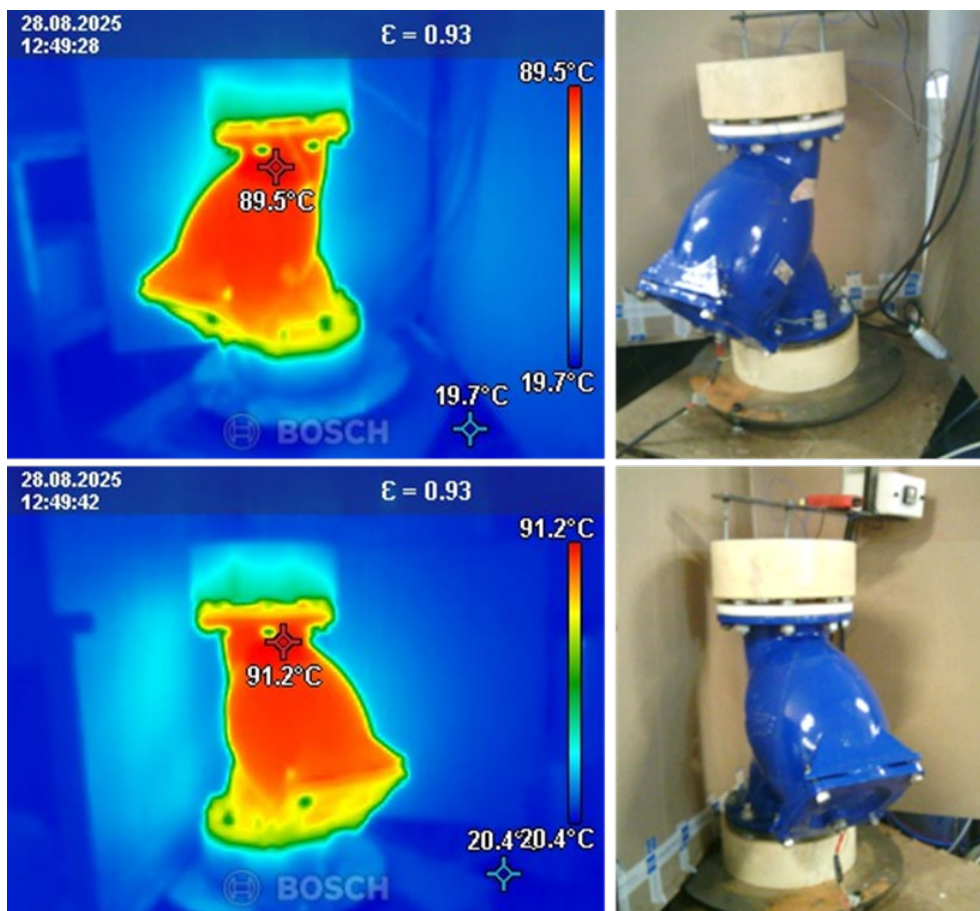
Grafen i Figur 12 viser, at vandtemperaturen inde i testobjektet blev opretholdt ved en relativ konstant værdi mellem 85,5°C og 87,5°C. De to pludselige fald i vandtemperatur svarer til de to afbrydelser af termometeret, som var nødvendige for at downloade data. Disse afbrydelser er også årsagen til, at temperaturdataene indeholder lige under de 6000 datapunkter, der svarer til de 100 timer, testen varede.

Ved afslutningen af testen blev det samlede energiforbrug, som blev logget af de to strømforbrugsmålere over 100 timer, målt til henholdsvis 56,01 kWh og 56,06 kWh, hvilket giver et gennemsnit på 56,04 kWh. Dette svarer til et gennemsnitligt varmetab på 560,4 W. Tabellen nedenfor opsummerer resultaterne.

Installation	Energitilførsel efter 100 timer [kWh]	Gennemsnitligt varmetab i installationen [W]
Ingen isolering	56,04	560,4

Tabel 1: Samlet og gennemsnitligt energiforbrug for test 1.

Termografi af installationen blev taget efter cirka 99 timer. De resulterende billeder vises nedenfor.



Figur 13: Termografi af testinstallationen samt tilsvarende billede i synligt lys.

De termiske billeder af testinstallationen viste overfladetemperaturer på over 90 °C på de øverste overflader af snavssamlere. Billederne viste også en tydelig temperaturgradient mellem bunden og toppen af installationen. Termografimålingerne stemte godt overens med de temperaturer, der blev målt med termoelementerne.

