



PLANOWANIE LOKALNEGO
SYSTEMU CIEPŁOWNICZEGO

WHITEPAPER



LINEAR

THE BIM ENGINEERING SOFTWARE



REHAU

Water
Technologies



MIEJSKIE LOKALNE SIECI CIEPŁOWNICZE W CELU DEKARBONIZACJI DOSTAW CIEPŁA



Autor

Olaf Kruse
Senior
Product Engineer &
Project Manager
Local Heating
REHAU Industries
SE & Co. KG, Erlangen

Miejskie (lokalne) sieci ciepłownicze odgrywają kluczową rolę w docelowym scenariuszu dekarbonizacji dostaw ciepła. Ciepło z różnych dostępnych regionalnie odnawialnych źródeł energii może być w wielu przypadkach dostarczone w bardziej opłacalny sposób za pomocą sieci ciepłowniczych - w przeciwieństwie do indywidualnego zaopatrzenia budynków. Miejskie planowanie zaopatrzenia w ciepło jest głównym instrumentem służącym do określania konkretnego potencjału obszarów przydatności sieci ciepłowniczych na poziomie miast i gmin.

Dekarbonizacja dostaw energii ciepłej

W porównaniu z dostawami energii elektrycznej, istnieje znacznie większa presja na działania w sektorze grzewczym, ponieważ obecnie ponad 80% dostaw energii ciepłej w Niemczech nadal opiera się na paliwach kopalnych (1). Skupiamy się tutaj na istniejących budynkach. Miejskie planowanie zaopatrzenia w ciepło („Kommunale Wärmeplanung“ KWP) jest głównym instrumentem służącym do identyfikacji lokalnie dostępnych odnawialnych źródeł energii (OZE) do ewentualnego (scentralizowanego) wykorzystania oraz do opracowania strategii transformacji cieplnej z określonym katalogiem środków. W wyniku KWP można zlokalizować obszary przydatności sieci

ciepłowniczej, a także obszary, dla których sensowne jest indywidualne zaopatrzenie budynków w energię odnawialną. Ustawa federalna w sprawie KWP obowiązuje od stycznia 2024 r. Gminne plany ogrzewania mają być dostępne dla wszystkich gmin w Niemczech do połowy 2028 r., a do połowy 2026 r. dla gmin liczących ponad 100 000 mieszkańców (2). Przykład Nadrenii Północnej-Westfalii: W tym przypadku wdrożenie jest wspierane przez ustawę krajową przyjętą pod koniec 2024 r., która jest wspierana przez szeroką bazę polityczną. W porównaniu ze wszystkimi innymi krajami związkowymi odsetek gmin, które rozpoczęły proces kogeneracji, jest najwyższy i wynosi ponad 70% (3).

Dobre powody przemawiające za sieciami ciepłowniczymi

Pompy ciepła będą w przyszłości dominującym systemem ogrzewania budynków indywidualnych. W gęsto zabudowanych obszarach, połączone rozwiązania wykorzystujące sieci ciepłownicze często oferują korzyści. Odnawialne źródła energii, takie jak ciepło rzeczne lub nieuniknione ciepło odpadowe z handlu i przemysłu, a także energia słoneczna, mogą być wykorzystywane w sposób ekonomiczny. W przyszłości głównymi generatorami ciepła będą duże pompy ciepła (Rysunek 1). Ponadto wykorzystanie biomasy (stałej) oferuje potencjał regionalny.

Programy finansowania budowy i rozbudowy sieci ciepłowniczych

Budowa i rozbudowa infrastruktury sieci ciepłowniczych wiąże się z wysokimi nakładami inwestycyjnymi. Na szczeblu federalnym istnieją trzy odpowiednie programy wsparcia finansowego.

a) KWKG

("Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz")

Ustawa o skojarzonym wytwarzaniu ciepła i energii elektrycznej

b) BEW

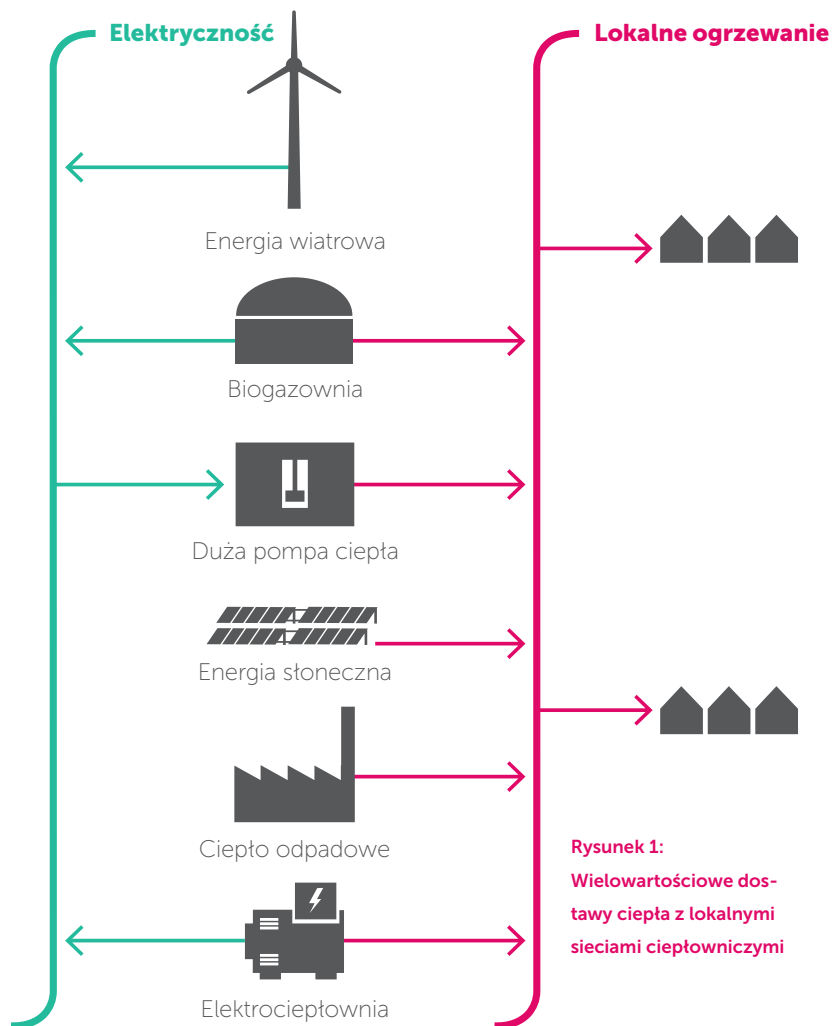
("Bundesförderung effiziente Wärmenetze")

Federalna dotacja na wydajne sieci grzewcze

c) BEG

("Bundesförderung für effiziente Gebäude")

Federalna dotacja na efektywne budynki

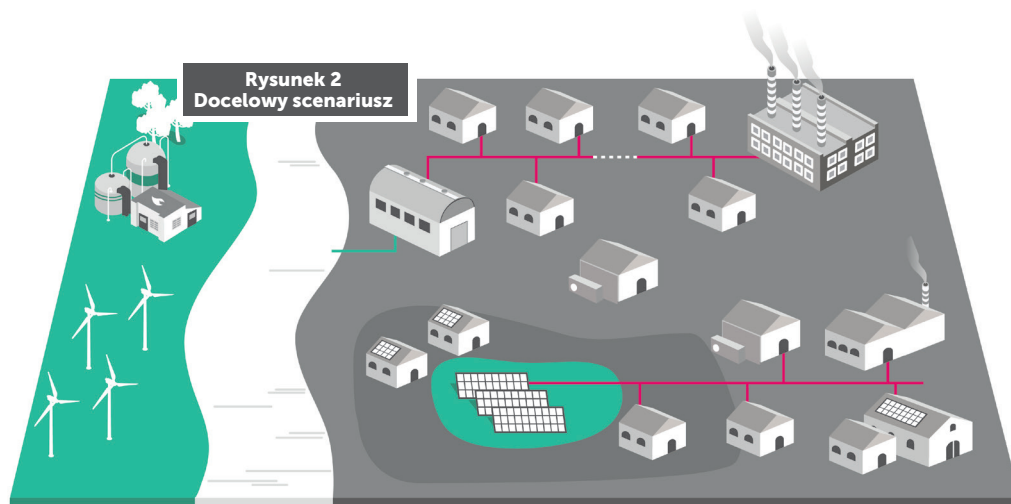


Rysunek 1:
Wielowartościowe dostawy ciepła z lokalnymi sieciami ciepłowniczymi

Niezawodne warunki ramowe są niezbędne do osiągnięcia tego celu. Obejmuje to w szczególności wystarczające finansowanie federalnego subsydiowania wydajnych sieci grzewczych („Bundesförderung effiziente Wärmenetze” BEW), które jest niezależne od budżetu federalnego. Istnieje potrzeba działania ze strony polityków w nowym okresie legislacyjnym.

