

3Smart koncept na zgradama HR pilota, analiza, instalacije, demonstracija

Prof. dr. sc. Mario Vašak, Anita Martinčević, dr.sc. Nikola Hure, Danko Marušić, dr. sc. Hrvoje Novak, Tomislav Stašić, Leon Lepoša

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva,
HEP ESCO d.o.o.

mario.vasak@fer.hr

Javno predstavljanje hrvatskog 3Smart pilota

3. srpnja 2019.



UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF
ELECTRICAL
ENGINEERING
AND COMPUTING

Project sufinanciran sredstvima Europske unije

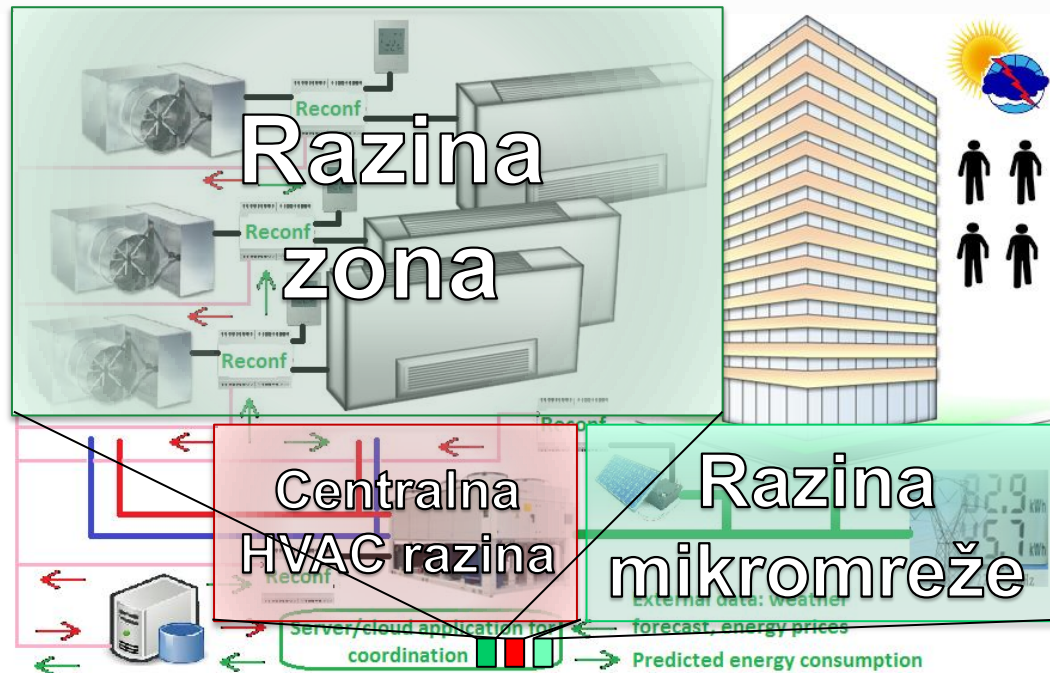
Pregled

- Neboderska zgrada FERa
 - polazno stanje
 - 3Smart koncept
 - analiza rada (sunčan radni dan u srpnju)
 - obavljene intervencije
- Upravna zgrada HEPa
 - polazno stanje
 - obavljene intervencije
- Demonstracija modula u radu (FER zgrada)

Neboderska zgrada FERa

- Polazno stanje:
 - 248 soba sa Siemens RXC 21.1/21.5 regulatorima temperature (12 katova + prizemlje)
 - 368 ventilokonvektora
 - 1000 kW toplinska podstanica spojena na HEP CTS
 - 200 kW rashladnik
 - DESIGO SCADA (integrira RXCove i rashladnik)
 - 21,5 kWp fotonaponski sustav s akvizicijom podataka
 - meteorološka stanica s opremom za detaljno mjerenje Sunčevog ozračenja + akvizicija podataka
 - prototipna vremenska prognoza DHMZa za FERovu zgradu (s prognozama Sunčevog ozračenja)

3Smart koncept na HR pilotskim zgradama



- 3Smart koncept na obje zgrade je isti, postoje male razlike u tome kojim se uređajima upravlja pri implementaciji

3Smart koncept HR zgrade (1)

- Razina zone:
 - Upravljanje toplinskom energijom grijanja/hlađenja u pojedinim prostorijama
 - Cilj: Čim manja cijena koštanja toplinske/rashladne energije
 - Uvjeti: održavanje temperatura prostorija u intervalu komfora dok god je moguće
 - Koordinacija s centralnom HVAC razinom:
 - Preuzeto: Optimirane cijene korištenja toplinske energije po trenutcima, 12-36 sati unaprijed, kvant 15 minuta
 - Dano: Predviđanja potrošnje toplinske energije i temperature zraka svih zona, 12-36 sati unaprijed

3Smart koncept HR zgrade (2)

- Centralna HVAC razina:
 - Upravljanje polaznom temperaturom (i protokom) pripremljenog medija prema zgradi
 - Cilj: Čim manja ukupna cijena toplinske energije iz distribucijske mreže i električne energije zgrade
 - Uvjeti: Omogućiti svim zonama kondicioniran medij za ostvarenje optimalnih toplinskih zahtjeva
 - Koordinacija s razinom zona (navedeno)
 - Koordinacija s razinom mikromreže:
 - Preuzeto: Optimirane cijene korištenja električne energije
 - Dano: Predviđanje potrošnje električne energije

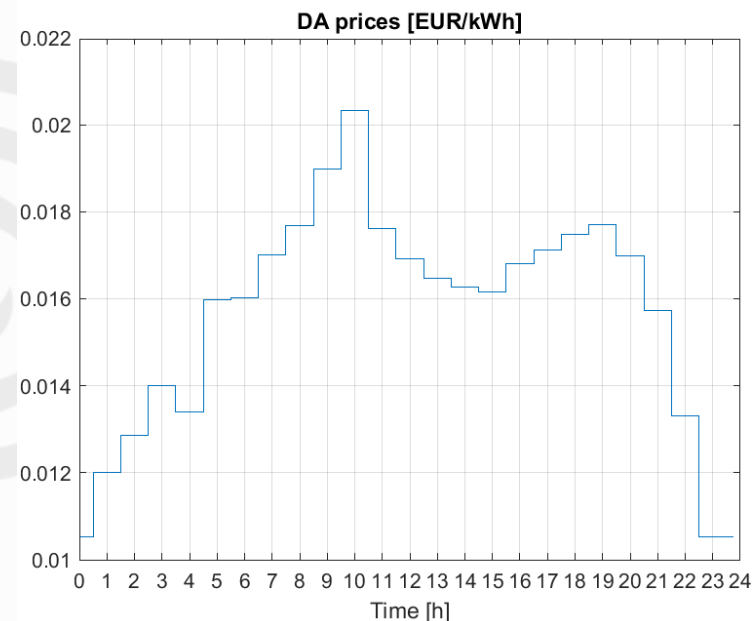
3Smart koncept HR zgrade (3)

- Mikromreža:

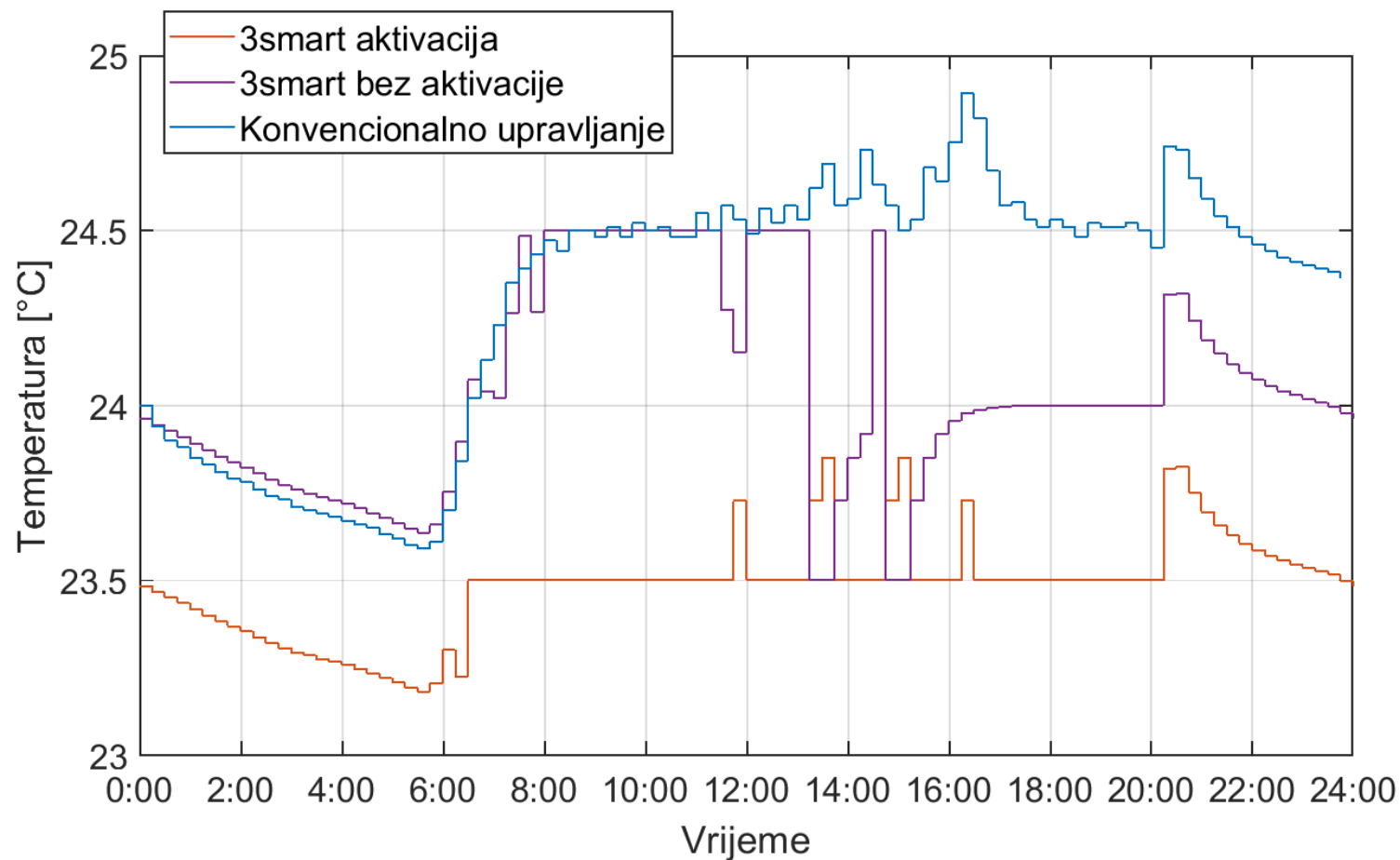
- Upravljanje energijom razmjene između baterijskog sustava i ostatka zgrade
 - Cilj: Čim manji ukupan združeni trošak električne energije zgrade i trošak degradacije baterije
 - Uvjeti: Ugovor o pružanju usluga odgovora potražnje; Stanja napunjenosti baterije unutar granica
- Optimalni angažman upravljivog ostatka sustava, u skladu s preuzetim cijenama i uvjetima razmjene energije s mrežom
 - Uzete u obzir neupravljiva potrošnja el. energije zgrade te proizvodnja fotonaponskih panela

Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (1)

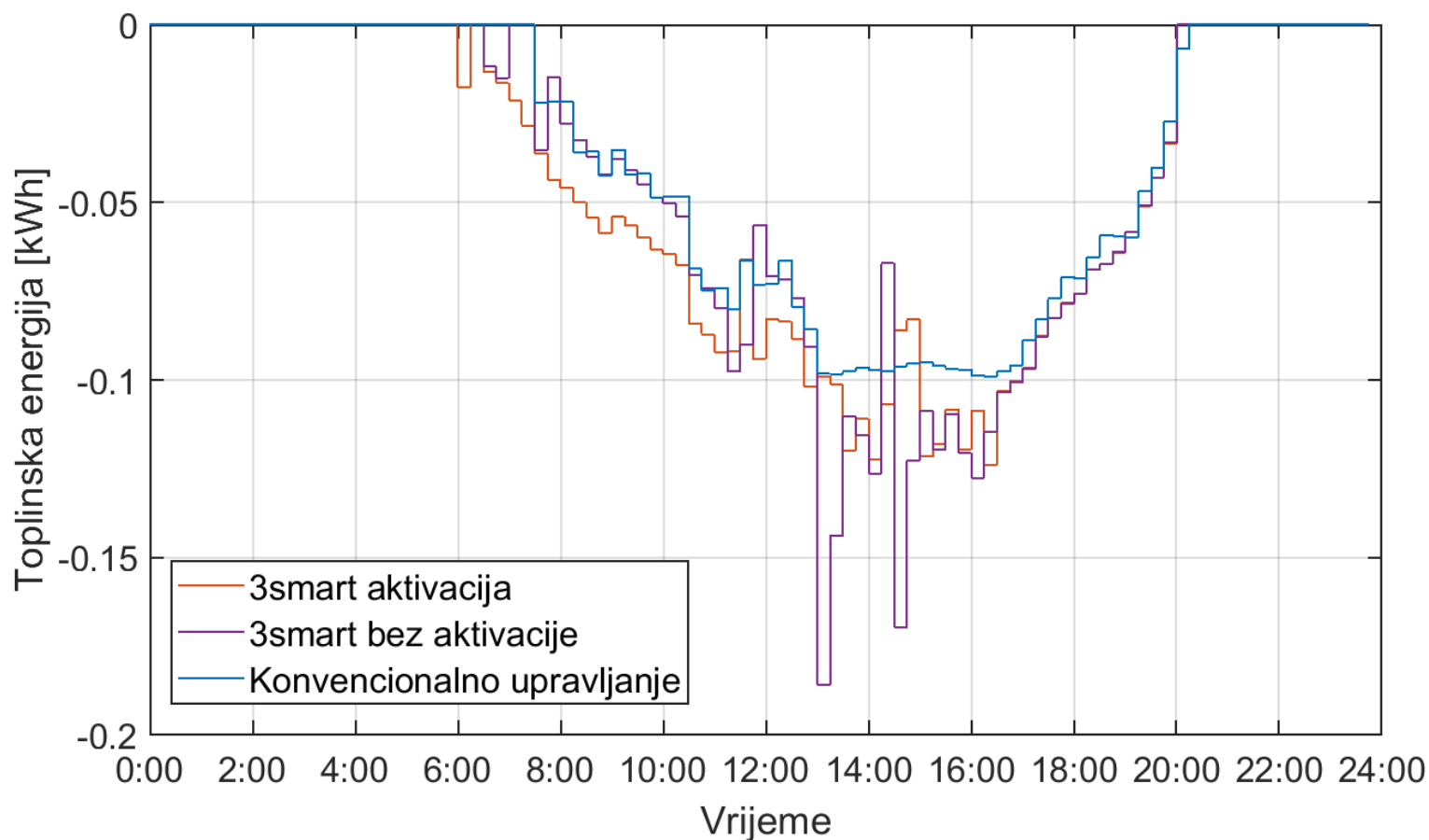
- Uvjeti: sunčan radni dan u srpnju
- Pitanja:
 - Koji je optimalan način dnevnog rada zgrade?
 - Kada i koliko rashladiti pojedinu zonu, kada i koliko hladiti medij, kada i koliko puniti/prazniti bateriju
 - Uz koju ponuđenu fleksibilnost je trošak zgrade najmanji?
 - Koliko je optimalan način bolji od uobičajenog rada zgrade?
- Intervali fleksibilnosti:
 - 11:30-11:45
 - 13:00-13:30
 - 14:30-15:00
- Cijene fleksibilnosti
 - rezervacija: 0.027 EUR/kW/15 min
 - aktivacija: 0.109 EUR/kWh
 - penal: 0.219 EUR/kWh



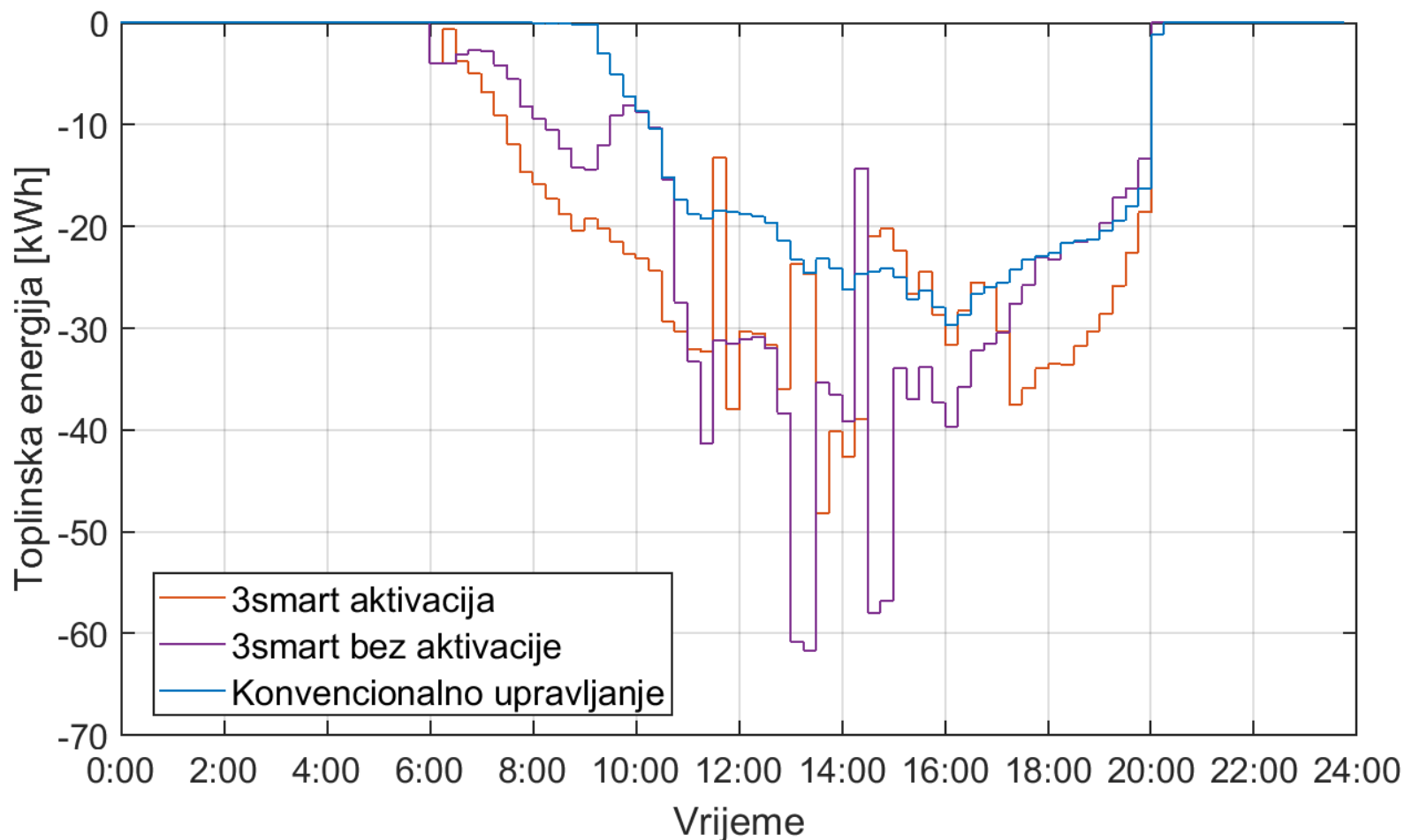
Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (2)



Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (2)



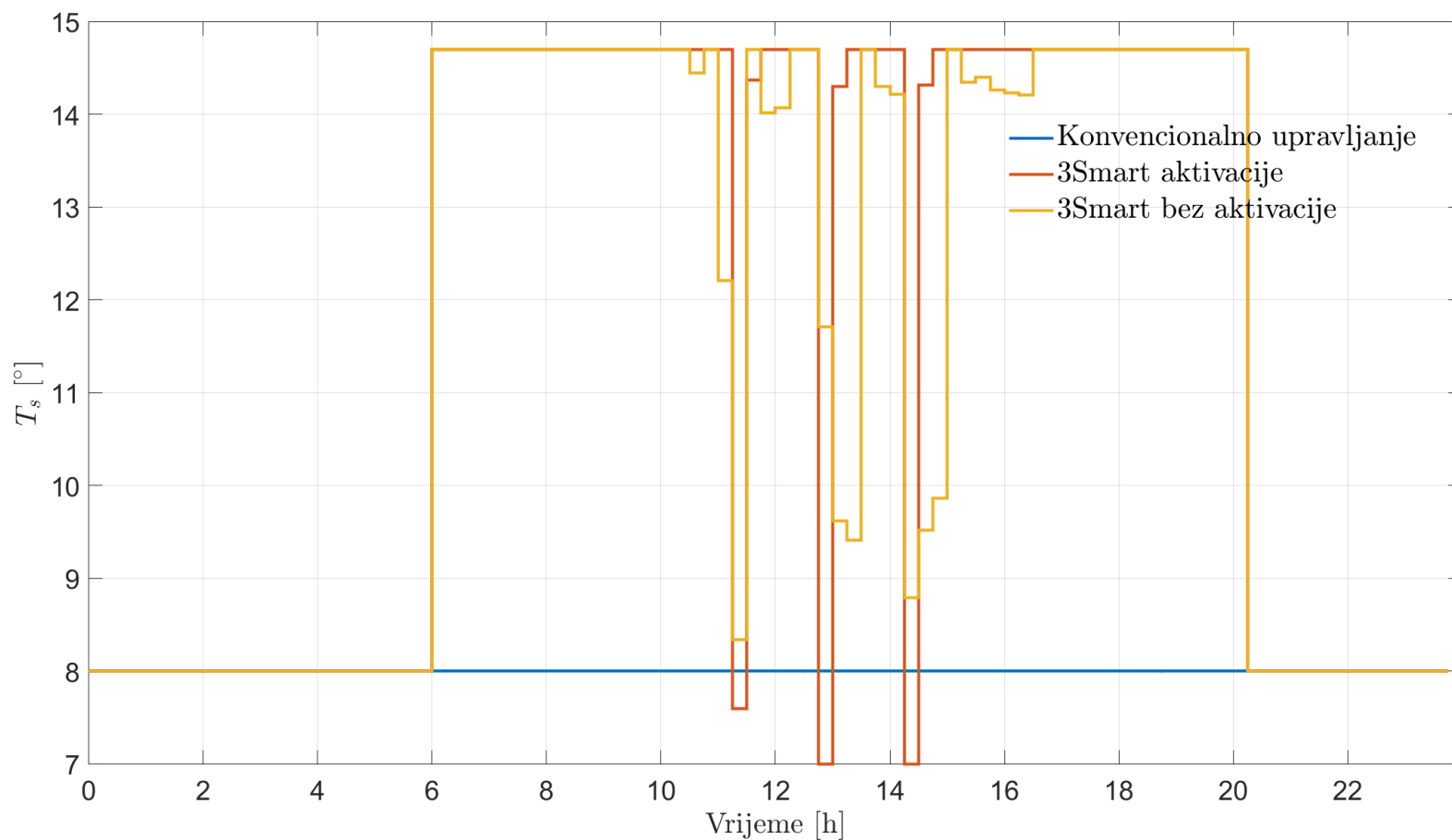
Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (2)



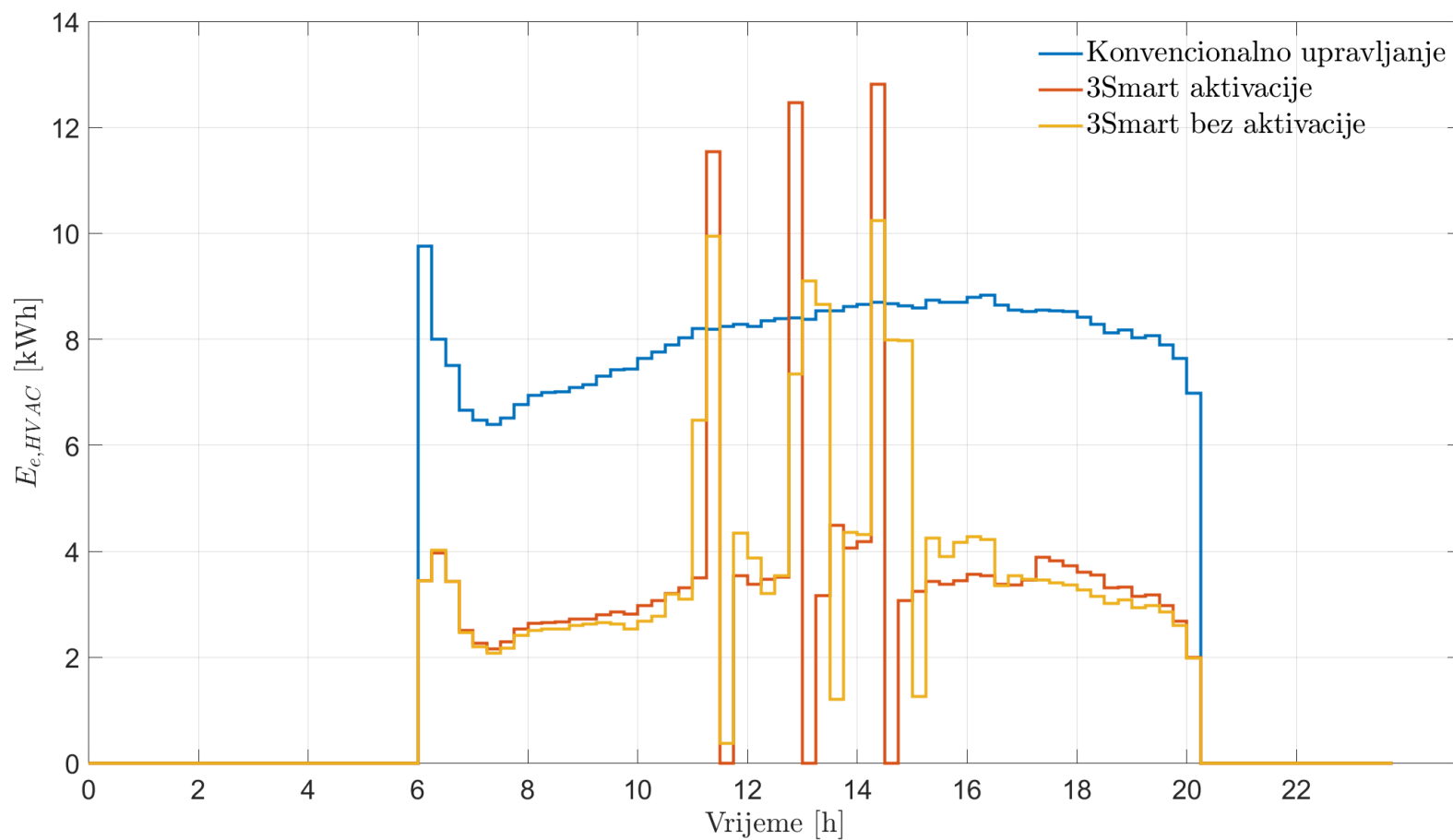
Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (3)

- Centralni HVAC: Profil temperature medija prema zgradi
 - bez 3Smart
 - 3Smart bez aktivacije usluge fleksibilnosti
 - 3Smart uz aktivaciju usluge fleksibilnosti

Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (3)



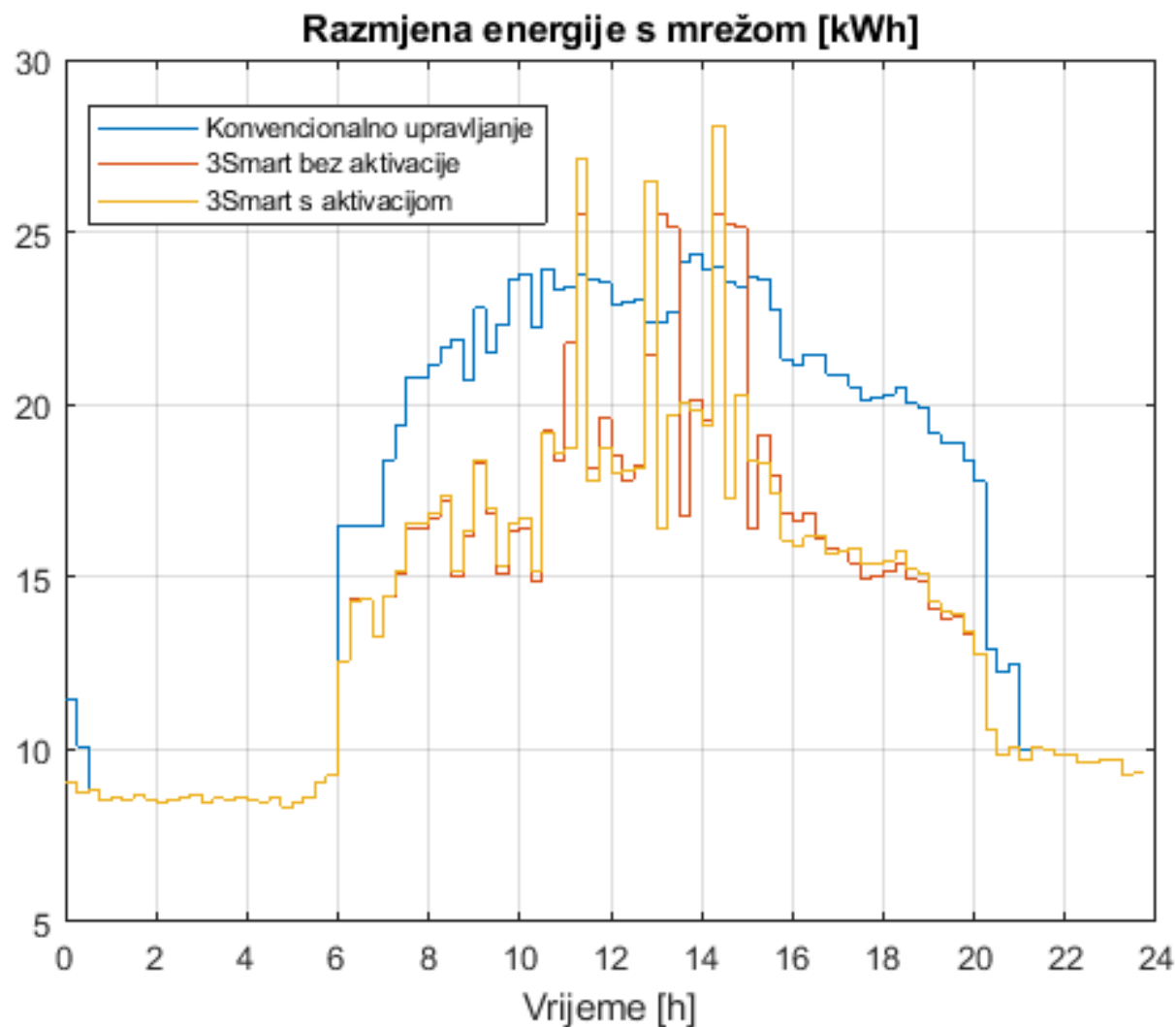
Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (3)



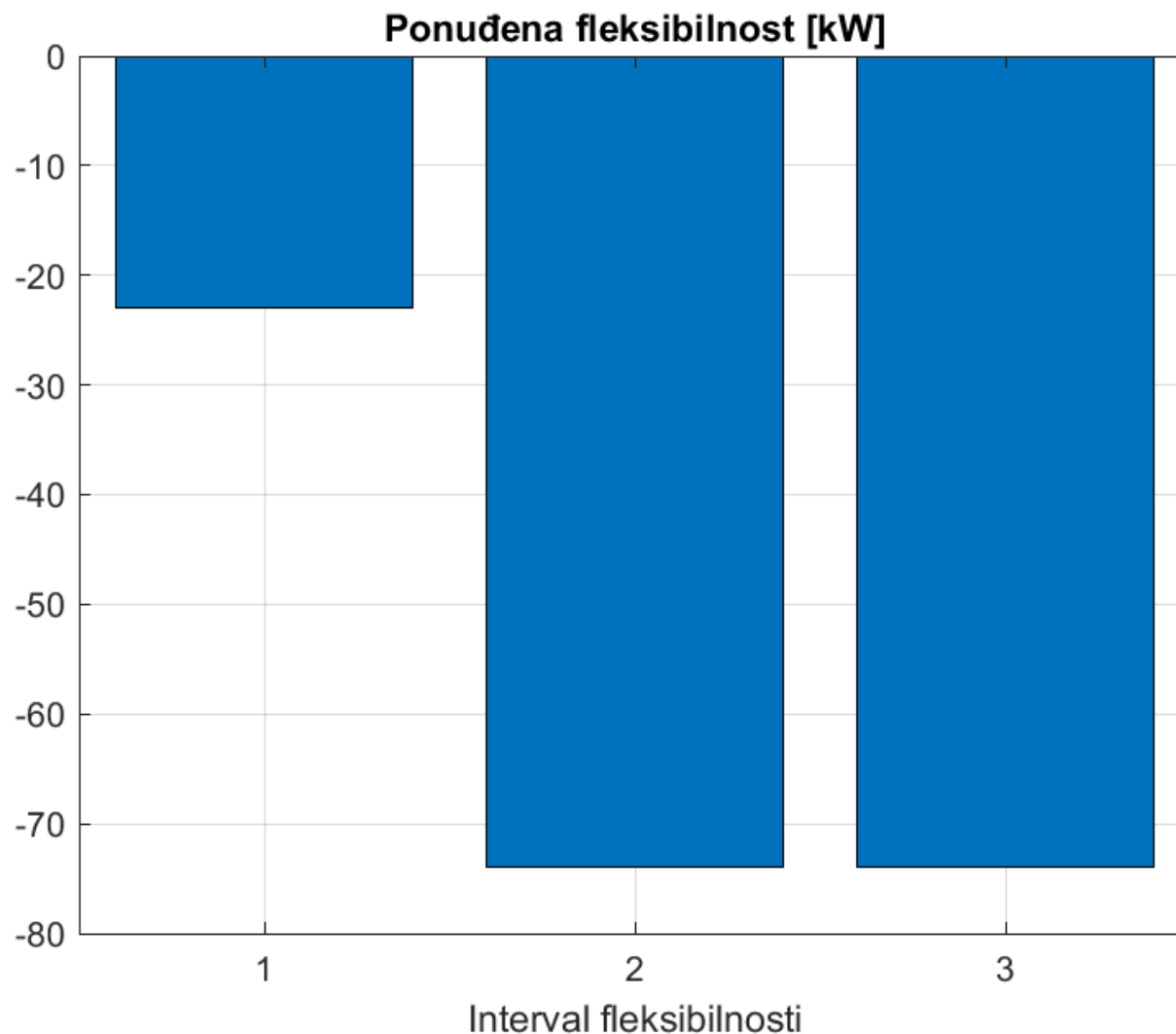
Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (4)

- Mikromreža: Energije punjenja/pražnjenja baterije i ukupna razmjena električne energije s mrežom
 - bez 3Smart
 - 3Smart bez aktivacije usluge fleksibilnosti
 - 3Smart uz aktivaciju usluge fleksibilnosti
- Optimalna ponuda fleksibilnosti zgrade
- Ukupna cijena rada zgrade
 - bez 3Smart
 - 3Smart bez aktivacije usluge fleksibilnosti
 - 3Smart uz aktivaciju usluge fleksibilnosti