6 Test 2: Snavssamler med Dan-isoFIT isolering

Den anden test blev udført med snavssamleren dækket af en Dan-isoFIT isoleringsløsning.

Som ved den foregående test blev testopbygningen placeret i en opvarmet og isoleret bygning hos Dan-iso. Rummet blev holdt ved en temperatur på cirka 23°C under testen. Det skal bemærkes, at der som følge af varmesystemets drift og åbning/lukning af vinduer kunne forventes mindre pludselige ændringer i rumtemperaturen.



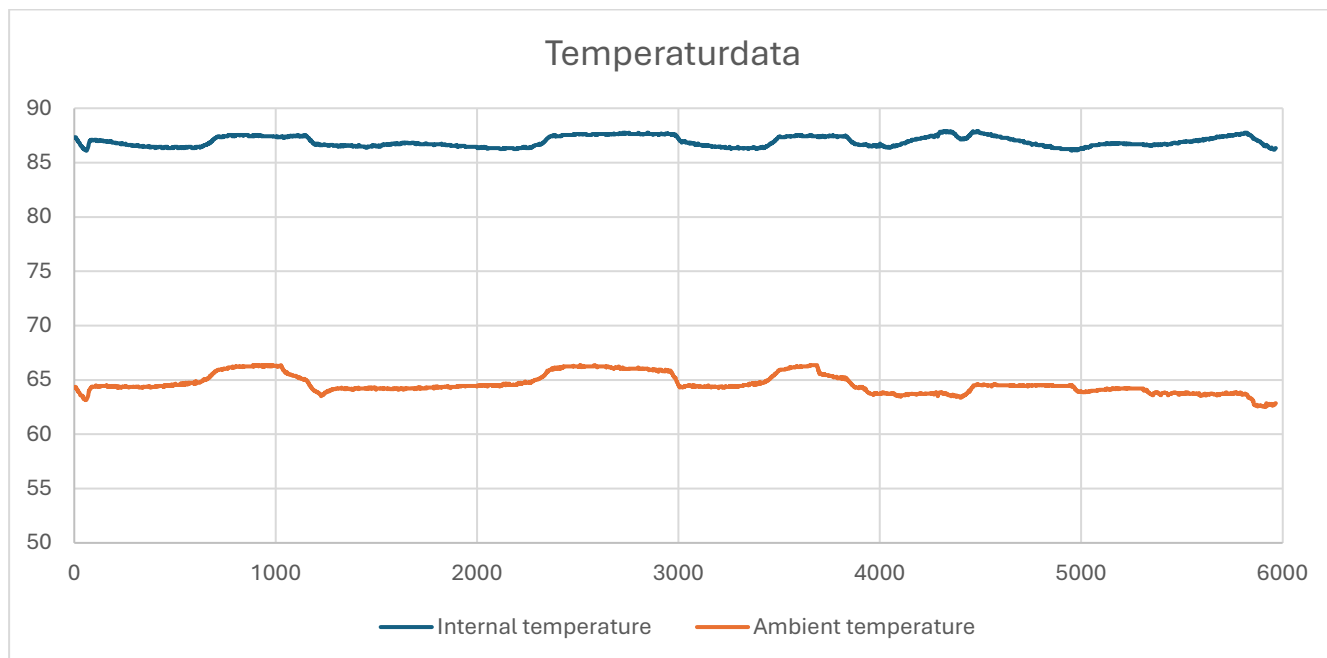
Figur 14: Testopstilling under test 2.

Baseret på resultaterne fra de indledende tests blev PID-regulatoren indstillet til en temperatur på 85°C. Denne værdi resulterede i en gennemsnitstemperatur fra termoelementerne T1 og T2 på cirka 85°C. Opstillingen blev opvarmet til den ønskede temperatur og fik lov til at stabilisere sig i 6 timer. Efter denne indledende periode blev dataregistreringen påbegyndt, og testen fik lov til at køre i 100 timer. Følgende data blev registreret:

- Akkumuleret strømforbrug over de 100 timer
- Temperatur ved de 4 målepunkter beskrevet i Afsnit 4.5

6.1 Resultater: Test 2

Grafen nedenfor viser gennemsnittet af de temperaturer, der blev registreret af termoelementerne T1 og T2 (Internal Temperature), samt forskellen mellem gennemsnitstemperatur og omgivelsestemperatur (Temperature Difference).