Nadejdzie fala ekspansji

Na podstawie KWP można oczekiwać, że w wielu miastach i gminach zostaną zbudowane nowe sieci ciepłownicze lub istniejące sieci zostaną rozbudowane. Wstępne plany ogrzewania ukończone już w 2024 r. wskazują na ten potencjał. Weźmy na przykład Eschwege w północnej Hesji: wyniki kogeneracji są dostępne dla małego miasta liczącego około 20 000 mieszkańców w powiecie Werra-Meißner od kwietnia 2024 r. (4). Zgodnie z docelowym scenariuszem dostaw ciepła w



Rysunek 2:
Docelowy scenariusz planowania ciepła w Eschwege z centralną pompą ciepła do wody rzecznej (Źródło: Stadtwerke Eschwege GmbH (kolory dostosowane ze względów redakcyjnych))

Rysunek 3:
Samokompensacja dla PMR, tj. nie są wymagane żadne środki, takie jak łuki rozporowe/podkładki (źródło: REHAU)

Rysunek 4:
Połączenie z domem PMR: maksymalna elastyczność, np. podczas niwelowania poziomego przesunięcia między trójnikiem a wejściem do domu bez żadnych elementów formowanych (Źródło: REHAU)

Rysunek 5:
Pojedyncze rury ostonowe KMR. Zastosowanie kształtek o łącznej liczbie spoin 2 x 4 w celu zniwelowania przesunięcia pionowego (Źródło: REHAU)

Rysunek 6:
Podwójny kabel PMR z odgałęzieniem T z prostą technologią łączenia za pomocą zaprasowywania zamiast spawania, z wysokim poziomem bezpieczeństwa dzięki kontroli wizualnej (źródło: REHAU)

2045 r., 38% zapotrzebowania miasta na ciepło mogłoby zostać pokryte przez nową sieć ciepłowniczą, która zasadniczo byłaby zasilana przez dużą pompę ciepła z zielonym ciepłem (Rys. 2). 50% byłoby następnie dostarczane decentralnie przez pompy ciepła powietrze-woda, 2% przez pompy ciepła solanka-woda, a pozostała część przez kotły na pelety drzewne w połączeniu z energią słoneczną. Dla porównania: W oparciu o istniejącą strukturę sieci gazowej, około 80% końcowego zapotrzebowania na energię w Eschwege jest nadal pokrywane przez paliwa kopalne oparte na gazie ziemnym. Według KWP, ekonomicznie konkurencyjne koszty produkcji ciepła dla obszarów rozbudowy sieci ciepłowniczej wynoszą od 140 do 149 EUR/MWh (netto z dotacją). Biorąc pod uwagę dotację BEG, koszty zdecentralizowanego zaopatrzenia małych budynków indywidualnych o mocy grzewczej 10 kW mieszczą się w przedziale od 210 do 250 EUR/MWh (netto z dotacją). Przykład Eschwege w imponujący sposób pokazuje zatem techniczny i ekonomiczny potencjał rozbudowy miejskich lokalnych sieci ciepłowniczych.

Wyzwania i odpowiedzialność

Transformacja zaopatrzenia w ciepło w kierunku neutralności klimatycznej jest zadaniem na pokolenia. Odpowiedzialność za wdrożenie spoczywa na miastach i gminach, w oparciu o ustawę o planowaniu zaopatrzenia w ciepło. Sukces zależy między innymi od zapewnienia wystarczających zasobów i zaangażowania ludności poprzez dobrą komunikację, public relations i przejrzystość. Bez akceptacji nie będzie udanego wdrożenia. W odniesieniu do

budowy lokalnych sieci ciepłowniczych, odpowiedzialne są lokalne zakłady komunalne, a także inni dostawcy energii i wykonawcy. To właśnie tutaj leży lub musi być dalej rozwijana wiedza specjalistyczna. Ponadto do budowy i rozbudowy infrastruktury ciepłowniczej wymagana jest duża wiedza inżynierska w zakresie planowania, a także zdolności w zakresie inżynierii lądowej i budowy rurociągów. Przeszkodą jest wszechobecny niedobór wykwalifikowanej siły roboczej, zarówno na poziomie gminnym, jak i w zakładach komunalnych i u dostawców usług inżynierskich. Środki, które mogą pomóc uprościć lub przyspieszyć ten proces, są szeroko poszukiwane.

Możliwości przyspieszonej rozbudowy sieci

Nie ma alternatywy dla budowy i rozbudowy sieci ciepłowniczych z rur z płaszczem z tworzywa sztucznego ("Kunststoffmantelrohrleitungen" KMR), tj. ze sztywnymi stalowymi rurami medialnymi, dla dużych linii transportowych i głównych linii dystrybucyjnych ze względu na wymaganą zdolność transportową (przekroje rur) oraz czasami wysokie wymagania dotyczące temperatury i ciśnienia w sieciach zasilających. Poza tym jednak, tam gdzie pozwalają na to wymagania techniczne, wymagana jest otwartość na nowe lub alternatywne rozwiązania techniczne.

W przypadku wdrożeń operacyjnych, absolutną korzyścią jest możliwość włączenia dodatkowych (nowych) przepustowości w oparciu o elastyczne systemy rur polimerowych ("polymerer Rohrsysteme" PMR). Dotyczy to na przykład firm inżynierskich nieposiadających spec-

Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5



jalistycznej wiedzy na temat budowy KMR (np. wymaganej wiedzy specjalistycznej i certyfikatów w zakresie spawania stali) lub pracowników zakładów komunalnych. Zalety PMR zaczynają się od procesu planowania, który jest prostszy i szybszy. Dzięki samokompensującemu się charakterowi rurociągów nie jest wymagana statyka rur ani kolana kompensacyjne (Rys. 3). Elastyczność rur z tworzyw sztucznych dostępnych w postaci wiązek pierścieniowych może być wykorzystana w korzystny sposób podczas trasowania, np. podczas omijania przeszkód, takich jak rury kanalizacyjne lub studzienki (Rys. 4). Z drugiej strony, w przypadku sztywnych rur stalowych wymagane są specjalnie wyprodukowane kształtki, np. w przypadku pionowego przesunięcia na trasie, co stanowi czynnik kosztotwórczy (Rys. 5).

W PMR podwójna rura jest powszechnie stosowana do wymiaru d63/202 (specyfikacja ze wzmocnioną izolacją) jako elastyczny system o standardowej długości zwoju pierścienia do 75 metrów. Rury podwójne są preferowane zwłaszcza podczas pracy w sieci ze względu na średnio o ok. 1/3 niższe straty ciepła w porównaniu z rurami pojedynczymi. Systemy jednorurowe generalnie dominują w KMR. Budowa systemów dwururowych jest bardzo trudna pod względem konstrukcyjnym, między innymi w odniesieniu do produkcji szwów spawalniczych na połączeniach. I odwrotnie: jeśli istnieje możliwość zmiany technologii z pojedynczych rur KMR na podwójne rury PMR, przewaga kosztowa jest również potężona z przewagą wydajności ze względu na zmniejszenie strat ciepła. Dokonując porównania, należy zauważyć, że przewaga kosztowa rur PMR nad KMR nie wynika (przede wszystkim) z domniemanej oszczędności kosztów materiałowych. Redukcja kosztów

wynika raczej z ogólnego uwzględnienia i włączenia różnej liczby komponentów oraz wysiłku związanego z niezbędnymi etapami przetwarzania, a w szczególności z dodatkowych oszczędności w zakresie inżynierii lądowej i wodnej.

Technologia połączeń stosowana w PMR, system wciskania tulei przesuwanych, jest łatwa w obróbce, niezwykle wytrzymała, a przede wszystkim bezpieczna (Rys. 6). Podsumowując, sieć (sekcja) PMR może być zrealizowana znacznie szybciej. **Wniosek pośredni:** Jeśli jest to odpowiednie z technicznego punktu widzenia i przynosi zauważalne korzyści ekonomiczne, systemy PMR i kombinacja KMR + PMR powinny być konsekwentnie stosowane w przyszłości, tj. należy wykorzystywać to, co najlepsze z obu światów. W odniesieniu do konkretnych projektów należy dokonać podstawowego rozróżnienia między trzema kategoriami:

a) Odizolowane sieci

Pierwsze ukończone miejskie plany ciepłownicze pokazują, że zdecentralizowane obszary przydatności sieci ciepłowniczych (dzielnice) są również identyfikowane z dala od większych miej-

Rys. 6



Rysunek 7: Uproszczony schemat sieci pierwotnej/wtórnej z przykładowymi parametrami dla dostaw ciepła w istniejących budynkach

Pozycjonowanie | Podstawy | Zalety
Czym jest sieć drugorzędna?

Olaf Kruse | REHAU Industries SE & Co. KG | 13.02.2025

... hydrauliczne odspężanie sieci PMR, na przykład za pomocą wymiennika ciepła ... jeśli sieć pierwotna charakteryzuje się wysokimi ciśnieniami/temperaturami i nie pozwala na użycie PMR w sieci pierwotnej.



Rys. 7



Rys. 8

skich (częściowych) sieci, gdzie elastyczne systemy rur polimerowych mogą być stosowane ze względu na rozmiar i całkowitą moc cieplną (oraz wymagane przekroje rur wynikające z tego), a także maksymalne wymagania dotyczące temperatury i ciśnienia. Systemy rur polimerowych są już powszechnie i z powodzeniem instalowane w nowo budowanych dzielnicach i dowiodły swojej wartości w praktyce poprzez oszczędność kosztów i znacznie krótszy czas budowy (5, 6).

b) Sieci wtórne

Odsprężenie hydrauliczne umożliwia obniżenie temperatur i poziomów ciśnienia w sieci, co jest warunkiem wstępnym zmiany materiału z KMR na PMR w sieci wtórnej (Rys. 7).