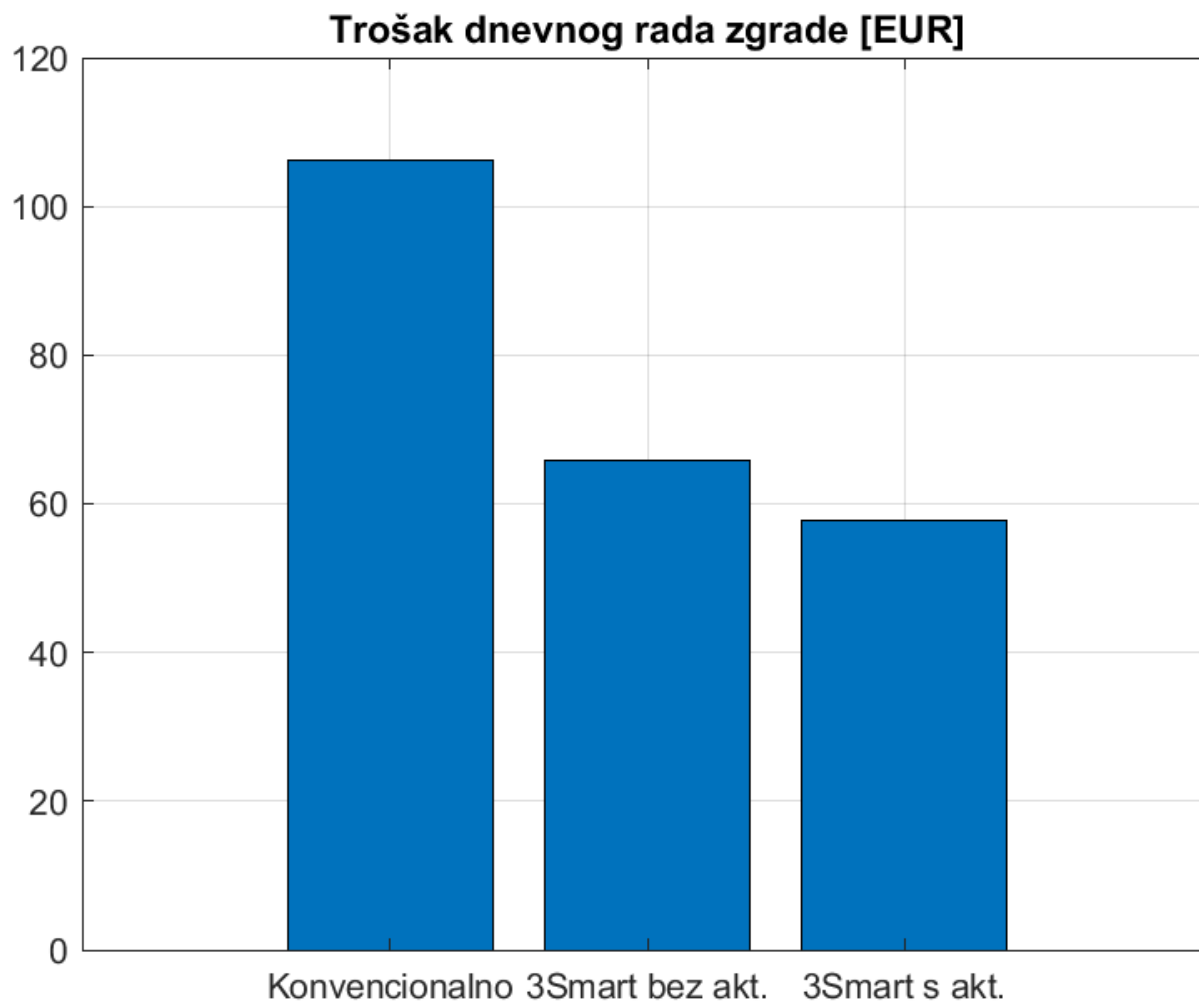
Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (6)



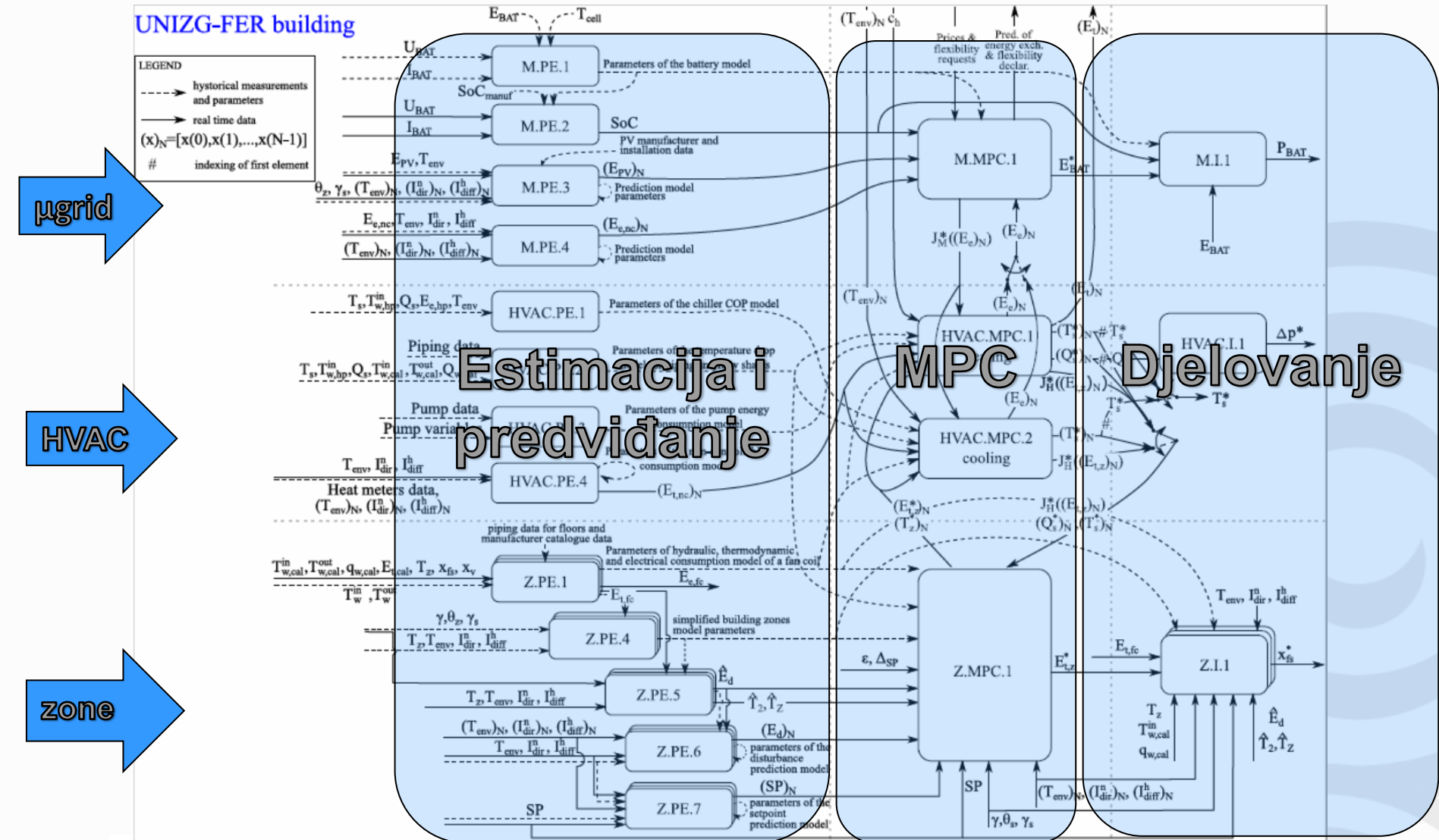
Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (7)



Analiza rada 3Smart sustava na FER zgradi (8)



Organizacija 3Smart alata na FERu



Zahtjevi na intervencije u zgradi

- Programski odabir dijelova zgrade koje se koordinira
 - odabir do razine pojedinačnih soba ili grupa soba
- Jednostavan i automatiziran povratak na klasično upravljanje ako je potrebno
 - upravljačke akcije s vremenskim tragom
- Uzorkovanje podataka iz zgrade s vremenskom rezolucijom ~ 1 min u 3Smart bazu podataka
- Upravljačke naredbe iz 3Smart baze podataka propagiraju do krajnjih uređaja u sustavu automatizacije u zgradi
- Neremećenje lokalnih upravljačkih petlji HVAC/ μ grid

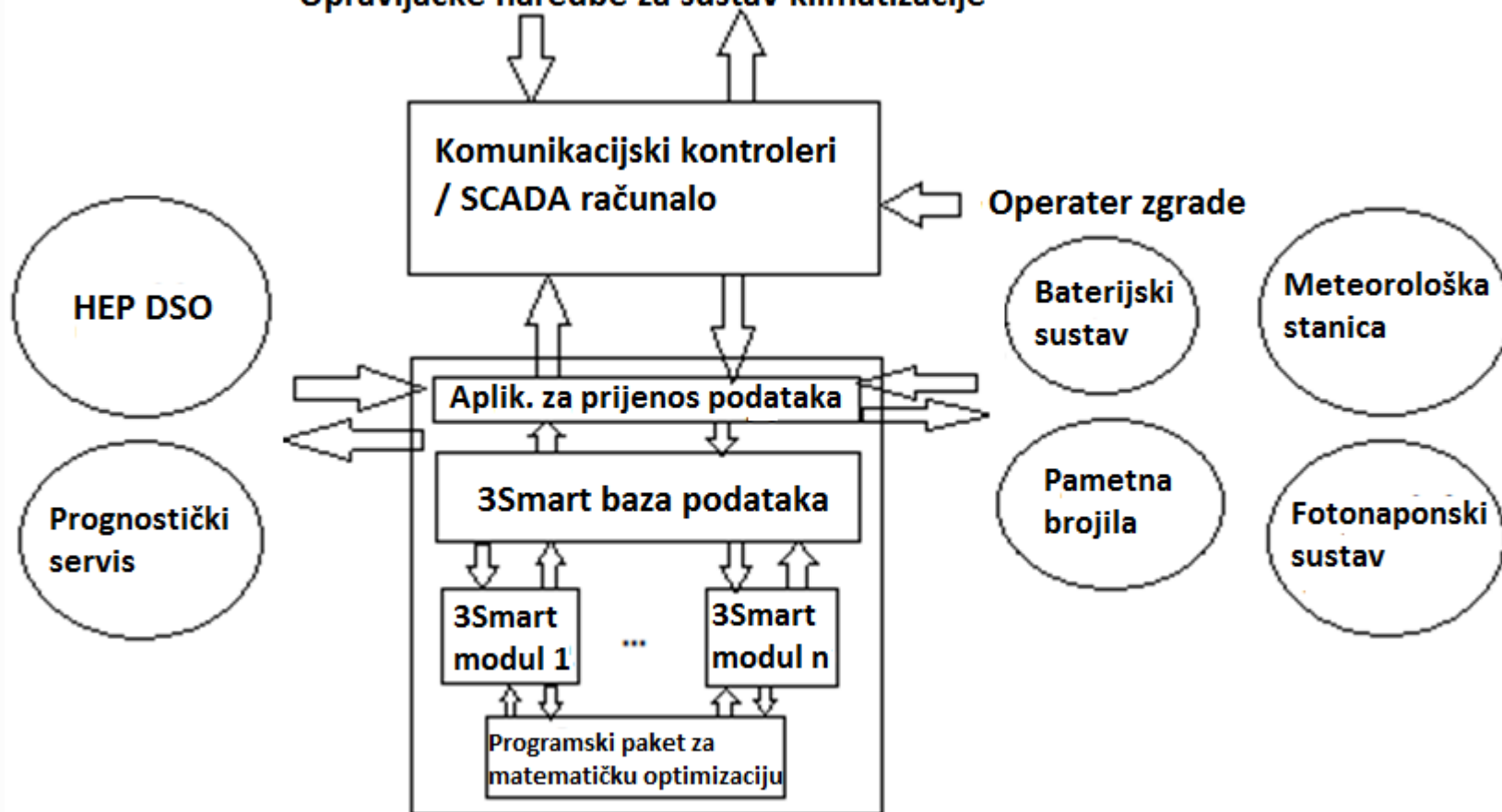
3Smart intervencije na FER neboderskoj zgradi

- Razina zona:
 - rekonfiguracija sobnih jedinica uz očuvano jamstvo proizvođača
 - 1-wire senzori temperature povratne vode za svaki ventilokonvektor (368)
 - nadograđena SCADA (3Smart on/off)
- Katovi:
 - ugrađeni kalorimetri za svaki polukat te integrirani u SCADAu
- Centralna HVAC razina (priprema medija za grijanje/hlađenje):
 - toplinska podstanica integrirana u SCADAu
- Razina mikromreže zgrade:
 - 32 kWh / 10 kW Li-ion baterijski sustav s upravljivim pretvaračem snage
 - integrirana mjerila električne energije
- 3Smart poslužiteljsko računalo, 3Smart baza podataka, komunikacijski kontroleri prema sustavu automatizacije zgrade
- Komunikacija s HEP serverom na mrežnoj strani

Informacijska struktura sustava za obje zgrade

Podatci sa senzora i upravljačkih uređaja sustava klimatizacije

Upravljačke naredbe za sustav klimatizacije



HEP – Pilot zgrada



Postojeći sustav

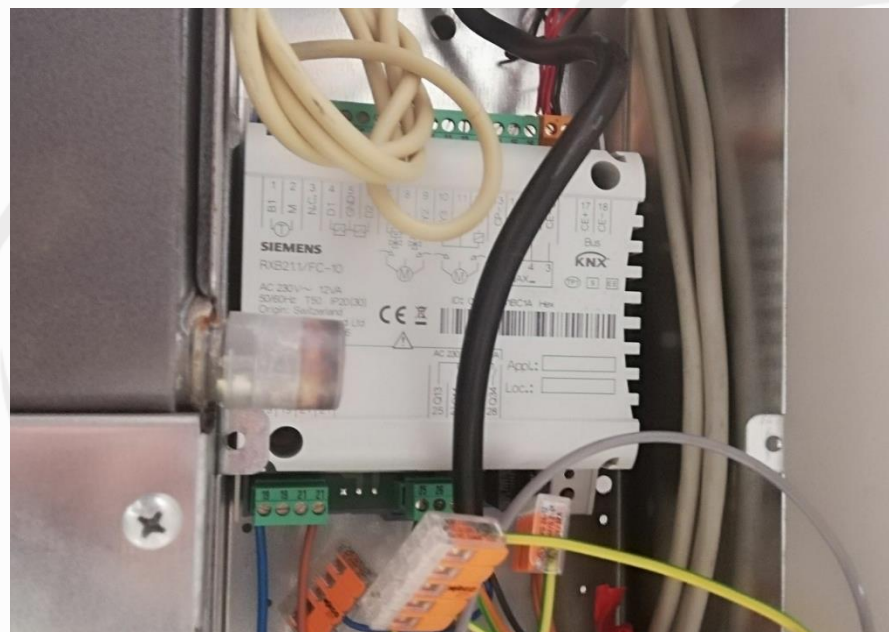
- 2 x rashladnik vode ($Q_{hl}=1.063$ kW)
- Toplinska stanica:
 - Toplinska podstanica Kompakt 1000
 - Toplinska podstanica Kompakt 1000PTV
 - Toplinska podstanica Kompakt 120
- Klima komora (5.000 m³/h)
- Fotonaponska elektrana ($29,64$ kW_e)
- Radijatori – 288
- Ventilokonvektori – 313
- Lokalno upravljanje na nivou zone (sobe), te na nivou toplinskih podstanica, bez integracija, bez CNUS-a

Izvedeni zahvati

- Zahvati na zgradi izvedeni su na 3 nivoa:
 - Nivo zone/ureda
 - Nivo proizvodnje rashladne i ogrjevnje energije (HVAC sustavi)
 - Nivo mikromreže

Zahvati u zoni

- Svi uredi su opremljeni:
 - Kontrolerima za upravljanje grijanjem i hlađenjem u uredima (Siemens RDG) – 243
 - Kontrolerima za upravljanje hlađenjem u hodnicima (Siemens RXB) – 30



Zahvati u zoni

- Svi uredi su opremljeni:
 - Elektrotermičkim pogonima na radijatorima – 288
 - 2 dodatna temperaturna osjetnika – jedan na povratu s radijatora, drugi s ventilkonvektora – 486



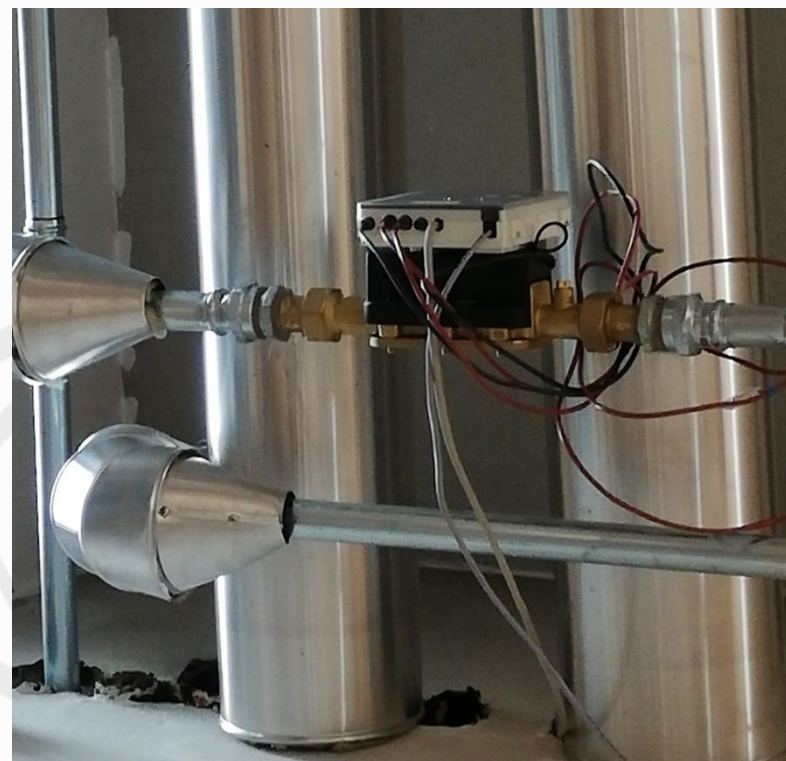
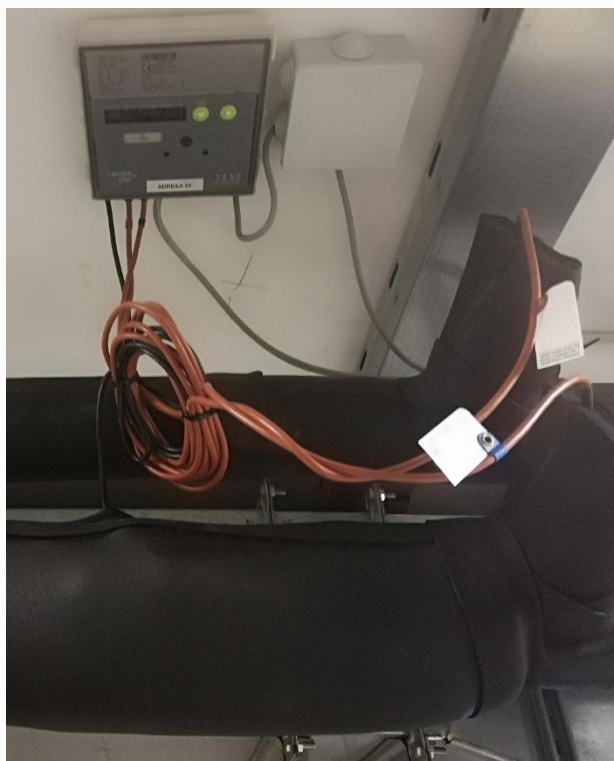
Zahvati u zoni

- Svaki kat je opremljen sa slijedećim:
 - Katni ormar za povezivanje svih kontrolera na predmetnom katu – 9



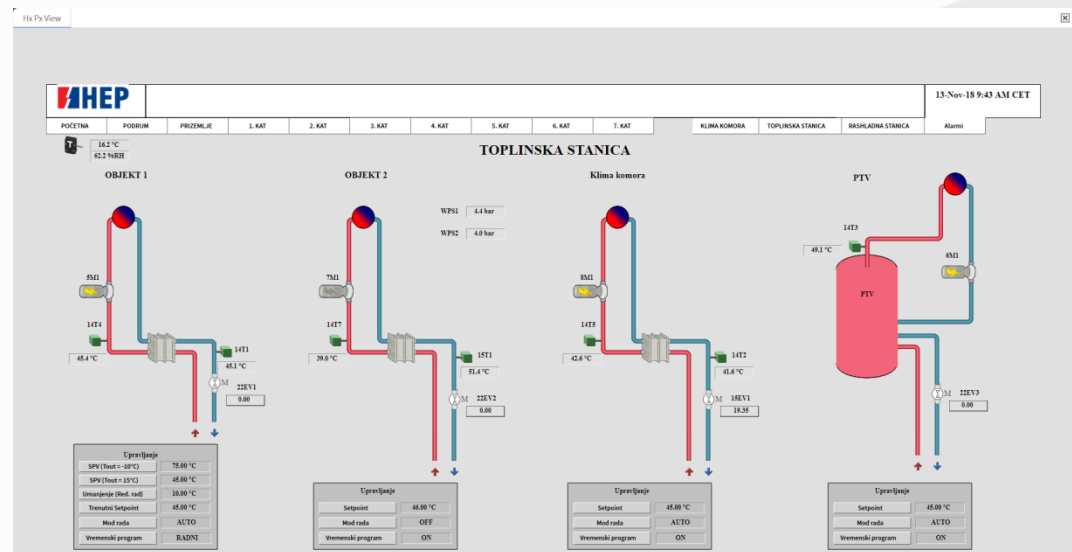
Zahvati u zoni

- Svaki kat je opremljen sa slijedećim:
 - 4 mjerila toplinske energije (2 na grijanju i 2 na hlađenju) - 33



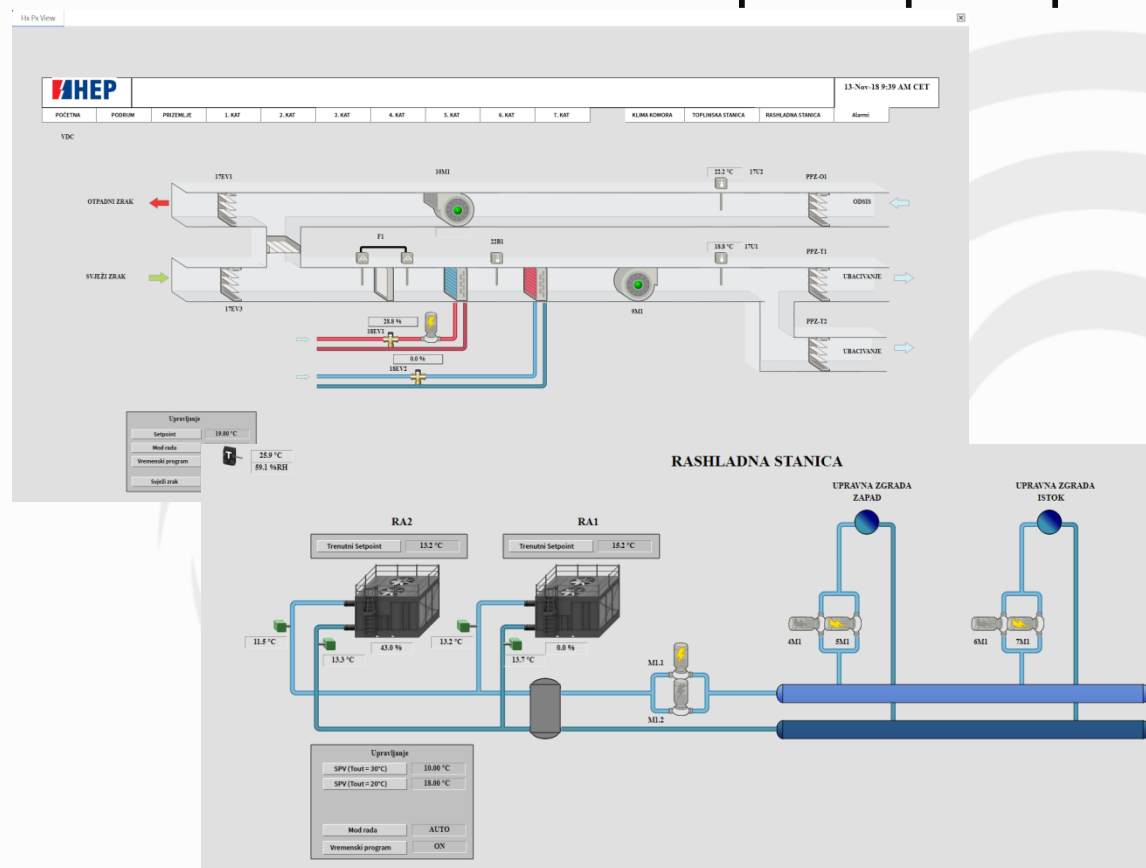
Zahvati na HVAC sustavu

- Integracija toplinske stanice na CNUS



Zahvati na HVAC sustavu

- Integracija klima komore na CNUS
- Integracija rashladnika vode i cirkulacijskih pumpi na CNUS



Nivo mikromreže

- Ugrađen baterijski sustav
 - Li-ion baterije
 - Kapacitet: 32 kWh
 - Pretvarač: 10 kW
- Integracija PV elektrane na CNUS (u feed in tarifi)
- Ugrađena dodatna mjerila potrošnje električne energije:
 - Zgrada (ukupno)
 - PV elektrana
 - Rashladnici vode

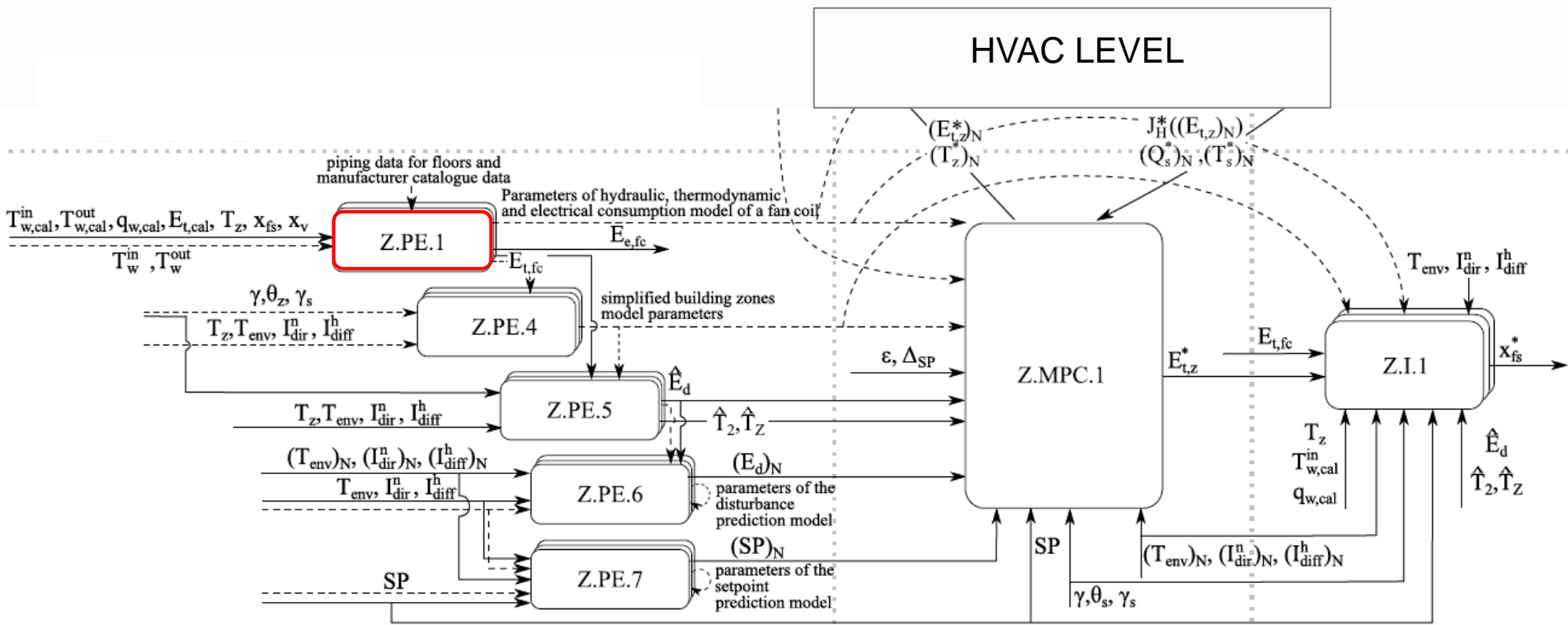


Demonstracija modula u radu na FER zgradi

Razina zona

Z.PE.1 – offline

(fan coil identification submodule)



Z.PE.1 – offline

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU MODELA VENTILOKONVEKTORA)

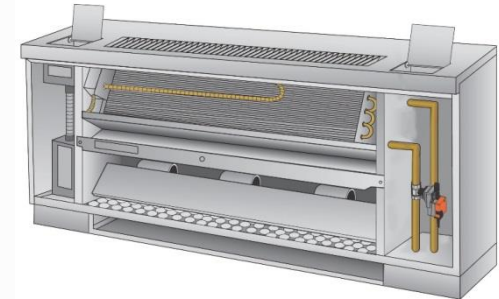
Pokretanje samo jednom

- Identifikacija **hidrauličkog modela instalacija**

Medium flow measurement from
the considered duct calorimeter →
Valve position →

Hydraulic fan coil
model

→ Medium flow through the fan coil



- Identifikacija **termodinamičkog modela ventilokonvektora**

Supply water temperature (calorimeter) →
Return medium temperature →
Fan state →
Valve position →
Medium flow through the coil →
Zone temperature →

Thermodynamic fan
coil model

→ Thermal energy exerted into zone

- Identifikacija **modela potrošnje električne energije** ventilokonvektora

Fan state →

Electrical energy
consumption model

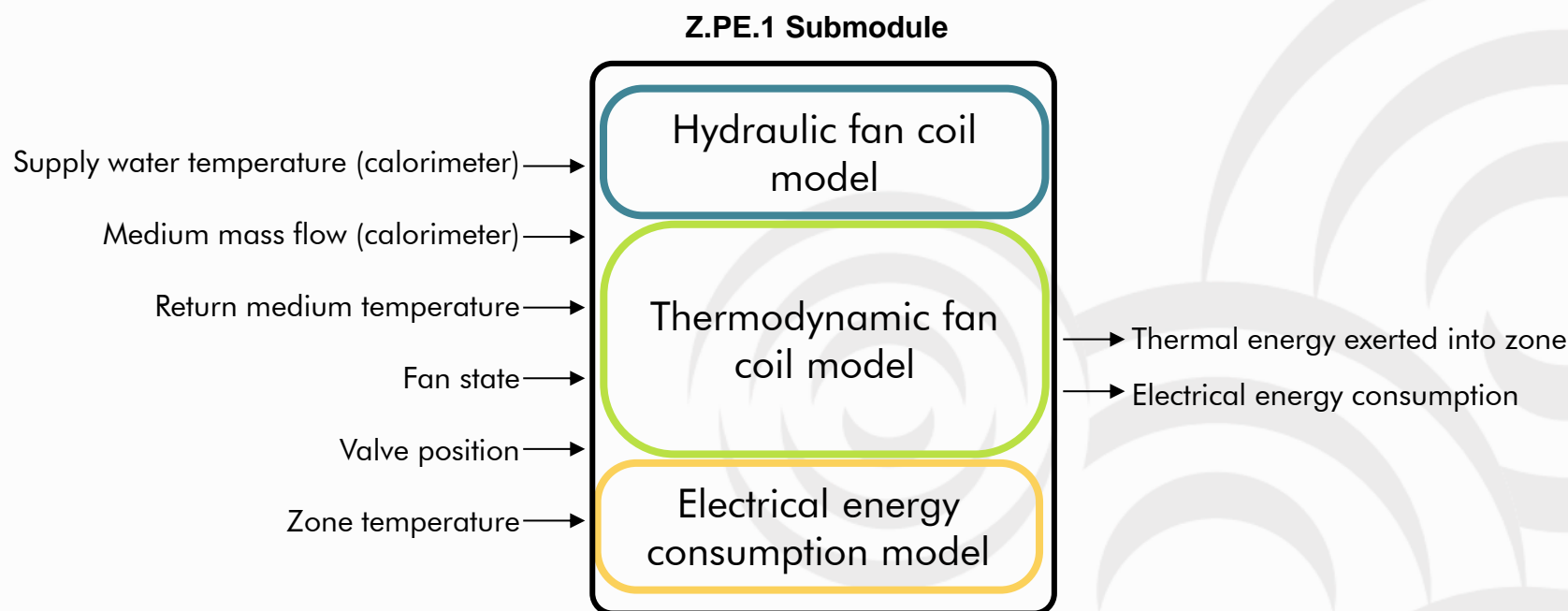
→ Electrical energy consumption

Z.PE.1 – online

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU MODELA VENTILOKONVEKTORA)

- Pomoću **hidrauličkog**, **termodinamičkog** i **modela potrošnje električne energije** ventilokonvektora svaku minutu proračunava se toplinska energija ubačena u prostoriju i potrošnja električne energije ventilatora ventilokonvektora

Pokretanje svakih 1 min

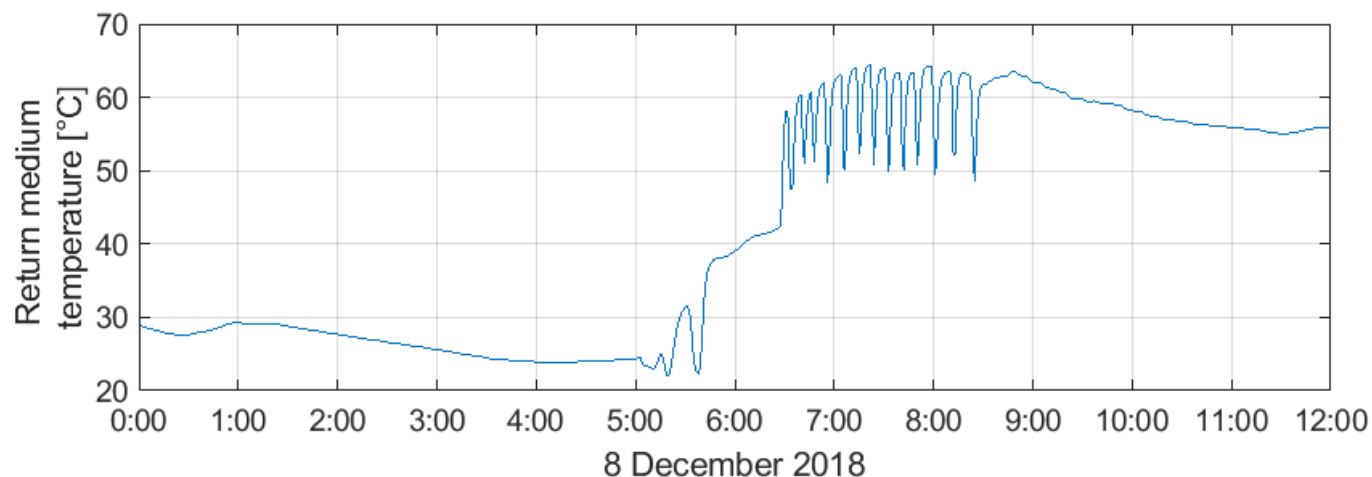


Z.PE.1 – online

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU MODELA VENTILOKONVEKTORA)

- Pomoću **hidrauličkog**, **termodinamičkog** i **modela potrošnje električne energije** ventilokonvektora svaku minutu proračunava se toplinska energija ubačena u prostoriju i potrošnja električne energije ventilatora ventilokonvektora

ULAZ 1: trenutno mjerenje povratne temperature medija za grijanje/hlađenje



Z.PE.1 – online

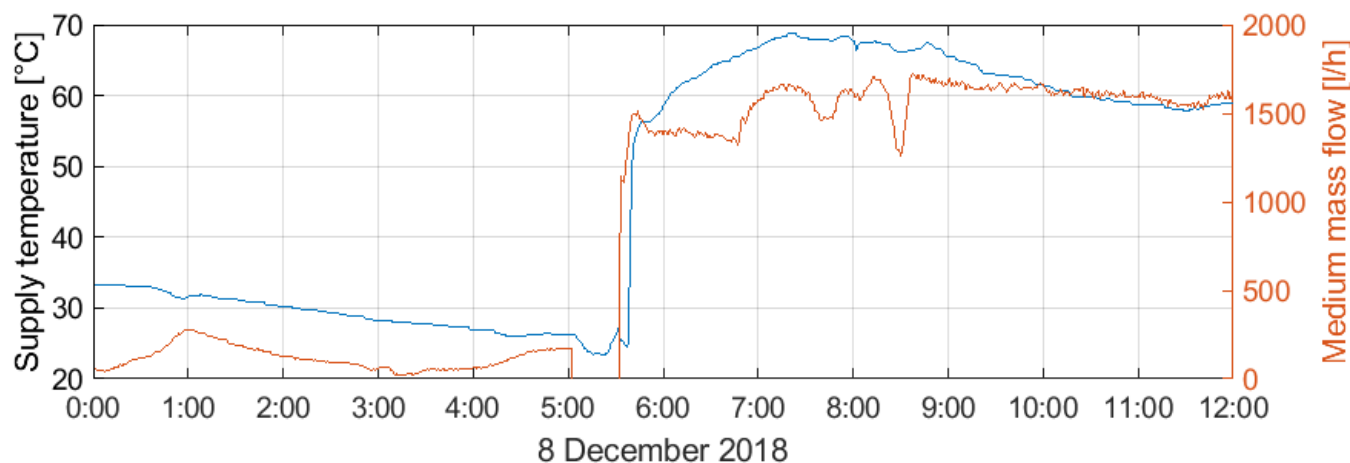
(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU MODELA VENTILOKONVEKTORA)

- Pomoću **hidrauličkog**, **termodinamičkog** i **modela potrošnje električne energije** ventilokonvektora svaku minutu proračunava se toplinska energija ubačena u prostoriju i potrošnja električne energije ventilatora ventilokonvektora