Figur 15: Temperaturdata fra test 2. Y-akse: Temperatur i °C. X-akse: Tid i minutter.

Grafen i Figur 15 viser, at vandtemperaturen inde i testobjektet blev opretholdt ved en relativt konstant værdi, men den var højere end under den foregående test – mellem 86,0°C og 87,9°C. Afbrydelserne i dataopsamlingen for at downloade data er årsagen til, at temperaturdataene indeholder lidt under 6000 datapunkter, hvilket svarer til de 100 timer, testen varede.

Ved afslutningen af testen blev det samlede energiforbrug, som blev logget af de to strømforbrugsmålere over de 100 timer, målt til henholdsvis 4,526 kWh og 4,600 kWh, hvilket giver et gennemsnit på 4,563 kWh. Dette svarer til et gennemsnitligt varmetab på 45,63 W. Tabellen nedenfor opsummerer resultaterne.

Isoleringstype	Energitilførsel efter 100 timer [kWh]	Gennemsnitligt varmetab i installationen [W]
Dan-isoFIT	4,563	45,63

Tabel 2: Samlet og gennemsnitligt energiforbrug under test 2.

Et termografi af installationen under forsøget blev taget efter cirka 99 timer (ca. en time før afslutning). De resulterende billeder vises nedenfor.



Figur 16: Termografi af testopstillingen samt tilsvarende billede i synligt lys.

De termiske billeder af testopstillingen viser ingen tydelige termiske broer ved grænsefladerne mellem de to isoleringskomponenter. Derudover havde isoleringens overfladetemperatur en temperatur meget lig omgivelsestemperaturen.

De højeste temperaturer blev målt øverst på installationen, hvor Dan-isoFIT-løsningen møder den øvre isoleringsskive – altså et område, der ikke ville være til stede i en reel installation med tilsluttede rør. Dette indikerer, at selvom Dan-isoFIT-løsningen tilbyder fremragende isolering, er korrekt tilpasning til de omkringliggende isoleringskomponenter en afgørende faktor for at opnå den mest effektive systemisolering.

7 Diskussion af resultater

Testene viser en markant reduktion i energiforbruget ved at udskifte isoleringen af installationen fra den traditionelle mineraluldsbaserede løsning til en Dan-isoFIT løsning. Det samlede forbrug og gennemsnitlige varmetab under eksperimenterne er opsummeret i tabellen nedenfor:

Konfiguration	Energitilførsel efter 100 timer [kWh]	Gennemsnitligt varmetab i installationen [W]
Isoleret med mineraluld	56,04	560,4
Isoleret med Dan-isoFIT	4,563	45,63

Tabel 3: Energitaab i snavssamler efter 100 timer, sammenligning mellem isoleringsløsninger.

Som resultaterne ovenfor viser, kan installation af en Dan-isoFIT-løsning reducere energitabet med 91,7 % sammenlignet med en uisoleret afleder. Besparelserne er illustreret grafisk i diagrammet nedenfor.

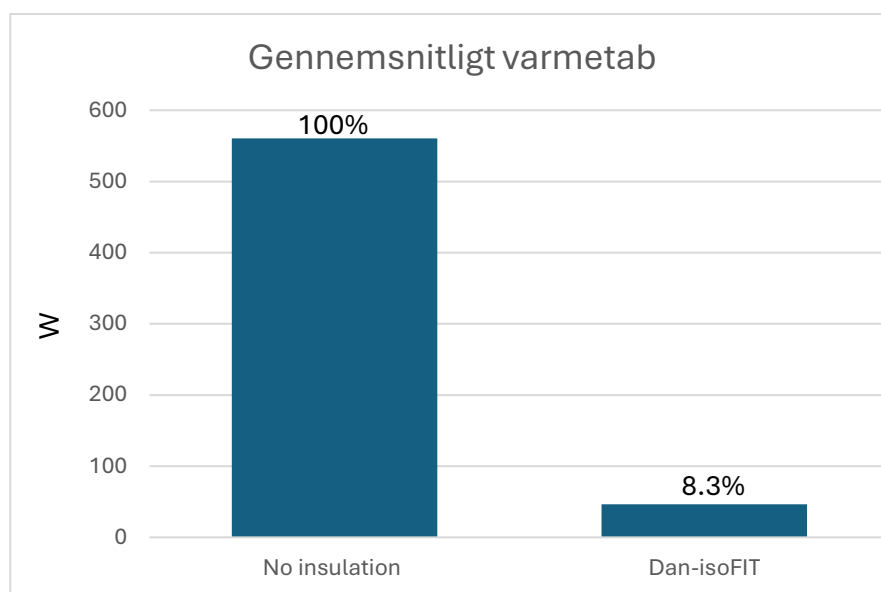


Figure 17: Gennemsnitligt varmetab, mineraluldisolering vs. Dan-isoFIT.