Szczególnie tam, gdzie sieci ciepłownicze już istnieją i są rozbudowywane, sieci wtórne PMR oferują znaczny potencjał redukcji kosztów i przyspieszenia wdrożenia.

c) Sieci hybrydowe

Jeśli wymagania techniczne dla całej rozważanej sieci są spełnione w odniesieniu do maksymalnej temperatury roboczej i poziomu ciśnienia, można utworzyć sieć hybrydową. Projekt komponentu PMR nie jest ograniczony do linii przyłączeniowych domu, ale zazwyczaj obejmuje podroz-

dzielnice, np. na poszczególnych odcinkach dróg. To, który maksymalny wymiar jest ekonomicznie korzystny dla PMR w porównaniu z KMR, zależy od wielu warunków brzegowych. W indywidualnych przypadkach duże wymiary rur PMR są również preferowane, jeśli trasa ma na przykład dłuższe odcinki z wieloma zmianami kierunku i ewentualnie skokami pionowymi, co wymagałoby dużej liczby kształtek i elementów montażowych w przypadku KMR. Przejście z KMR na PMR można zrealizować na przykład za pomocą równoległego odgałęzienia przy użyciu uniwersalnie spawalnych kształtek przejściowych, które są dociskane z jednej strony do rur polimerowych.

Praktyczne przykłady sieci hybrydowych i wtórnych

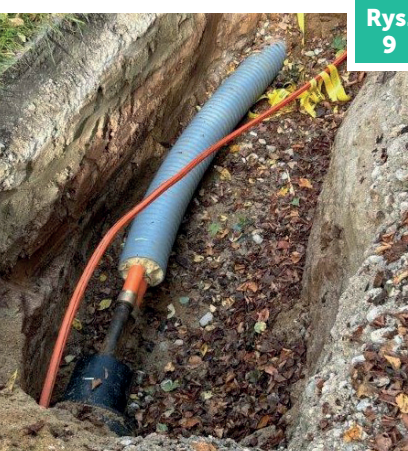
Sieci hybrydowe i wtórne nie są nowym wynalazkiem. Istnieje już wiele pomyślnie wdrożonych projektów, które mogą stanowić przykład na przyszłość. SOLARCOMPLEX AG, na przykład, ma dobre doświadczenia z kilkoma sieciami hybrydowymi, które zostały zaplanowane i zbudowane w regionie Jeziora Bodeńskiego i w południowym Schwarzwaldzie w ciągu ostatnich 10 lat. Inne projekty, w których zastosowano system rur polimerowych RAUTHERMEX firmy REHAU w połączeniu z KMR, obejmują

Rysunek 8:
Główna droga KMR w Adelsdorf (źródło: REHAU)

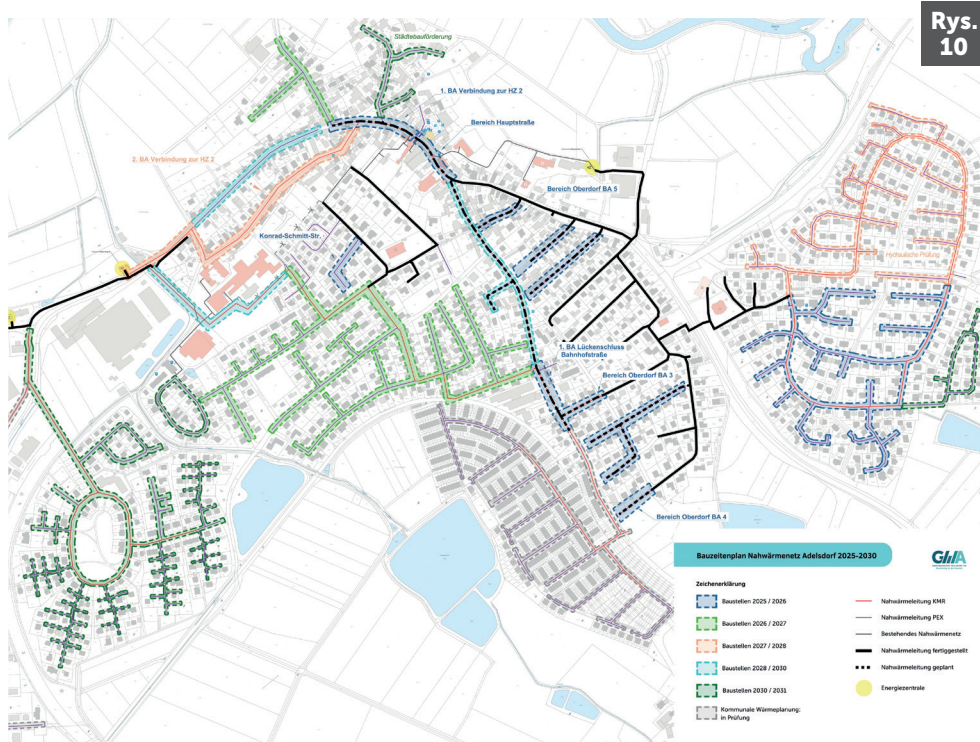
Rysunek 9:
Przejście z KMR na PMR w Adelsdorfie (Źródło: Zakłady komunalne w Adelsdorf)

Rysunek 10:
Harmonogram budowy lokalnej sieci ciepłowniczej w Adelsdorfie w latach 2025-2030 (Źródło: Zakłady komunalne Adelsdorf)

Rysunek 11:
Sieć wtórna B-Plan 39 firmy SWS Energie w Stralsundzie (źródło: REHAU)



Rys. 9



Rys. 10



Rys. 11

projekty w Sebnitz koło Drezna i Herbrechtingen/Baden-Württemberg.

W Adelsdorf, gminie liczącej około 9 500 mieszkańców, położonej 40 kilometrów na północny zachód od Norymbergi, z wielkim zaangażowaniem dąży się do ochrony klimatu poprzez tworzenie i rozbudowę sieci hybrydowej (**Rys. 8 i 9**). Pierwsze doświadczenia z dostawami ciepła podłączonymi do sieci zostały zdobyte już w 2007 roku przy budowie i eksploatacji wyspowej sieci ciepłowniczej. Niezbędne utworzenie struktur miejskich nastąpiło w 2022 r. wraz z założeniem Gemeindegewerke Adelsdorf. Obecnie istnieje jasna mapa drogowa zastąpienia zdecentralizowanych indywidualnych systemów grzewczych zasilanych paliwami kopalnymi dostarczaniem zielonego ciepła (**Rys. 10**). Dla przedsiębiorstw mieszkaniowych i właścicieli budynków oznacza to bezpieczeństwo w odniesieniu do spełnienia wymogów prawnych zgodnie z ustawą o energii w budynkach. Adelsdorf jest przykładem tego, w jaki sposób można wdrożyć niezbędną dekarbonizację dostaw ciepła w małych i średnich gminach.

Na zachodnim skraju Stralsundu w Meklemburgii-Pomorzu Przednim powstaje obszar inwestycyjny B-Plan 39, obejmujący łącznie 11 bloków mieszkalnych i 94 domy jednorodzinne. SWS realizuje w Stralsundzie jasną strategię polegającą na przekształceniu istniejącej infrastruktury sieci ciepłowniczej poprzez sukcesywną integrację dodatkowych odnawialnych źródeł ciepła i rozbudowę sieci w celu zastąpienia zdecentralizowanych kopalnych generatorów ciepła. SWS po raz pierwszy wykorzystuje

tworzywa sztuczne w B-Plan 39 i polega na doświadczeniu REHAU oraz certyfikowanym systemie RAUTHERMEX PMR (**Rys. 11**). Budowa sieci rozpoczęta się wiosną 2023 r., a pierwsze budynki są zasilane od końca 2024 r. Sieć wtórna jest zasilana z sąsiedniej sieci ciepłowniczej KMR.

Wnioski i perspektywy

Przyspieszona rozbudowa infrastruktury sieci ciepłowniczej wymaga wdrożenia dodatkowych zdolności - zwłaszcza w zakresie specjalistycznego planowania i realizacji budowy. Dla firm inżynierskich, które obecnie (ponownie) rozpoczynają działalność w tym segmencie, perspektywy biznesowe są niezwykle pozytywne. Dla firm zajmujących się inżynierią lądową i budową rurociągów, szkolenia w zakresie przetwarzania systemów rur polimerowych stają się coraz ważniejsze. Jest to napędzane przez klientów, np. zakłady komunalne, którzy coraz częściej dostrzegają potencjał PMR. Elastyczne systemy rur polimerowych mogą w znacznym stopniu przyczynić się do przyspieszenia dekarbonizacji dostaw ciepła poza izolowanymi sieciami, gdy są stosowane w sieciach wtórnych i hybrydowych. Doświadczenie pokazuje, że dzięki zmianie materiału lub połączeniu KMR + PMR można zaoszczędzić do ok. 1/3 kosztów inwestycji w stosunku do części PMR, a czas budowy można znacznie skrócić. Warunkiem trwałego sukcesu w integracji PMR, nawet w większych sieciach, jest zgodność z gwarantowanymi właściwościami oraz skupienie się na trwałości i zapewnieniu jakości całego systemu składającego się z rurociągów, technologii łączenia rur i rękawów do izolacji dodatkowej.

Źródła:

1. Federalna Agencja

Środowiska:

<https://bit.ly/41ymUo8>

2. Federalne Ministerstwo

Mieszkalnictwa, Rozwoju

Miast i Budownictwa:

<https://bit.ly/43ewgXE>

3. Centrum kompetencji

w zakresie transformacji

ogrzewania miejskiego:

<https://bit.ly/4i9Moyh>

4. Raport końcowy Centrum

Kompetencji ds. Transfor-

macji Ogrzewania Miejskiego:

Planowanie ogrzewania miej-

skiego Eschwege 2024 Q1

<https://bit.ly/3Xlaspj>

5. Kruse, O.:

Lokalne i lokalne dostawy

ciepła dla dzielnic w małych i

średnich miastach.

EuroHeat&Power, 50. Jg.