ULAZ 1: trenutno mjerenje povratne temperature medija za grijanje/hlađenje

ULAZ 2: trenutno mjerenje polazne temperature medija

ULAZ 3: trenutno mjerenje protoka medija



Z.PE.1 – online

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU MODELA VENTILOKONVEKTORA)

- Pomoću **hidrauličkog**, **termodinamičkog** i **modela potrošnje električne energije** ventilokonvektora svaku minutu proračunava se toplinska energija ubačena u prostoriju i potrošnja električne energije ventilatora ventilokonvektora

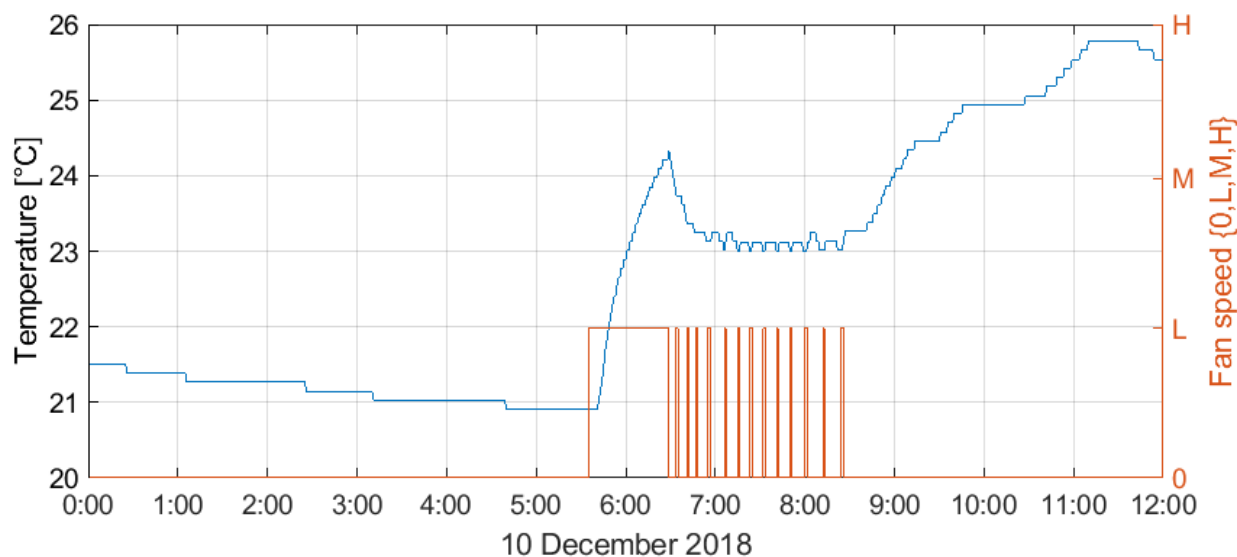
ULAZ 1: trenutno mjerenje povratne temperature medija za grijanje/hlađenje

ULAZ 2: trenutno mjerenje polazne temperature medija

ULAZ 3: trenutno mjerenje protoka medija

ULAZ 4: trenutno mjerenje temperature prostorije

ULAZ 5: trenutno mjerenje brzine ventilatora ventilokonvektora



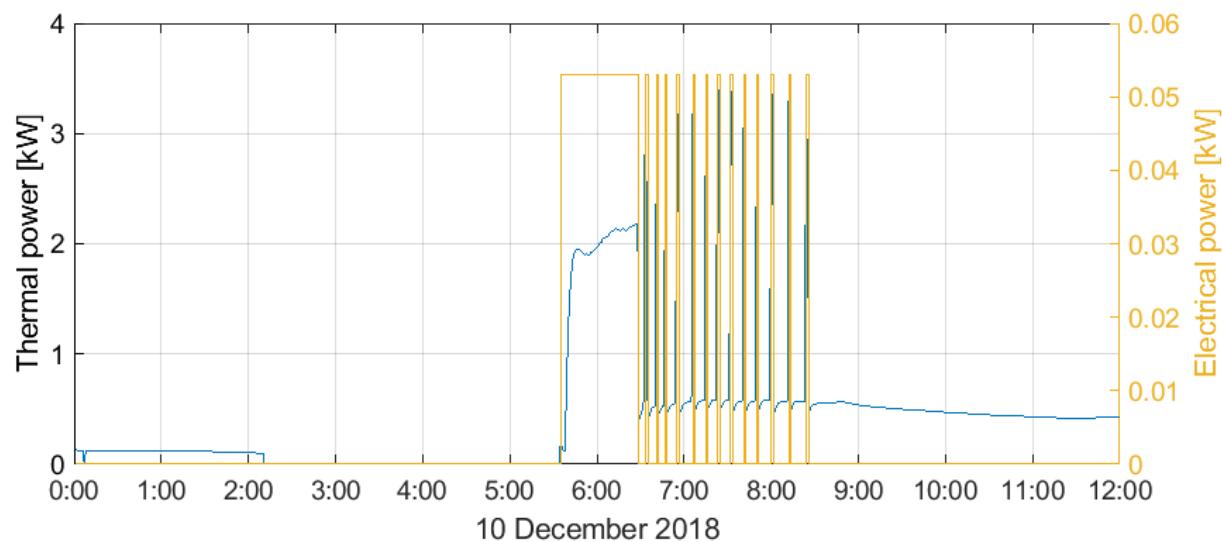
Z.PE.1 – online

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU MODELA VENTILOKONVEKTORA)

- Pomoću **hidrauličkog**, **termodinamičkog** i **modela potrošnje električne energije** ventilokonvektora svaku minutu proračunava se toplinska energija ubačena u prostoriju i potrošnja električne energije ventilatora ventilokonvektora

IZLAZ 1: toplinska energija ubačena u prostoriju

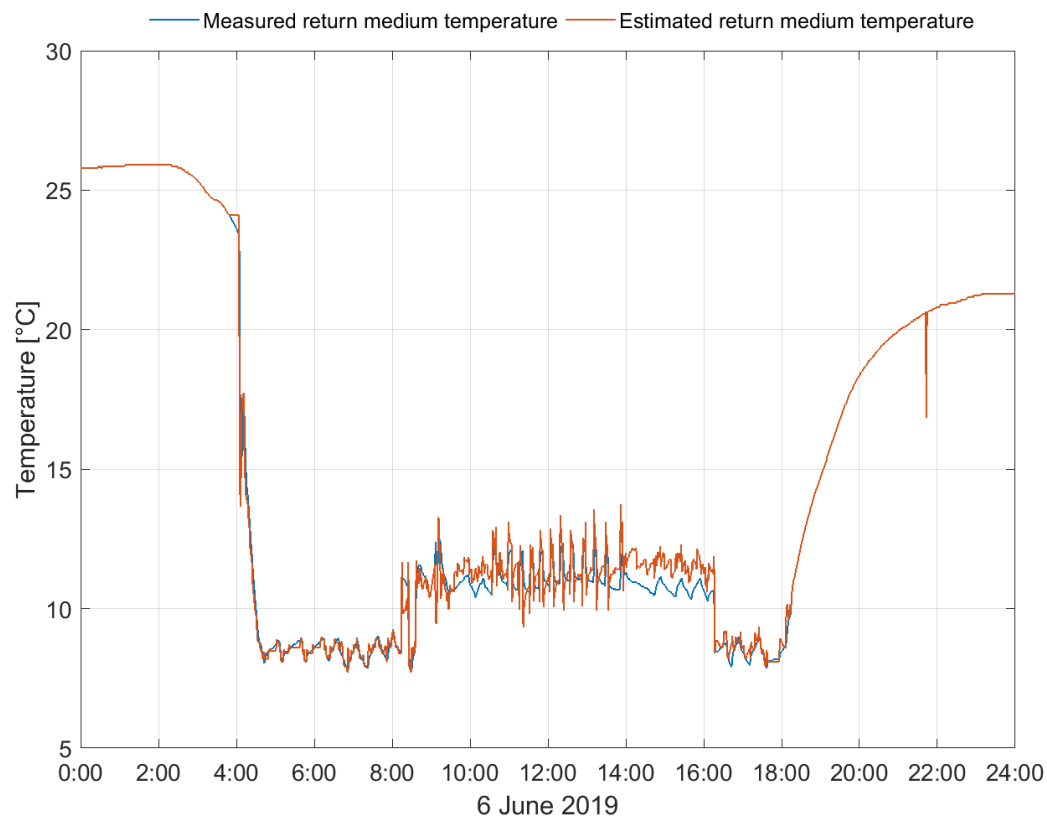
IZLAZ 2: potrošnje električne energije ventilokonvektora



Z.PE.1 – online

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU MODELA VENTILOKONVEKTORA)

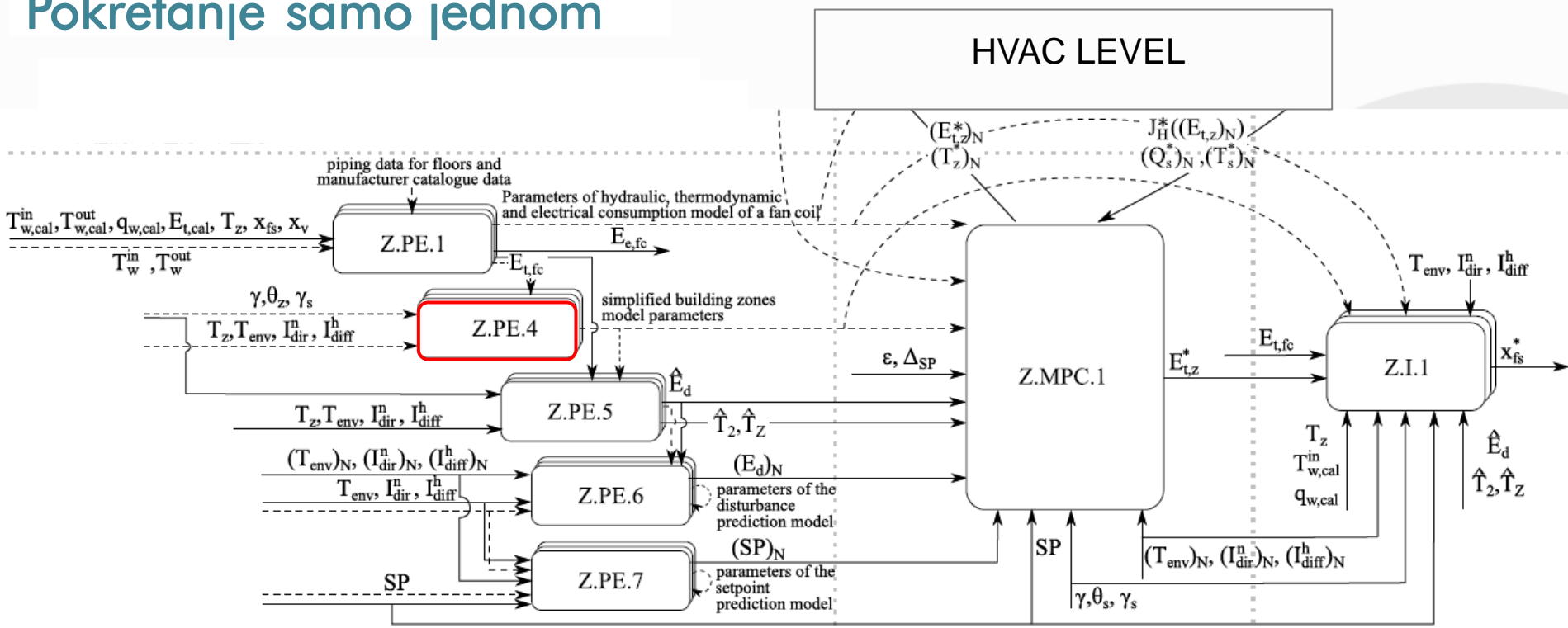
IZLAZ 3: Estimirana vrijednost temperature povratnog medija iz ventilokonvektora -
- otpornost sustava na pogreške u komunikaciji sa senzorima



Zone PE 4

(identification of the simplified building thermodynamic model)

Pokretanje samo jednom

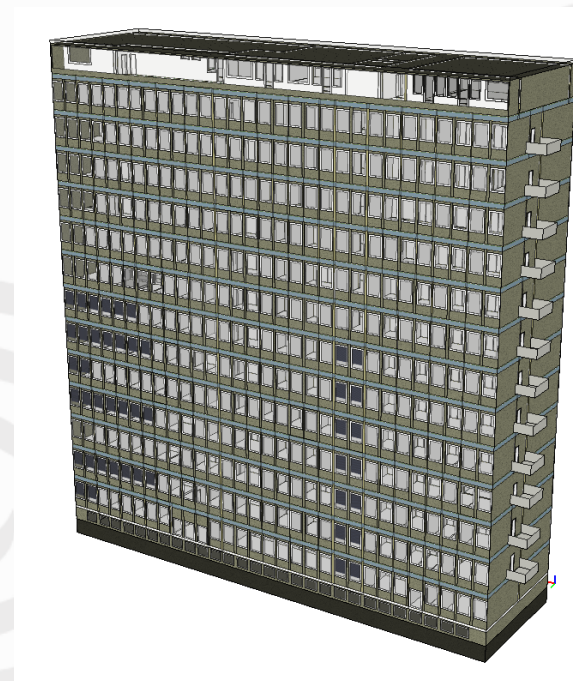
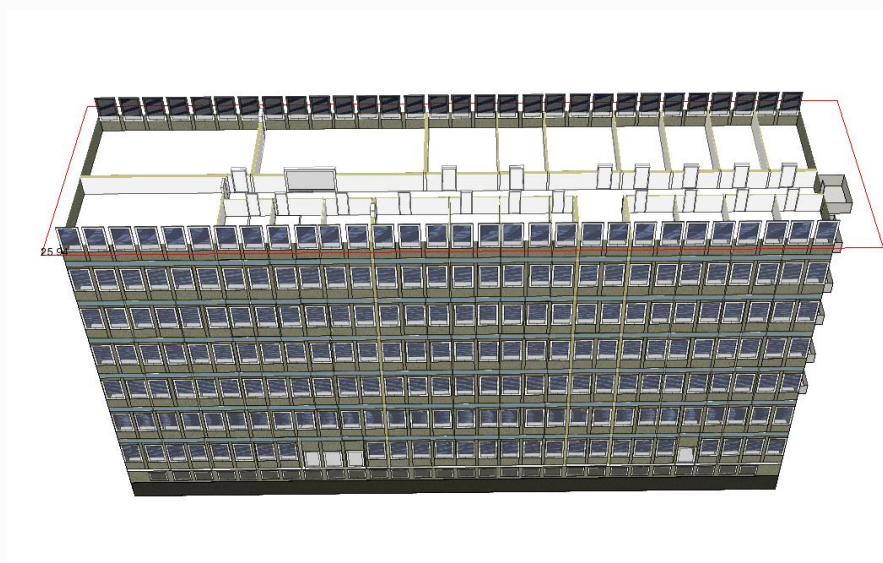


Zone PE 4

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU POJEDNOSTAVLJENOG MATEMATIČKOG MODELA ZGRADE)

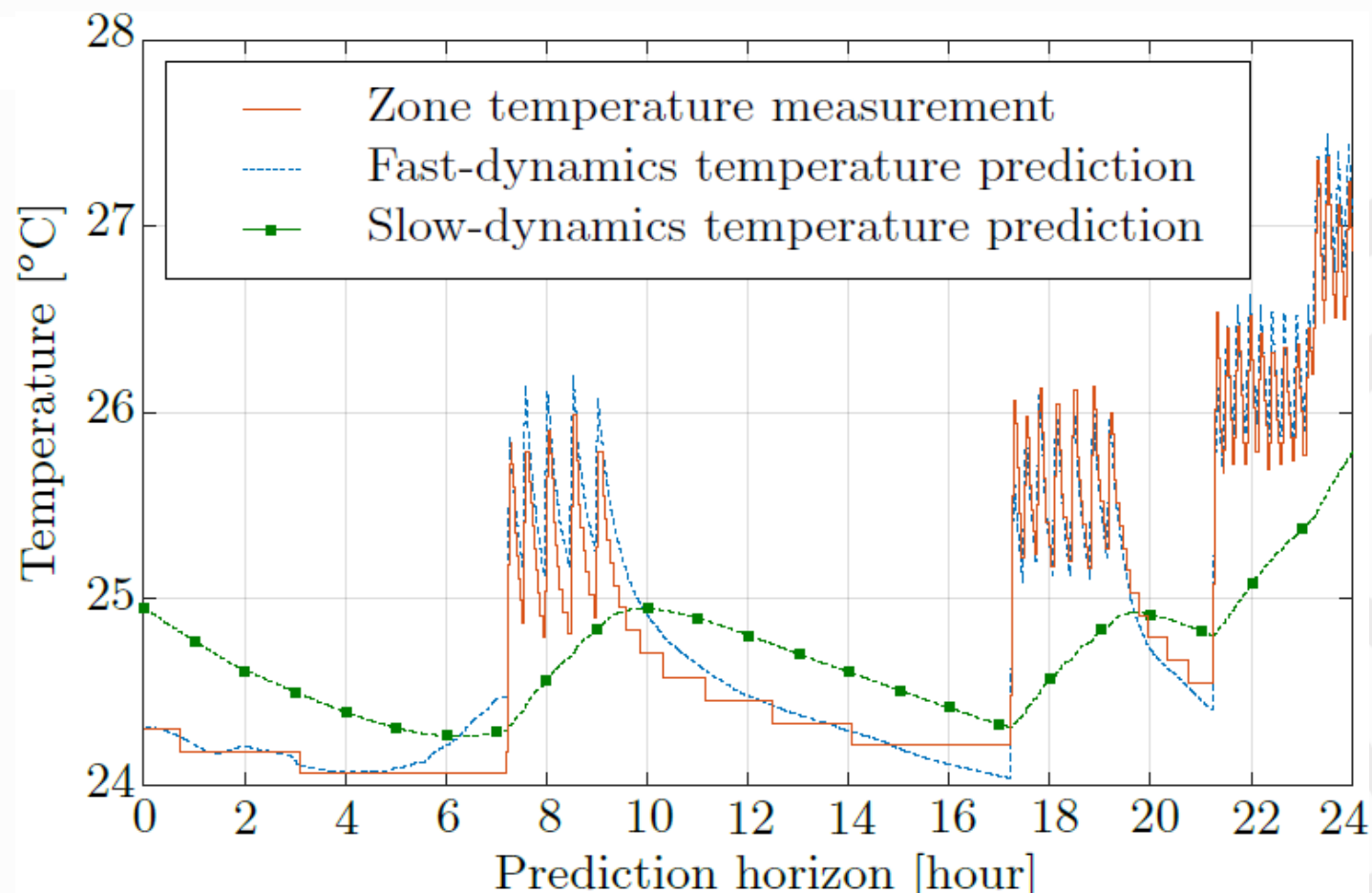
ULAZI: povijesna mjerenja temperature u prostorijama zgrade, povijesna mjerenja vanjskih vremenskih uvjeta, povijesna mjerenja toplinske snage iz prostorija zgrade

IZAZI: parametri matematičkog modela zgrade



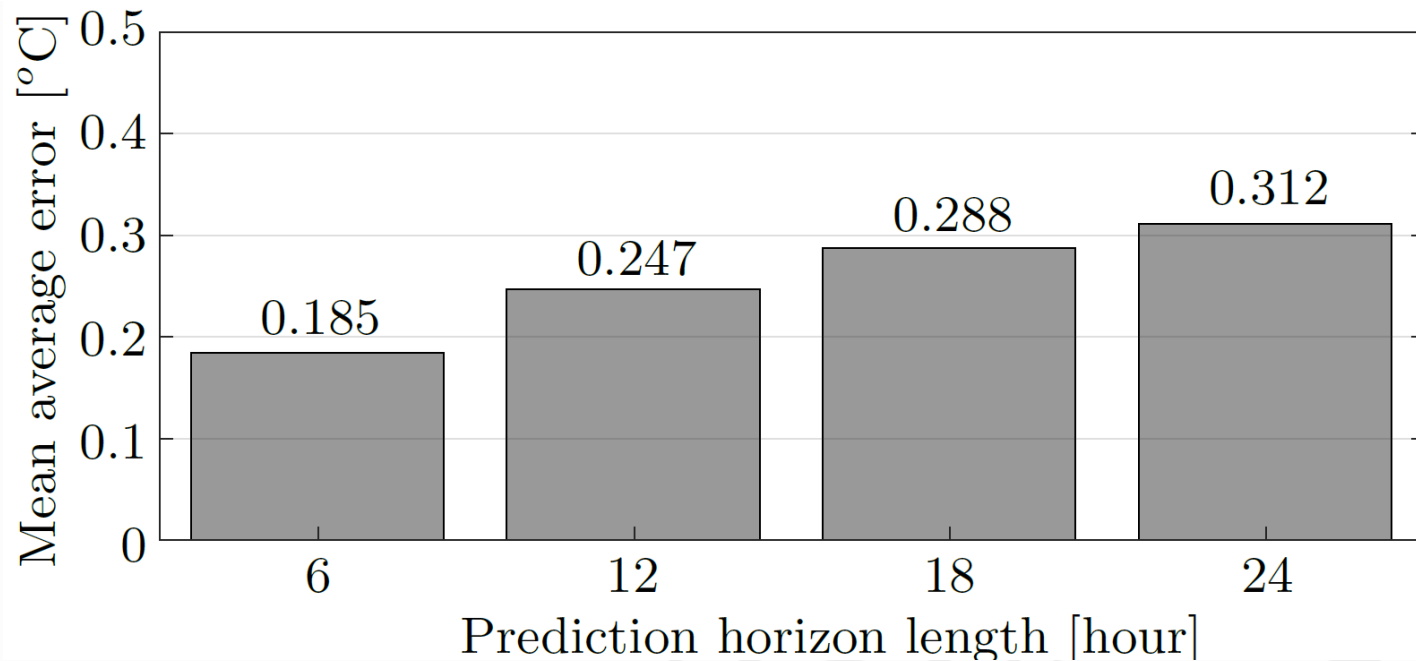
Zone PE 4

(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU POJEDNOSTAVLJENOG MATEMATIČKOG MODELA ZGRADE)



Zone PE 4

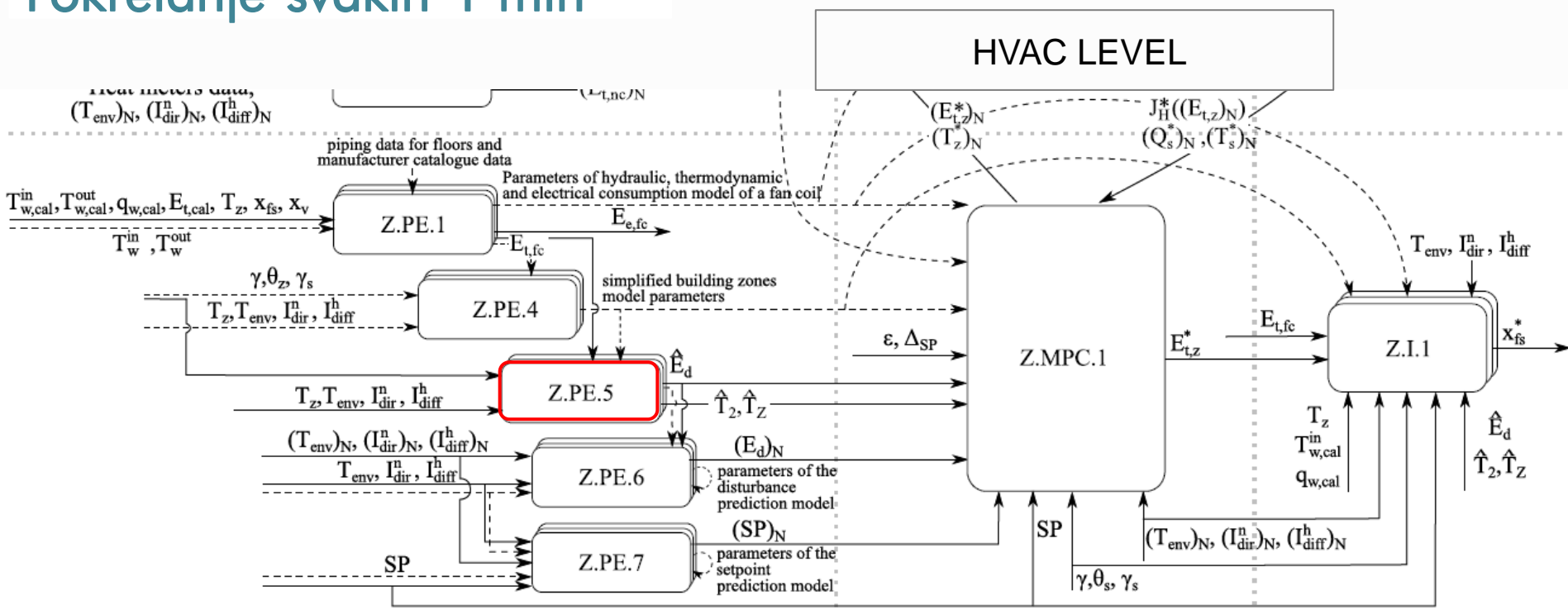
(MODUL ZA IDENTIFIKACIJU POJEDNOSTAVLJENOG MATEMATIČKOG MODELA ZGRADE)



Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)

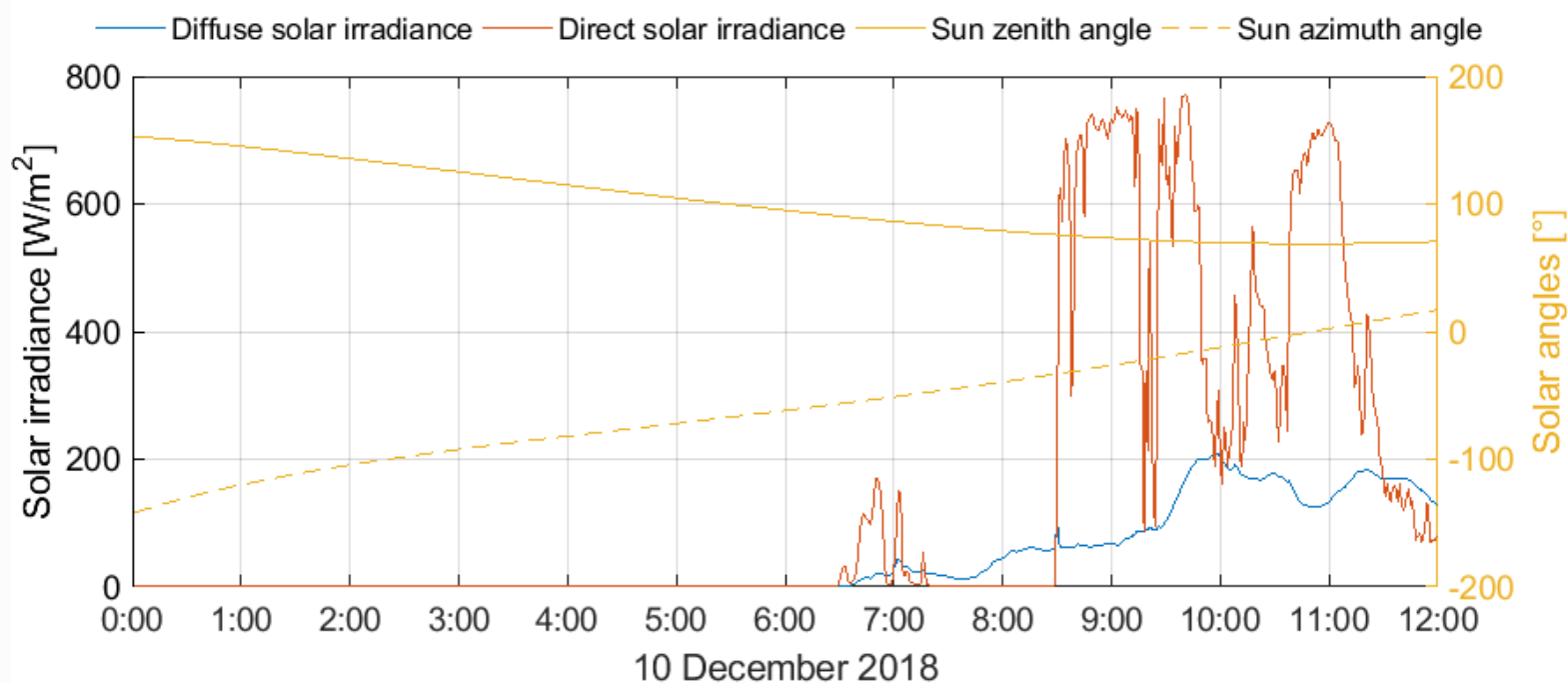
Pokretanje svakih 1 min



Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)

ULAZ 1: trenutno mjerenje direktne i difuzne sunčeve dozračenosti

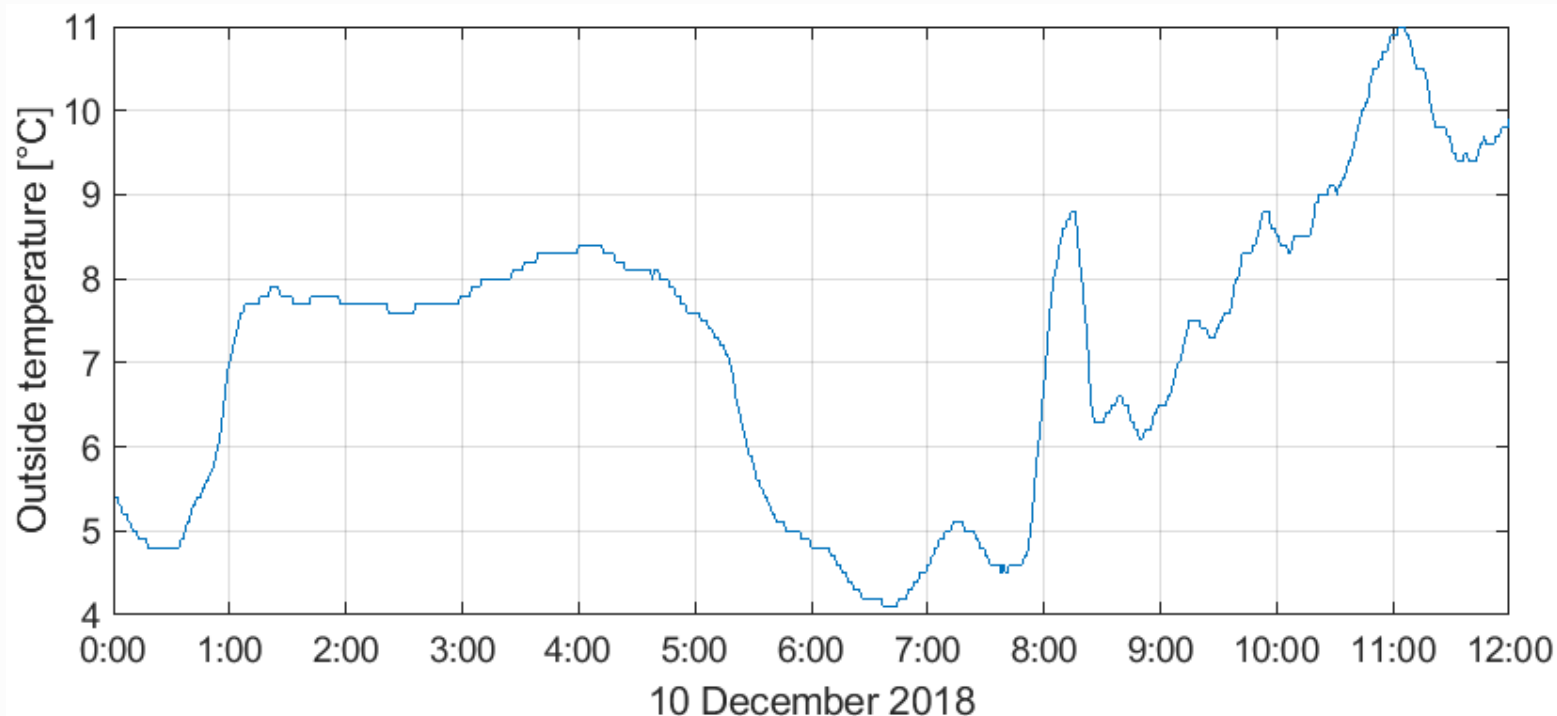


Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)

ULAZ 1: trenutno mjerenje direktne i difuzne sunčeve dozračenosti

ULAZ 2: trenutno mjerenje vanjske temperature



Zone PE 5

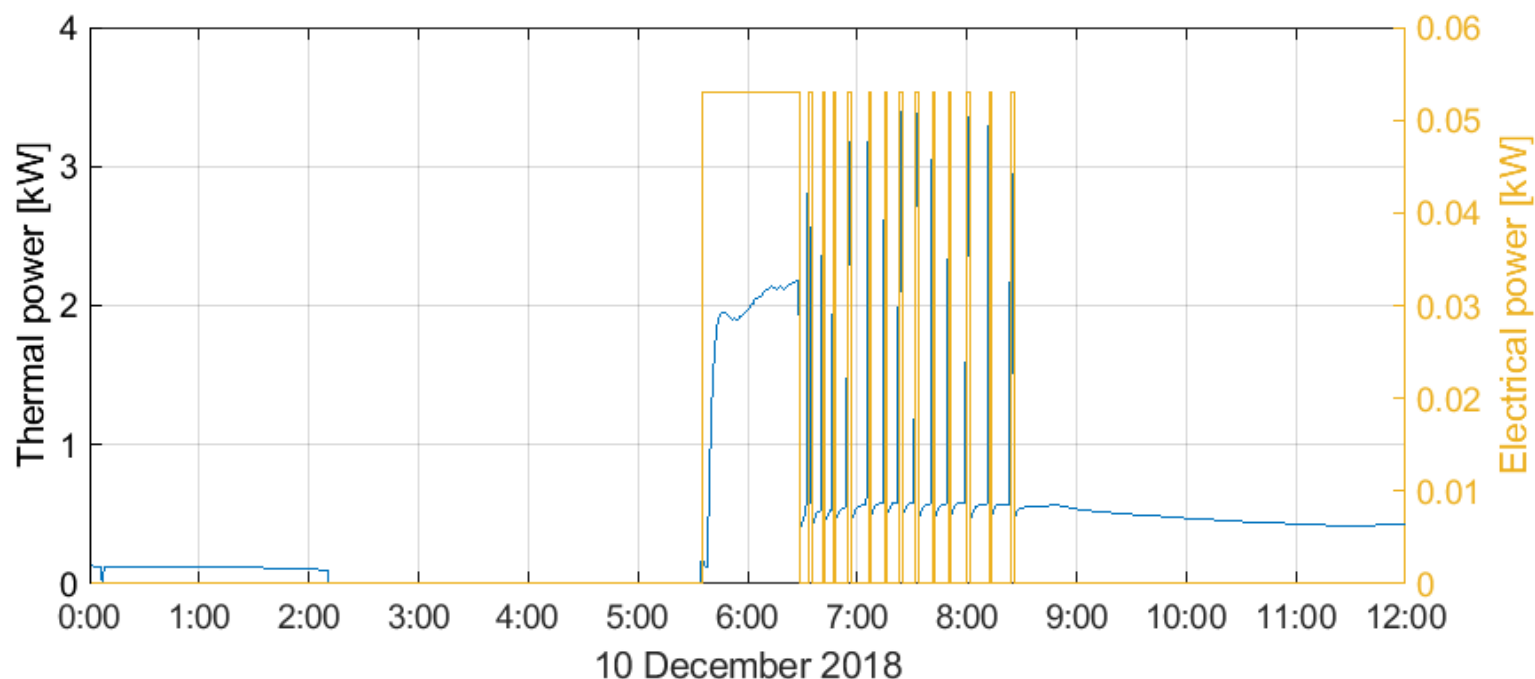
(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)

ULAZ 1: trenutno mjerenje direktne i difuzne sunčeve dozračenosti

ULAZ 2: trenutno mjerenje vanjske temperature

ULAZ 3: trenutne vrijednosti toplinske energije ubačene u zone (Zone PE 1 modul)

