

Piloti projekta Circular DigiBuild – Digitalna potpora kružnoj ekonomiji u građevinarstvu i zgradarstvu

4. Inovacijski forum Inovacije u građevinarstvu – jačanje transfera znanja

Datum

27. listopada 2025.

Izlagač

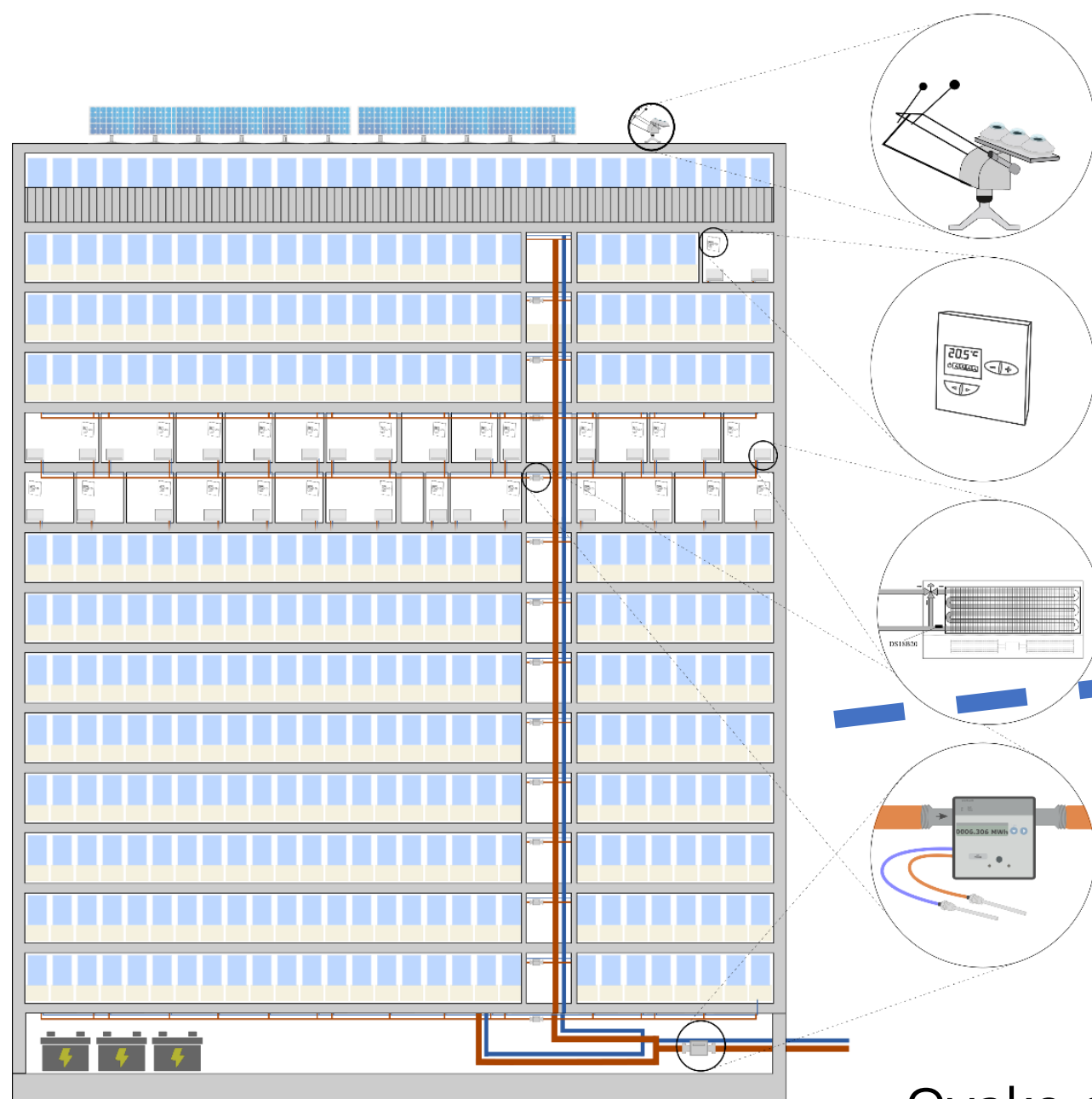
prof. dr. sc. Mario Vašak

Umjetna inteligencija i strojno učenje za minimizaciju senzoričke potrebne za pametni rad zgrade

Hrvatska

Pilot projekt u Hrvatskoj

Energetska tranzicija ⇔
Pametne zgrade



Meteo stanica

Digitalni zonski kontroleri u svih 248 upravljivih zona zgrade.