(2021), Wydział 6

6. Kruse, O.:

Grünheide - dzielnica w

Bielefeld na drodze do

neutralności klimatycznej.

EuroHeat&Power, 51. Jg.

(2022), Wydział 6



RÓŻOWE PERSPEKTYWY

DLA PLANOWANIA SIECI CIEPŁOWNICZYCH PRZYSZŁOŚCI



Autor

Olaf Kruse

Senior
Product Engineer &
Project Manager
Local Heating
REHAU Industries
SE & Co. KG, Erlangen

Rzut oka na już gotowe komunalne plany ciepłownicze miast i gmin pokazuje, że w najbliższych latach powstanie wiele nowych, różnorodnych sieci ciepłowniczych (lokalnych), aby zdekarbonizować zaopatrzenie w ciepło w Niemczech za pomocą ekonomicznych rozwiązań. Planowanie tych sieci stanowi zarówno szansę, jak i wyzwanie, zwłaszcza dla biur inżynierskich. Potrzebne są odpowiednie narzędzia planistyczne, aby profesjonalnie, z dużą precyzją, a jednocześnie z niezbędną elastycznością, z powodzeniem realizować złożone zadania.

Aktualne informacje na temat stanu miejskiego planowania zaopatrzenia w ciepło w Niemczech

Prawie połowa wszystkich władz lokalnych w Niemczech jest już zaangażowana lub jest w trakcie opracowywania miejskiego

planu zaopatrzenia w ciepło (KWP). Istnieje wyraźna dysproporcja między dużymi miastami (gminami liczącymi ponad 100 000 mieszkańców) a średnimi i przede wszystkim małymi gminami (**Wykres 1**).

Po sfinalizowaniu i opublikowaniu lub zatwierdzeniu planu ciepłowniczego przez radę miasta lub gminy, rozpoczynają się faktyczne prace związane z konkretnym wdrożeniem zidentyfikowanych środków. Oznacza to, że po opracowaniu miejskiego planu ciepłowniczego rozpoczyna się projektowanie sieci ciepłowniczych i ich realizacja. Obszary sieci ciepłowniczej (priorytetowe) są identyfikowane w planach ciepłowniczych. Mogą to być duże lokalne lub miejskie (pod)sieci lub mniejsze klastry na poziomie dzielnicy.

Faktem jest, że istnieje wiele nowych sieci ciepłowniczych i będzie ich jeszcze

więcej. Rodzi to pytanie: kto zaprojektuje te sieci? Jakie są konkretne wyzwania? Czy dostępne są odpowiednie narzędzia projektowe?

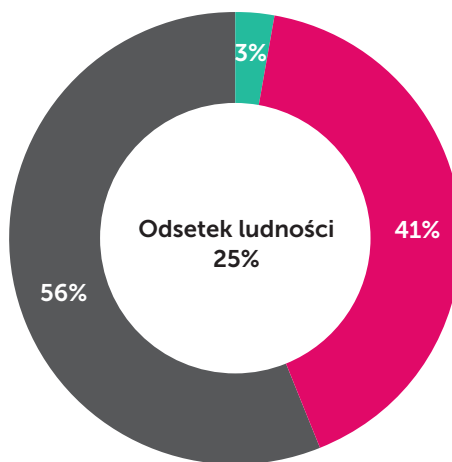
Przyjrzyjmy się, co to właściwie oznacza. W ramach KWP zwykle sporządzana jest wstępna, zwykle jeszcze bardzo zgrubna, koncepcja sieci, w tym orientacyjne obliczenia sieci w oparciu o określone wymagania dotyczące ogrzewania i uwzględniające rozwój popytu w związku z ewentualną renowacją budynków. Koncepcje dostaw uwzględniają regionalnie opłacalne ekonomicznie odnawialne źródła energii, w tym potencjał nieuniknionego ciepła odpadowego. Uzyskane wyniki stanowią zasadniczo podstawę dla kolejnych projektów sieci⁽³⁾. Kolejne kroki są następujące: Przygotowanie studium wykonalności, np. dotowanego przez Federalny Fundusz Efektywnych Sieci Ciepłowniczych (BEW), z fazami obsługi 1-4 zgodnie z HOAI (= moduł 1 BEW)⁽⁴⁾. Prace te są prowadzone przez biura inżynierskie i projektowe, inżynierów zakładów komunalnych i wykonawców oraz są szeroko wspierane przez producentów systemów, takich jak REHAU⁽⁵⁾. W trakcie tych prac sieć ciepłownicza nabiera coraz większego kształtu, konkretne wyzwania i możliwa złożoność stają się wyraźnie widoczne. Wyniki badania stanowią następnie podstawę do podejmowania decyzji, tak aby - jeśli wyniki są pozytywne i decyzja zostanie podjęta przez osoby odpowiedzialne - można było rozpocząć wdrażanie. W oparciu o obecny system finansowania BEW, oznacza to złożenie wniosku o Moduł 2 i rozpoczęcie projektu budowlanego (faza serwisowa 5).

Konkretne wyzwania w projektowaniu sieci ciepłowniczych

(Wstępne) oszacowanie kosztów jest już wymagane jako część procesu opracowywania koncepcji. Wiąże się to z oceną czynników mających znaczący wpływ na koszty. Koncentrując się na materiale i przetwarzaniu, pojawia się pytanie, czy i w jakim stopniu można zastosować systemy rur z płaszczem z tworzywa sztucznego (KMR) ze stalowymi rurami przewodowymi lub systemy rur polimerowych (PMR) z rurami przewodowymi PE-Xa, ewentual-

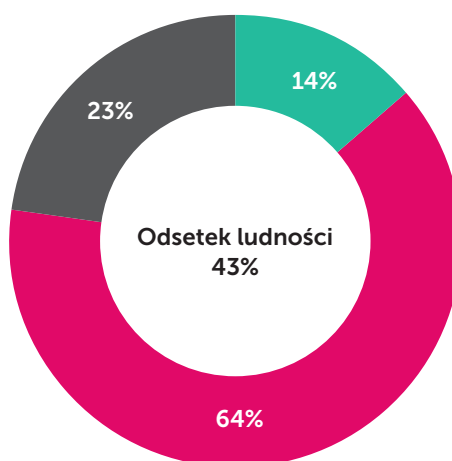
■ zakończony
■ w trakcie procesu
■ Stan niezany

Wykres 1: Stan miejskiego planowania zaopatrzenia w ciepło w małych, średnich i dużych gminach w Niemczech⁽²⁾



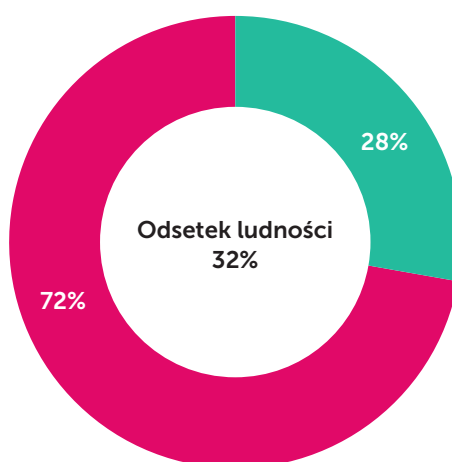
Małe gminy
(poniżej 10 000 mieszkańców)

obejmuje 9.149 gminy



Średniej wielkości gminy
(od 10 000 do 100 000 mieszkańców)

obejmuje 1.543 gminy



Duże gminy
(ponad 100.000 mieszkańców)

obejmuje 83 gminy

Łącznie 10 755 gmin. Status terytorialny na dzień 31.12.2023 r. zgodnie z listą gmin Federalnego Urzędu Statystycznego. Wyłączono obszary niezamieszkałe. Stan na czerwiec 2025 r. Grafika: dena/KWW - Źródło: KWW (2025) - (Kolor grafiki został dostosowany ze względów redakcyjnych).