ULAZ 4: trenutna mjerenja temperature prostorije

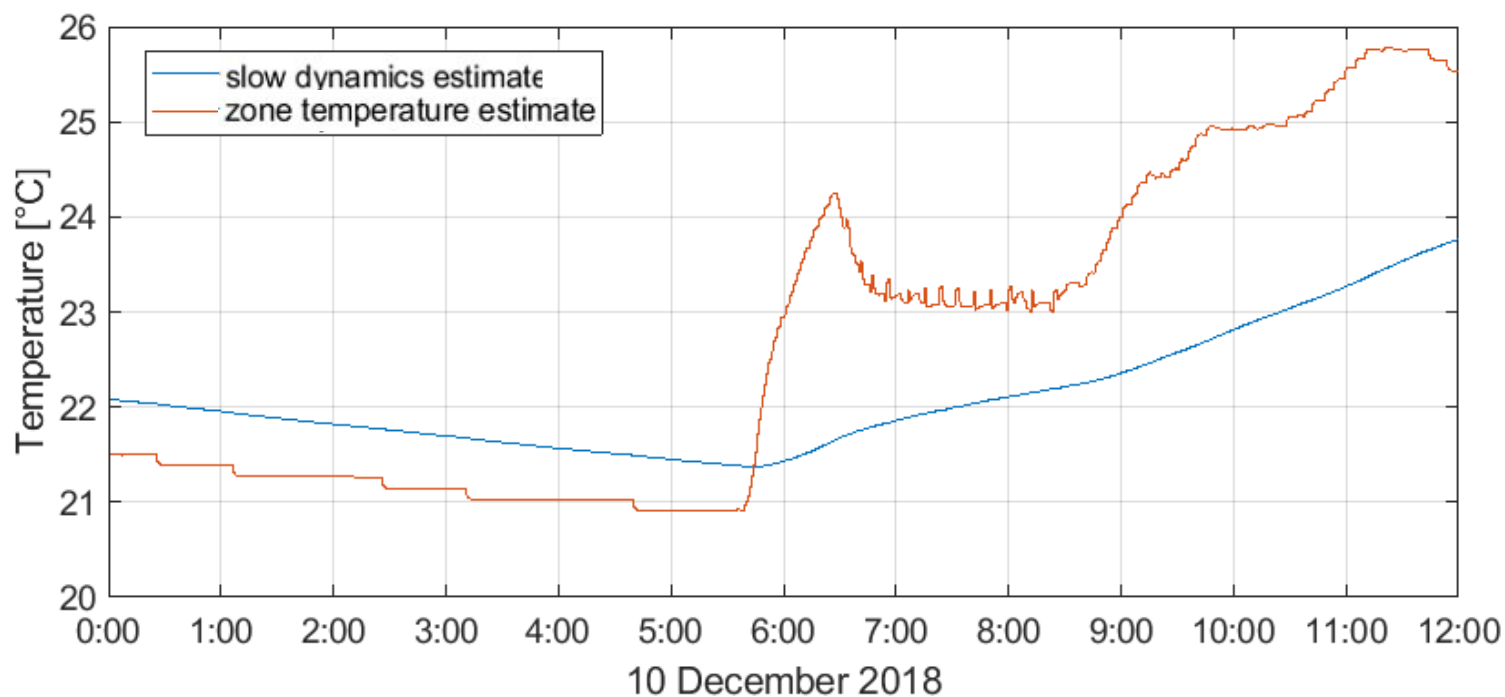


Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)

IZKAZ 1: Estimirana trenutna temperatura spore dinamike

IZKAZ 2: Estimirana trenutna vrijednost toplinskog poremećaja

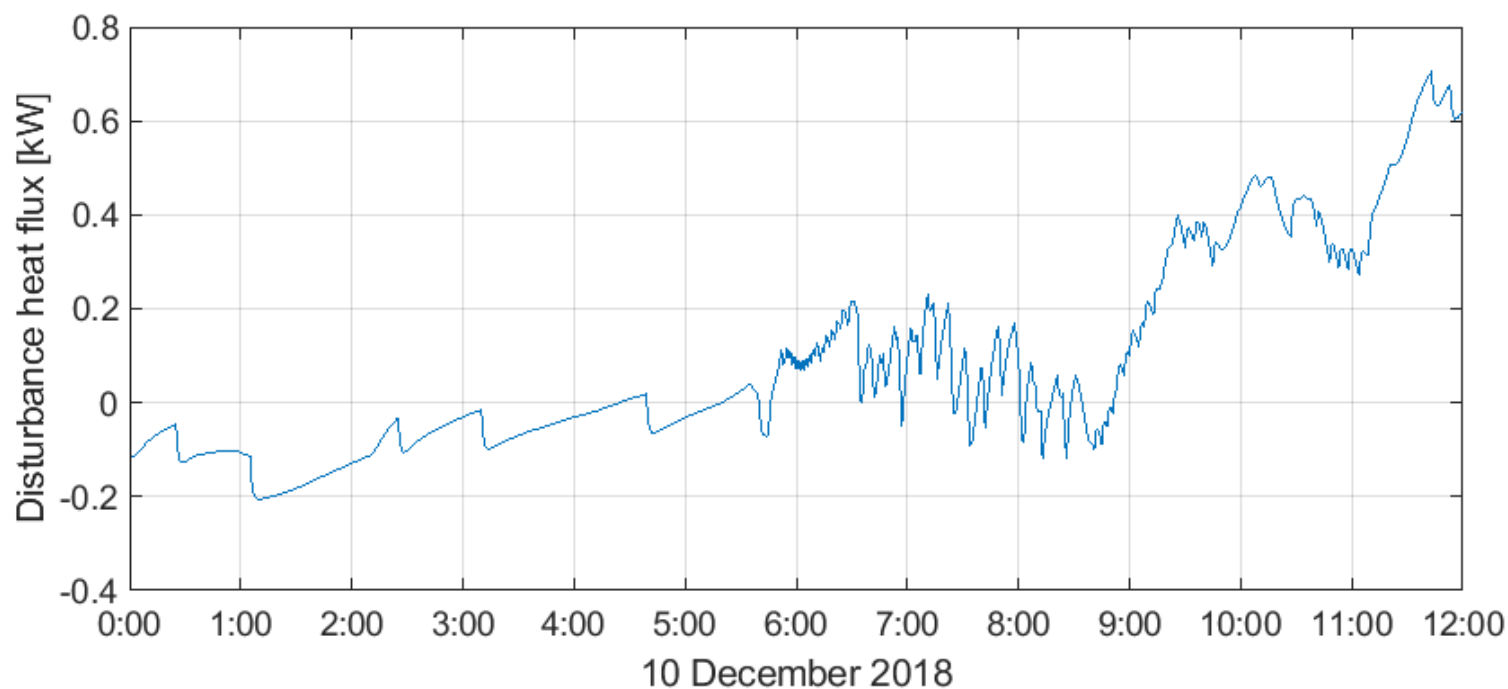


Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)

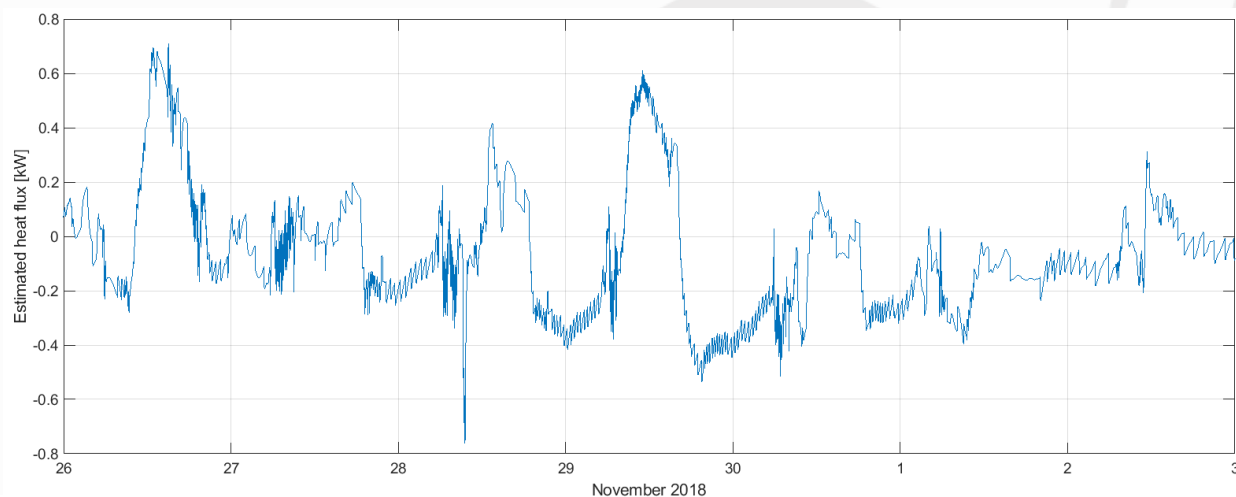
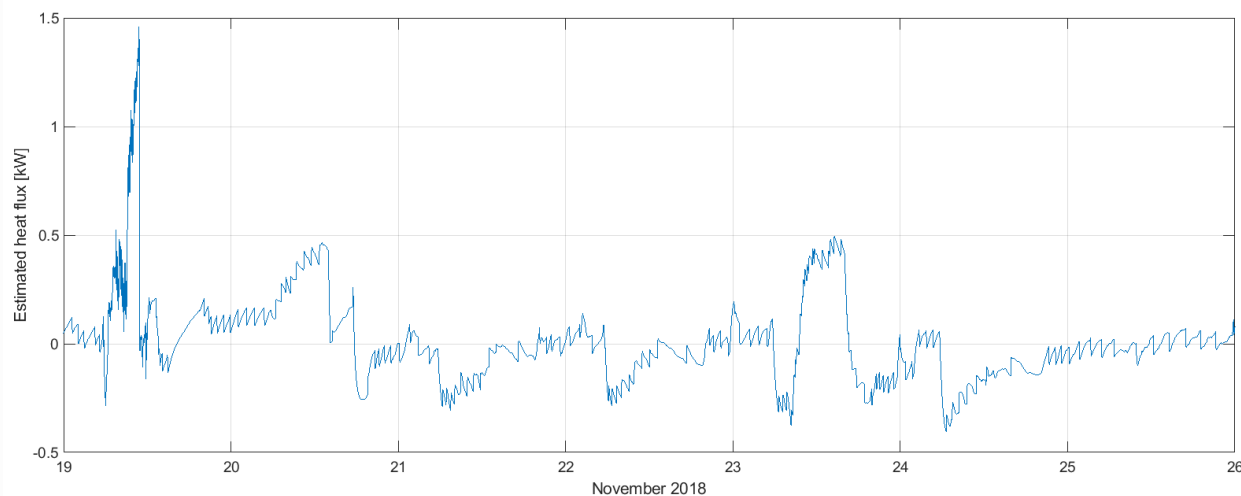
IZKAZ 1: Estimirana trenutna temperatura spore dinamike

IZKAZ 2: Estimirana trenutna vrijednost toplinskog poremećaja



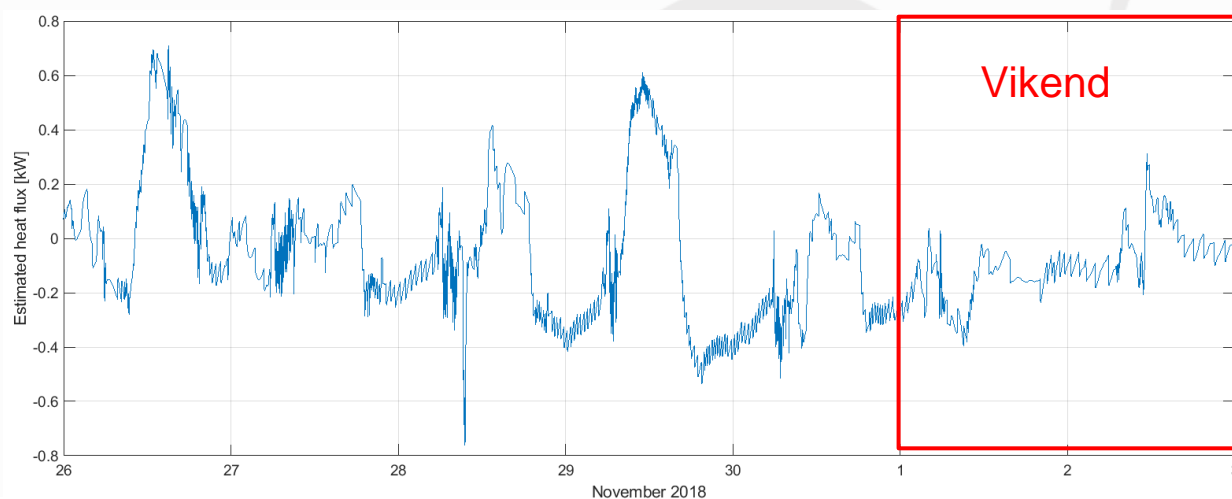
Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)



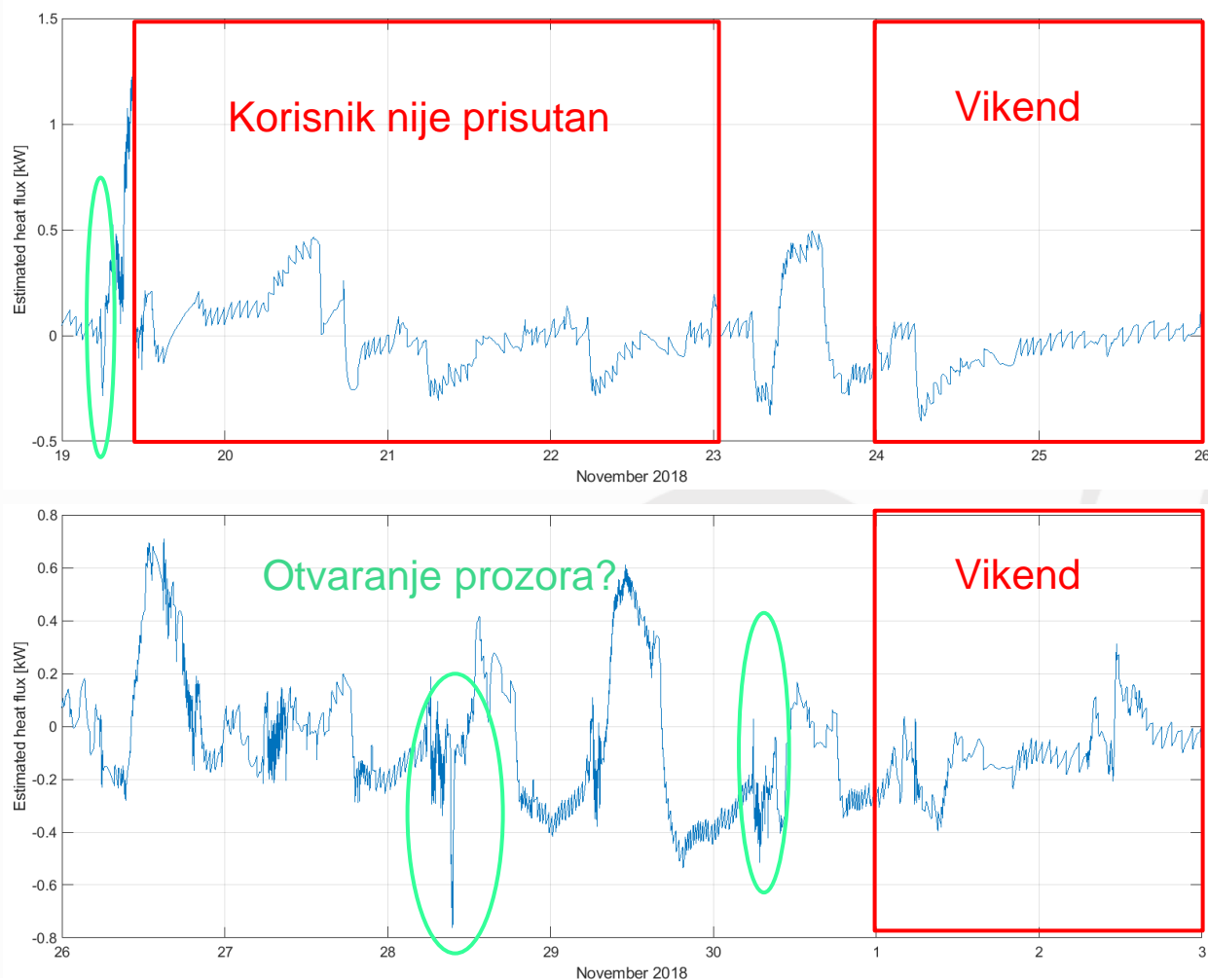
Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)



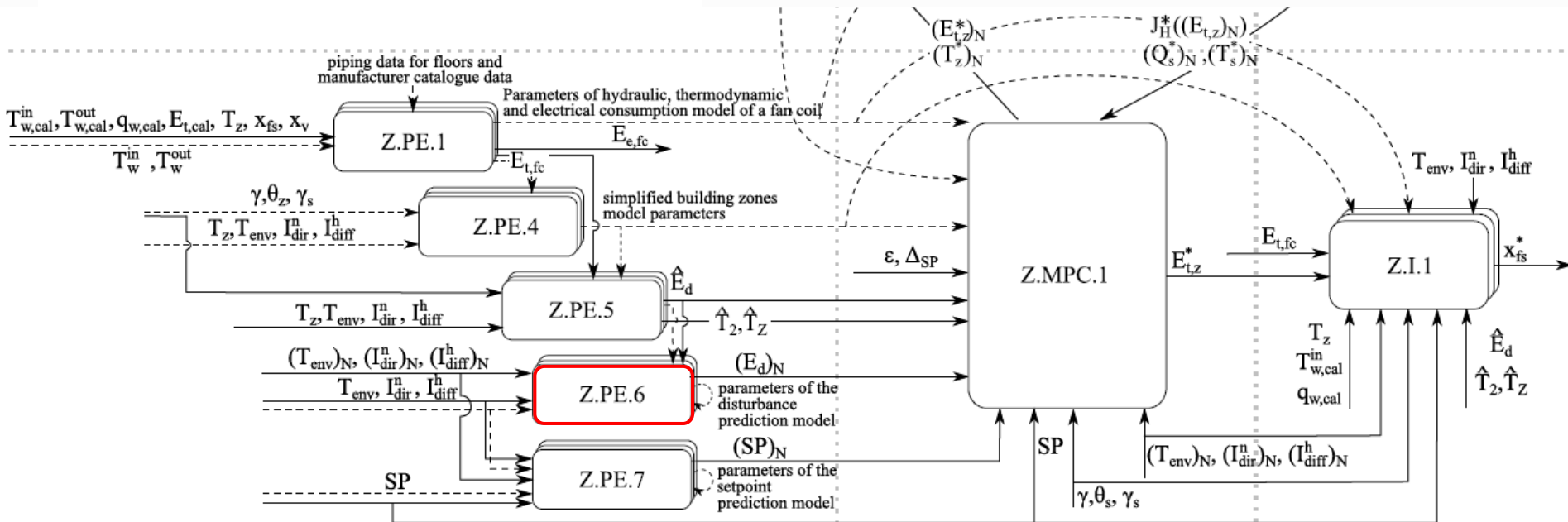
Zone PE 5

(MODUL ZA ESTIMACIJU NEMJERLJIVIH STANJA MODELA ZGRADE I TOPLINSKIH POREMEĆAJA U ZONAMA ZGRADE)

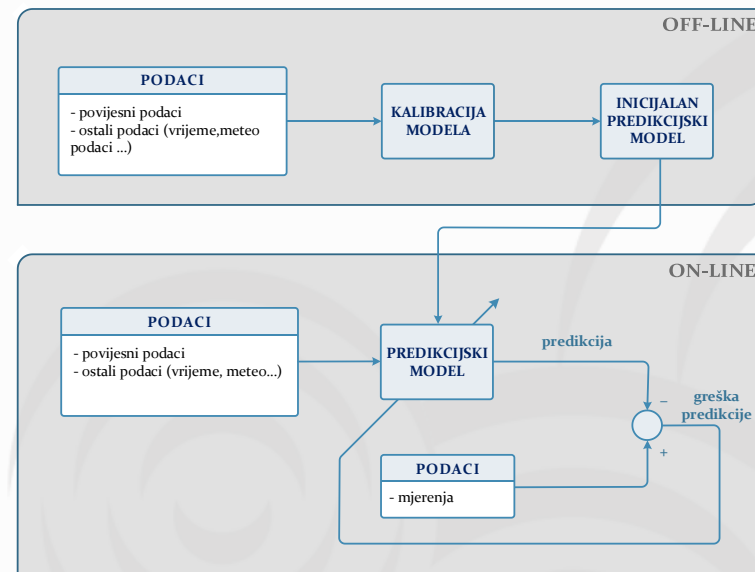


Zone PE 6

(predviđanje toplinskog poremećaja u zoni)



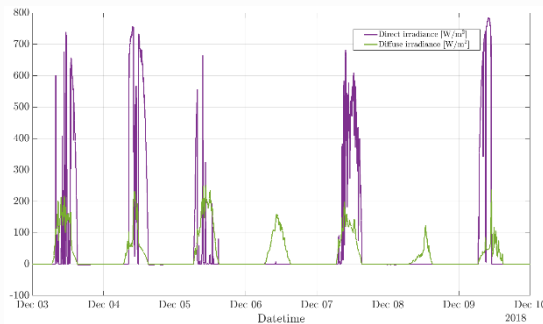
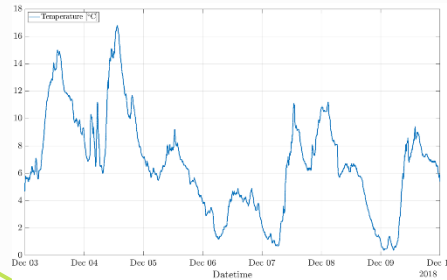
Zone PE 6 – off-line inicijalizacija



Zone PE 6 – off-line inicijalizacija

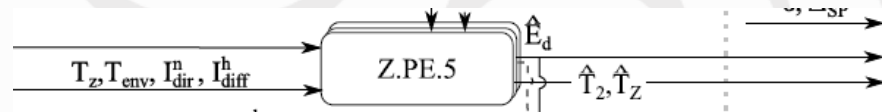
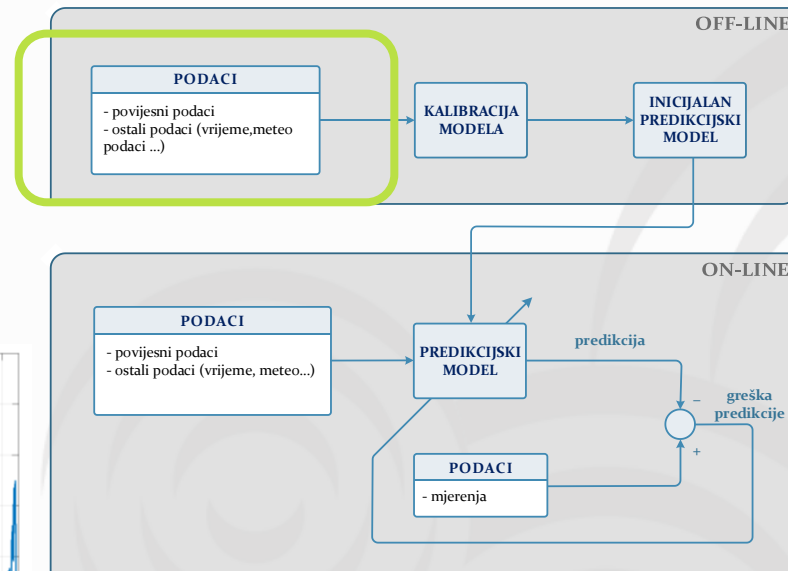
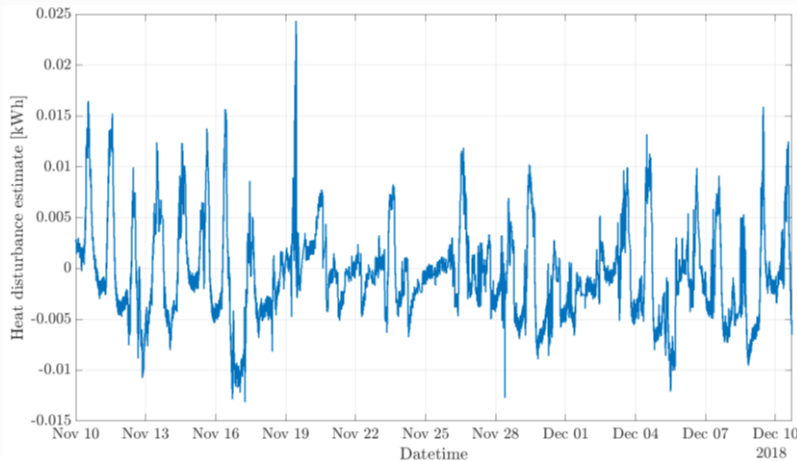
Povijesna meteorološka mjerenja:

- Temperatura zraka
- Direktna i difuzna sunčeva dozračenost



ULAZI MODULA

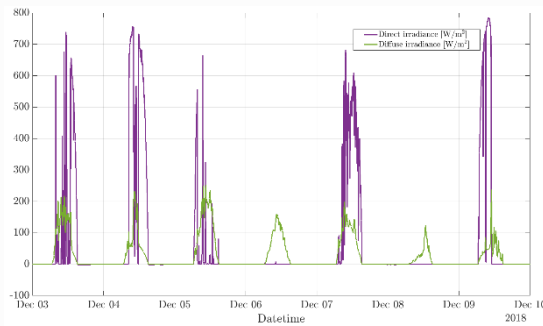
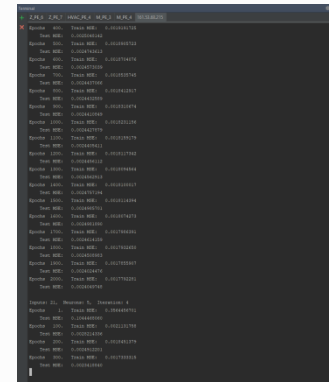
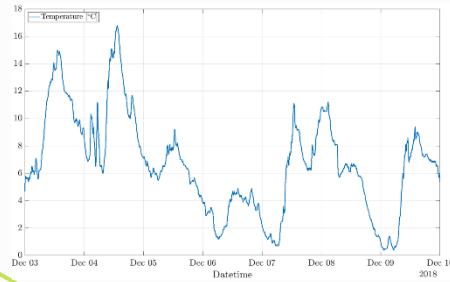
Povijesne vrijednosti estimiranog toplinskog poremećaja (Z.PE.5)



Zone PE 6 – off-line inicijalizacija

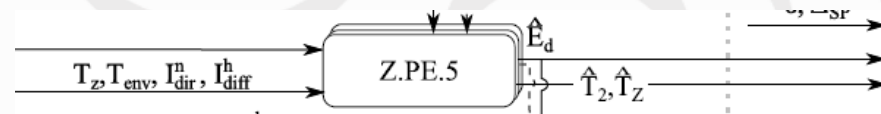
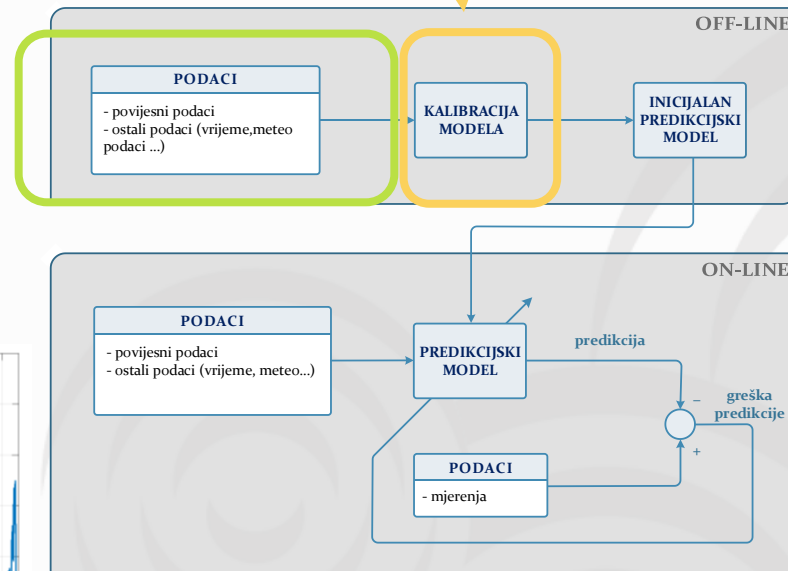
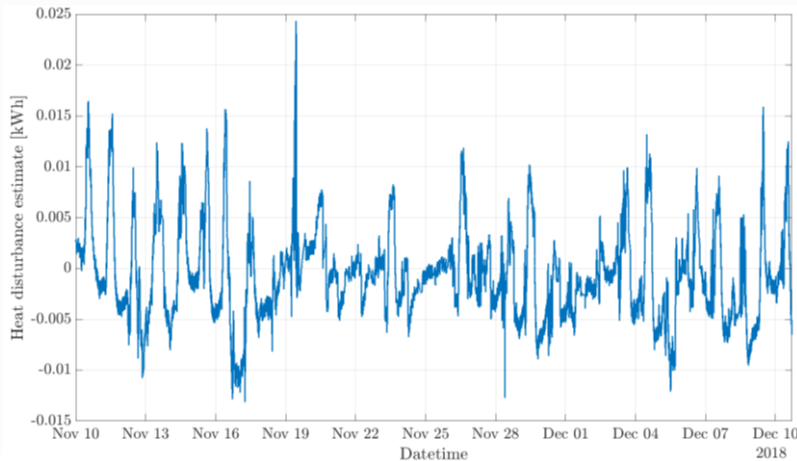
Povijesna meteorološka mjerenja:

- Temperatura zraka
- Direktna i difuzna sunčeva dozračenost



ULAZI MODULA

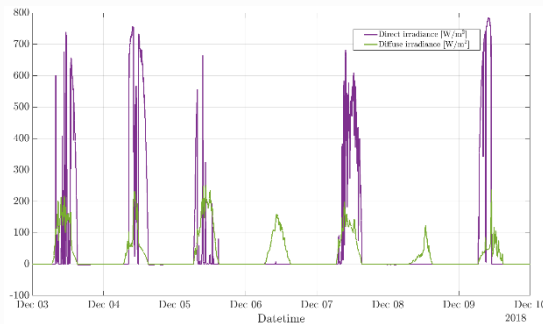
Povijesne vrijednosti estimiranog toplinskog poremećaja (Z.PE.5)



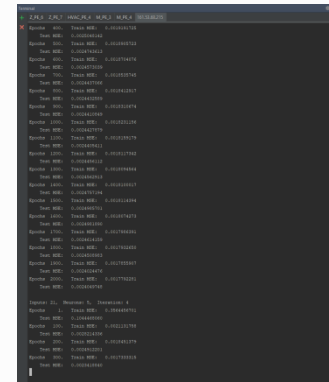
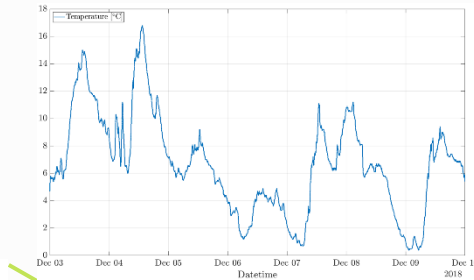
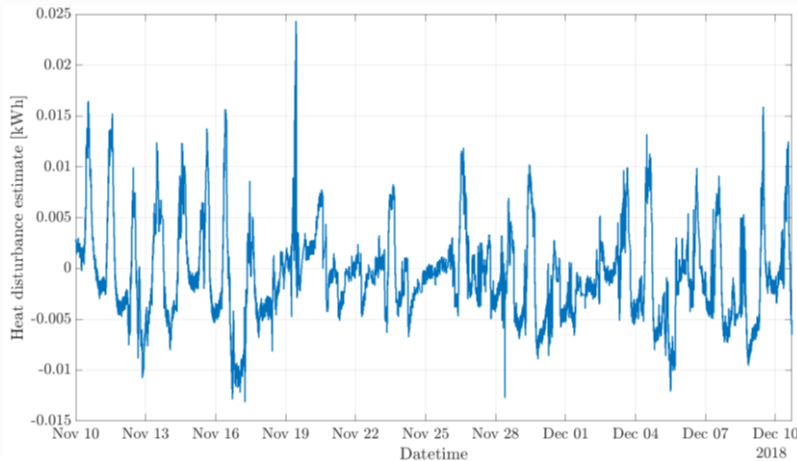
Zone PE 6 – off-line inicijalizacija

Povijesna meteorološka mjerenja:

- Temperatura zraka
- Direktna i difuzna sunčeva dozračenost

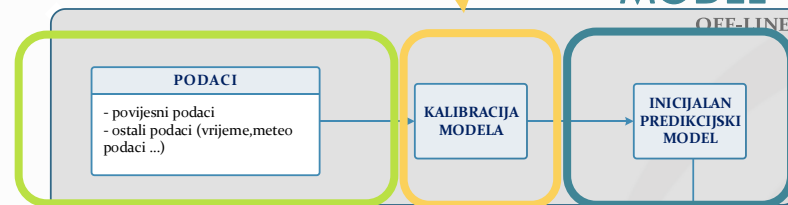


Povijesne vrijednosti estimiranog toplinskog poremećaja (Z.PE.5)

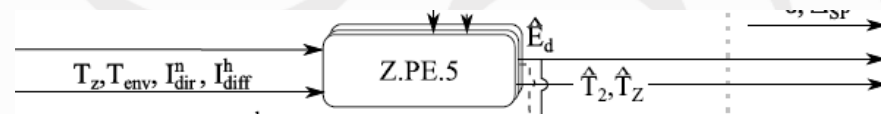
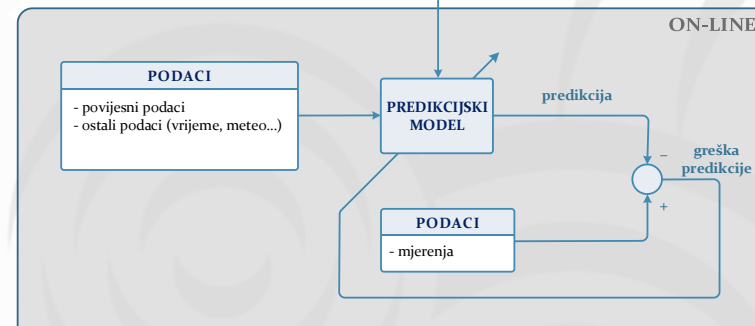


Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

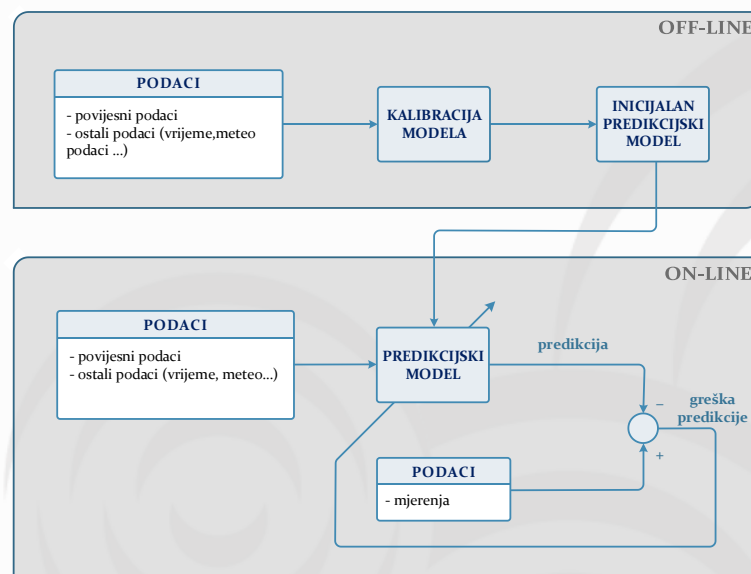
ULAZI MODULA



MODEL



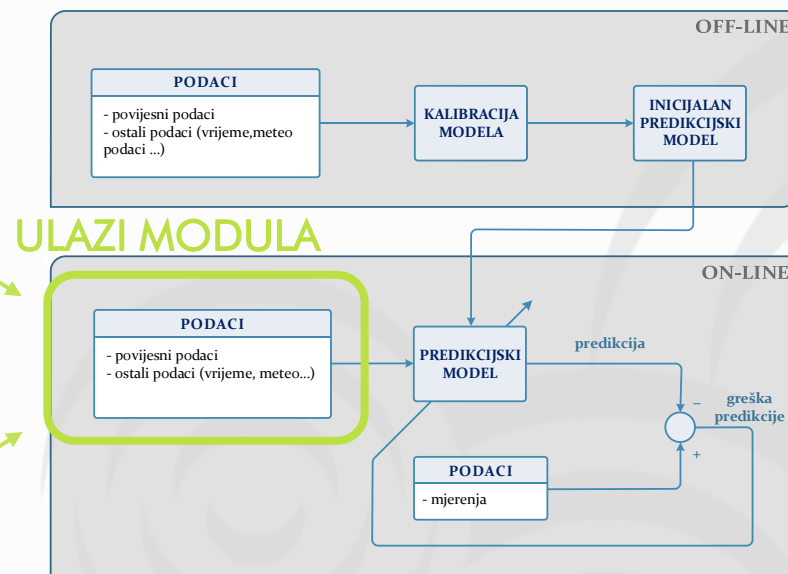
Zone PE 6 – on-line rad



Zone PE 6 – on-line rad

Regresor sastavljen od specifičnih povijesnih intervala ulaznih podataka:

- toplinski poremećaj($t-1, \dots, t-5$)
- toplinski poremećaj($t-670, \dots, t-674$)
- τ_{s_d} , τ_{c_d}
- τ_{s_w} , τ_{c_w}
- τ_{s_y} , τ_{c_y}
- temperatura zraka($t-1, \dots, t-3$)
- temperatura zraka($t-671, \dots, t-673$)
- direktna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- direktna dozračenost($t-671, \dots, t-673$)
- difuzna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- difuzna dozračenost ($t-671, \dots, t-673$)

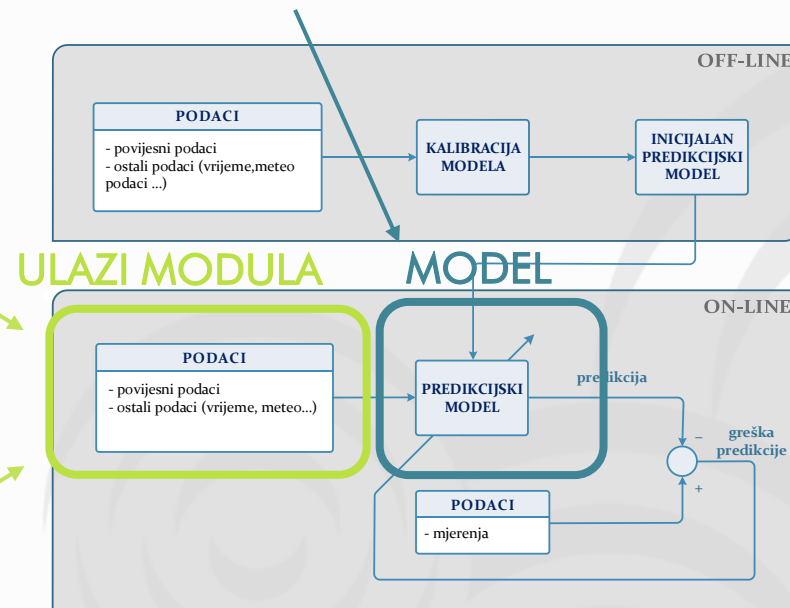


Zone PE 6 – on-line rad

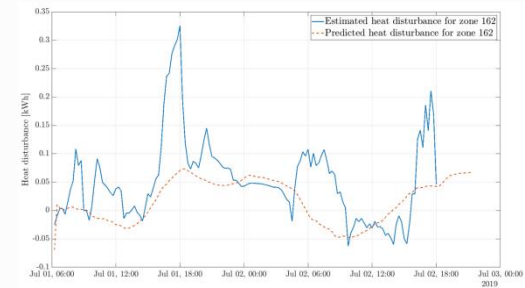
Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

Regresor sastavljen od specifičnih povijesnih intervala ulaznih podataka:

- toplinski poremećaj($t-1, \dots, t-5$)
- toplinski poremećaj($t-670, \dots, t-674$)
- τ_{s_d} , τ_{c_d}
- τ_{s_w} , τ_{c_w}
- τ_{s_y} , τ_{c_y}
- temperatura zraka($t-1, \dots, t-3$)
- temperatura zraka($t-671, \dots, t-673$)
- direktna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- direktna dozračenost($t-671, \dots, t-673$)
- difuzna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- difuzna dozračenost ($t-671, \dots, t-673$)



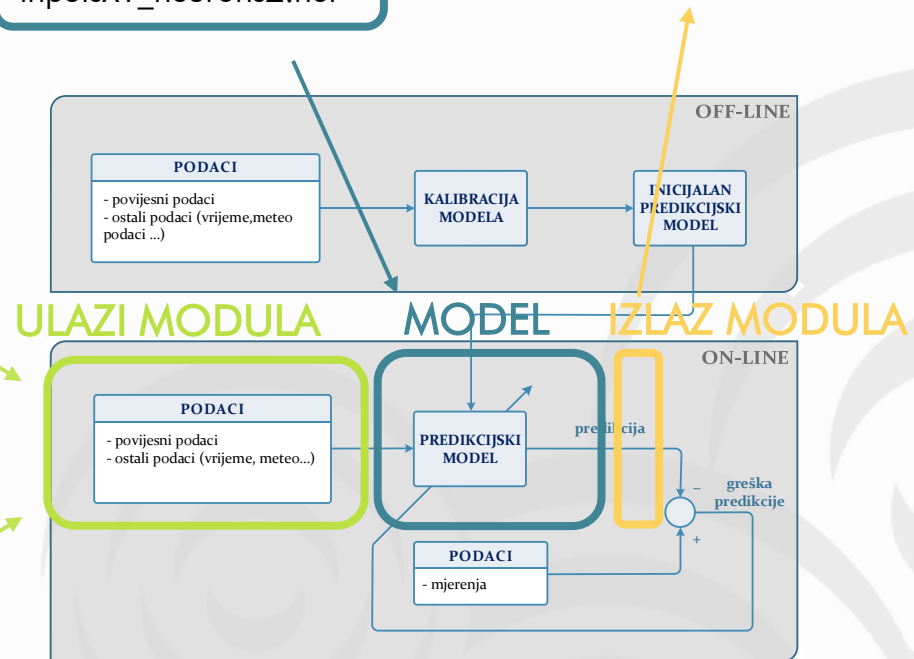
Zone PE 6 – on-line rad



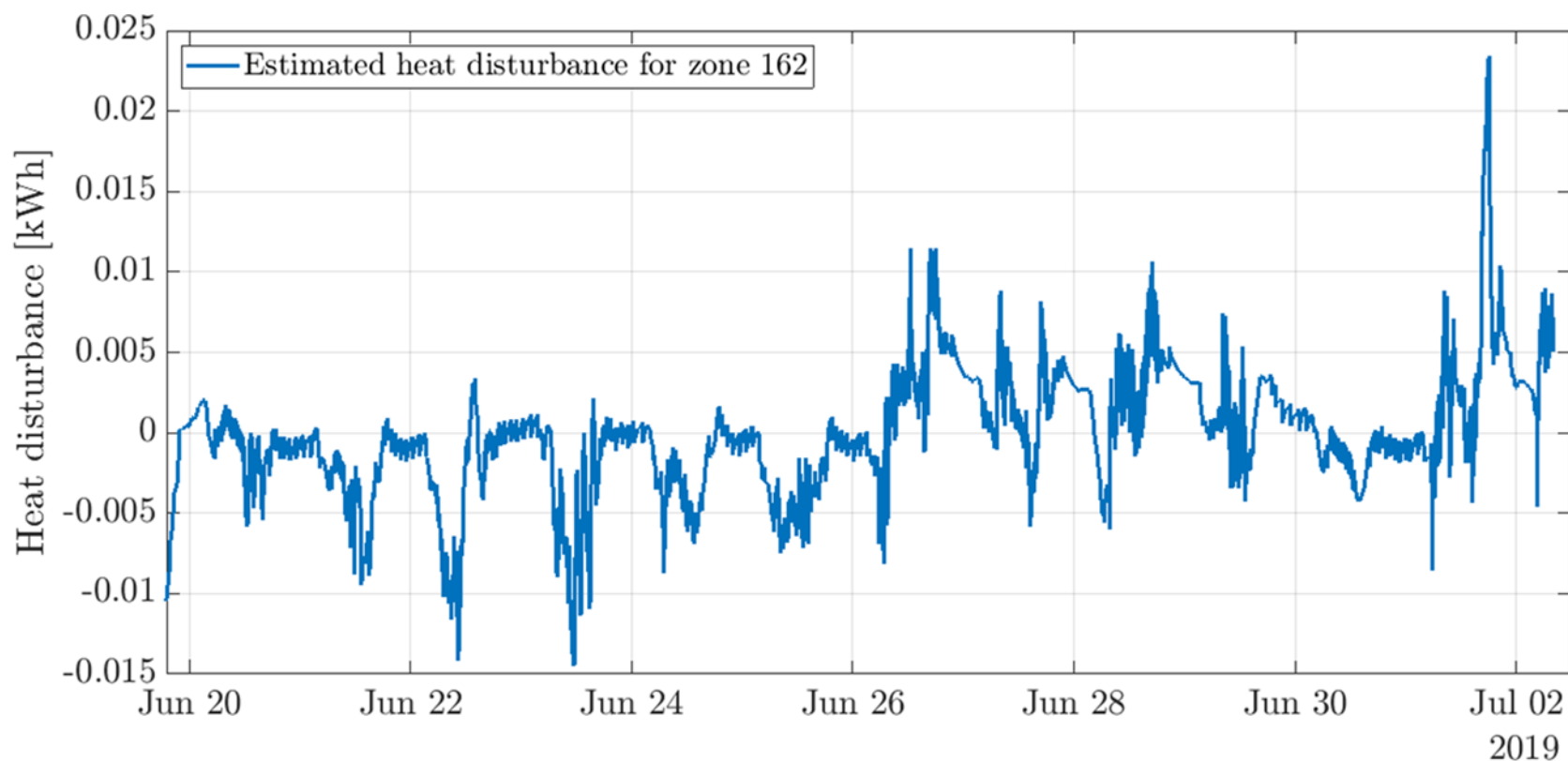
Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

Regresor sastavljen od specifičnih povijesnih intervala ulaznih podataka:

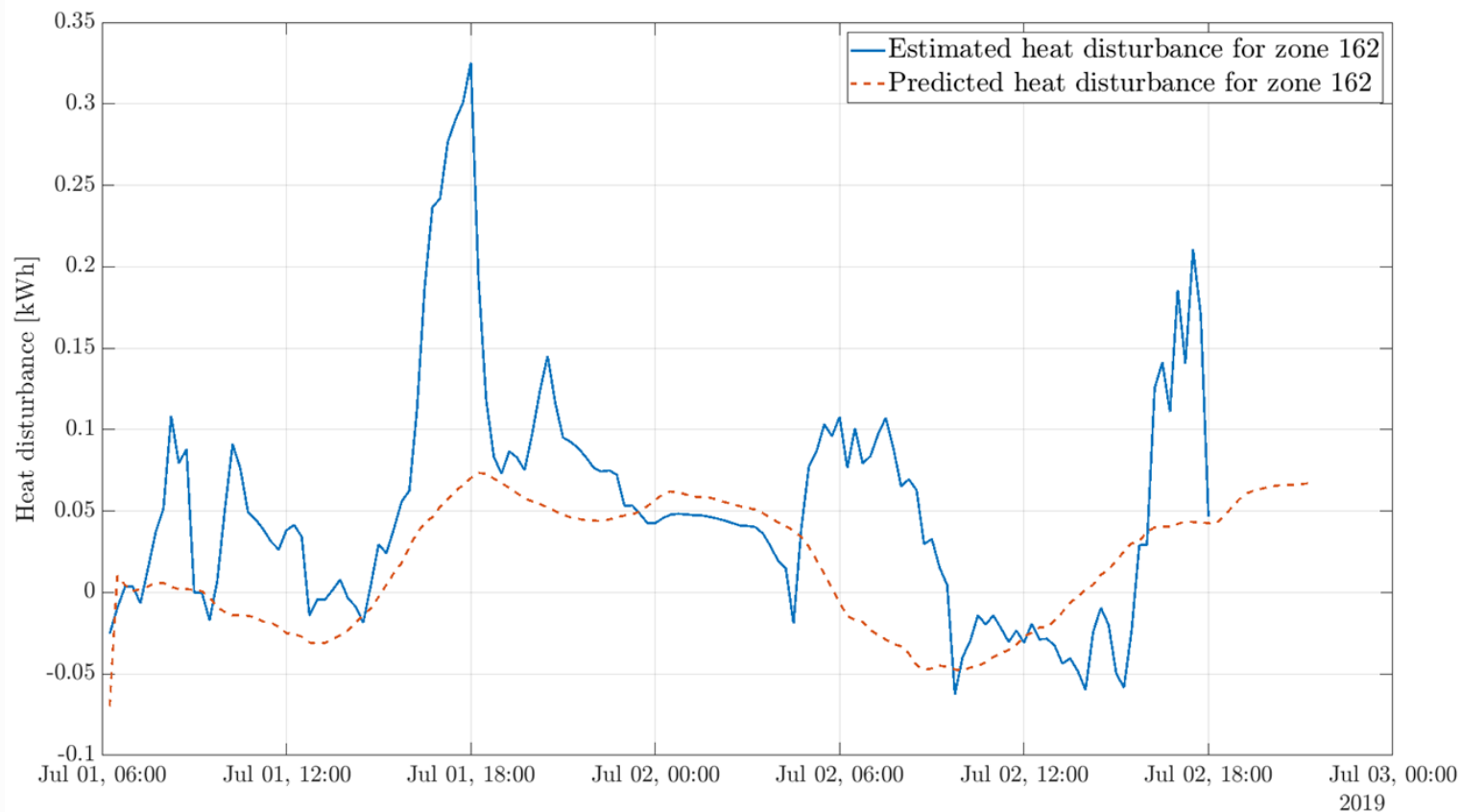
- toplinski poremećaj($t-1, \dots, t-5$)
- toplinski poremećaj($t-670, \dots, t-674$)
- τ_{s_d} , τ_{c_d}
- τ_{s_w} , τ_{c_w}
- τ_{s_y} , τ_{c_y}
- temperatura zraka($t-1, \dots, t-3$)
- temperatura zraka($t-671, \dots, t-673$)
- direktna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- direktna dozračenost($t-671, \dots, t-673$)
- difuzna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- difuzna dozračenost ($t-671, \dots, t-673$)



Zone PE 6 – primjer povijesnih vrijednosti



Zone PE 6 – primjer generirane predikcije (01.07. 08:00)





Zone PE 7 – zadana referentna vrijednost temperature

ULAZI MODULA

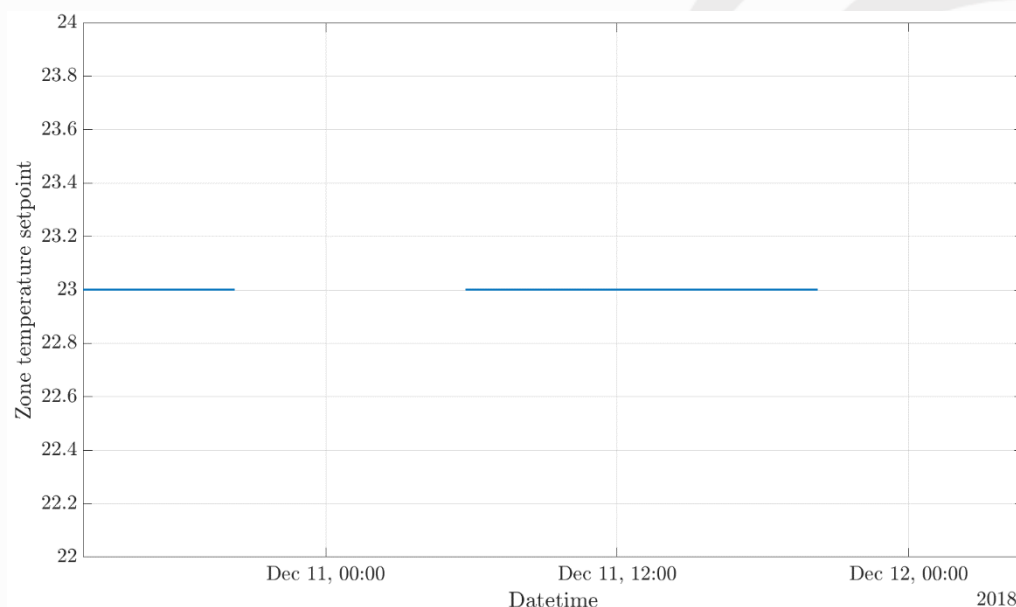
Trenutno zadana referentna vrijednost temperature u zoni
Vremenski raspored rada sustava za grijanje/hlađenje
Podaci poslovnog sustava (GO/bolovanje/putni nalozi)

MODUL

Zone PE 7

IZLAZI MODULA

Pretpostavljena ista vrijednost duž predikcijskog horizonta uz iznimku noćnog režima rada 21:00 – 6:30 (sustav isključen)



Zone PE 7 – zadana referentna vrijednost temperature

ULAZI MODULA

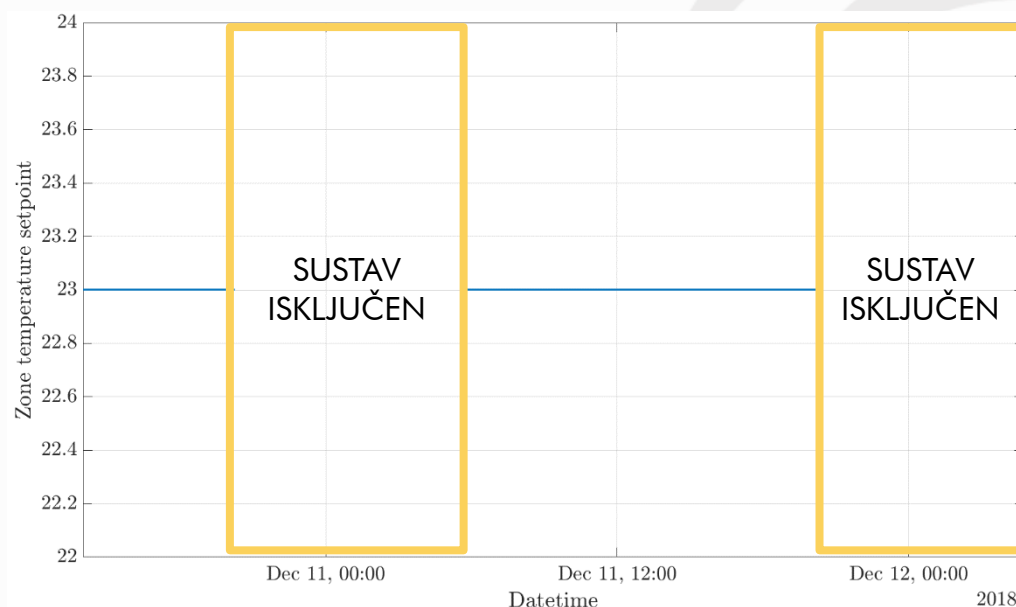
Trenutno zadana referentna vrijednost temperature u zoni
Vremenski raspored rada sustava za grijanje/hlađenje
Podaci poslovnog sustava (GO/bolovanje/putni nalozi)

MODUL

Zone PE 7

IZLAZI MODULA

Pretpostavljena ista vrijednost duž predikcijskog horizonta uz iznimku noćnog režima rada 21:00 – 6:30 (sustav isključen)



Zone PE 7 – stand-by/manualni režim rada

ULAZI MODULA

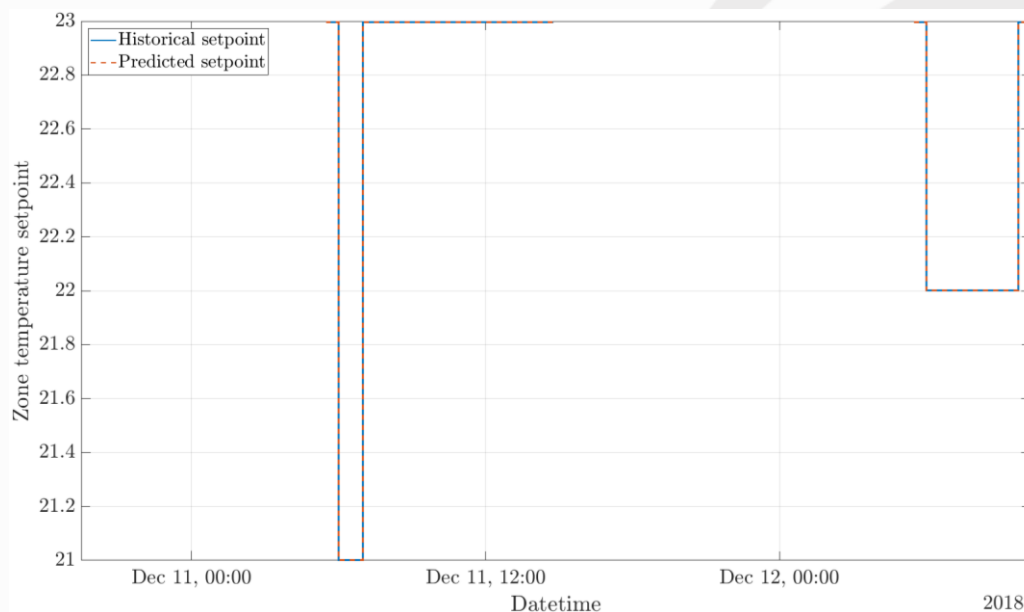
Povijesna referentna vrijednost temperature za isti vremenski interval iz prethodnog tjedna
Vremenski raspored rada sustava za grijanje/hlađenje
Podaci poslovnog sustava (GO/bolovanje/putni nalozi)

MODUL

Zone PE 7

IZLAZI MODULA

Povijesna referentna vrijednost temperature uz iznimku noćnog režima rada 21:00 – 6:30 (sustav isključen)



Zone PE 7 – stand-by/manualni režim rada

ULAZI MODULA

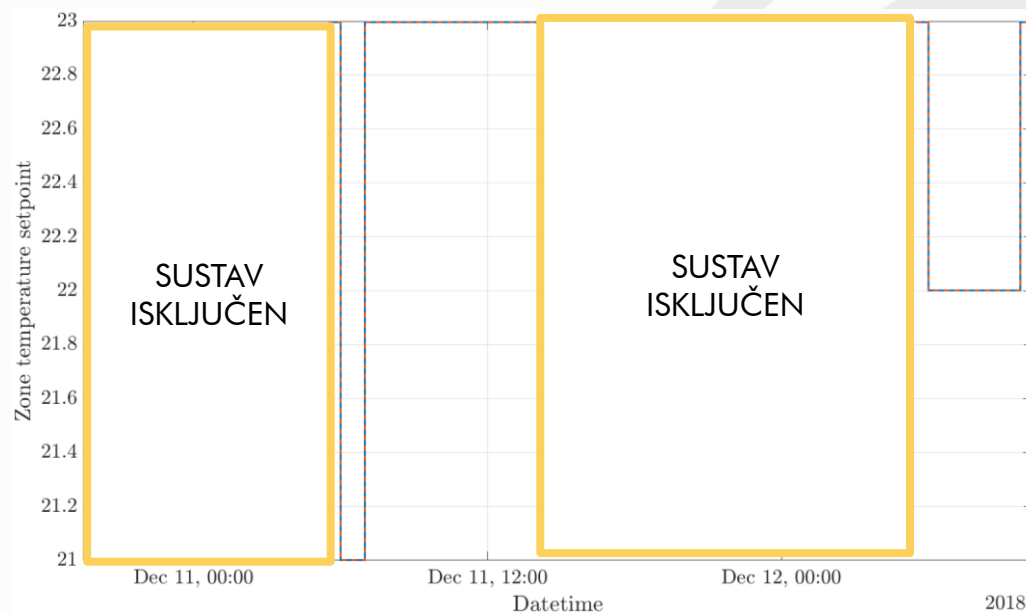
Povijesna referentna vrijednost temperature za isti vremenski interval iz prethodnog tjedna
Vremenski raspored rada sustava za grijanje/hlađenje
Podaci poslovnog sustava (GO/bolovanje/putni nalozi)

MODUL

Zone PE 7

IZLAZI MODULA

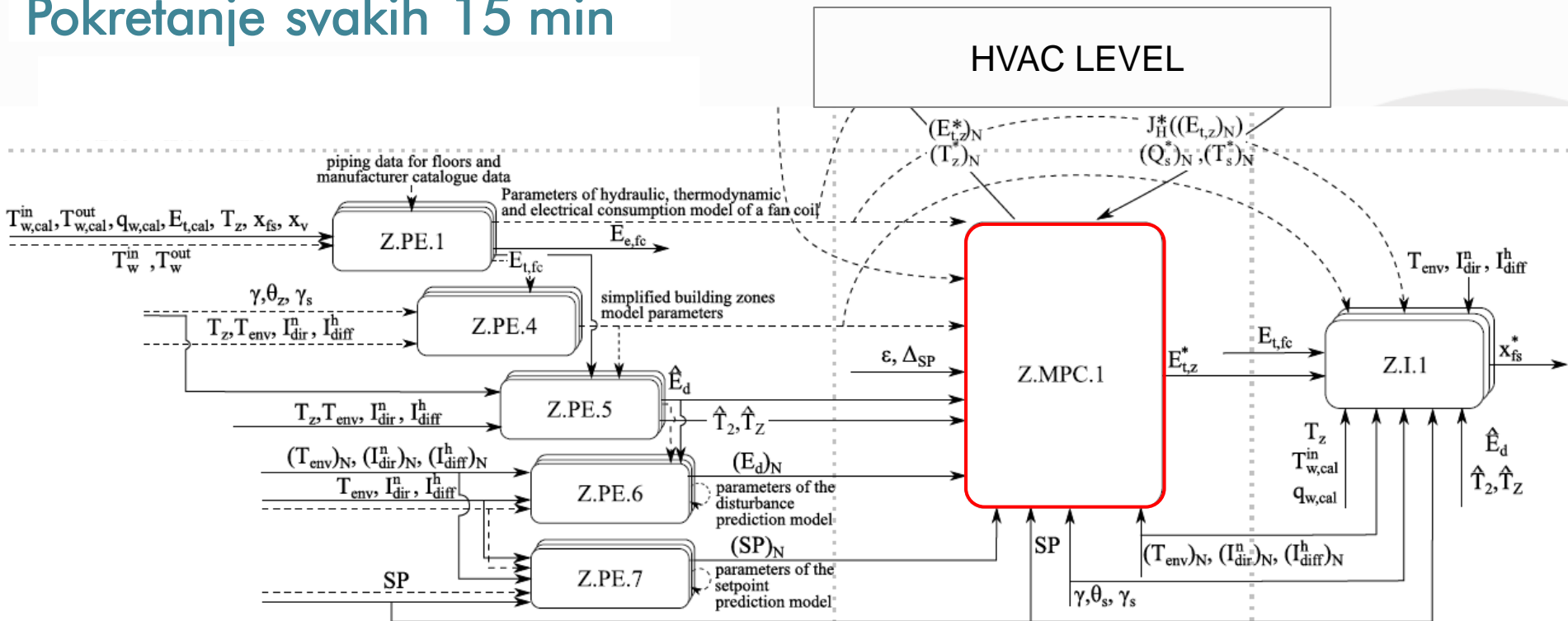
Povijesna referentna vrijednost temperature uz iznimku noćnog režima rada 21:00 – 6:30 (sustav isključen)



Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

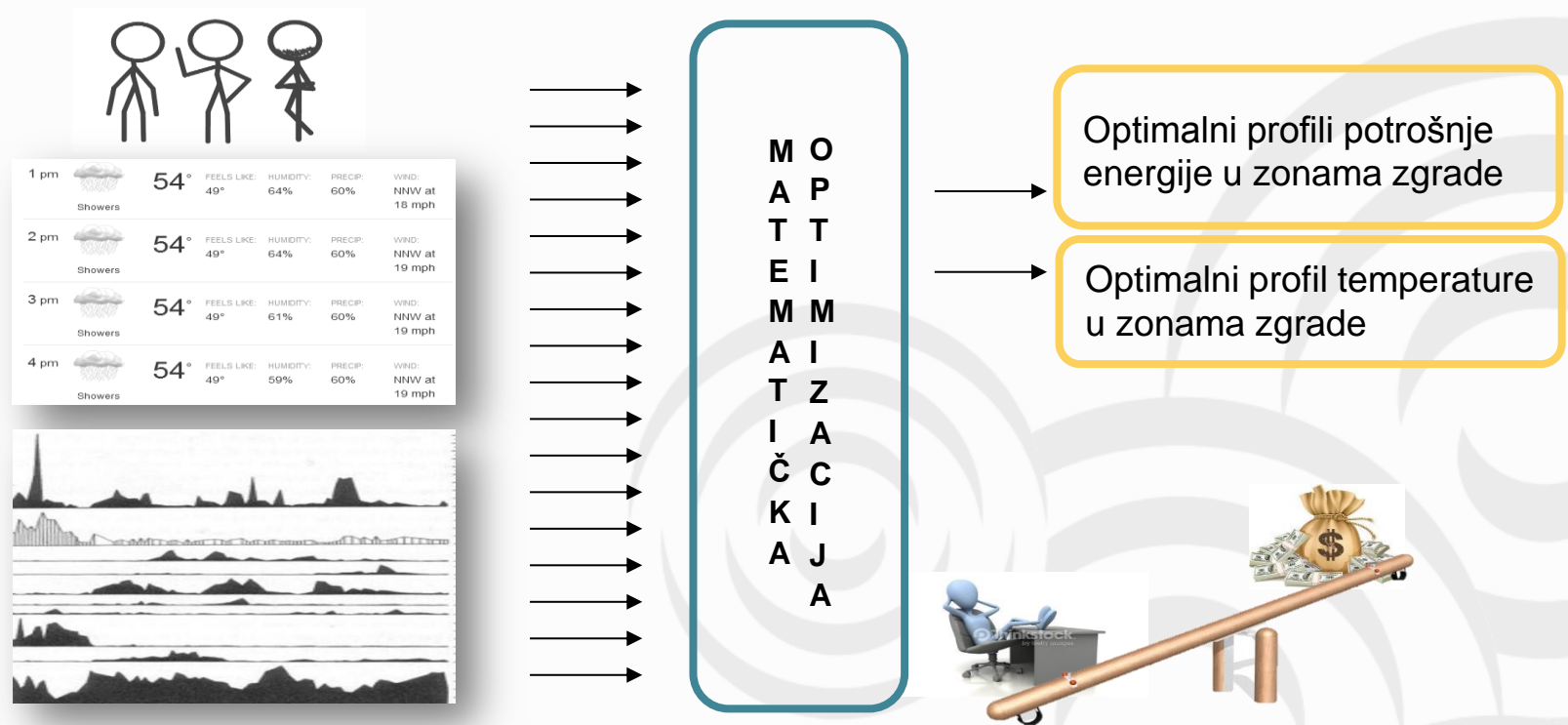
Pokretanje svakih 15 min



Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

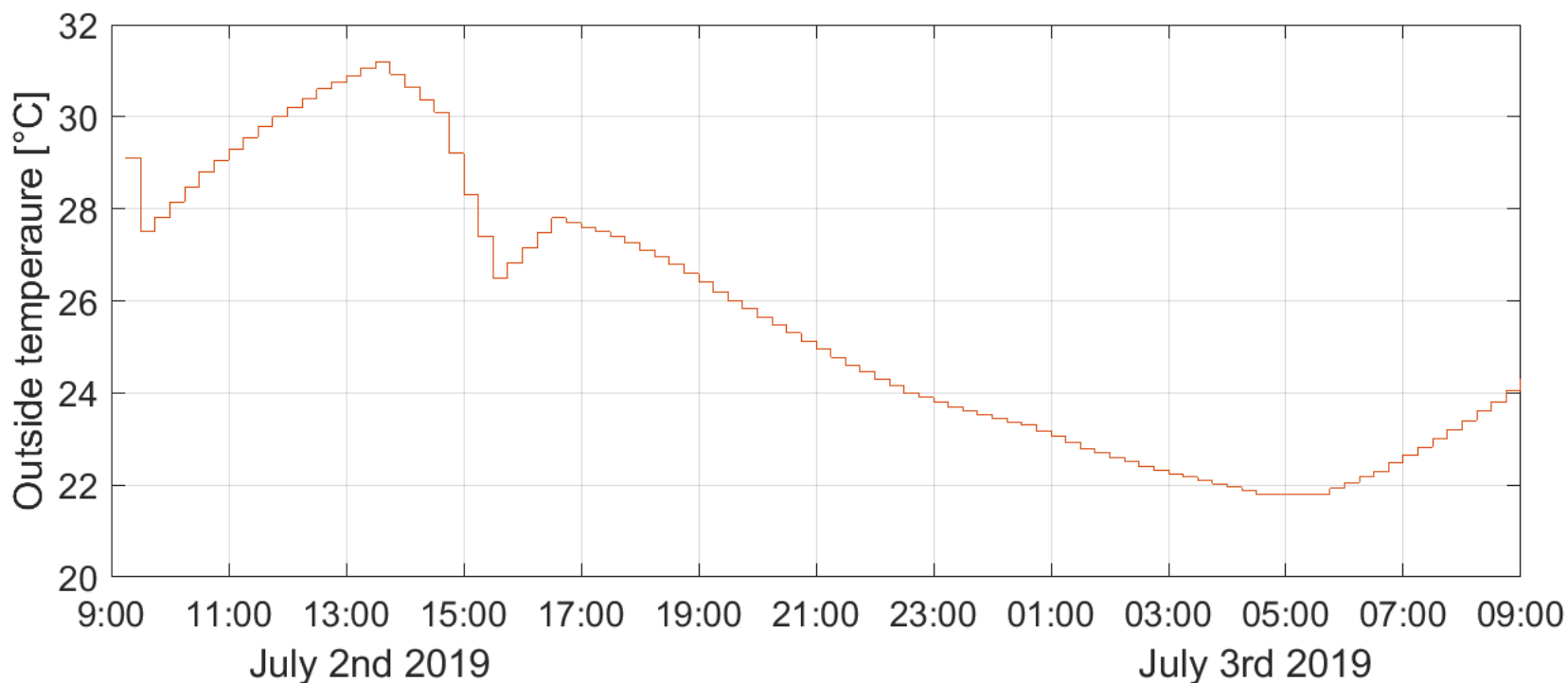
Optimiranje temperature u prostorijama zgrade na horizontu od budućih 12 – 36 h s vremenom uzorkovanja od 15 min



Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

ULAZ 1: Predikcija vanjske temperature 12-36 h unaprijed

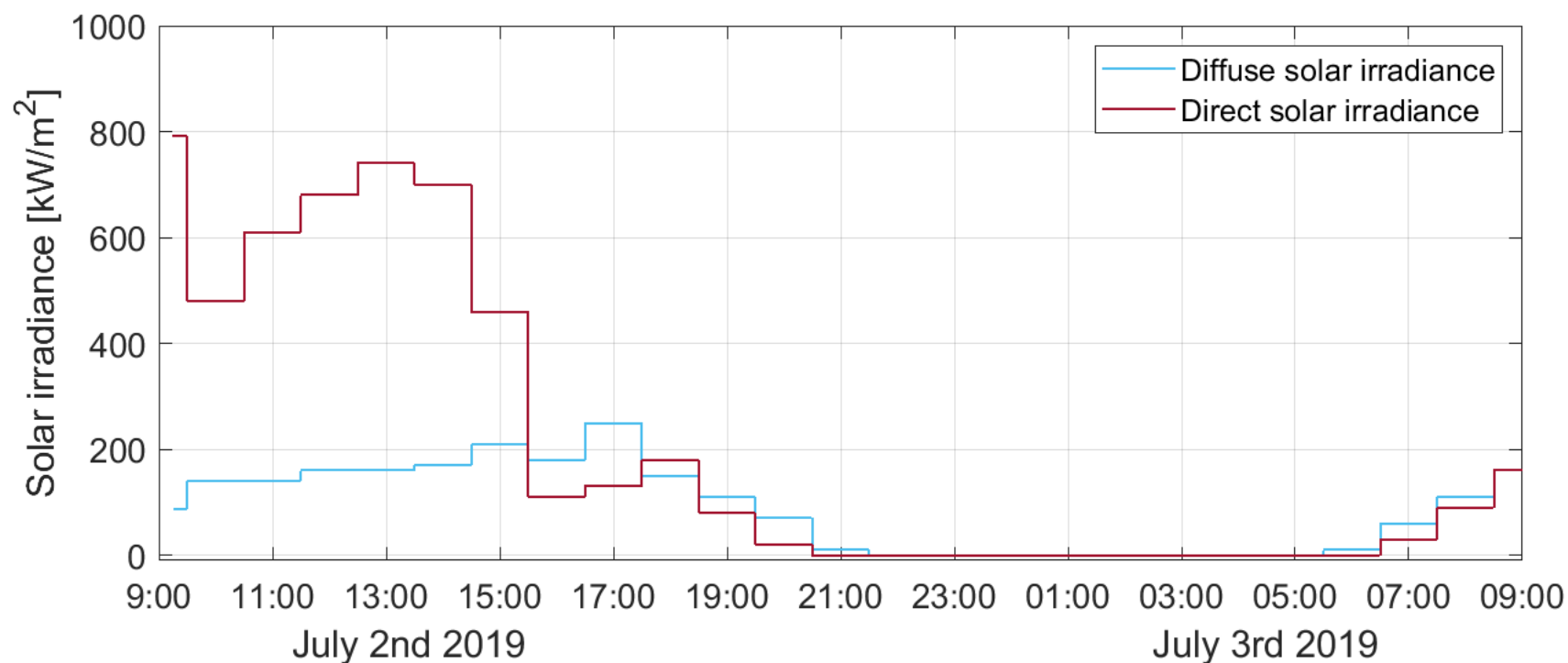


Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

ULAZ 1: Predikcija vanjske temperature 12-36 h unaprijed

ULAZ 2: Predikcija sunčeve dozačenosti (direktna i difuzna) 12-36 h unaprijed



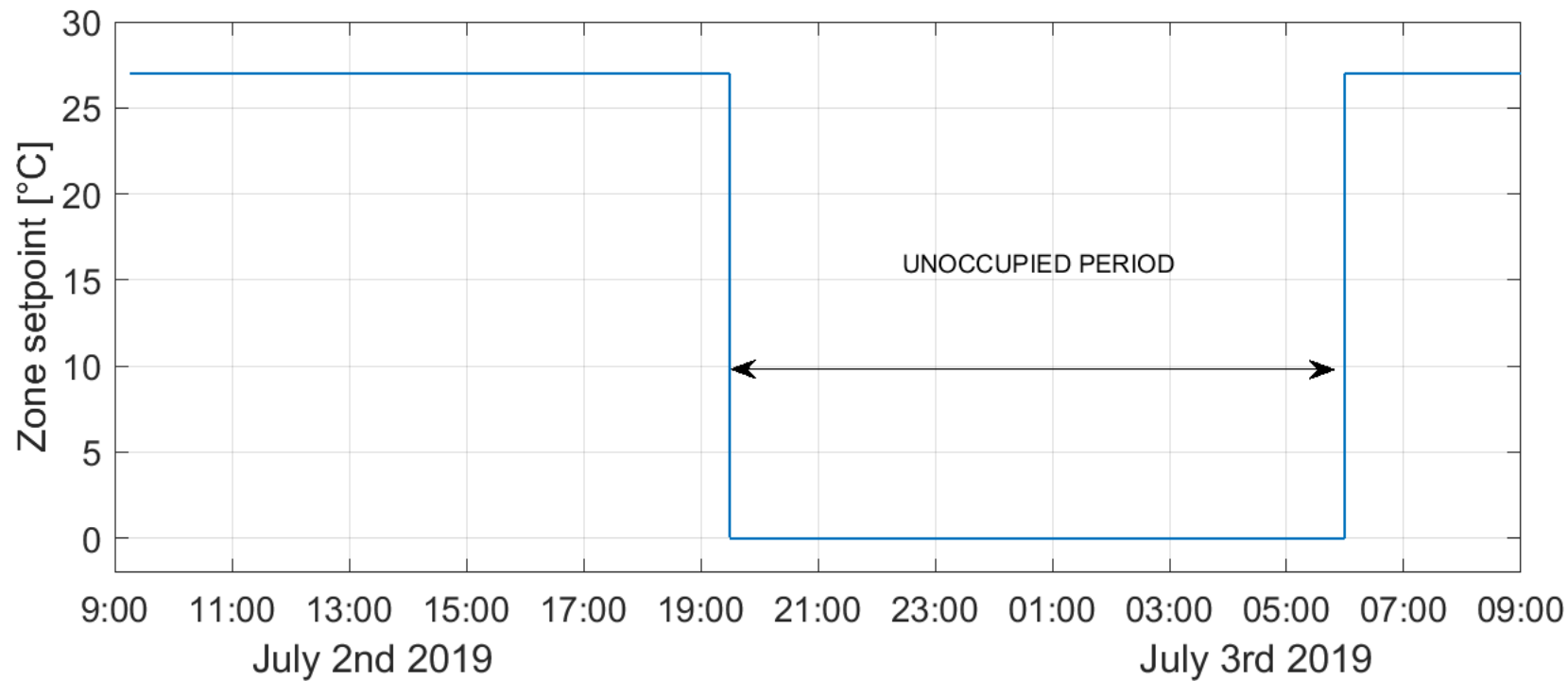
Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

ULAZ 1: Predikcija vanjske temperature 12-36 h unaprijed

ULAZ 2: Predikcija sunčeve dozračenosti (direktna i difuzna) 12-36 h unaprijed

ULAZ 3: Predikcija ponašanja korisnika 12-36 h unaprijed



Zone MPC 1

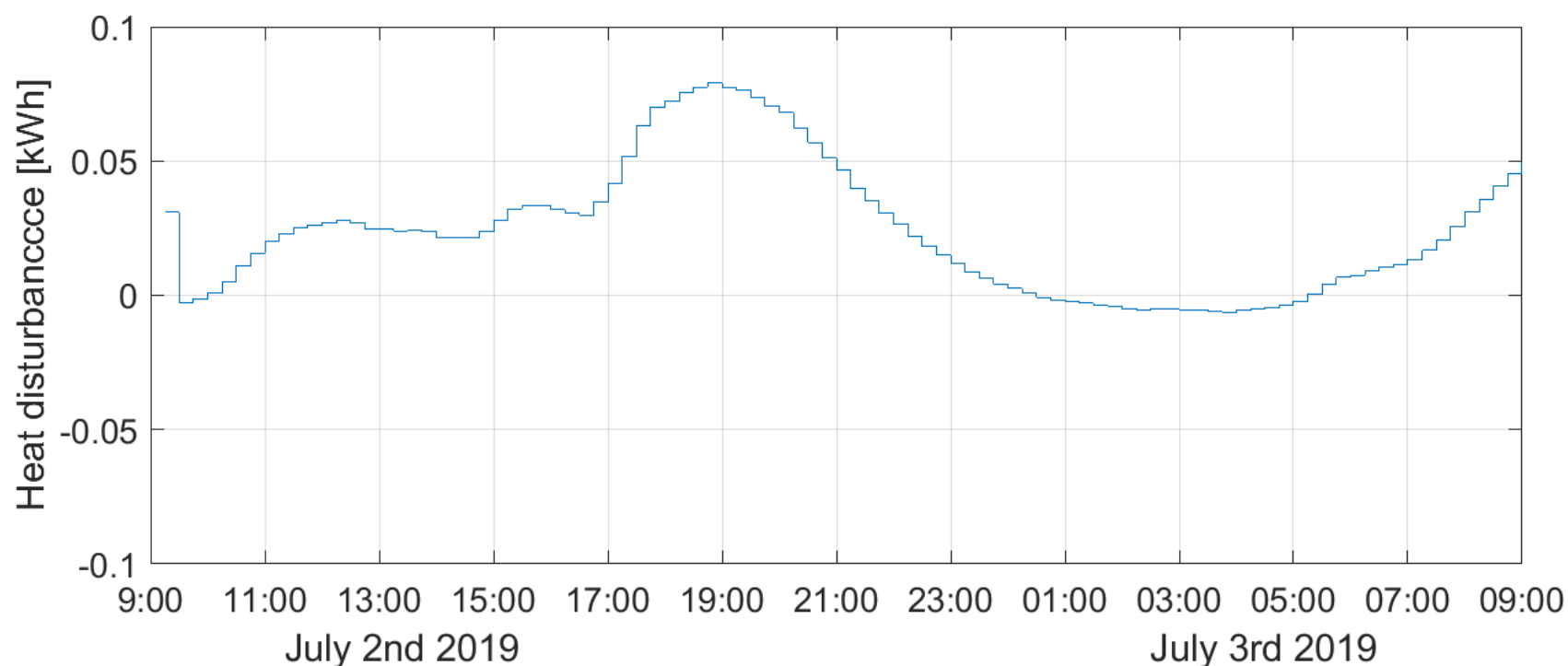
(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

ULAZ 1: Predikcija vanjske temperature 12-36 h unaprijed

ULAZ 2: Predikcija sunčeve dozračenosti (direktna i difuzna) 12-36 h unaprijed

ULAZ 3: Predikcija ponašanja korisnika 12-36 h unaprijed

ULAZ 4: Predikcija toplinskog poremećaja 12-36 h unaprijed



Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

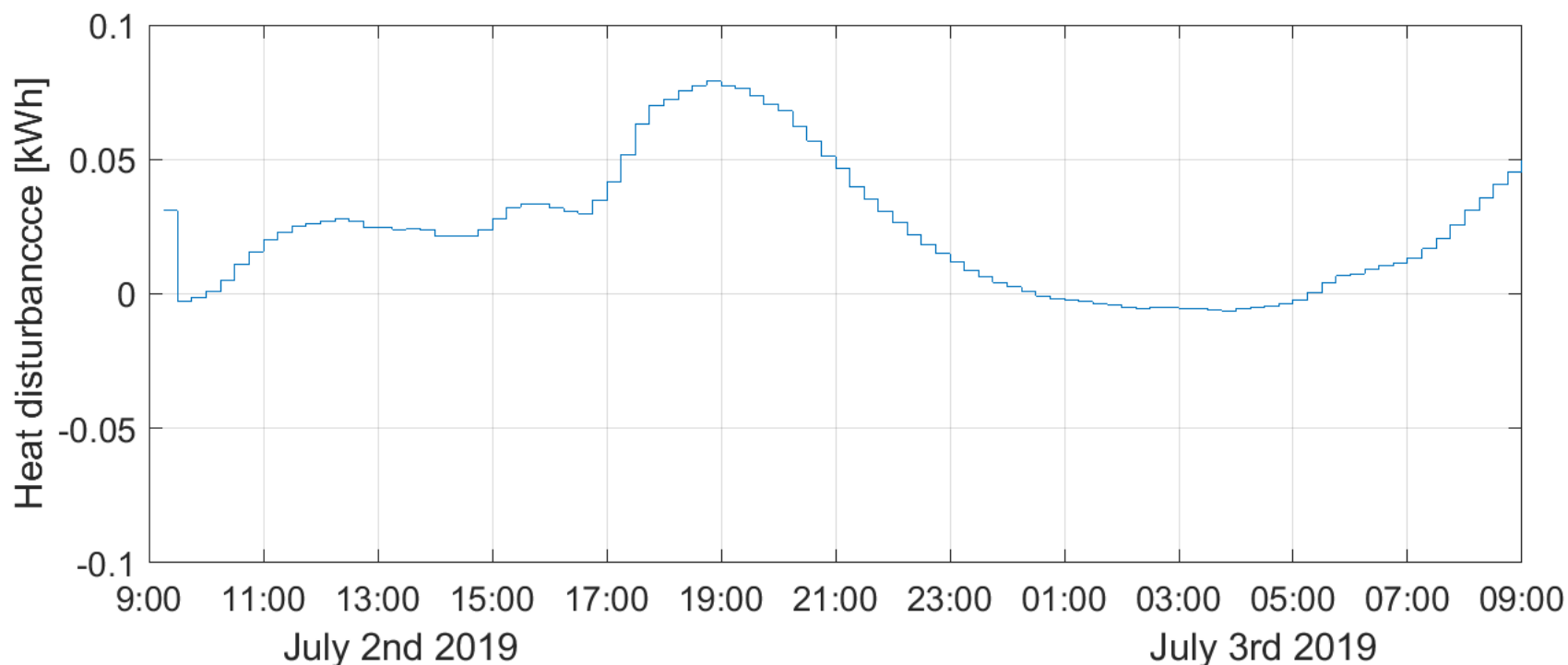
ULAZ 1: Predikcija vanjske temperature 12-36 h unaprijed

ULAZ 2: Predikcija sunčeve dozračenosti (direktna i difuzna) 12-36 h unaprijed

ULAZ 3: Predikcija ponašanja korisnika 12-36 h unaprijed

ULAZ 4: Predikcija toplinskog poremećaja 12-36 h unaprijed

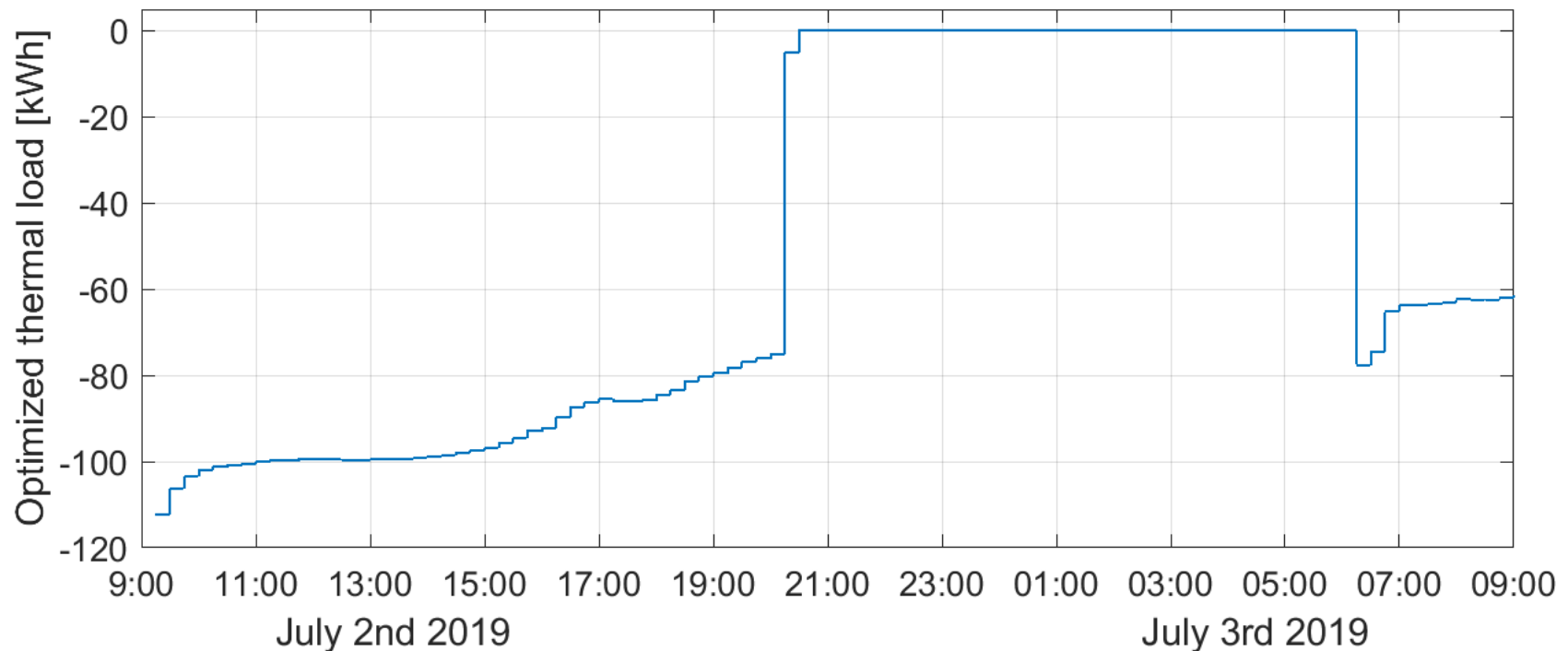
OSTALI ULAZI: Cijena električne energije, zahtjevi nad komforom, matematički modeli,...



Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

IZLAZ 1: Optimalan profil potrošnje toplinske energije u zgradi 12-36 h unaprijed

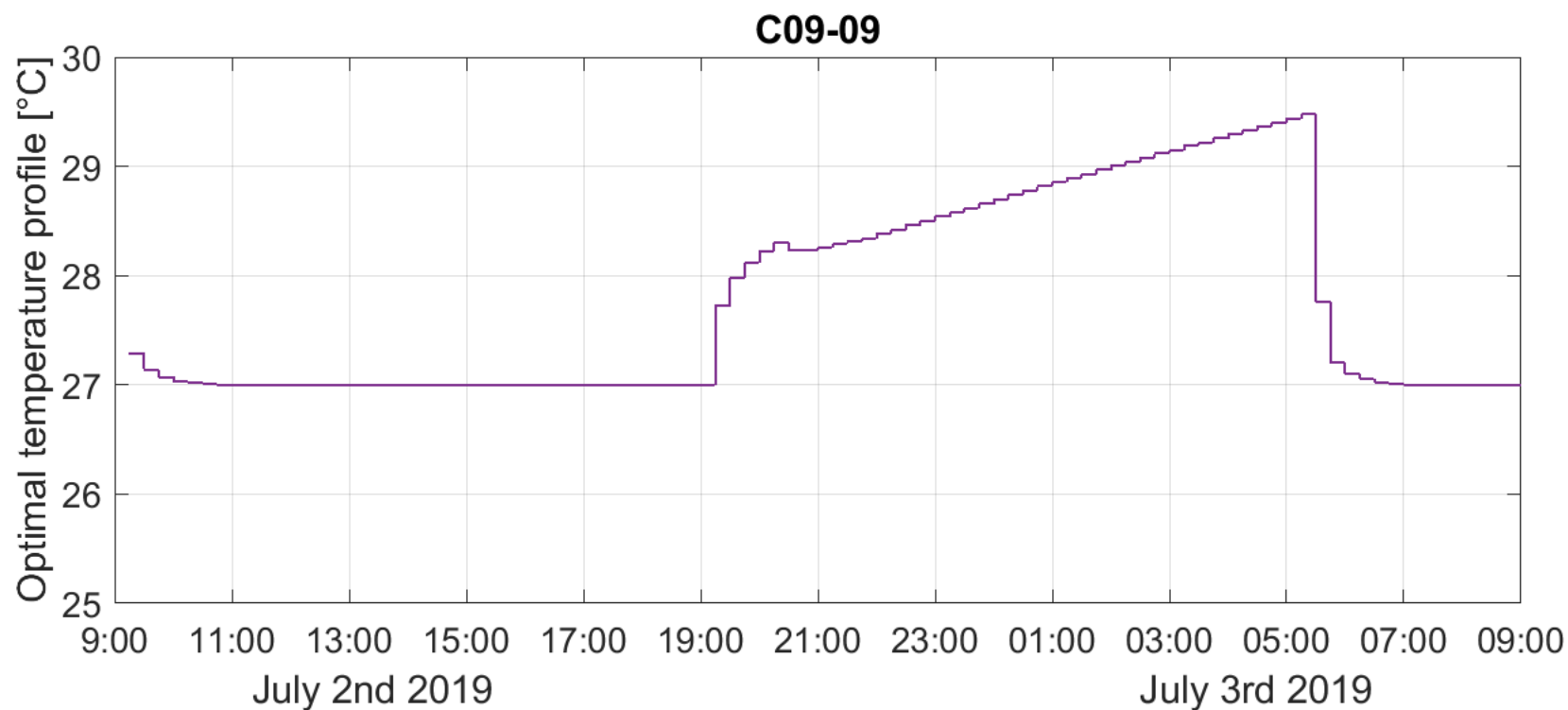


Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

IZLAZ 1: Optimalan profil potrošnje toplinske energije u zgradi 12-36 h unaprijed

IZLAZ 2: Optimalan profil temperature u prostorijama zgrade 12-36 h unaprijed

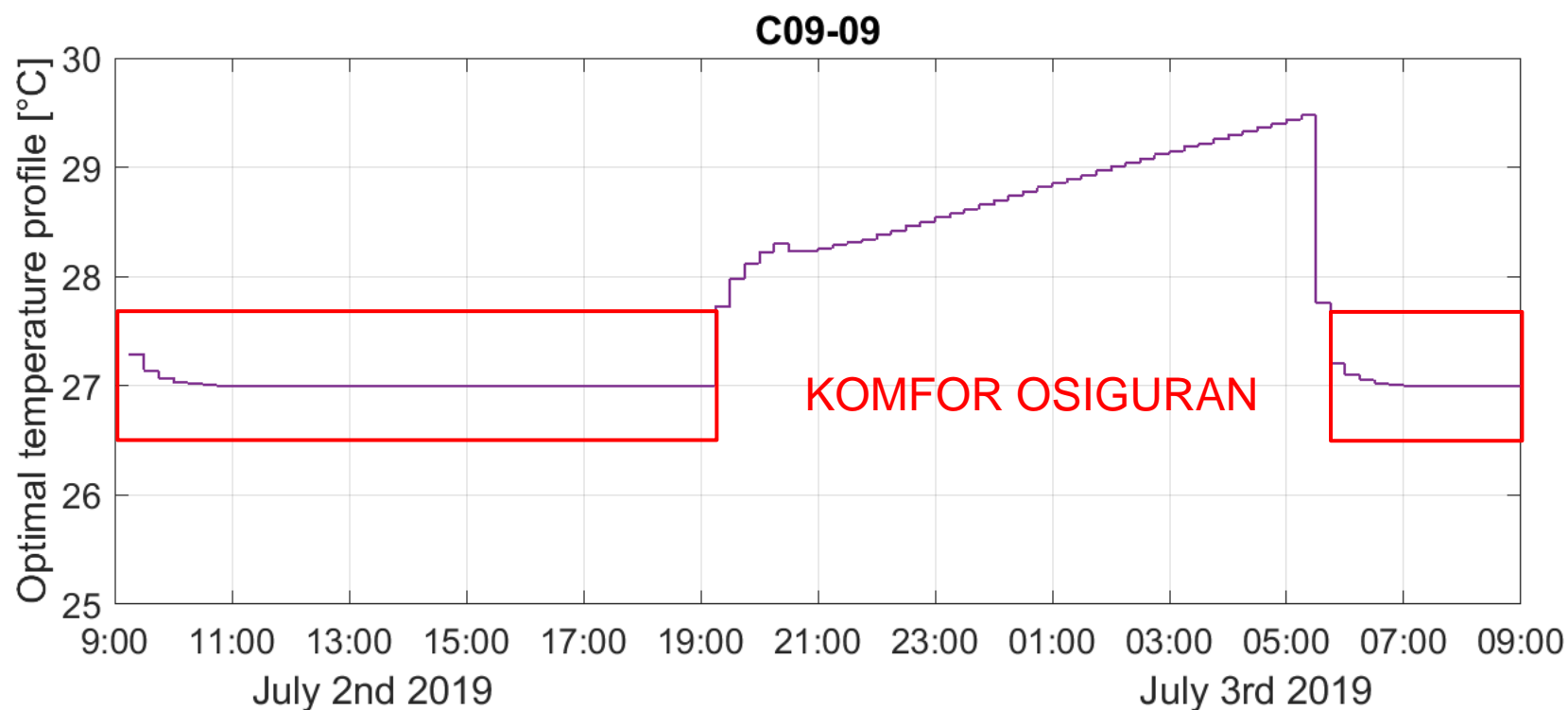


Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

IZLAZ 1: Optimalan profil potrošnje toplinske energije u zgradi 12-36 h unaprijed

IZLAZ 2: Optimalan profil temperature u prostorijama zgrade 12-36 h unaprijed



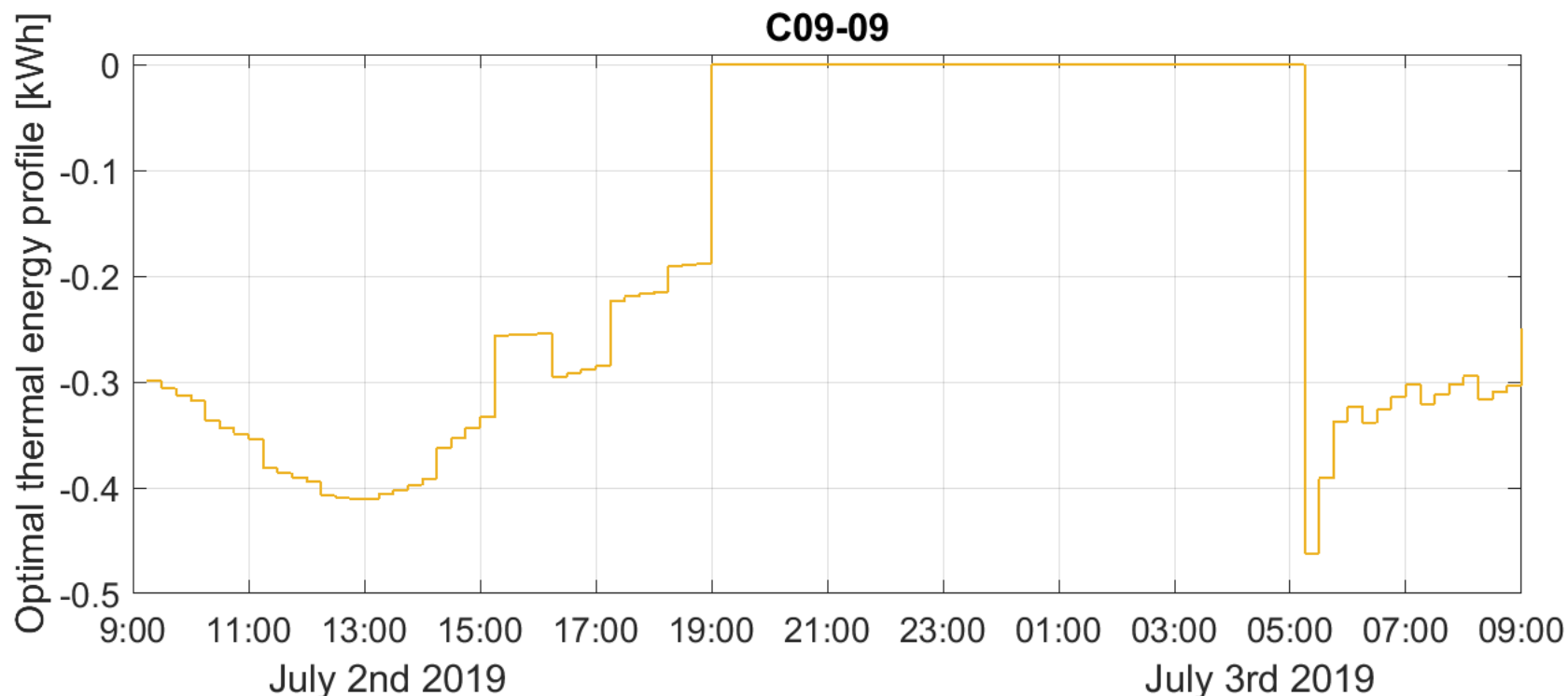
Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

IZLAZ 1: Optimalan profil potrošnje toplinske energije u zgradi 12-36 h unaprijed

IZLAZ 2: Optimalan profil temperature u prostorijama zgrade 12-36 h unaprijed

IZLAZ 3: Optimalan profil potrošnje toplinske energije u prostorijama zgrade 12-36 h unaprijed



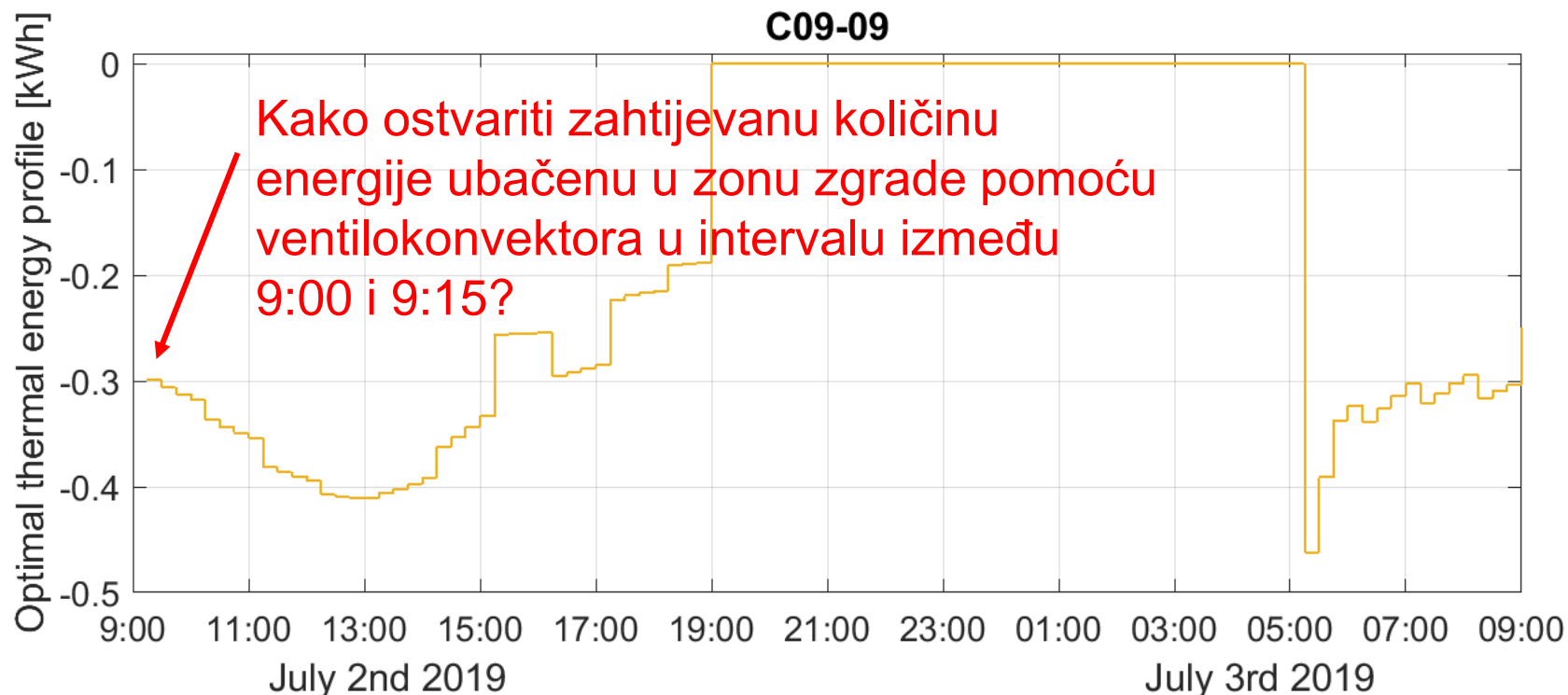
Zone MPC 1

(MODELSKO PREDIKTIVNO UPRAVLJANJE KOMFOROM U ZONAMA ZGRADE)

IZLAZ 1: Optimalan profil potrošnje toplinske energije u zgradi 12-36 h unaprijed

IZLAZ 2: Optimalan profil temperature u prostorijama zgrade 12-36 h unaprijed

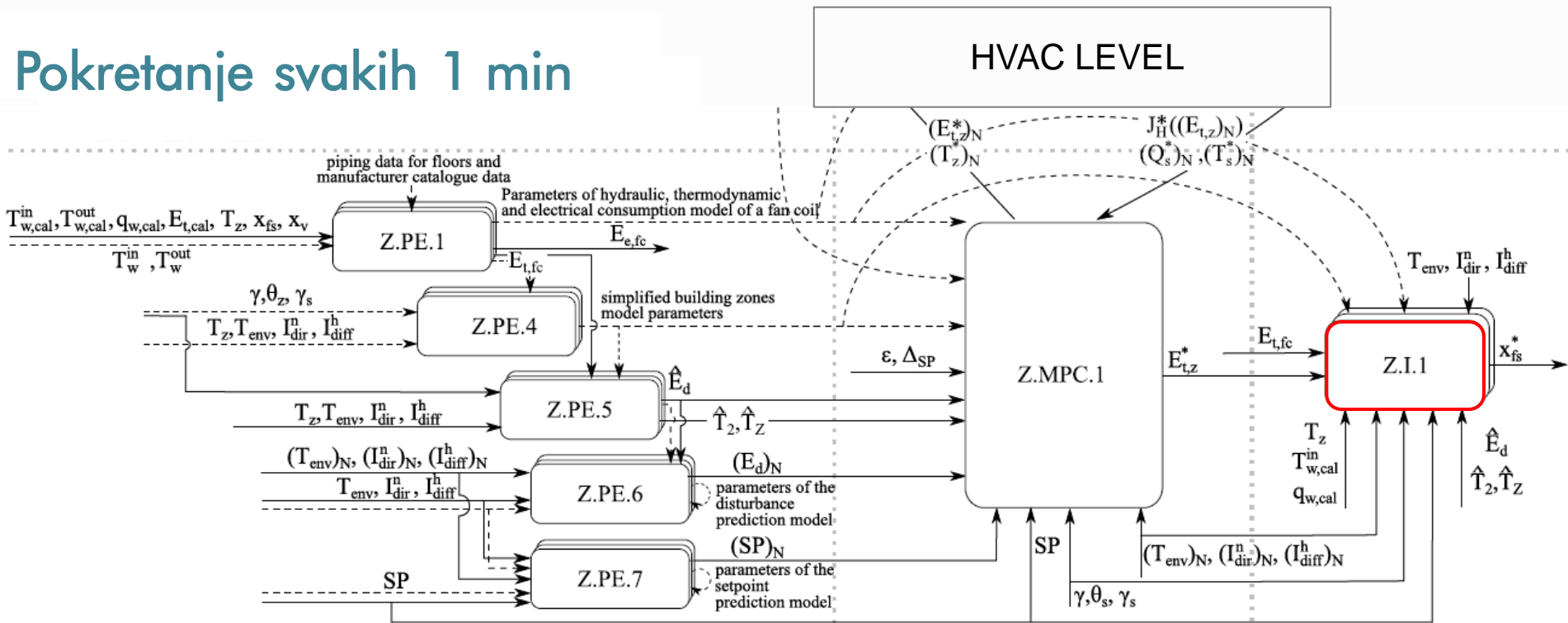
IZLAZ 3: Optimalan profil potrošnje toplinske energije u prostorijama zgrade 12-36 h unaprijed



Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)

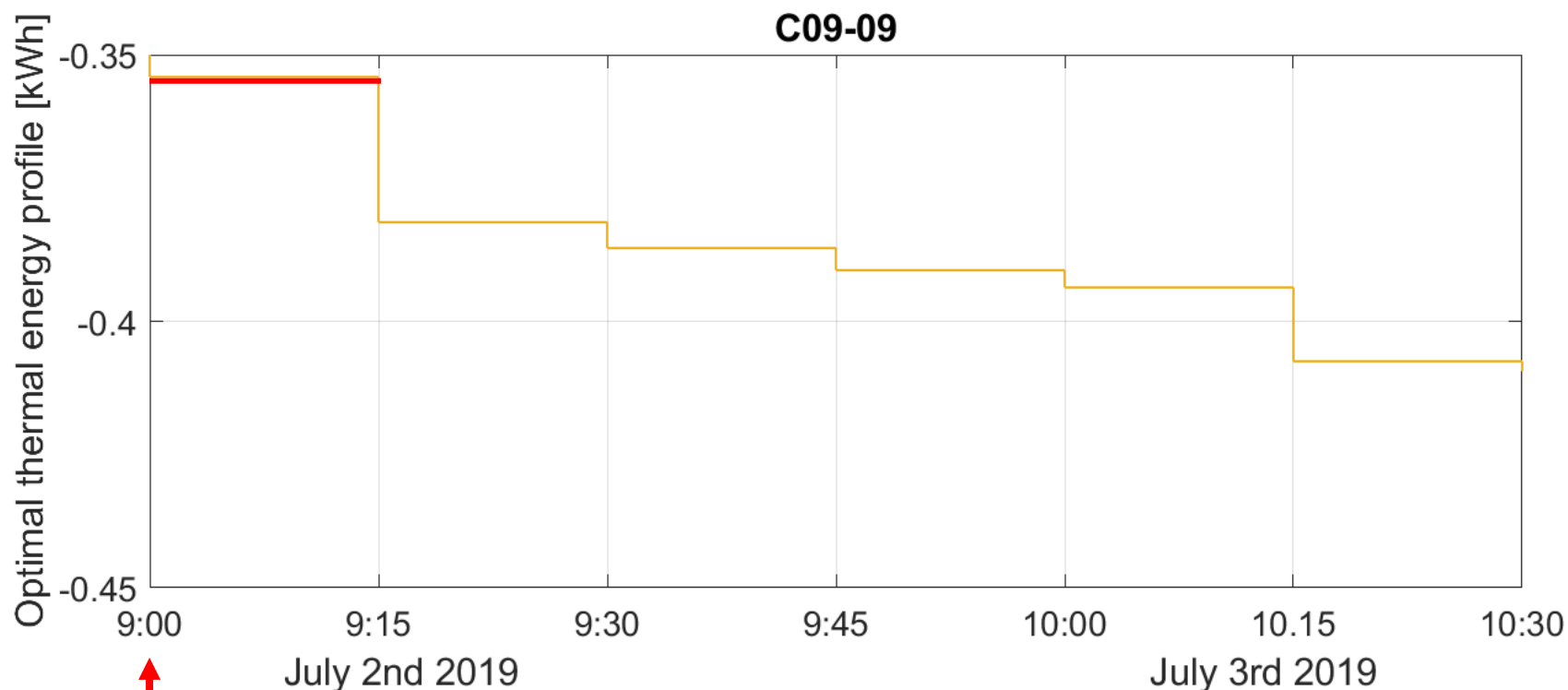
Pokretanje svakih 1 min



Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)

ULAZI: zahtijevana toplinska energija proračunata pomoću zonskog MPCa u idućih 15 min, trenutno mjerenje temperature i protoka medija za grijanje/hlađenje, trenutna mjerenja iz zona, trenutna mjerenja venskih vremenskih uvjeta, trenutno estimirani toplinski poremećaj, ...