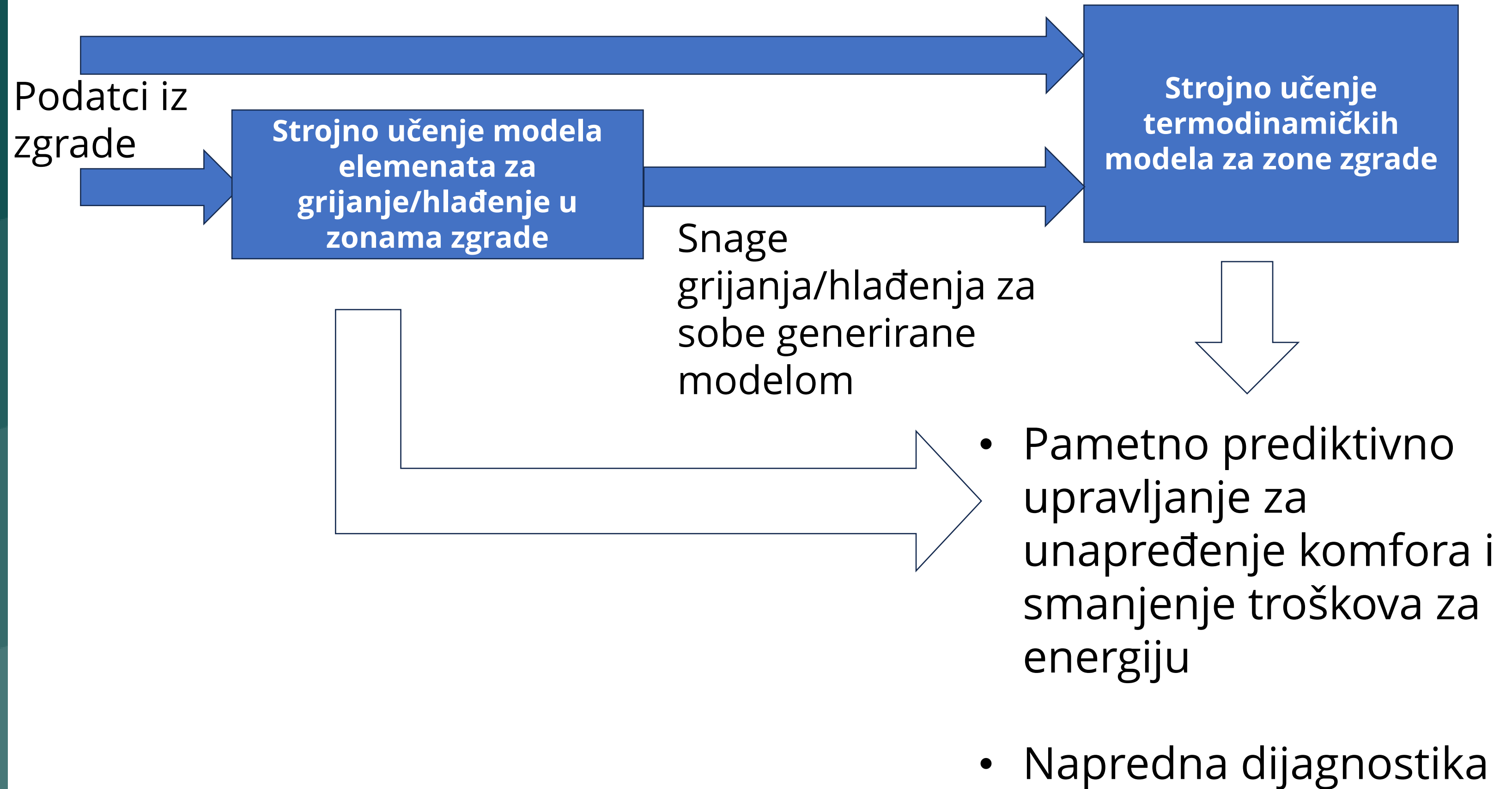
1-wire senzori temperature povratnog medija ugrađeni na svih 368 upravljivih ventilokonvektorskih jedinica.