De betydelige besparelser, der blev målt af strømforbrugsmålerne, stemmer godt overens med den termografiske analyse af testobjektet under begge testforhold. De højere temperaturer, der blev observeret på overfladen af den uisoleret testopstilling, indikerer et betydeligt varmetab. Samtidig viste overfladen af Dan-isoFIT isoleringsløsningen temperaturer, der kun lå lidt over omgivelsestemperaturen.

7.1 Sammenligning med varmetabsestimater fra EN ISO 12241

Som nævnt i introduktionen, fastsætter EN ISO 12241 standarden et sæt beregningsregler for estimering af energitab i isolerede og uisolerede industrielle installationer. Versionen fra 2008 estimerer tab ved flangeforbindelser ved at konvertere hver flange til en ækvivalent længde af standardrør. For en uisoleret DN 200 flangeforbindelse, der opererer ved 100°C og er placeret i et rum ved 20°C, angiver standarden en ækvivalent længde mellem 5 og 11 m.

Varmetabet for DN 200 rørsektioner på 5 og 11 m kan estimeres ved hjælp af beregningsreglerne i samme standard. Dan-iso Online Beregningsværktøj er en implementering af disse regler. Billedet nedenfor viser et sæt input og resultater baseret på testbetingelserne.

Indtast data for din uisoleret rørinstallation.

Omgivelsestemperatur [°C]

Medietemperatur [°C]

Diameter på medierør [mm]

Total længde [m]

Overflade på medierør

Installations orientering

Installations placering

Vindhastighed [m/s]

Beregn varmetab

Her kan du se hvor meget varme din uisoleret installation taber.

Temperaturforskel [°C]

Varmetab per meter, uisoleret [W/m]

Varmetab i hele installationen, uisoleret [W]

Figur 18: Input og resultater fra Dan-iso Online Beregningsværktøj ved anvendelse af 5m .

Dan-iso-beregningsværktøjet viser varmetab på mellem 2798 W og 5156 W for henholdsvis 5 m og 11 m (intervallet af værdier angivet i standarden for en DN 200 uisoleret flangeforbindelse). Dette svarer til ca. 5 til 11 gange det faktiske gennemsnitlige varmetab, der blev målt under test 1.

Resultaterne indikerer, at de målte tab i installationen ligger langt tættere på en ækvivalent længde på 1 m end på 5 m eller 11 m, som standarden angiver. Denne afvigelse kan delvist skyldes, at standarden antager et tryktrin mellem PN 25 og PN 100, mens testinstallationen kun er klassificeret til PN 10. Flanger med højere tryktrin har større diameter og dermed en større overflade, hvorfra varmen kan afgives. Alligevel er forskellen mellem de eksperimentelle resultater og standardens estimer på mellem 500 % og 1100 %, hvilket udgør en meget betydelig overvurdering af tabene.

Standardens retningslinjer angiver også en ækvivalent rørledning for at estimere varmetabet for isolerede flangeforbindelser. I det aktuelle tilfælde ville standardens ækvivalente rørledning være 0,8 til 1,3 m.

Ved at bruge denne længde som input i Dan-iso-beregningsværktøjet estimeres varmetabet i den isolerede situation til mellem 392 W og 728 W. Disse værdier svarer til mellem 859 % og 1595 % af det varmetab, der blev målt under testen for den isolerede situation.

Forholdet mellem varmetabene for den isolerede og den uisolerede situation, som angivet i standarden, ligger mellem 75 % og 94 %. Dette stemmer godt overens med den reduktion i energiforbrug, der blev observeret under testene (91,7 %).