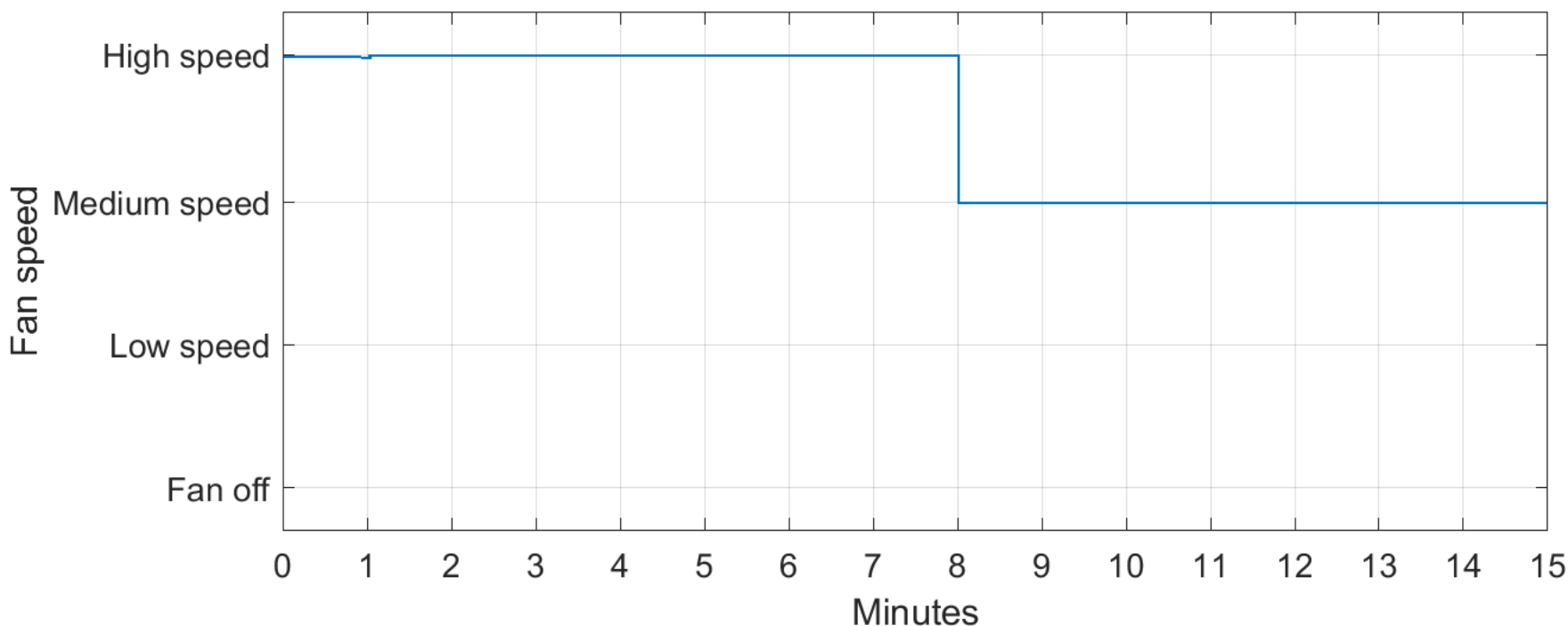
SADAŠNJI TRENUTAK

Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)

IZLAZ

OPTIMALAN PROFIL RADA VENTILOKONVEKTORA TIJEKOM IDUĆIH 15 min

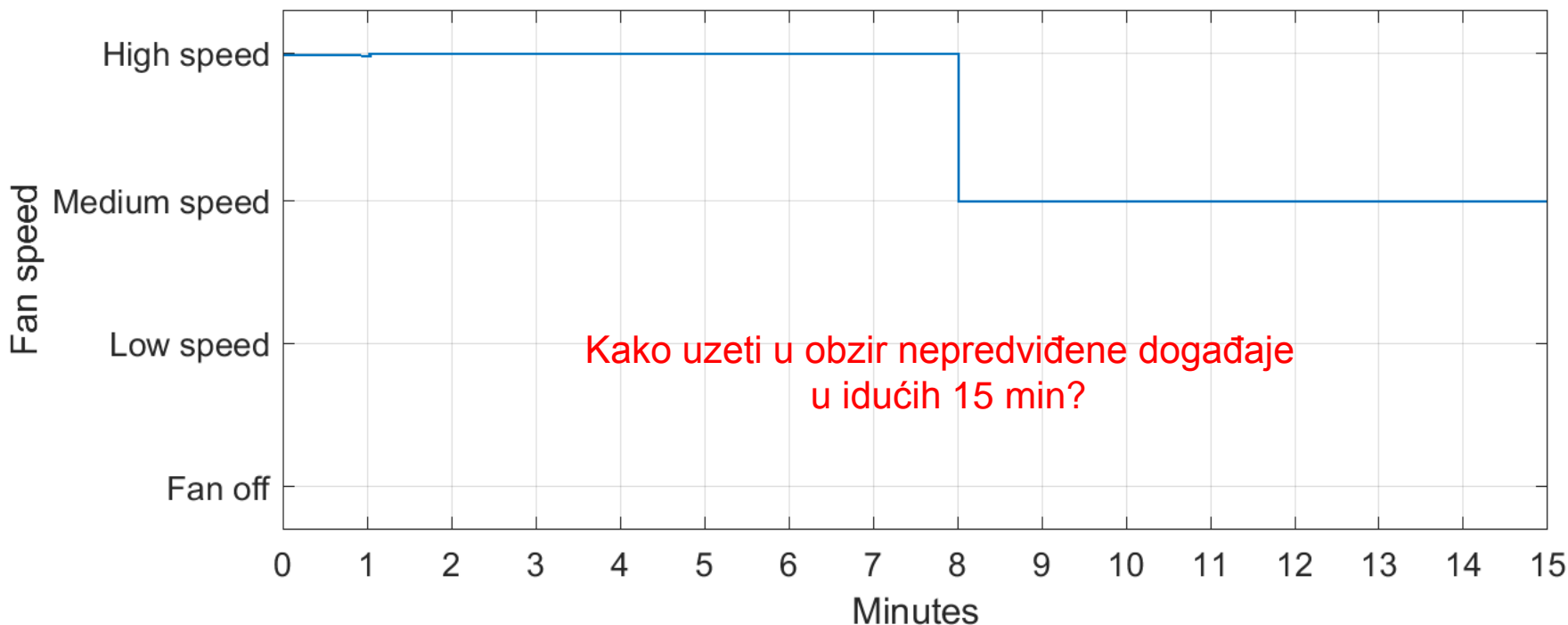


Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)

IZLAZ

OPTIMALAN PROFIL RADA VENTILOKONVEKTORA TIJEKOM IDUĆIH 15 min



Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)

POMIČNI HORIZONT – novi proračun svakih 1 min

9:00	[H H H H H H M M M M M M M M]
9:01	[H H H H H H M M M M M M M M]
9:02	[H H H H H M M M M M M M M M]
9:03	[H H H H M M M M M M M M M M]
9:04	[H H H M M M M M M M M M M M]
9:05	[H H M M M M M M M M M M M M]
9:06	[H M M M M M M M M M M M M M]
9:07	[M M M M M M M M M M M M M M]

Idealna predikcija ulaza u sustav

Nepredviđeni pozitivan toplinski poremećaj u 9:07

Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)

POMIČNI HORIZONT – novi proračun svakih 1 min

9:00 [H H H H H H M M M M M M M M]

9:01 [H H H H H H M M M M M M M M]

9:02 [H H H H H M M M M M M M M M]

9:03 [H H H H M M M M M M M M M M]

9:04 [H H H M M M M M M M M M M M]

9:05 [H H M M M M M M M M M M M M]

9:06 [H M M M M M M M M M M M M M]

9:07 [M M M M M M M M M M M M M M]

9:08 [H H H] M M M M M

9:09 [H H M M M M M]

9:10 [H M M M M M]

9:11 [M M M M M]

9:12 [M M M M]

9:13 [M M M]

9:14 [M M M]

Idealna predikcija ulaza u sustav


Nepredviđeni pozitivan toplinski poremećaj u 9:07

U sezoni hlađenja ventilokonvektor umjesto prebacivanja u srednju brzinu (M) kako je inicijalno planirano nastavlja raditi u najvišoj brzini (H) još 3 minute kako bi se poništio utjecaj nepredviđenog toplinskog poremećaja


Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)

Vrijeme proračuna – max. 1 min prije aplikacije na sustav



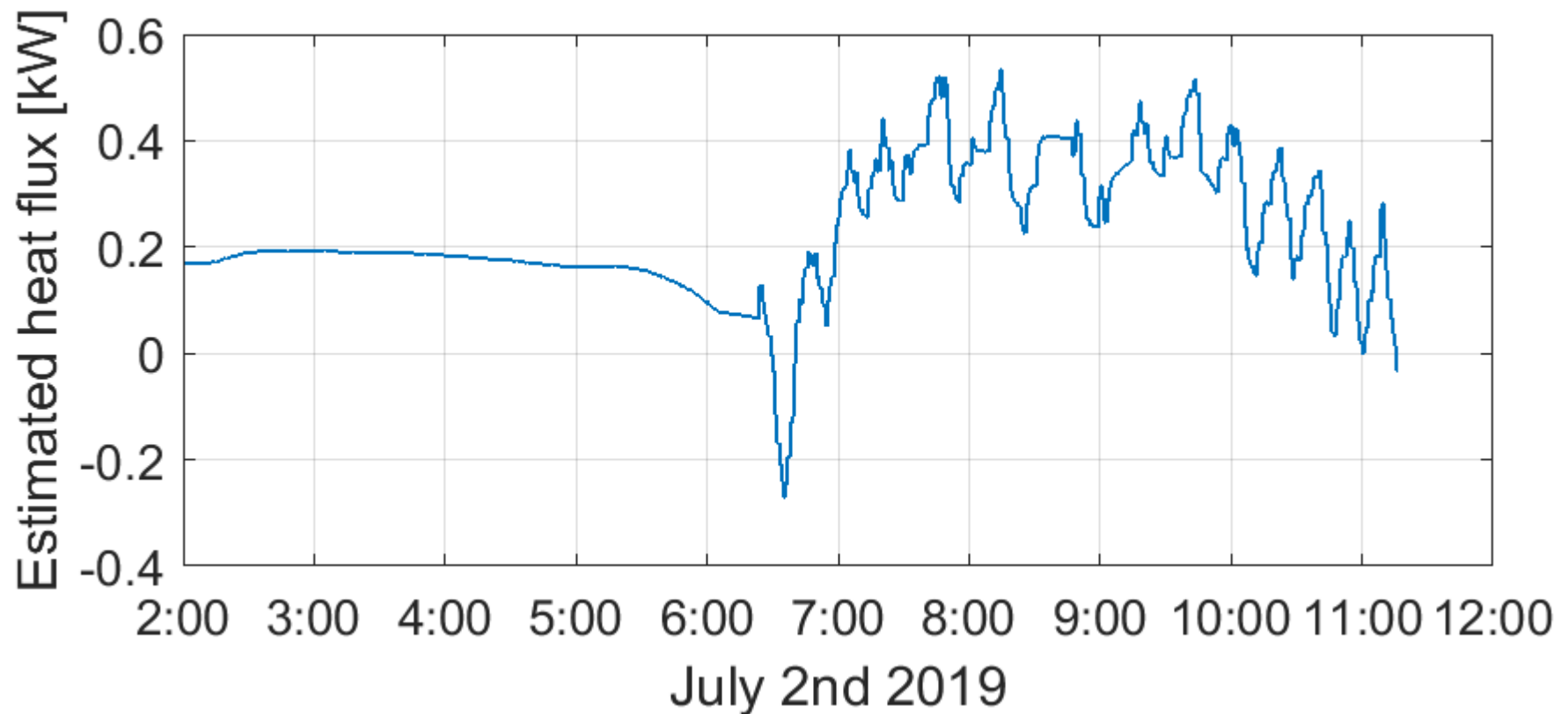
2019-07-02 08:43:20	0	[0]
2019-07-02 08:42:20	0	[0, 0]
2019-07-02 08:41:20	33	[33, 33, 33]
2019-07-02 08:40:20	33	[33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:39:20	66	[66, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:38:20	33	[33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:37:20	66	[66, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:36:20	66	[66, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:35:20	33	[33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:34:20	66	[66, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:33:21	66	[66, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:32:20	33	[33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:31:21	33	[33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:30:20	33	[33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]
2019-07-02 08:29:20	33	[33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33, 33]



Upravljačke akcije proslijeđene ventilokonvektorima

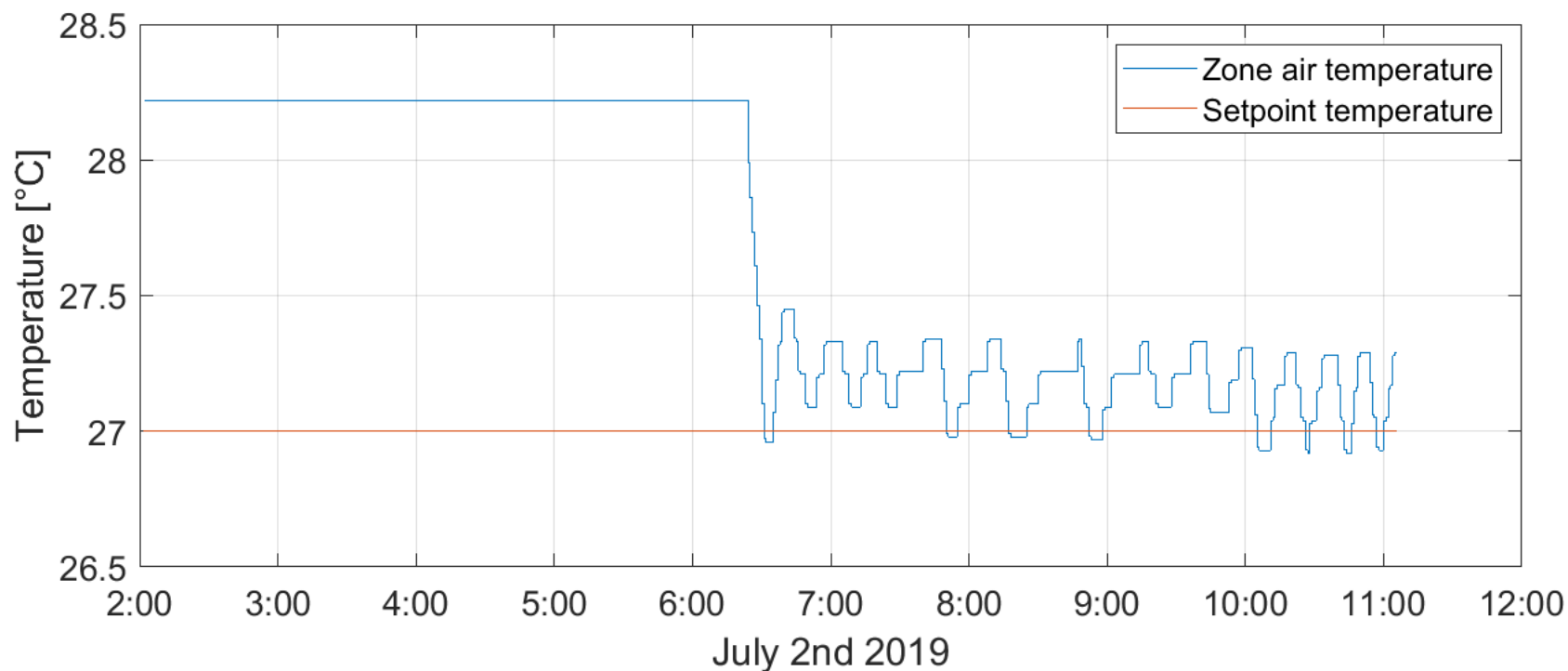
Zone Interface 1

(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)



Zone Interface 1

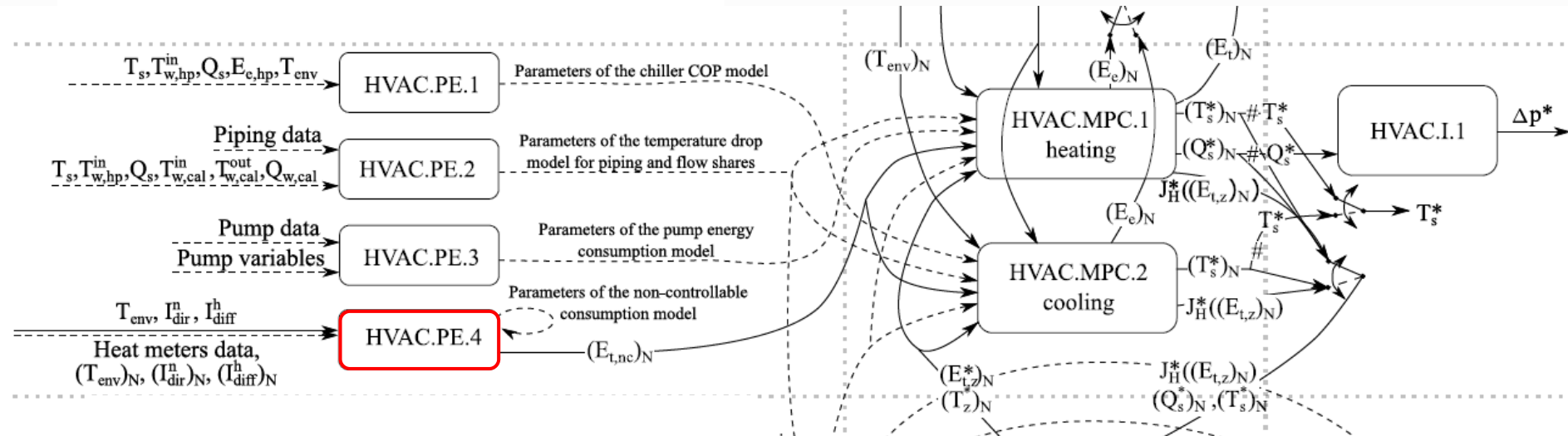
(MODUL ZA UPRAVLJANJE ENERGIJOM VENTILOKONVEKTORA)



HVAC razina

HVAC PE 4

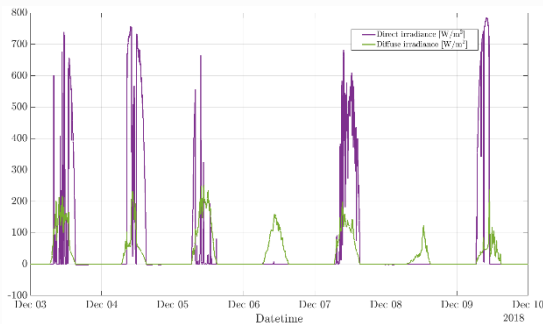
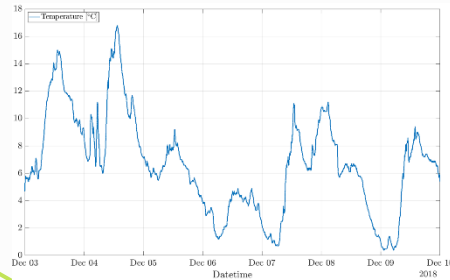
(predviđanje neupravljive potrošnje toplinske energije na HVAC razini)



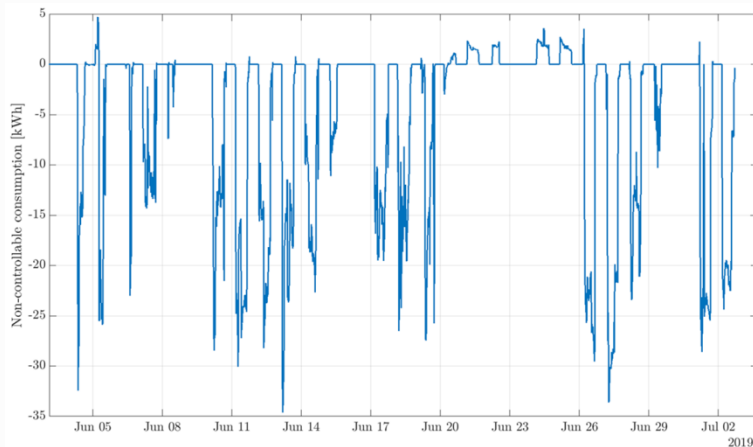
HVAC PE 4 – off-line inicijalizacija

Povijesna meteorološka mjerenja:

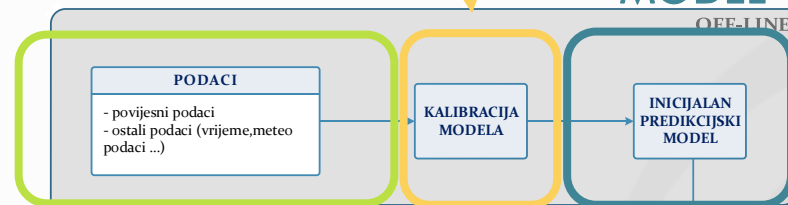
- Temperatura zraka
- Direktna i difuzna sunčeva dozračenost



Povijesna neupravljiva potrošnja (hlađenje B zgrade)

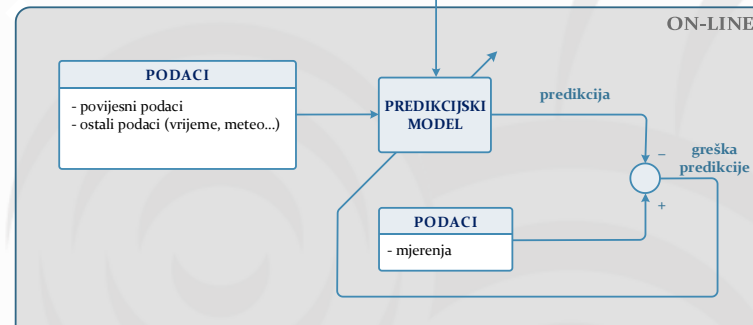


ULAZI MODULA



MODEL

OFF-LINE



Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

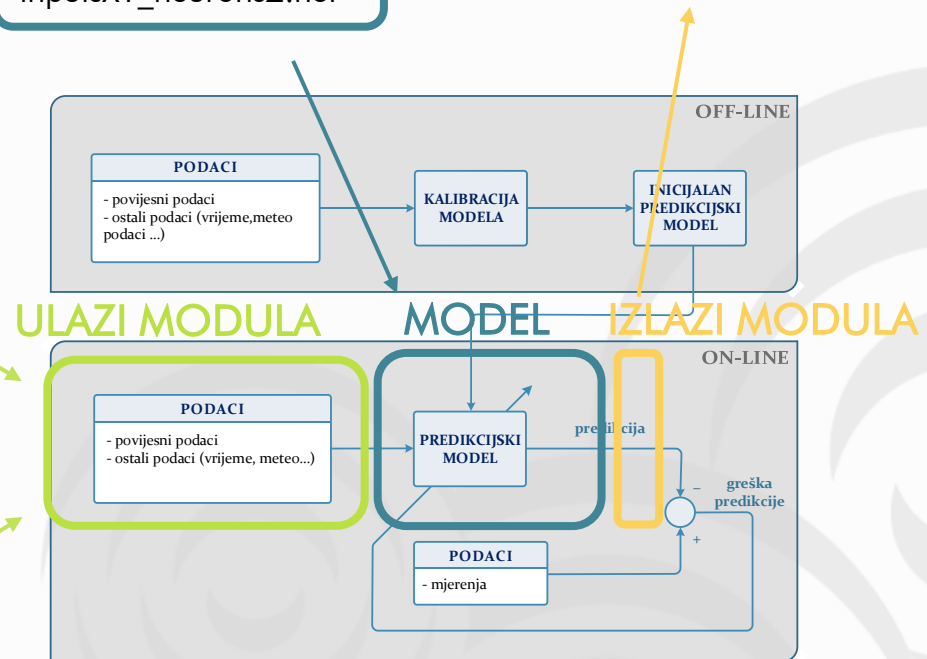
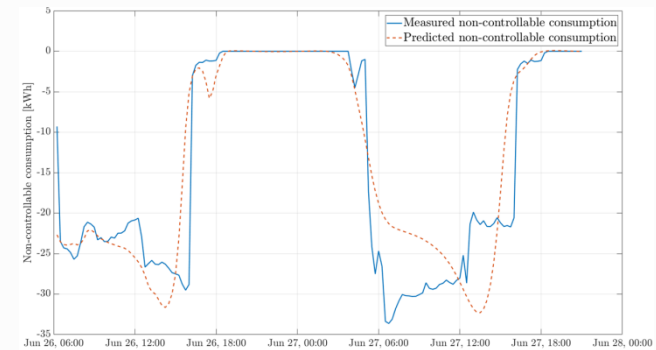


HVAC PE 4 – on-line rad

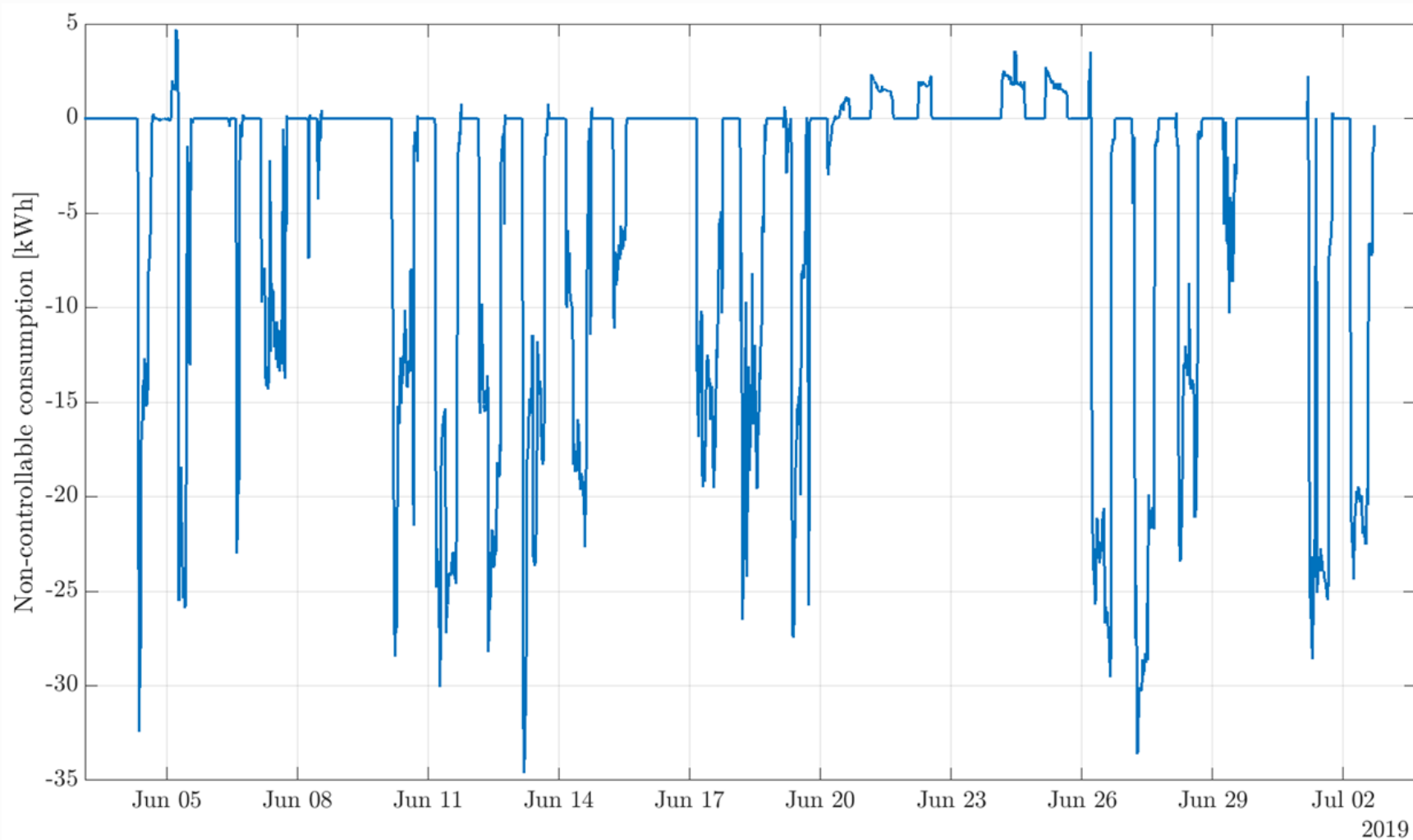
Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

Regresor sastavljen od specifičnih povijesnih intervala ulaznih podataka:

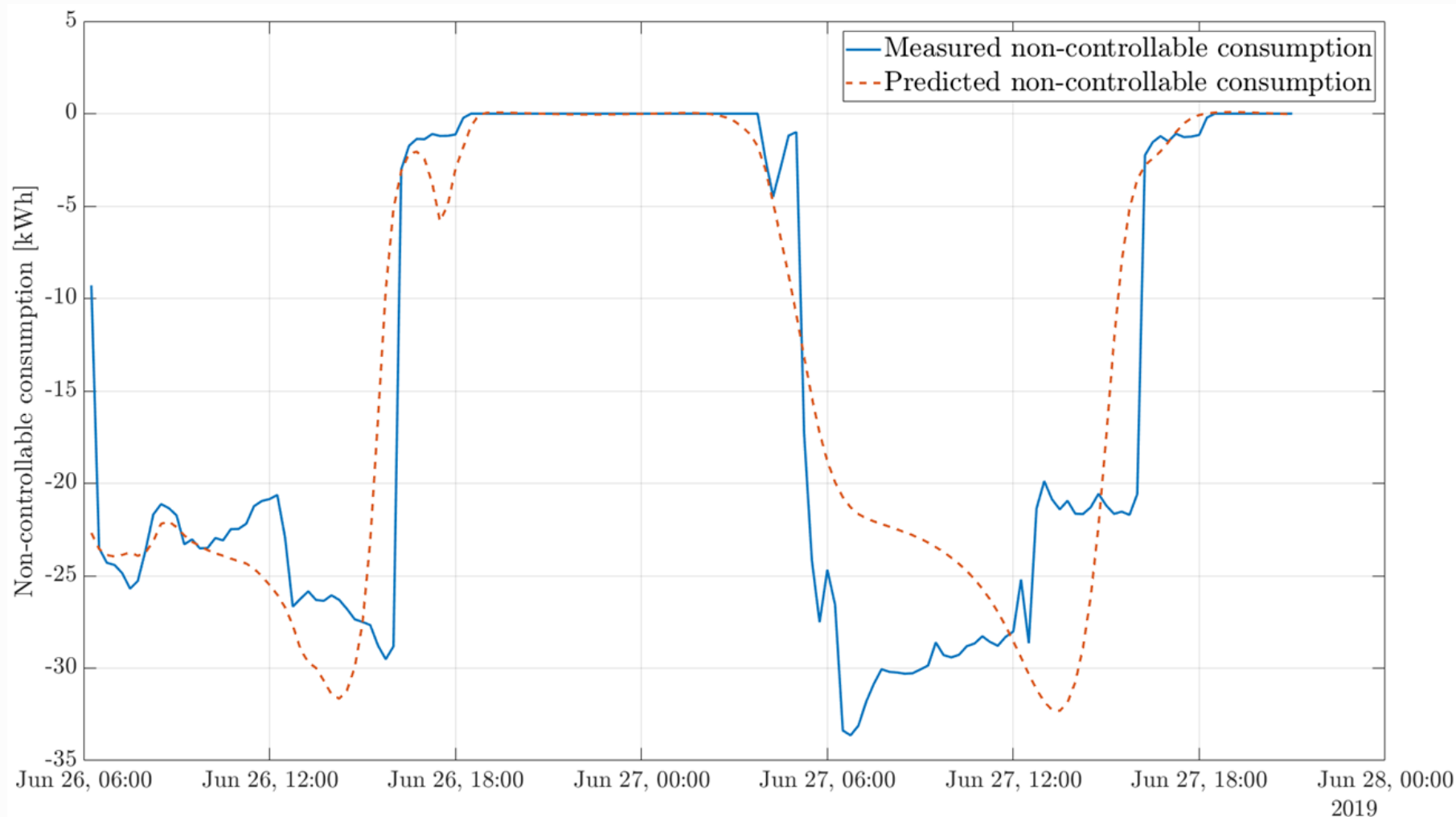
- neupravljiva potrošnja($t-1, \dots, t-5$)
- neupravljiva potrošnja($t-670, \dots, t-674$)
- τ_{s_d} , τ_{c_d}
- τ_{s_w} , τ_{c_w}
- τ_{s_y} , τ_{c_y}
- temperatura zraka($t-1, \dots, t-3$)
- temperatura zraka($t-671, \dots, t-673$)
- direktna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- direktna dozračenost($t-671, \dots, t-673$)
- difuzna dozračenost($t-1, \dots, t-3$)
- difuzna dozračenost($t-671, \dots, t-673$)



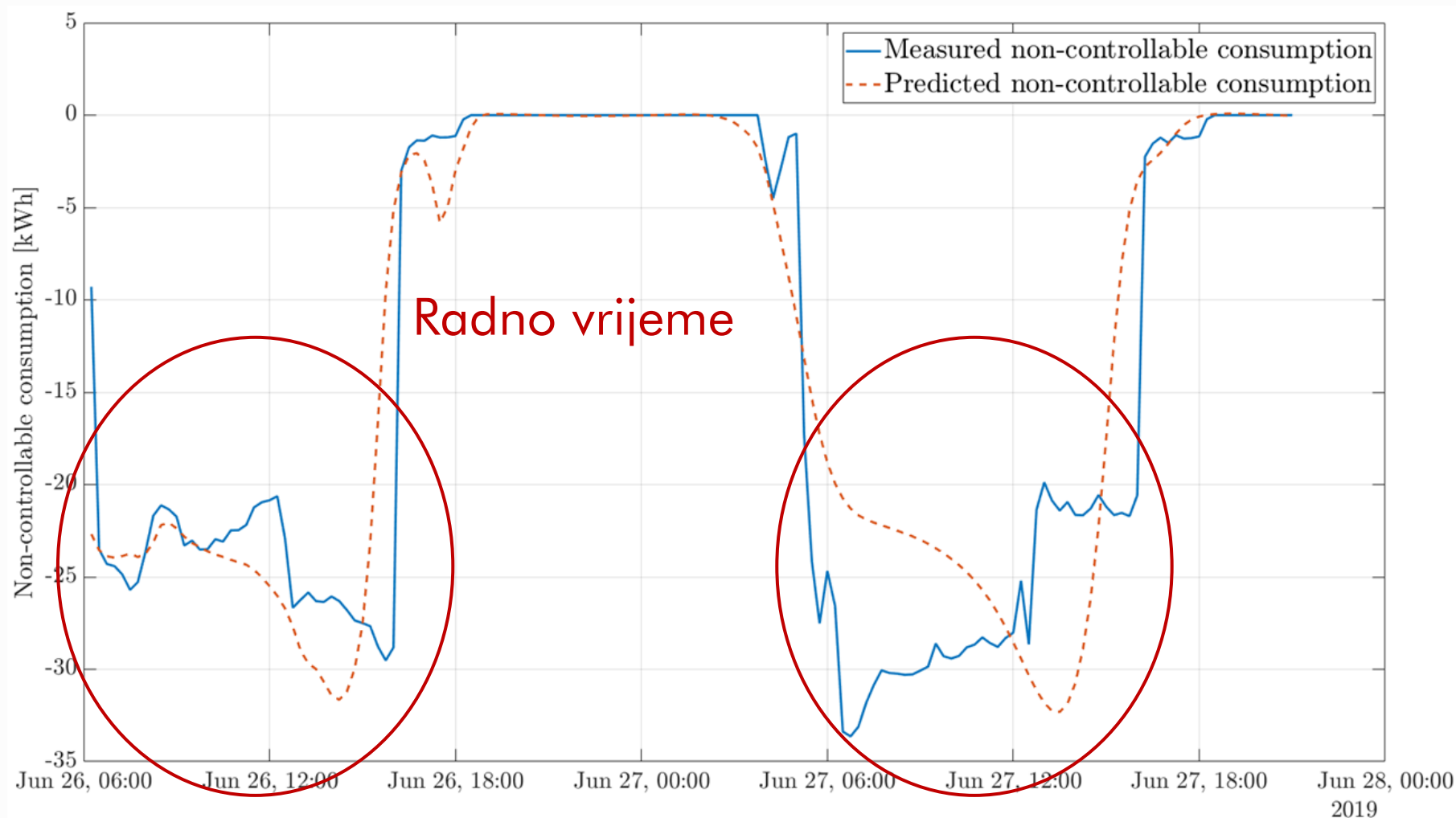
HVAC PE 4 – primjer povijesne potrošnje



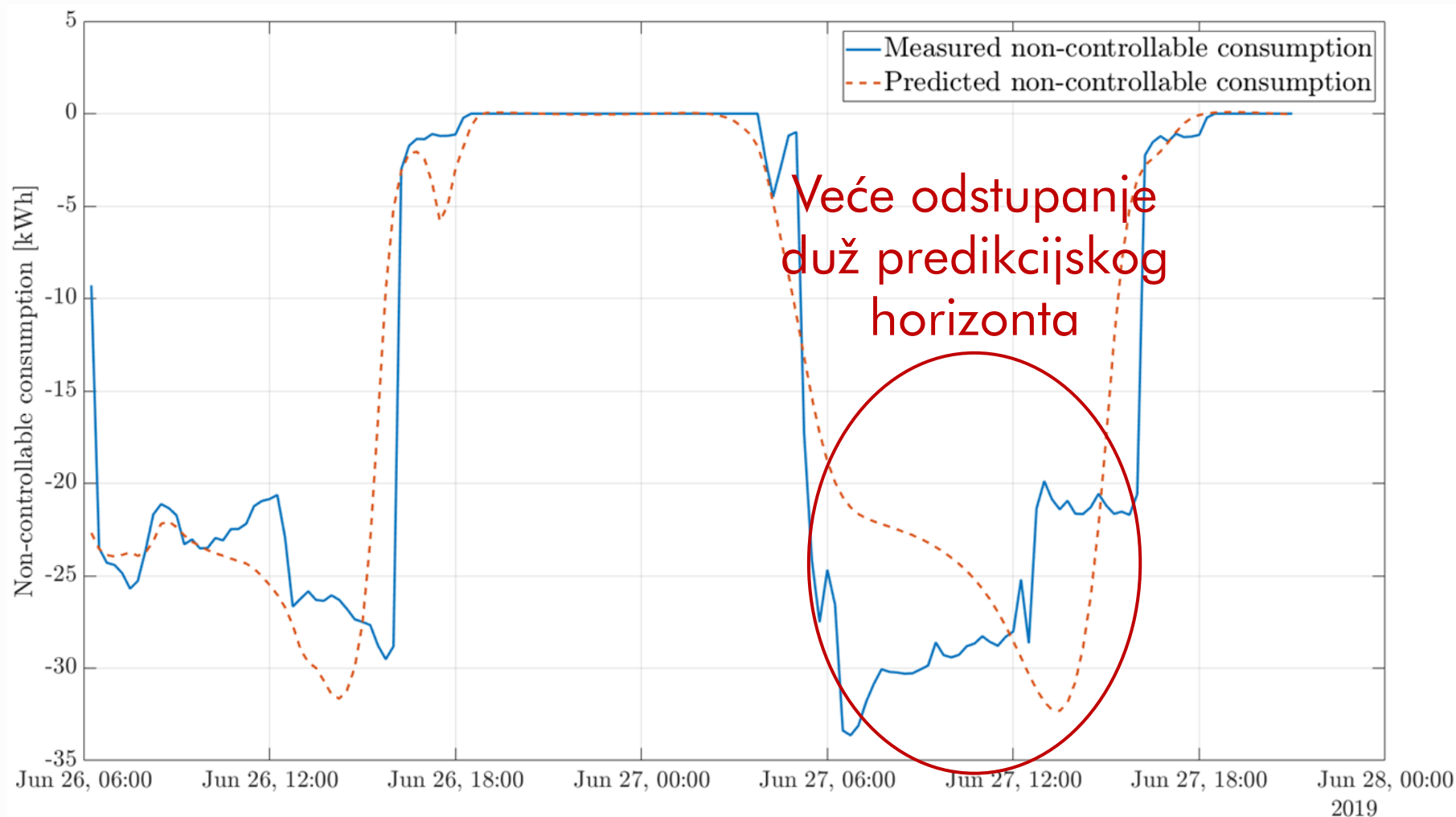
HVAC PE 4 – primjer generirane predikcije (26.06. 08:00)