Kalorimetri ugrađeni na glavnim dovodnim vodovima (dva po katu) te na središnjem dovodnom vodu.

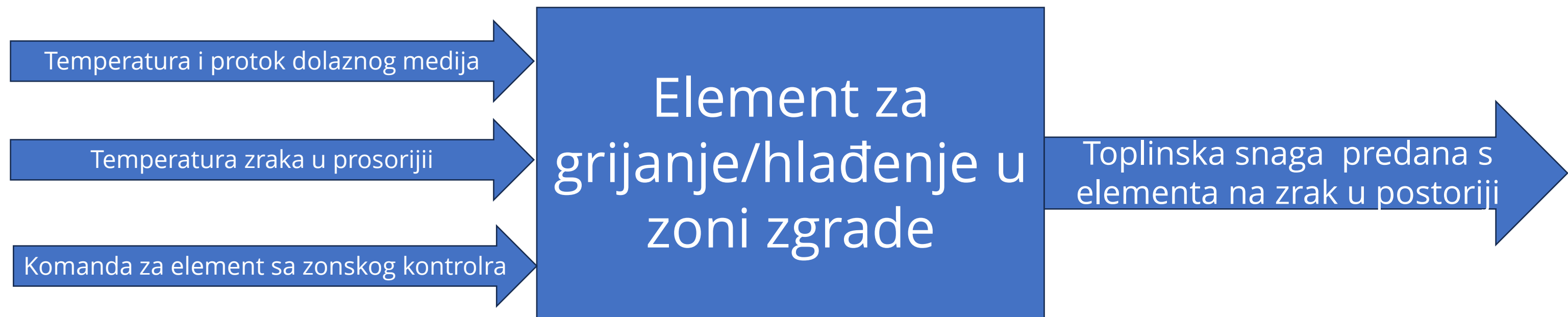
Ovako detaljna senzorika:

- omogućuje usporedbu identifikacije modela sa i bez podataka s određenih senzora,
- često **nije isplativa** zbog visokih troškova ugradnje i održavanja, te sporog povrata ulaganja.