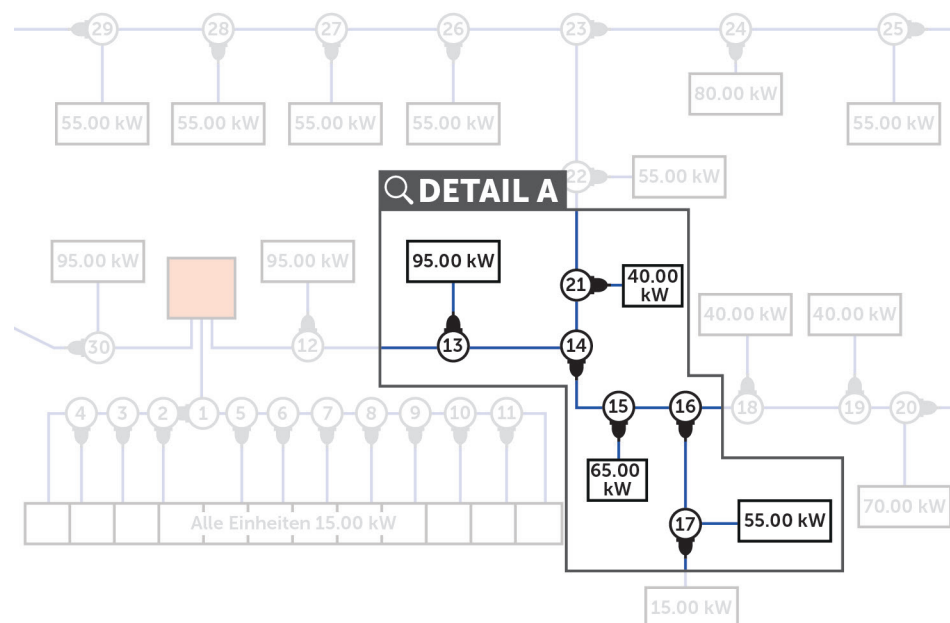


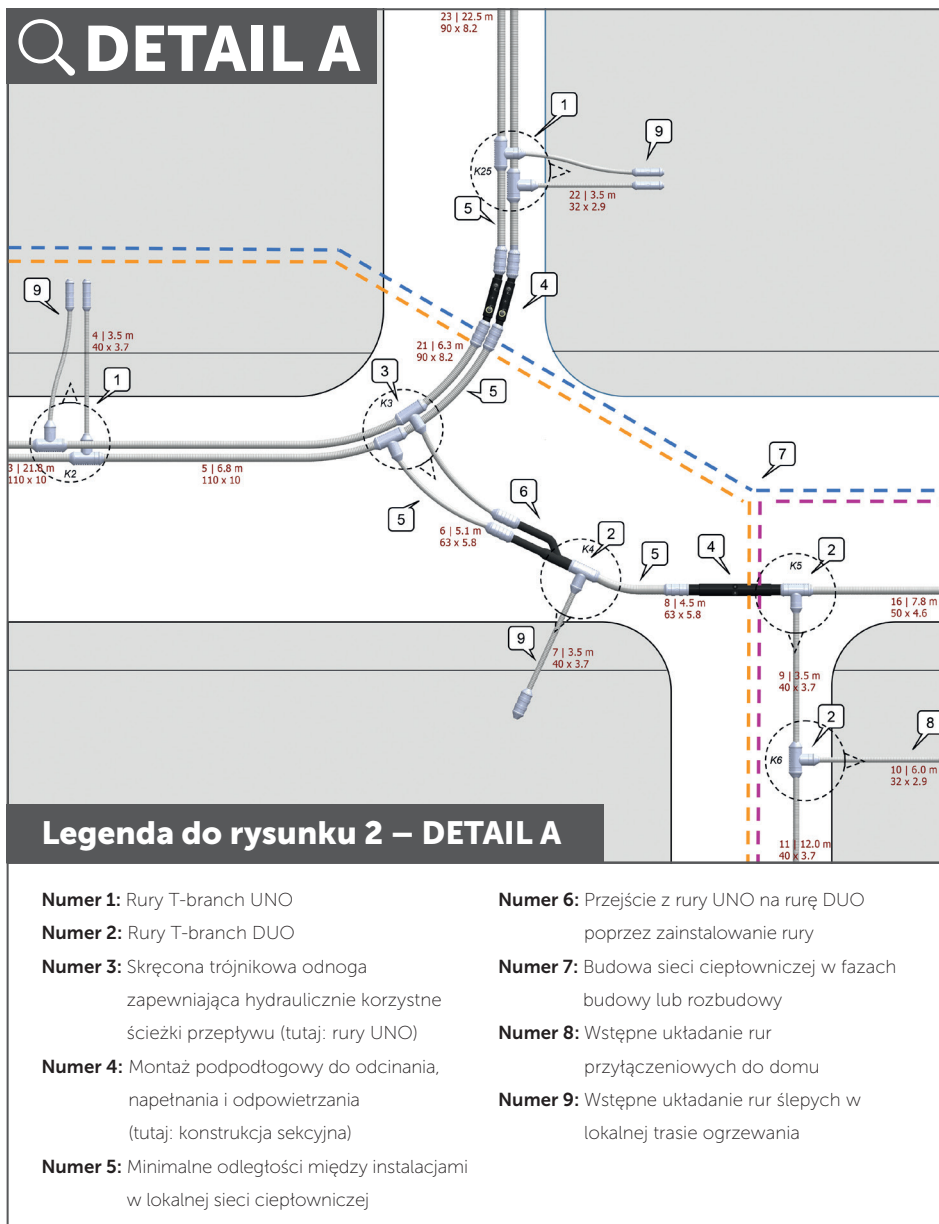
nie również w połączeniu. Faktem jest, że wykorzystanie PMR staje się coraz bardziej interesujące dla wielu zakładów komunalnych jako budowniczych nowych sieci, ponieważ te rozwiązania systemowe są szybkie i łatwe w planowaniu i instalacji, przy znacznym potencjale oszczędności kosztów nawet o jedną trzecią⁽⁶⁾. Oczywiście jest również, że złożoność projektów znacznie wzrasta. Jednym z przykładów jest rozważenie lub integracja kilku systemów zaopatrzenia w ciepło opartych na lokalnych źródłach energii odnawialnej zidentyfikowanych w ramach KWP. Ponadto, aby zapewnić zrównoważony rozwój, należy wziąć pod uwagę plany rozbudowy i późniejszą integrację ekologicznych elektrociepłowni. Oraz: rozwój i projektowanie projektów staje się coraz bardziej dynamiczne. Elastyczność jest zatem wymagana, aby móc reagować w ukierunkowany sposób na częste krótkoterminowe zmiany warunków brzegowych w procesie planowania. Jednym z przykładów jest wybór lokalizacji źródeł ciepła. Jeśli lokalizacje zostaną zmienione podczas procesu projektowania, zwykle oznacza to całkowite przeliczenie hydrauliki sieci z odpowiednim wpływem na koszty. Często niedoceniany aspekt: zabezpieczenie ram budżetowych poprzez precyzję, szczegółowość i przejrzystość projektu.

Wiąże się to z wykonalnością budowy sieci poprzez integrację bibliotek komponentów w celu uniknięcia problemów podczas późniejszego wdrażania. Elastyczność PMR może wnieść tu znaczący wkład w odniesieniu do projektowania i budowy nowych sieci dla istniejących budynków. Na przykład w przypadku nieprzewidzianych sytuacji związanych z budową podziemną, można szybko znaleźć rozwiązanie i uniknąć wzrostu kosztów lub przynajmniej ograniczyć je do absolutnego minimum.

Rysunek 1. przedstawia przykładowy projekt sieci ciepłowniczej z uproszczoną reprezentacją sytuacji rozgałęzienia, która jest obecnie bardzo powszechna. Poziom szczegółowości jest ograniczony do podstawowej trasy z odgałęzieniami (węzłami) i przyłączami domowymi. Pod względem wykonalności projekt ten jest jednak nadal niewystarczający. Dla zaznaczonej sekcji sieci "Detail A", **Rysunek 2** pokazuje, jak, biorąc pod uwagę zastosowanie PMR z odpowiednimi komponentami (w tym przejście z dwóch pojedynczych rur do podwójnej rury za pomocą tak zwanej rury Y), może wyglądać gotowa do wdrożenia reprezentacja. Wydajne oprogramowanie projektowe powinno w przyszłości zbliżyć się jak najbardziej do tego po-

Rysunek 1:
Przekrój sieci ciepłowniczej
- proste przedstawienie
korytarzy lub rur z węzłami
i przyłączami domowymi
(źródło: REHAU)



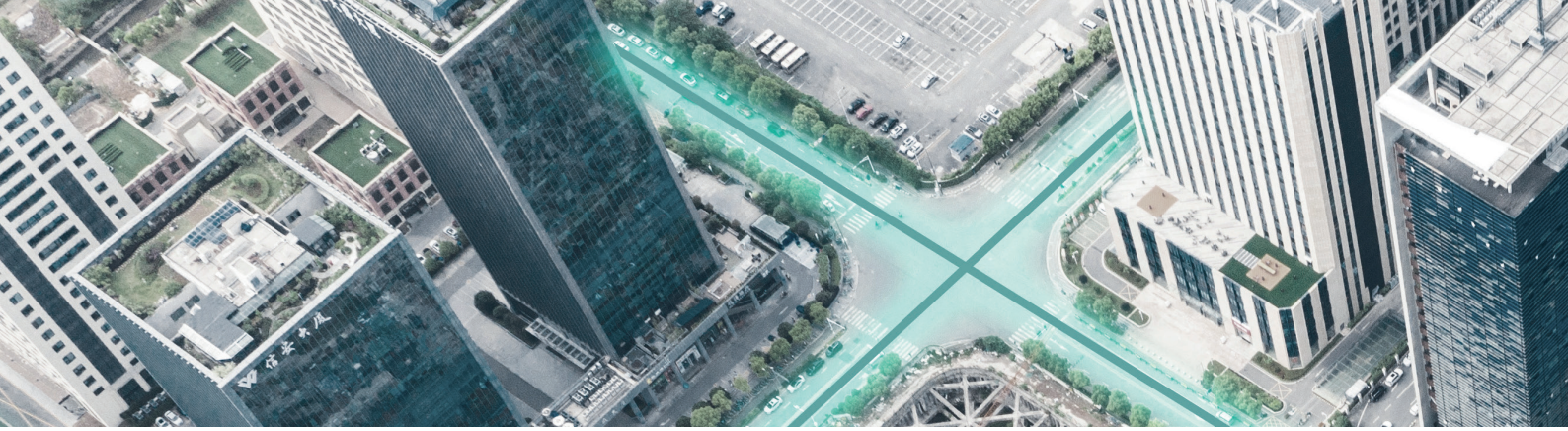


Rysunek 2:
Szczegóły sieci ciepłowniczej ilustrujące wysoki poziom szczegółowości w odniesieniu do projektu z określonymi stopniami swobody i komponentami. (Źródło: REHAU)

ziomu szczegółowości. Oczywiście nacisk kładziony jest również na precyzyjną hydraulikę sieci. Maksymalna wydajność jest "koniecznością", należy unikać przewymiarowania i niepotrzebnych ("ukrytych") rezerw, aby zapewnić ekonomiczną pracę sieci w dłuższej perspektywie. Obejmuje to między innymi obliczanie współczynników różnorodności dla każdego odcinka trasy rurociągu, a w konsekwencji minimalizowanie rozmiaru rur na podstawie efektu tłumienia współczynnika różnorodności.