Det kan derfor konkluderes, at de værdier, som standarden angiver, ikke kan anvendes som pålidelige estimer for PN 10-forbindelser. Forholdet mellem varmetabene i isolerede og uisolerede tilfælde svarer dog til det, der er målt eksperimentelt ved brug af en Dan-isoFIT-løsning i den isolerede situation.

På trods af den store afvigelse viser testresultaterne, at der kan opnås betydelige energibesparelser ved korrekt isolering af ikke-standardiserede rørgemetrier – også selvom disse besparelser ikke er helt så store som angivet i standardens udgave fra 2008..

8 Reduktion af drivhusgasudledning

Energieffektivitet er en nøgelfaktor i reduktionen af drivhusgasudledninger og bekæmpelsen af klimaforandringer. En af metoderne til at opnå dette er ved at forbedre isoleringen af rør, der transporterer varme eller kolde væsker i industrielle og private installationer. Isolering reducerer varme- eller kuldetab, hvilket igen sænker energibehovet og de tilknyttede CO₂-udledninger.

Den præcise reduktion i drivhusgasudledninger, der kan opnås gennem isolering af et system, afhænger i høj grad af de energikilder, der anvendes til opvarmning eller afkøling af væsken.

Tabellen nedenfor viser de forventede reduktioner baseret på antagelsen om, at en stabil temperatur opretholdes i systemet ved hjælp af elektrisk opvarmning, under forhold svarende til testopstillingen. Tallene er baseret på nationale gennemsnitlige CO₂-udledninger pr. kWh produceret i henholdsvis Danmark og Tyskland.

Reference installation	Energibesparelser i installationen [W]	Energibesparelser per år [kWh]	Reduktion i emissioner, Danmark [CO ₂ -eq.] Ref. [5]	Reduktion i emissioner, Tyskland [CO ₂ -eq.] Ref. [6]
Uden isolering	514.0	4502.77	621.38 kg	1621.0 kg

Tabel 4: Eksempler på reduktion af drivhusgasudledning ved brug af Dan-isoFIT isoleringsløsning.

9 Konklusioner

Formålet med testene var at bestemme de potentielle energibesparelser, der kan opnås ved at isolere flangeforbindelser og andre ikke-standardiserede rørgeometrier. Derudover skulle testene fungere som referencepunkter for at vurdere nøjagtigheden af de varmetab, som den mest anvendte standard estimerer for denne type installation.

Testene viste, at isolering af en ikke-standardiseret rørgeometri – i dette tilfælde en snavsafleder – kan medføre en markant reduktion af energitabet. I det aktuelle tilfælde blev der under testene målt en reduktion af energitabet på 91,7 %.

Den ækvivalente længde angivet i EN ISO 12241:2008 resulterer i en betydelig overvurdering af energitabet for PN 10-flanger. Forholdet mellem energitabet i de uisolerede og isolerede tilfælde svarer dog til det, der blev målt under testene, som præsenteres i dette dokument.

På baggrund af disse resultater kan fordelene ved en Dan-isoFIT-isoleringsløsning sammenfattes som følger:

- **Energieffektivitet:** Anvendelse af Dan-isoFIT-løsninger forbedrer energieffektiviteten markant i industrielle miljøer.
- **Omkostningsreduktion:** Materialets lave varmeledningsevne og holdbarhed medfører reduceret energiforbrug. Den nemme installation og fjernelse af Dan-isoFIT-isoleringsløsninger gør vedligeholdelse lettere og kan dermed bidrage til lavere driftsomkostninger.
- **Miljøpåvirkning:** Ved at minimere energitab bidrager isoleringsløsninger i polyurethan til væsentlige reduktioner i CO₂-udledninger.

10 Kilder

1. *Thermal insulation for building equipment and industrial installations – Calculation rules (ISO 12241:2008)*
2. *Thermal insulation for building equipment and industrial installations – Calculation rules (ISO 12241:2022)*
3. *Thermal insulation for building equipment and industrial installations – Calculation rules (ISO 12241:1998)*
4. *EiiF White Paper 09/2024. The Overlooked Industry Decarbonization Champion: Technical Insulation. European Industrial Insulation Foundation*
5. *Danish Energy Agency - Key figures - Denmark - 2021*
(<https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/key-figures>)
Retrieved 20-12-2023
6. *Ember - Yearly Electricity Data (2023); Ember - European Electricity Review (2022); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023).*
7. *Dan-iso Online Calculation Tool. (<https://dan-iso.dk/en/calculation-tool/>)*