Postupak „opamećivanja” zgrade



Modeli elemenata za grijanje/hlađenje u zonama zgrade



Dostępni podatki

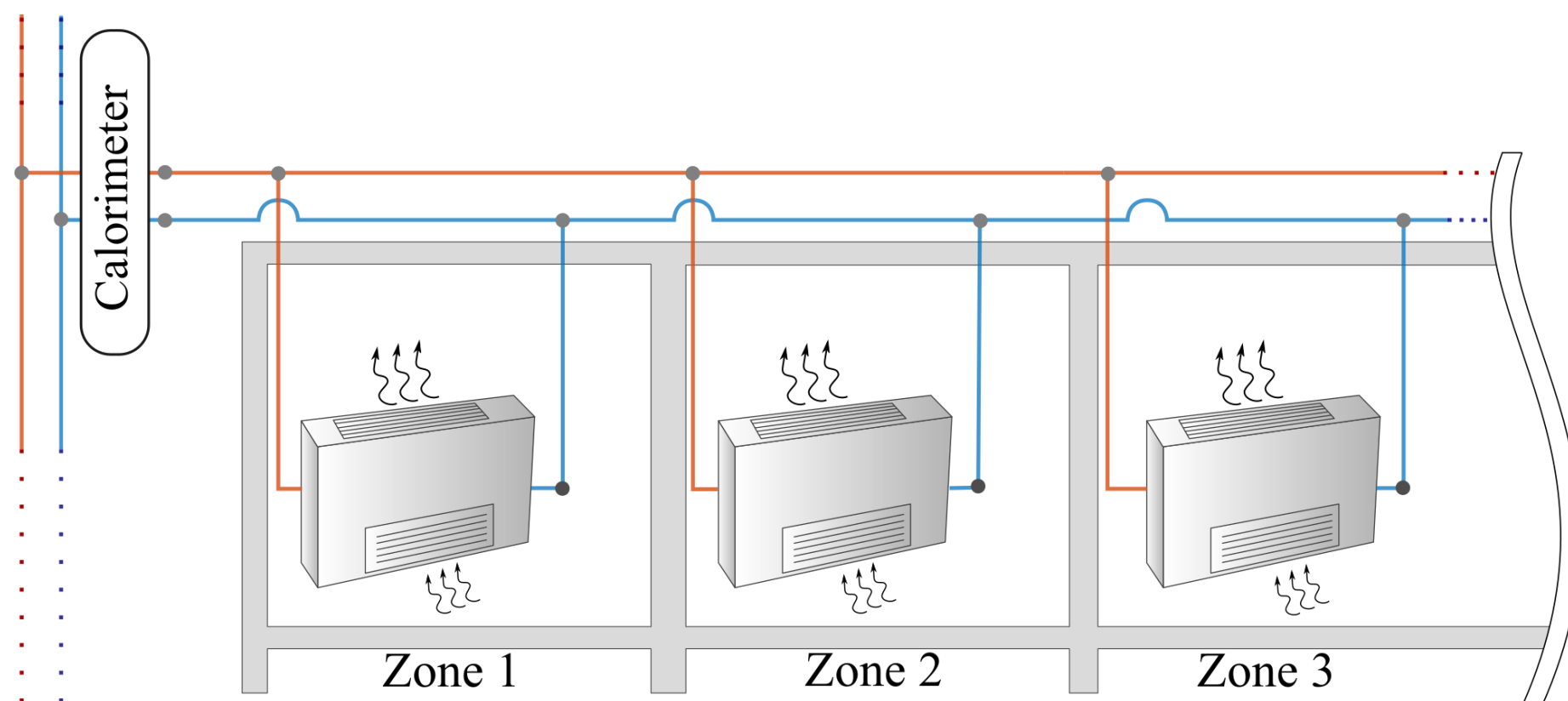
Vrijeme uzorkovanja: 1 min

Sa zonskih kontrolera:

- Temperatura zraka u zoni
- Upravljačka naredba za element za grijanje/hlađenje

S kalorimetara:

- Polazna temperatura medija
- Povratna temperatura medija
- Protok
- Toplinska snaga predana u zone



Petogodišnji niz podataka dostupan u Postgre SQL bazi

[illegible]

Model sive kutije za element i strojno učenje

$$P_{E,i}(t) = k_{i,x(t)} (T_{\text{cal},j}(t) - T_{a,i}(t))$$

$$\Sigma P_{E,i}(t) = P_{\text{cal},j}(t) \rightarrow \text{za grupu elemenata iza kalorimetra } j$$

Strojno učenje $\rightarrow k_{i,x}$ za svaki element i te za svaku upravljačku naredbu x

**The model is only
as good as the
input data**

Izazovi

- Dovoljno dugačak set povijesnih mjerenja koji uključuje dovoljan broj stacionarnih stanja
- Za instalacije bez povijesnih mjerenja – rekonfiguracija upravljačkih algoritama tako da se ne dopušta promjena upravljačkih veličina s periodom manjim od najvećeg transportnog kašnjenja u sustavu (obično između najudaljenijeg VK i kalorimetra)
 - → Očekivana preporuka iz pilota za dodavanje ovakvog moda rada u klasične automatizacijske postavke u zgradi
- Navedenu metodologiju moguće je primijeniti i uz rekurzivne optimizacijske postupke za određivanje parametara on-line
 - Sustav nadzora i detekcije kvarova

Određivanje količina građevinskih materijala u postojećim zgradama pomoću aplikacije u otvorenom kodu