Ponadto musi istnieć możliwość szybkiej i łatwej analizy scenariuszy dostaw i roz-

budowy sieci pod kątem ich wpływu na projekt. Na przykład konieczne jest przeanalizowanie, co się stanie, jeśli nastąpi zamknięcie pierścienia lub zażębie sieci. Jaki ma to wpływ na bezpieczeństwo dostaw w kontekście integracji kilku dystrybutorów ciepła? Równie ważne są obliczenia dotyczące zmienionego współczynnika połączeń w odniesieniu do wymiarowania rur, które mają sens ekonomiczny w perspektywie długoterminowej. Wysokości geodezyjne również odgrywają decydującą rolę w wymiarowaniu takich sieci i mają wpływ na obliczanie maksymalnych ciśnień.



Rozwiązania programowe do projektowania sieci - status quo i perspektywy

Istnieje już wiele rozwiązań programowych do projektowania sieci ciepłowniczych. W ostatnich latach opracowano nowe narzędzia, szczególnie w kontekście KWP, które szybko zapewniają dobre wyniki, zwłaszcza we wczesnej fazie projektu. Rozwiązania te są jednak mniej lub bardziej ograniczone i często nie nadają się do przetwarzania aż do etapu budowy. W tym kontekście, nowe rozwiązanie cyfrowe jest obecnie opracowywane w ramach współpracy między LINEAR i REHAU, w oparciu o dziesięciolecia doświadczeń w projektowaniu sieci ciepłowniczych.

Rozwiązanie to bazuje na uznanej platformie systemowej AutoCAD. Dzięki wdrożeniu kompleksowego i bardzo wydajnego nowego modułu projektowego i obliczeniowego, użytkownicy otrzymają ROZWIĄZANIE do projektowania zrównoważonych sieci ciepłowniczych. Zakres zastosowań obejmuje wszystkie istotne obszary:

- Konceptje sąsiedztwa dla nowych i istniejących budynków
- Większe sieci ciepłownicze w gminach i miastach
- Od pierwszego projektu do gotowości do instalacji
- Rozbudowa i rozszerzenia sieci

Rysunek 3:
Sieć ciepłownicza w dzielnicach z dwoma węzłami ciepłowniczymi i zazębieniem (Źródło: REHAU)





Wybór funkcji:

- Obliczanie sieci pierścieniowych i kratowych
- Uwzględnienie wielu centrów energetycznych lub ciepłowniczych, w tym automatyczne przeliczanie w przypadku zmiany jednej lub więcej lokalizacji
- Uwzględnianie wysokości geodezyjnych w sieci
- Wszelkstronna biblioteka komponentów

Sieci ciepłownicze, jak pokazano na **ry-sunku 3**, mogą być w przyszłości profesjonalnie przetwarzane aż do etapu budowy. Nowe rozwiązanie będzie dostępne od początku 2026 roku i znacząco przyczyni się do przyspieszenia projektowania sieci ciepłowniczych.

Źródła:

(1) **Centrum Kompetencji ds. Transformacji Ciepła w Gminie:**

<https://bit.ly/3HuY2X5> (Datenabruf 24.07.25)

(2) **Centrum Kompetencji ds. Transformacji Ciepłownictwa Miejskiego:**

<https://bit.ly/45L9g2Z> (Datenabruf 24.07.25)

(3) **Kruse O.:**

Miejskie lokalne sieci ciepłownicze w celu dekarbonizacji dostaw ciepła, artykuł w LINEAR AKTUELL, wydanie 1/2025

(4) **Federalne finansowanie wydajnych sieci ciepłowniczych:** <https://bit.ly/45gUkK1>

(5) **Usługa REHAU 360° jako część lokalnego DNA ogrzewania REHAU:**

<https://bit.ly/4mEkdck>

(6) **Kruse, O.:**

Przyspieszenie rozbudowy sieci za pomocą sieci wtórnych i hybrydowych EuroHeat&Power, 53. Jg. (2024), wydanie 4-5

o autorze:

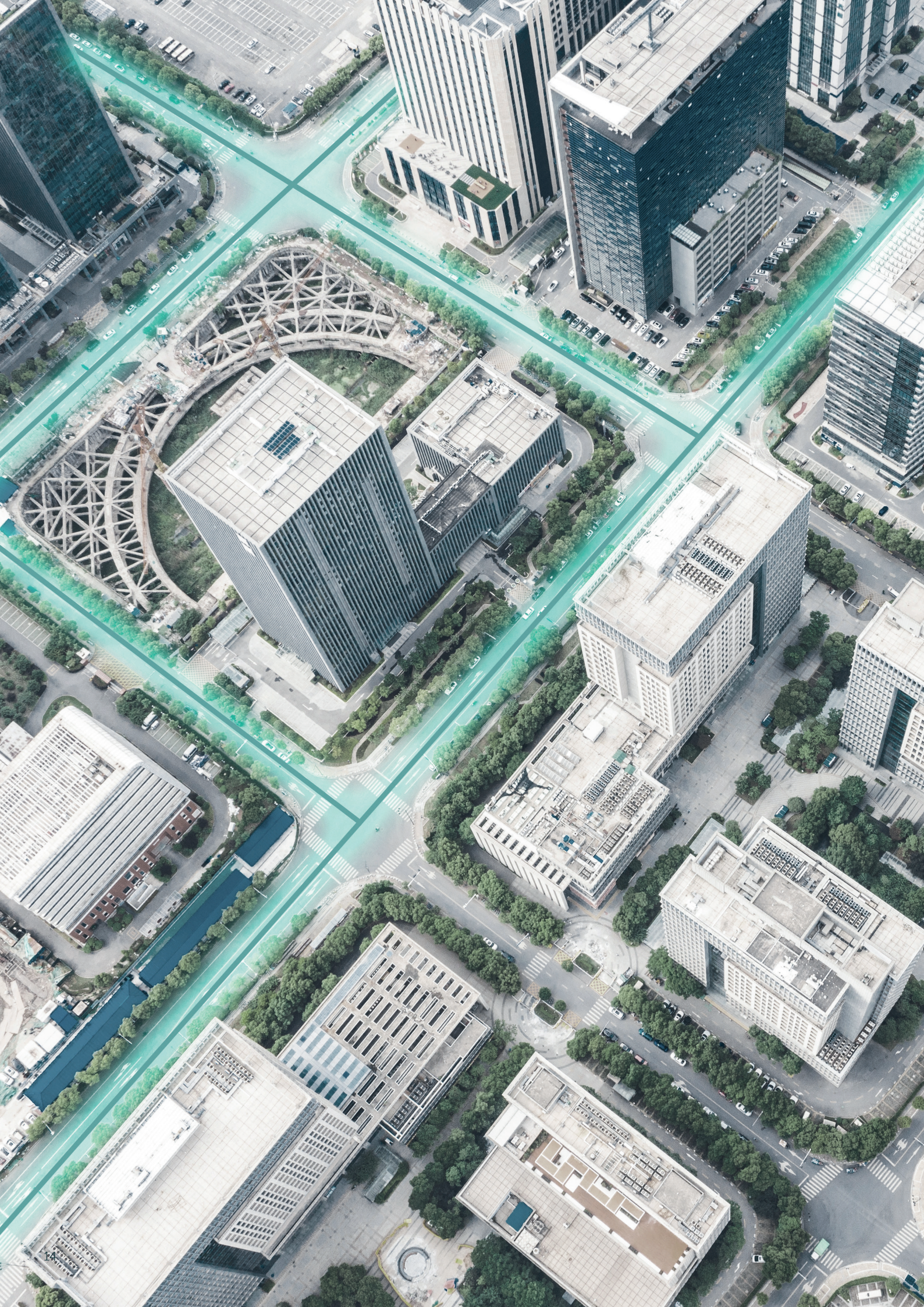
Olaf Kruse
Senior Product Engineer
& Project Manager Local Heating
REHAU Industries
SE & Co. KG, Erlangen

Kontakt:

REHAU Industries SE & Co. KG
Ytterbium 4, 91058 Erlangen
Tel.: +49 9131 92-5346
E-Mail: Olaf.Kruse@rehau.com
<https://gebaeudetechnik.rehau.de>

Olaf Kruse pracuje w branży dostaw energii od 1995 roku, początkowo w zakresie doradztwa i projektowania, specjalizując się w systemach geotermalnych. W 2004 roku przeniósł się do przemysłu, dotychczas do specjalisty w dziedzinie polimerów REHAU, gdzie był odpowiedzialny za rozwój produktów w zakresie systemów solarnych i systemów podgrzewania wody pitnej. Od 2013 roku wnosi swoje bogate doświadczenie jako inżynier produktu i kierownik projektu do projektów ciepłowniczych w całym Niemczech.





PROJEKTOWANIE I OBLICZANIE SIECI CIEPŁOWNICZYCH

OD TRASY DO GOTOWOŚCI DO REALIZACJI

Niniejszy, trzeci artykuł nawiązuje właśnie do tego tematu i skupia się na praktycznej realizacji w procesie planowania:

opisano w nim, w jaki sposób planuje się komunalne sieci ciepłownicze przy użyciu specjalistycznego oprogramowania LINEAR Analyse District Heating do obliczeń i projektowania – od ustrukturyzowanego projektu sieci, poprzez obliczenia hydrauliczne, aż po szczegółową konstrukcję zbliżoną do wykonawczej. Oprócz zakresu funkcji oprogramowania, na podstawie typowego przebiegu procesu projektowania wskazano kluczowe cechy wyróżniające je na tle innych rozwiązań – zwłaszcza tam, gdzie klasyczne „narzędzia wczesnej fazy” napotykają ograniczenia i gdzie wymagane jest kompleksowe planowanie aż do etapu gotowości do realizacji, charakteryzujące się wysoką przejrzystością i szybką reakcją na zmiany.