Austrija

Urban mining screener

- Korištenje uspostavljenih arhetipova zgrada za Austriju
 - 154 arhetipa prema Alaux et al 2024
- Arhetipovi prema periodu izgradnje i tipologiji zgrade
 - Pridružene su im informacije o materijalima, geometriji i potrošnji energije
- Digitalni alat za određivanje tipova i količina građevinskih materijala ugrađenih u građevine koji su raspoloživi za ponovnu uporabu na kraju životnog vijeka tih građevina

Urban mining screener – korisničko iskustvo

- Korisnik u programski alat unosi adresu objekta te inherentno odabire arhetip zgrade selektirajući tip korištenja građevine, metodu izgradnje i godinu izgradnje
- Programski paket određuje volumen zgrade iz 3D podataka s [Open Street Maps Buildings](#),
- Za zgradu se računa geometrijske podatke te se potom sastav materijala određuje automatski
- Paket je otvorenog koda i može se dalje razvijati u različitim zemljama, za njihov odgovarajući skup arhetipskih zgrada



Urban mining screener – korisničko iskustvo

Archetype ID	Building area (m²)	Element type	$K_{i,k}$	ID component	Product description	ID Product	Layer thickness (cm)	%	Product volume	$P_{i,k}$	$V_{P_{i,k}}(m³)$
AT-SFH-1850-1918-11	99,65	Foundation		Efo_18_a	Solid wood parquet	HO_402	2,5	1	2,49	0,03573	
					Wooden plank floor	HO_401	2,5	1	2,49	0,03573	
					Fillings from sand, gravel, chippings	MI_503	5	0,8	3,99	0,05714	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	5	0,2	1,00	0,01425	
					Fillings from sand, gravel, chippings	MI_503	10	1	9,97	0,14286	
					Solid brick	MI_313	50	0,16	8,07	0,11573	
					Solid clay	MI_301	50	0,74	36,77	0,05273	
					Standard masonry mortar	MI_216	50	0,1	4,98	0,07143	
		Retaining wall (area)									
		89,44									
	89,44	Retaining walls		EAm_19_a	Solid brick	MI_313	44	0,9	35,42	0,05163	
					Standard masonry mortar	MI_216	44	0,1	3,94	0,00462	
					Lime plaster	MI_208	2,5	1	2,24	0,05376	
	99,65	Ground floor		KDo_18_a	Solid wood parquet	HO_402	2,5	1	2,49	0,09263	
					Wooden plank floor	HO_401	2,5	1	2,49	0,09263	
					Fillings from sand, gravel, chippings	MI_503	5	0,85	4,24	0,15744	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	5	0,15	0,75	0,02778	
					Fillings from sand, gravel, chippings	MI_503	3	1	2,99	0,11113	
					Solid brick	MI_313	14	0,9	12,56	0,46676	
					Standard masonry mortar	MI_216	14	0,1	1,40	0,05186	
	133,86	External walls		AWm_20_a	Lime plaster	MI_208	1,5	1	2,01	0,03125	
					Solid brick	MI_313	44	0,9	53,01	0,825	
					Standard masonry mortar	MI_216	44	0,1	5,89	0,09163	
					Lime plaster	MI_208	2,5	1	3,35	0,05206	
	133,86	External walls		AWm_21_a	Lime plaster	MI_208	2,5	1	3,35	0,07353	
					Solid brick	MI_313	29	0,9	34,94	0,76782	
					Standard masonry mortar	MI_216	29	0,1	3,88	0,08525	
					Lime plaster	MI_208	2,5	1	3,35	0,07353	
Building volume (m³)	558	Internal walls, load-bearing	0,0309	IWm_22_a						$P_{i,k}$	$V_{P_{i,k}}(m³)$
					Lime plaster	MI_208	2,5	1		0,08	1,306969354
					Solid brick	MI_313	29	0,9		0,79	13,64476006
					Standard masonry mortar	MI_216	29	0,1		0,08	1,518084451
					Lime plaster	MI_208	1,5	1		0,08	0,784181613
		Internal walls, non load-bearing	0,0265	IWm_19_a							
					Lime plaster	MI_208	1,5	1		0,08	1,306969354
					Solid brick	MI_313	14	0,9		0,79	10,97854258
					Standard masonry mortar	MI_216	14	0,1		0,08	1,219838064
					Lime plaster	MI_208	1,5	1		0,08	1,306969354
	99,65	Upper floors		GDm_18_a	Solid wood parquet	HO_402	2,5	1	2,49	0,07353	
					Wooden plank floor	HO_401	2,5	1	2,49	0,07353	
					Fillings from sand, gravel, chippings	MI_503	5	0,85	4,24	0,125	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	5	0,15	0,75	0,02206	
					Fillings from sand, gravel, chippings	MI_503	2,5	1	2,49	0,07353	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	2,5	1	2,49	0,07353	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	20	0,3	5,98	0,17643	
					Standing air layer	NA_402	20	0,7	13,95	0,41176	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	1,5	1	1,49	0,04412	
					Reed plaster base	MI_217	1,5	1	1,49	0,04412	
					Lime plaster	MI_208	1	1	1,00	0,02943	
		Attic floor		GDm_20_a	Clinker brick	MI_308	4	0,9	3,59	0,11073	
					Standard masonry mortar	MI_216	4	0,1	0,40	0,05233	
					Fillings from sand, gravel, chippings	MI_503	6	1	5,98	0,18462	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	20	1	19,93	0,61538	
					Reed plaster base	MI_217	1	1	1,00	0,03073	
	140,926	Roof	140,9263815	DAI_18_a	Lime plaster	MI_208	1,5	1	1,49	0,04615	
					Roof tiles	MI_404	2	1	2,82	0,08696	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	3	0,25	1,06	0,03263	
					Standing air layer	NA_402	3	0,75	3,17	0,09783	
					Construction timber (unspecified), kiln-dried	HO_108	18	0,25	6,34	0,19565	
Building volume (m³)	19,15	Windows		Win_18_k	Standing air layer	NA_402	18	0,75	19,03	0,58696	
					Glazing, double	OP_201	1	0,78	0,15		
					Window frame, wood	OP_304	1	0,22	0,04		

Urban mining screener – replikacija

- Paket je otvorenog koda i može se dalje razvijati u različitim zemljama, za njihov odgovarajući skup arhetipskih zgrada
- Koriste se open source baze podataka koje se stalno unapređuju
- Evaluacija materijala s obzirom na arhetipove široko je primijenjena u EU, u više od 20 zemalja članica
- Precizni podatci o materijalima zasad postoje samo za Austriju
- Ostale zemlje u dunavskoj regiji koje imaju ovaj arhetipski način modeliranja (podatci od austrijske tvrtke koja razvija paket):
 - Austrija, Njemačka, Bugarska, Češka, Mađarska, BiH, Srbija, Slovenija
- Hrvatska?

Jedinstveni i univerzalni identifikatori za građevinske elemente

Bugarska

Pilot – Bugarska

- Sustav otvorenog koda za stvaranje jedinstvenih i univerzalnih identifikatora za različite dijelove zgrade odnosno građevinske elemente
- Ovi identifikatori i njima pripadni objekti neovisni su o ontologiji/taksonomiji/klasifikacijama/hijerarhiji itd.
- Svojstva objekata mogu se beskonačno proširivati kako bi se odgovorilo na sve izraženiju potrebu za praćenje materijala kroz lance dobave, izgradnju, rušenje, ponovno korištenje

Poveznica hrvatskog i bugarskog CDB pilota

Svaki element i u zgradi opisan je sa skupom identificiranih parametara $k_{i,x}$ za različite upravljačke naredbe x

Implementacija identifikatora elemenata za grijanje/hlađenje nakon identifikacije, uz postojeću PostgreSQL organizaciju baze podataka za zgradu

Hvala na pažnji!

<https://interreg-danube.eu/projects/circular-digibuild>

prof. dr. sc. Mario Vašak

mario.vasak@fer.hr

<https://www.icent.hr/>

Inovacijski centar Nikola Tesla

Unska 3, 10000 Zagreb

Facebook: CircularDigibuild

X profile: CircularDigiBuild

Youtube : CircularDigiBuild



**Interreg
Danube Region**



Co-funded by
the European Union