Do jakich zadań przeznaczony jest program LINEAR Analyse District Heating?

Oprogramowanie jest przeznaczone do specjalistycznego projektowania komunalnych sieci ciepłowniczych – a więc dokładnie do tego etapu, na którym pomysł sieci przekształca się w model CAD, który można obliczyć i który jest bliski realizacji. Kluczową wartością dodaną jest tutaj połączenie modelowania wspomaganego CAD z niezawodnymi obliczenia-

mi sieciowymi opartymi na sprawdzonych w praktyce zasadach i logice projektowej, które zostały wdrożone do rozwoju oprogramowania w wyniku współpracy firm LINEAR i REHAU. W ten sposób powstaje spójny przebieg pracy od wytyczenia trasy po określenie materiałów i opracowanie planu dostosowanego do warunków budowy. REHAU wnosi w tym zakresie przede wszystkim perspektywę wynikającą z rzeczywistych projektów, a także kompetencje systemowe i materiałowe w zakresie polimerowych systemów lokalnego ogrzewania – mając na celu spójne dopasowanie obliczeń i wykonania w modelu.

Ważne jest rozróżnienie: narzędzie to nie jest koncepcyjną pomocą decyzyjną w sensie wczesnej fazy planowania i strategii (np. wybór „sieć ciepłownicza vs. indywidualne zaopatrzenie”, przybliżone szacunki inwestycyjne, wybór obszaru). Znacznie wspiera ono jednak optymalizację kosztów i jakości w ramach wybranej koncepcji sieci poprzez precyzyjne wymiarowanie, obliczenia wariantowe, weryfikację poprawności oraz wytyczenie zgodne z materiałami i wykonaniem.

Przykładowy przebieg pracy: od trasy do projektu gotowego do realizacji

Typowy przebieg projektu można dobrze opisać w oparciu o praktyczny przebieg pracy, bez wchodzenia w szczegóły



Autor

Javier Castell-Codesal
LINEAR Kierownictwo



W kolejnym kroku z czystego rysunku liniowego powstaje sieć z obiektami technicznymi. W tym celu umieszcza się punkty zasilania, stacje przekaźnikowe, rozgałęzienia i inne elementy sieciowe jako elementy konstrukcyjne. To podejście zorientowane na obiekty ma kluczowe znaczenie: elementy konstrukcyjne posiadają swoje właściwości i jednoznacznie odwzorowują węzły oraz przejścia. Właśnie ta przejrzysta logika modelowania stanowi podstawę niezawodnego działania obliczeń, analizy i list materiałów w późniejszym etapie – nie jako „dopracowanie”, ale jako bezpośrednia konsekwencja modelowania.

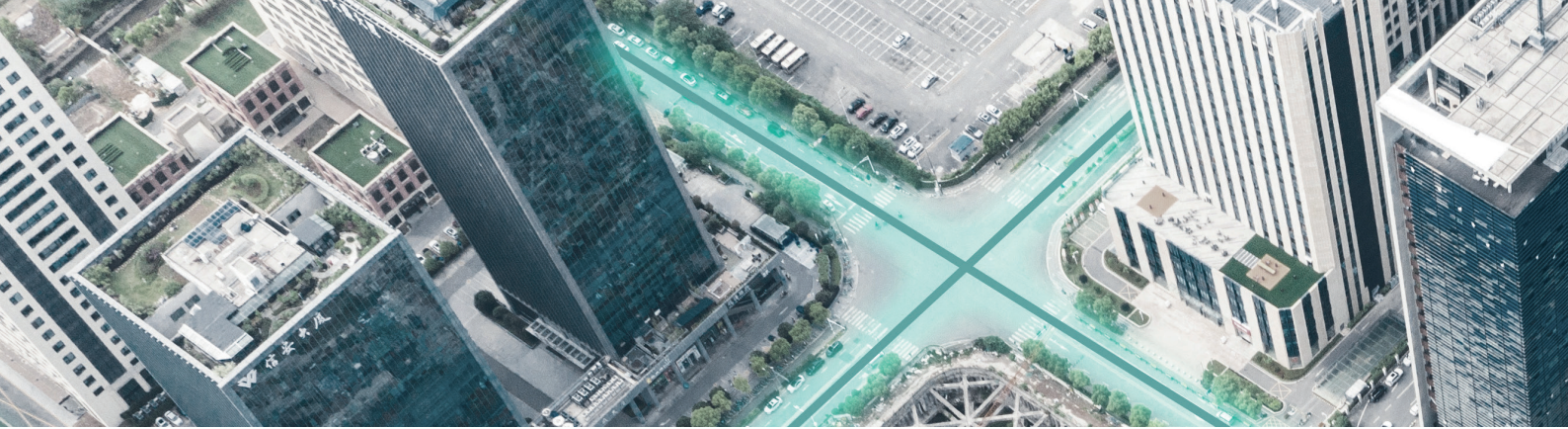
Gdy tylko sieć zostanie utworzona jako model, rozpoczyna się rejestracja sieci i walidacja danych. W tym zakresie LINEAR Analyse District Heating wykazuje swoje mocne strony. Przechodząc do etapu obliczeń, sieć jest automatycznie sprawdzana. Brakujące lub nieprawdopodobne dane pojawiają się w raporcie i można je bezpośrednio wskazać w modelu za pomocą funkcji „Pokaż”. W ten sposób powstaje bardzo praktyczny rytm pracy: sprawdź, zlokalizuj, popraw, kontynuuj pracę – bez długiego przeszukiwania projektu i z jasną dokumentacją otwartych kwestii.

Wprowadzanie danych jest zaprojektowane tak, aby pozostało „masowo wydajne” zarówno w przypadku małej dzielnicy, jak i większej sieci komunalnej. Wydajność i parametry projektowe są rejestrowane w odniesieniu do poszczególnych elementów – w zależności od sposobu pracy za pomocą pasków właściwości lub list elementów z logiką filtrowania i sortowania. Jest to szczególnie pomocne, gdy w projekcie występują różne typy budynków, które mają być traktowane grupowo: na przykład różne klasy budynków (renowacja vs. nowa budowa), różne sytuacje przyłączeniowe lub zbieżności czasowe. Podejścia do współbieżności

nie są przy tym sztywne, lecz można je dostosowywać w zależności od obszaru. Ponadto lista elementów budowlanych pozostaje ściśle powiązana z modelem CAD: wybierając pozycję z listy, użytkownik natychmiast przechodzi do obiektu na planie, zachowując w ten sposób stały kontakt wizualny.

Po zakończeniu gromadzenia danych następuje etap obliczeń – a tym samym moment, w którym jakość modelu i logiki danych przynosi wymierne korzyści. Projektowanie odbywa się z uwzględnieniem rzeczywistych właściwości materiałów oraz sprawdzonych w praktyce strategii wymiarowania, wywodzących się z wieloletniego doświadczenia firmy REHAU w zakresie sieci ciepłowniczych. Miejsca krytyczne, takie jak zbyt duże prędkości przepływu lub niedopuszczalne sytuacje ciśnieniowe, są nie tylko wskazywane tekstowo w raporcie, ale można je również bezpośrednio wyróżnić w modelu. Wizualizacje – na przykład kolorowe przedstawienie średnic nominalnych – sprawiają, że rzucające się w oczy obszary są szybko rozpoznawalne „na pierwszy rzut oka” i wspierają całościową ocenę w projekcie.

Kluczową wartością dodaną stanowi następnie możliwość tworzenia wariantów i optymalizacji. W rzeczywistych projektach warunki brzegowe często ulegają zmianie: dostosowuje się przebieg tras, zmienia punkty zerowego ciśnienia, rozważa się dodanie dodatkowych źródeł ciepła lub połączenie odcinków sieci w pętle. LINEAR Analyse District Heating jest zaprojektowany tak, aby przekształcić takie zmiany w nowe, wiarygodne obliczenia bez utraty ciągłości danych. W ten sposób można celowo stosować połączenia w pętle lub zamknięcia pierścieniowe w celu obniżenia prędkości przepływu i zwiększenia stabilności sieci. Możliwe jest również odwzorowanie wielu punktów zasilania o zdefiniowanych udziałach. Jest



to ważny aspekt dla rzeczywistych ścieżek rozbudowy i transformacji, w których sieci rozrastają się stopniowo, a wytwórcy energii odnawialnej są sukcesywnie integrowani. Ponadto można oceniać scenariusze materiałowe, na przykład poprzez dodanie dodatkowych systemów rur i automatyczną zmianę materiałów w zależności od ustalonych wymiarów. Wykorzystuje się tu wiedzę systemową firmy REHAU, zwłaszcza tam, gdzie typowe dla danego materiału warunki brzegowe (np. promienie gięcia, formy dostawy/długości wiązek pierścieniowych, logika elementów konstrukcyjnych) wpływają na wykonalność i dobór materiałów.

Zakończeniem procesu jest określenie materiałów i opracowanie planu, czyli ogólnie łączące obliczenia z placem budowy. Na podstawie modelu można tworzyć wykazy materiałów w całości lub wybiórczo, na przykład w podziale na etapy budowy, faktury zaliczkowe lub zamówienia. Do celów dokumentacji i wydruku na placu budowy dostępne są narzędzia do

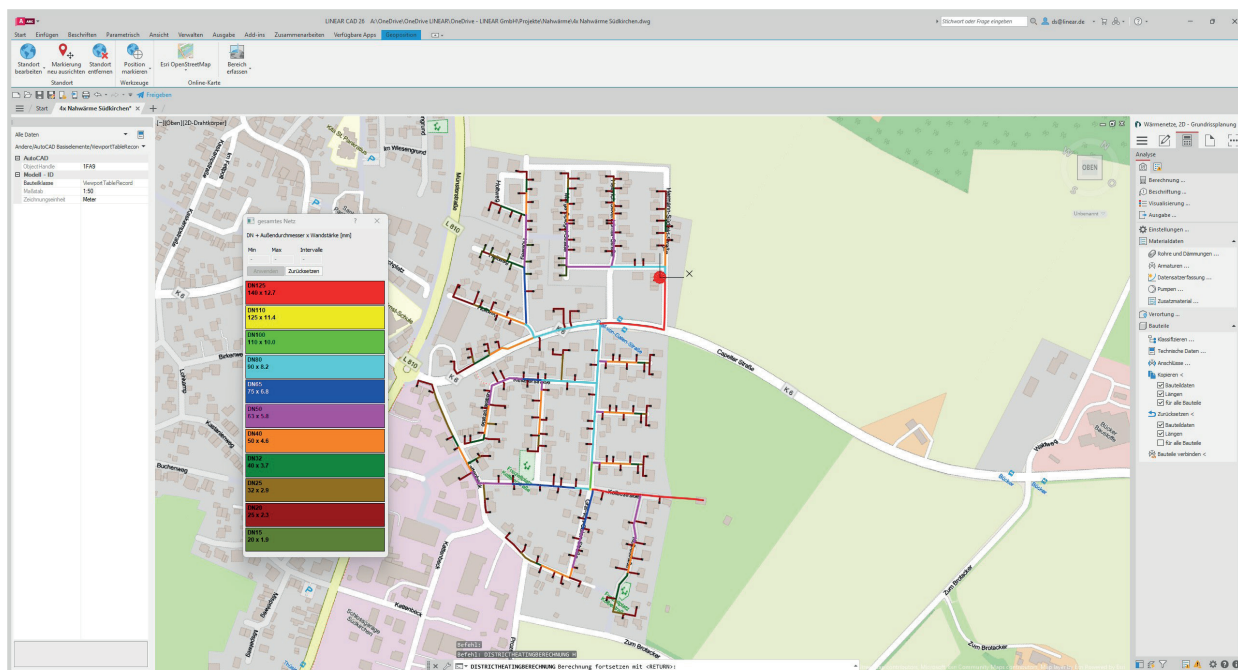
tworzenia ram rysunków, skalowania, opisów i personalizacji; opisy pozostają przy tym dynamiczne i aktualizują się w przypadku ponownych obliczeń. Dzięki temu narzędzie nie ogranicza się wyłącznie do hydrauliki, lecz konsekwentnie wspiera gotową do realizacji logikę materiałów i planów, w tym lokalizację.

Kolejne atuty, które w procesie pracy często wydają się „dodatkowe”

Dużą zaletą programu LINEAR Analise District Heating jest płynna integracja z istniejącym środowiskiem LINEAR. Dla użytkowników, którzy już pracują z LINEAR, oznacza to: znaną logikę obsługi, spójne przechowywanie danych i jedynie niewielką zmianę przyzwyczajzeń. Jednocześnie nowi użytkownicy również korzystają z jasno ustrukturyzowanego, zbliżonego do CAD podejścia, które idealnie odzwierciedla sposób pracy w biurach projektowych.

Ponadto rozwiązanie to nie jest przeznaczone wyłącznie dla projektów typu

Rysunek 4:
Wizualizacja obliczonych wymiarów w sieci





„greenfield”. Szczególnie w kontekście komunalnym często konieczna jest stopniowa rozbudowa sieci, modernizacja poszczególnych odcinków lub weryfikacja i rozbudowa istniejących sieci. Logika ta została uwzględniona w narzędziu – zarówno w zakresie modelowania, jak i porównania wariantów oraz wygenerowania listy materiałów.

W przypadku współpracy z zamawiającymi, dostawcami lub środowiskami GIS istotne znaczenie ma również import i eksport danych. Jest to aspekt, który w większych projektach w znacznym stopniu przyczynia się do zapewnienia jakości.

Wreszcie, oprogramowanie LINEAR Analyse District Heating jest zaprojektowane z myślą o pracy zespołowej i standaryzacji: ustawienia wspólne dla wielu projektów można zdefiniować jako standard biurowy i wspólnie z nich korzystać. Jednocześnie zachowana jest niezbędna elastyczność, umożliwiająca „dopracowanie” szczegółów dostosowanych do konkretnego projektu – aż do poziomu poszczególnych węzłów, przejść lub przyłączy budynków.

Podsumowanie i wnioski

Oprogramowanie wypełnia dokładnie lukę między „koncepcją sieci” a „planowaniem gotowym do realizacji”: Umożliwia

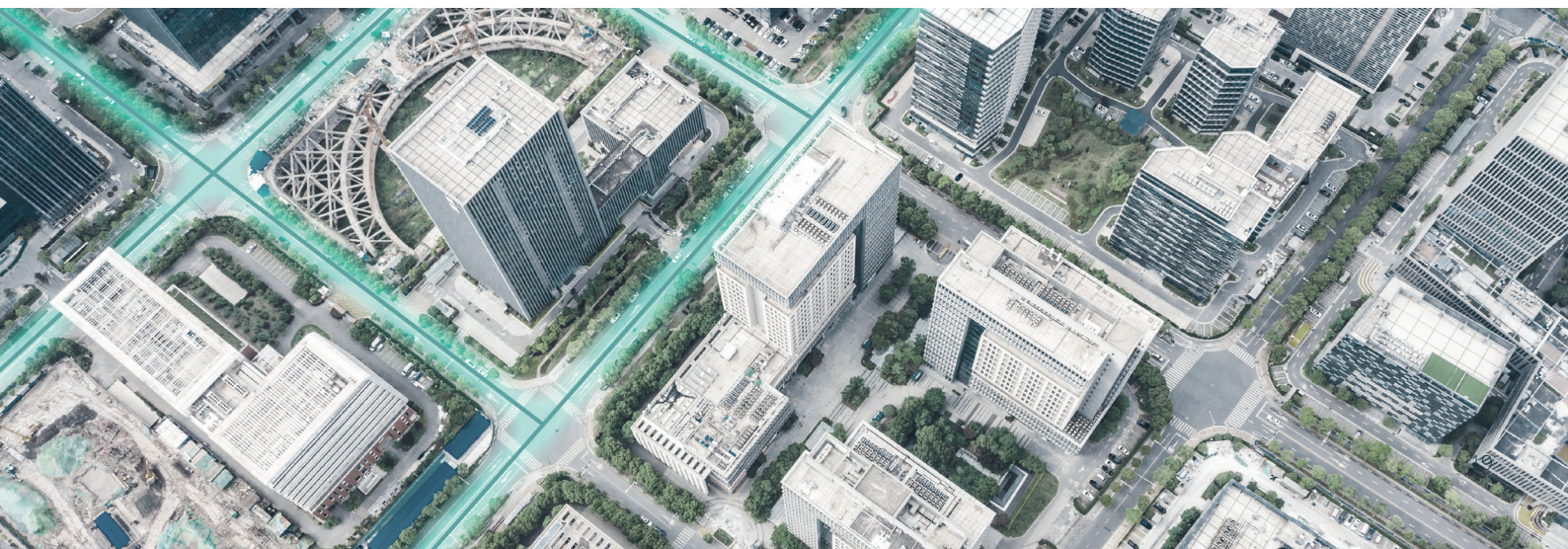
ono oparte na CAD, podlegające profesjonalnej weryfikacji i optymalizacji projektowanie sieci ciepłowniczej o wysokim stopniu przejrzystości – od trasy z georeferencjami, poprzez gromadzenie danych dotyczących elementów konstrukcyjnych i solidną kontrolę błędów/poprawności, aż po obliczenia wariantowe (siatka, zasilanie, materiały) oraz szczegółowe zestawienia materiałów, a także plany dostosowane do potrzeb budowy.

Nie jest to zatem narzędzie służące do podejmowania koncepcyjnych decyzji zasadniczych w zakresie gminnego planowania sieci ciepłowniczej, ale bardzo wydajne narzędzie do precyzyjnego wymiarowania, optymalizacji kosztów i doprowadzenia wybranej koncepcji sieci do gotowości wykonawczej – zwłaszcza w projektach o dynamicznych warunkach brzegowych i ścieżkach rozbudowy.

Decydującą różnicą w stosunku do wielu narzędzi stosowanych we wczesnych fazach jest konsekwentne ukierunkowanie na gotowość do realizacji, wspierane przez połączenie kompetencji firmy LINEAR w zakresie oprogramowania do planowania oraz praktycznego doświadczenia firmy REHAU, a także wiedzy na temat systemów materiałowych, która znajduje odzwierciedlenie w logice wymiarowania, danych materiałowych i odwzorowaniu systemu



Premiera: początek maja 2026, **wersja 26.1.**



Czy są Państwo zainteresowani indywidualną konsultacją?

Skontaktuj się z nami poprzez

www.linear.de/pl/ogrzewanie-lokalne



LINEAR
THE BIM ENGINEERING SOFTWARE



REHAU

Water
Technologies