HVAC PE 4 – primjer generirane predikcije (26.06. 08:00)



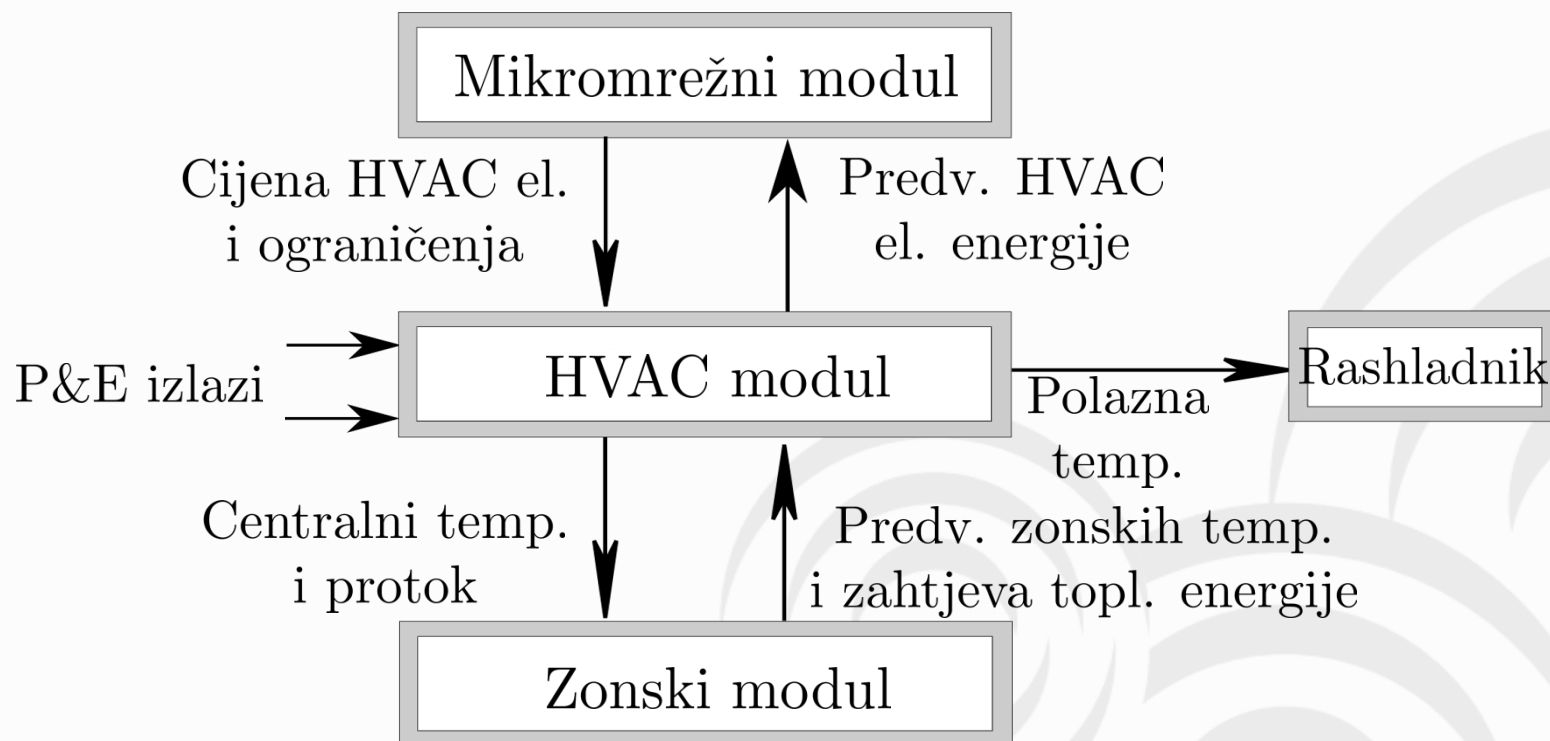
HVAC PE 4 – primjer generirane predikcije (26.06. 08:00)



Modul modelskog prediktivnog upravljanja za centralni HVAC (HVAC MPC 2 modul)

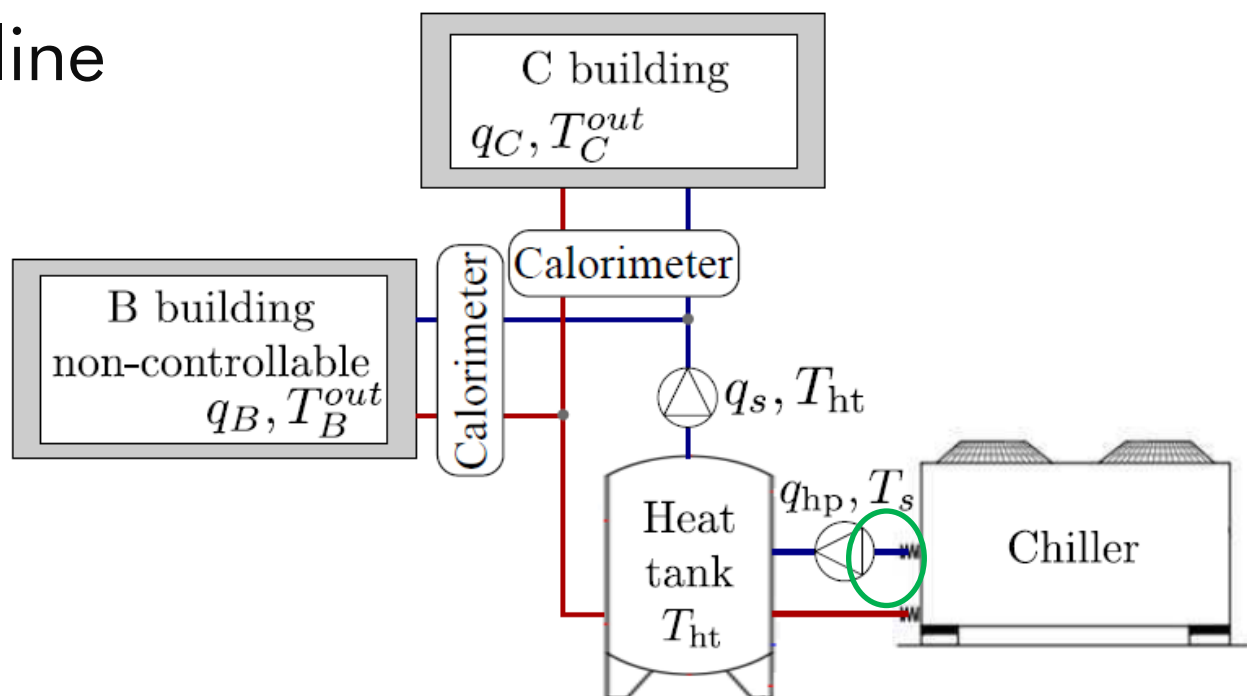
- Opis: kondicioniranje rashladnog medija → minimizacija cijene rada HVAC centralnog sustava uz ograničenja komfora i el. potrošnje
- Interakcija:
 - 4.2.1. - Mikromrežni MPC modul
 - 4.4.1. – Zonski MPC modul
 - 4.3.1./4.4.1 – P&E moduli
- Period izvršavanja: 15 minuta
- Predikcija barem 24 sata unaprijed

HVAC MPC unutar modularne strukture



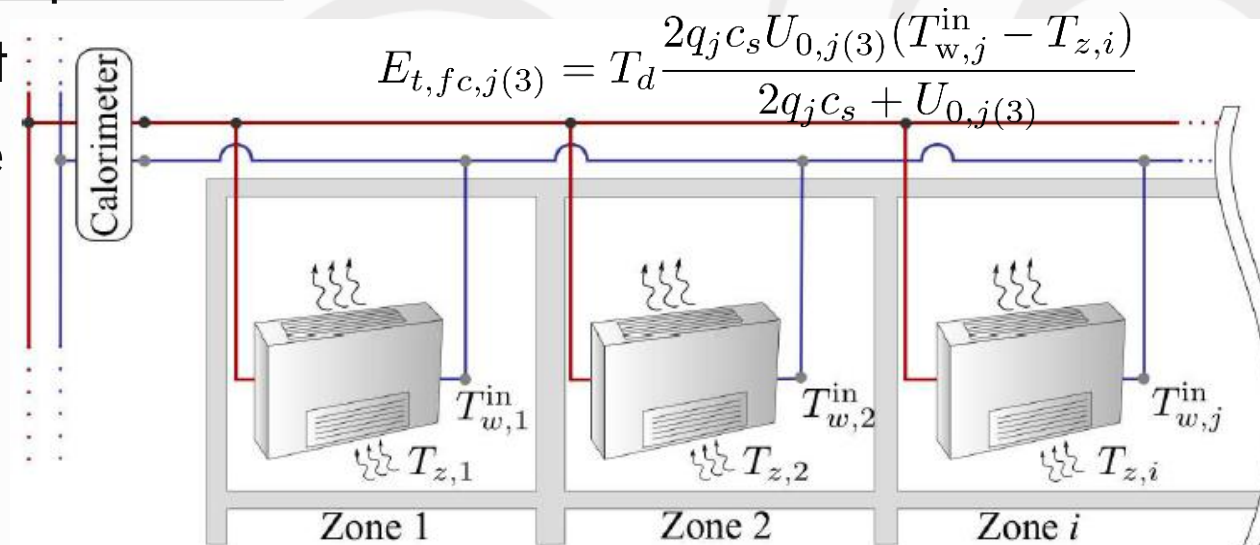
Konceptualna shema HVAC sustava na FER-u

- C zgrada – upravljivi teret
- B zgrada – neupravljivi teret
- Spremnik topline
- Rashladnik
- Cjevovod

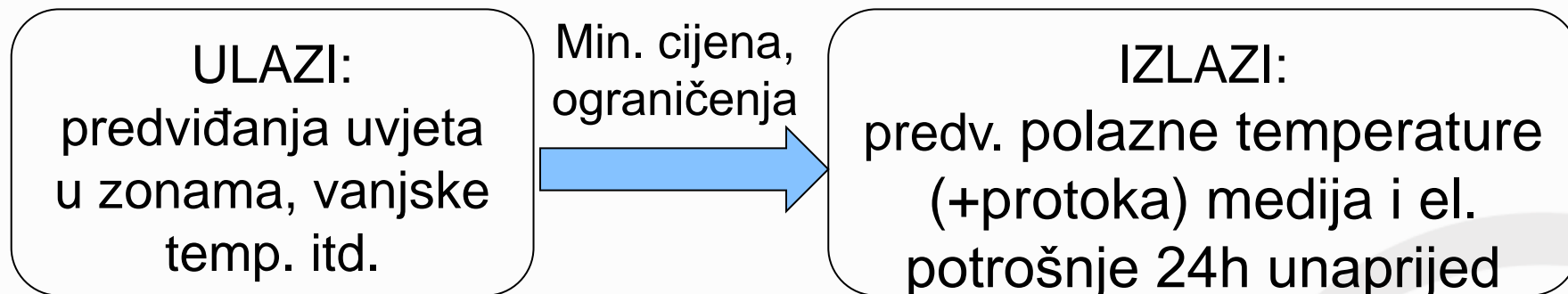


Podmodeli HVAC sustava

- COP model rashladnika, $COP(T_o, P_t)$
- Cjevovod, toplinski gubici, protoci
- Zone
- Ventilokonvektori (VK)
- Protoci po VK
- Model temp. medija na VK
- Neupravljivi teret
- Spremnik topline



HVAC MPC problem

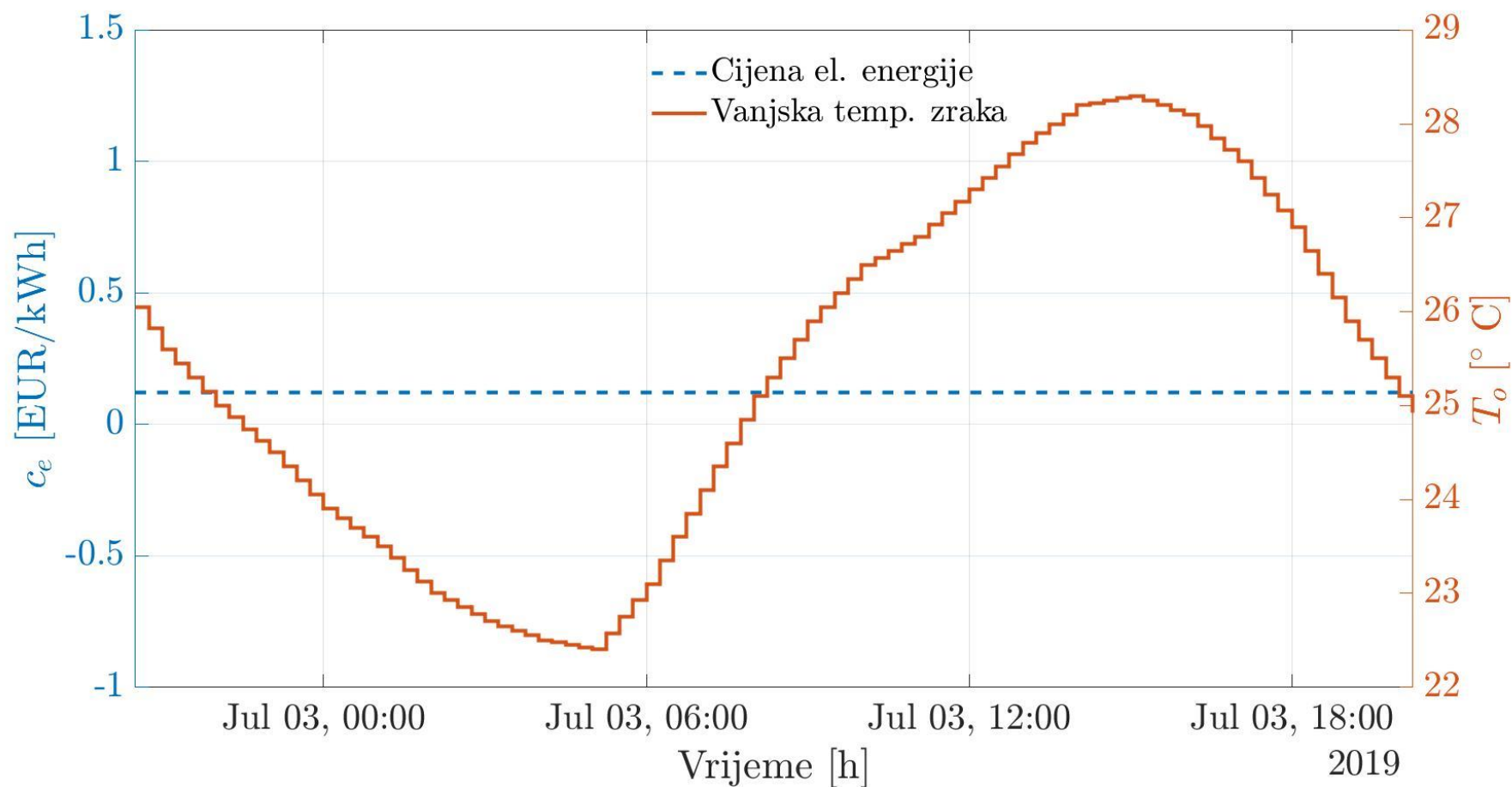


- HVAC cijena rada = cijena el. energije
- Ograničenja:
 - polazna temperatura
 - opterećenje kompresora (122.5 kW)
 - toplinski zahtjevi u zonama
 - potrošnja el. energije

Online HVAC MPC scenarij

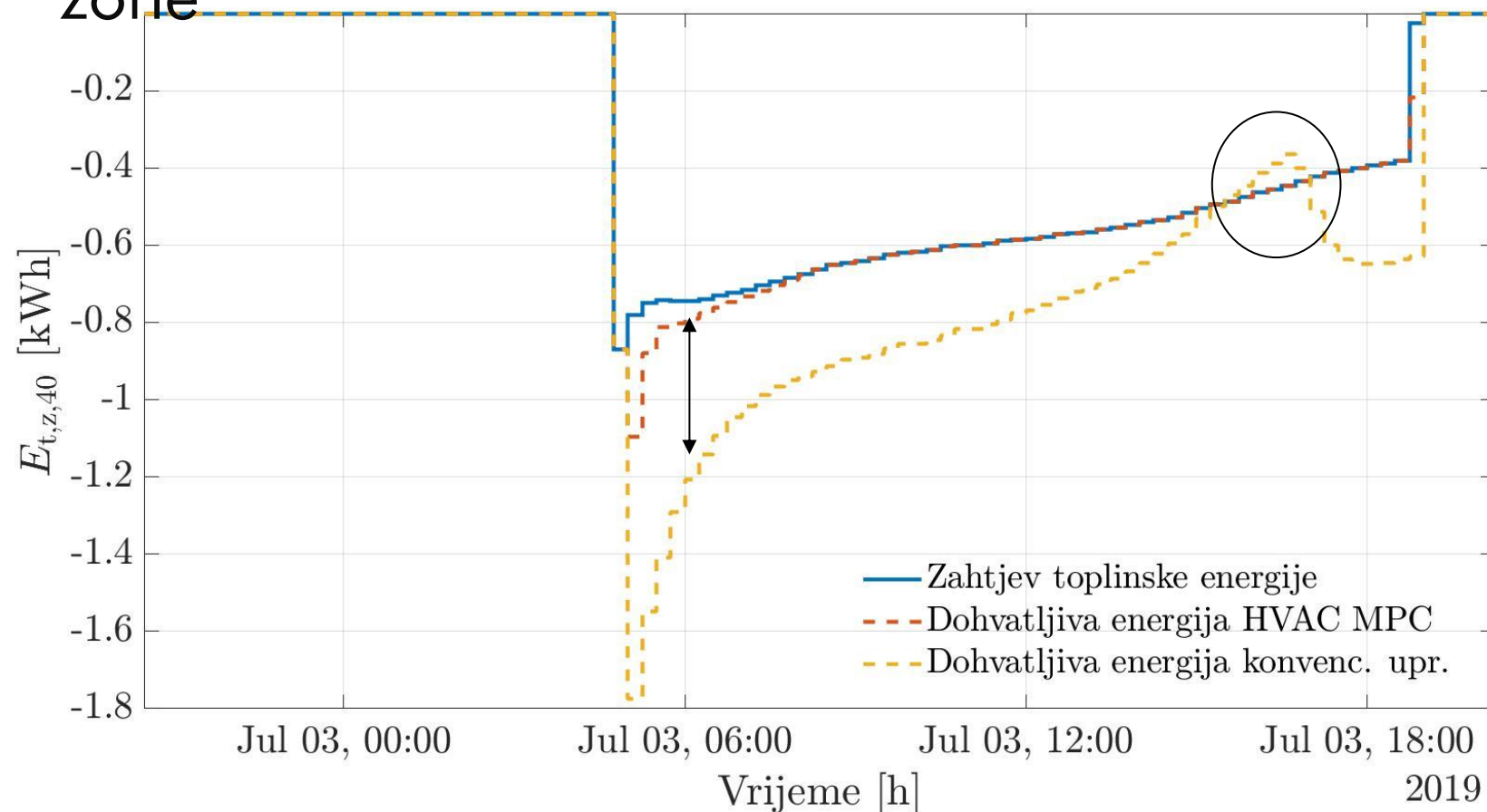
- Razmatrani period: 2. na 3. srpanj 2019.
- Usporedba s konvencionalnim regulatorom – fiksna polazna temp.

HVAC MPC – rezultati online modula (1)



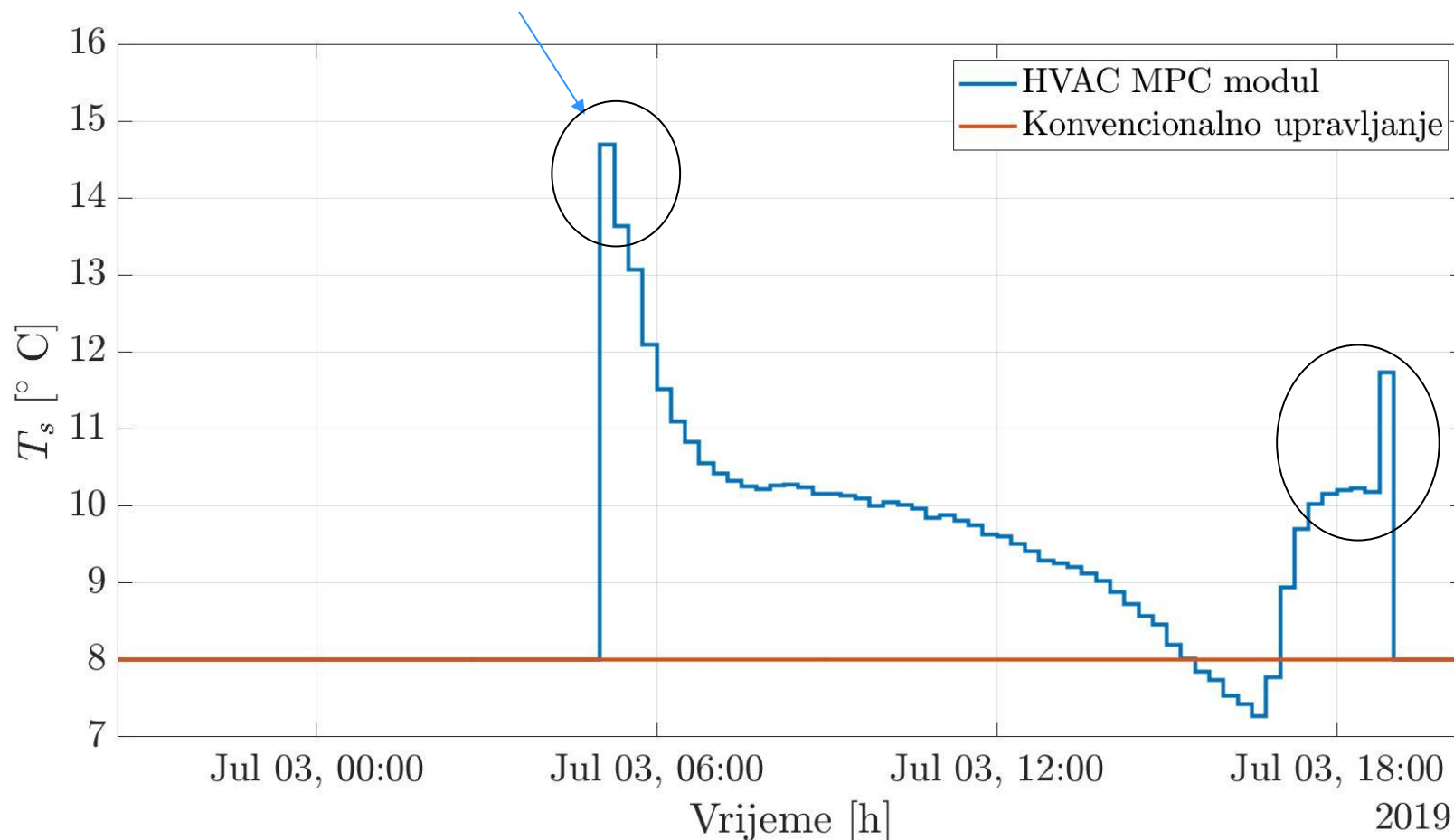
HVAC MPC – rezultati online modula (2)

- Dohvatljiva toplinska energija MPCa prati zahtjeve zone



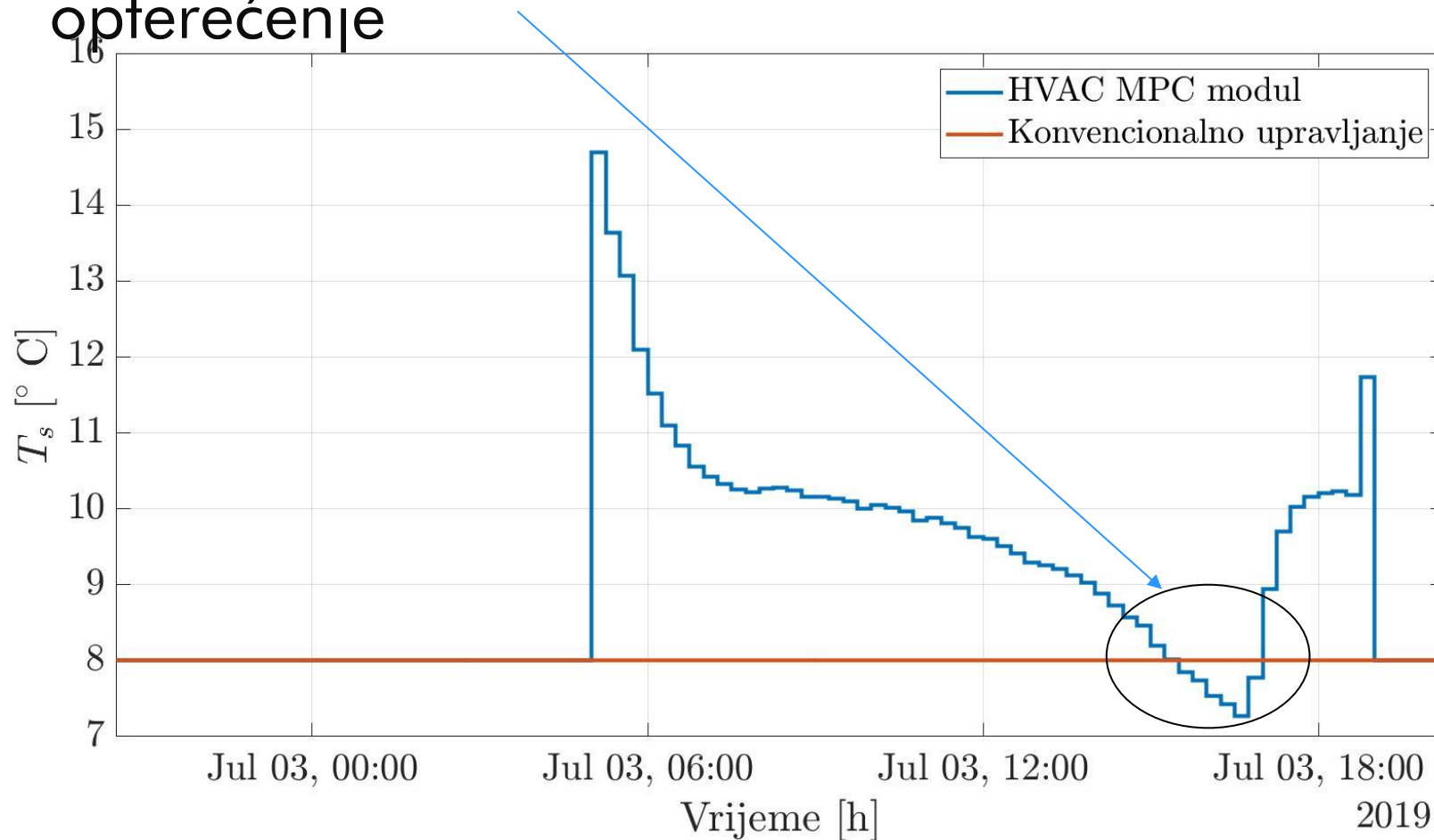
HVAC MPC – rezultati online modula (3)

- Porast polazne temp. → umanjeno toplinsko



HVAC MPC – rezultati online modula (3)

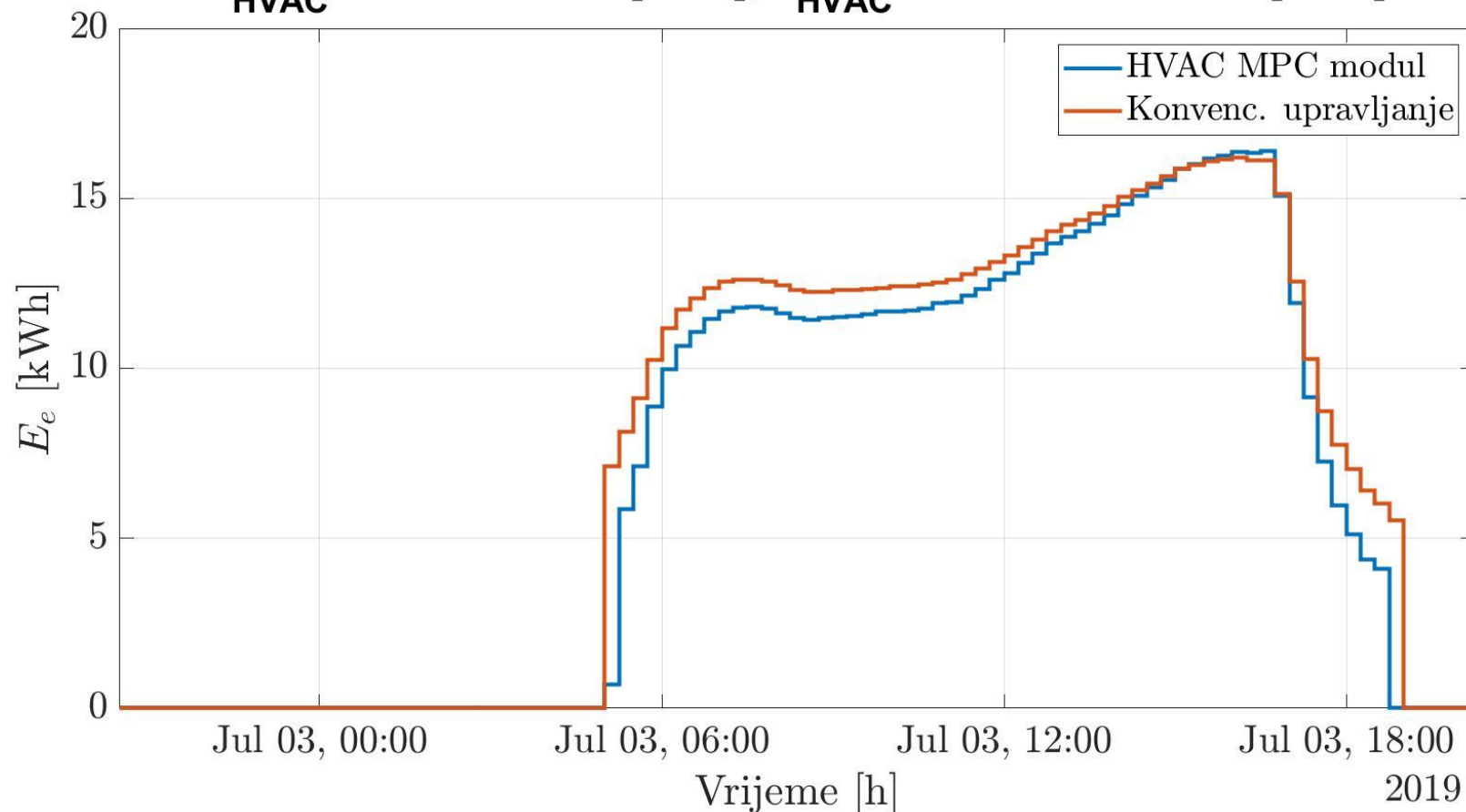
- Pad polazne temp. → povećano toplinsko opterećenje



HVAC MPC – rezultati online modula (4)

- HVAC MPC utrošak -8%

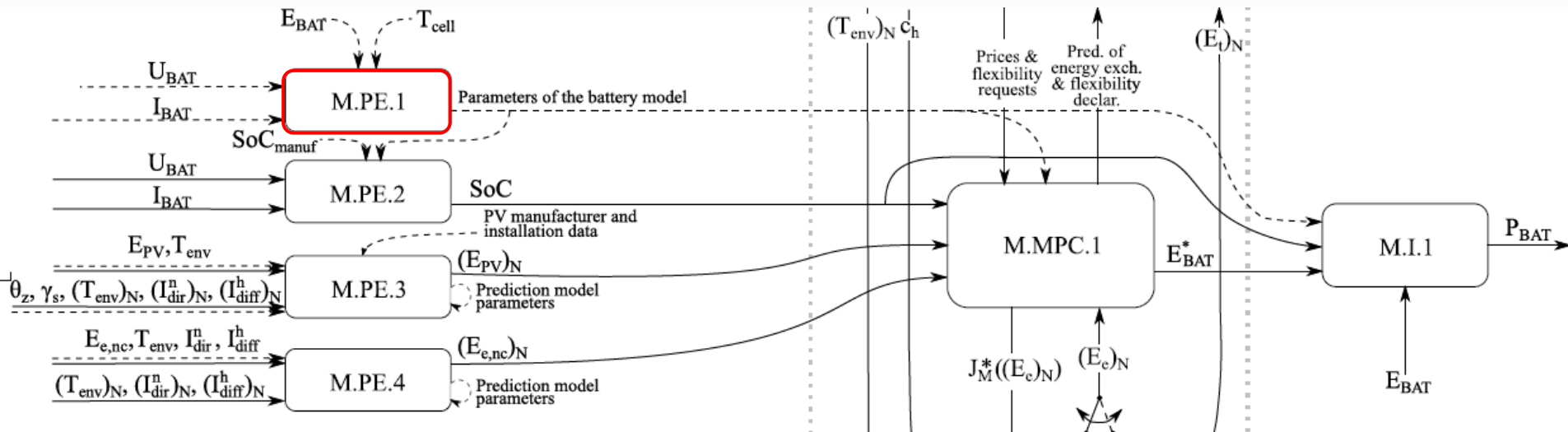
J_{HVAC} MPC: 77.7149 [EUR], J_{HVAC} baseline: 83.7511 [EUR]



Razina mikromreže

M PE 1

(estimacija matematičkog modela baterijskog sustava)



Ulazi

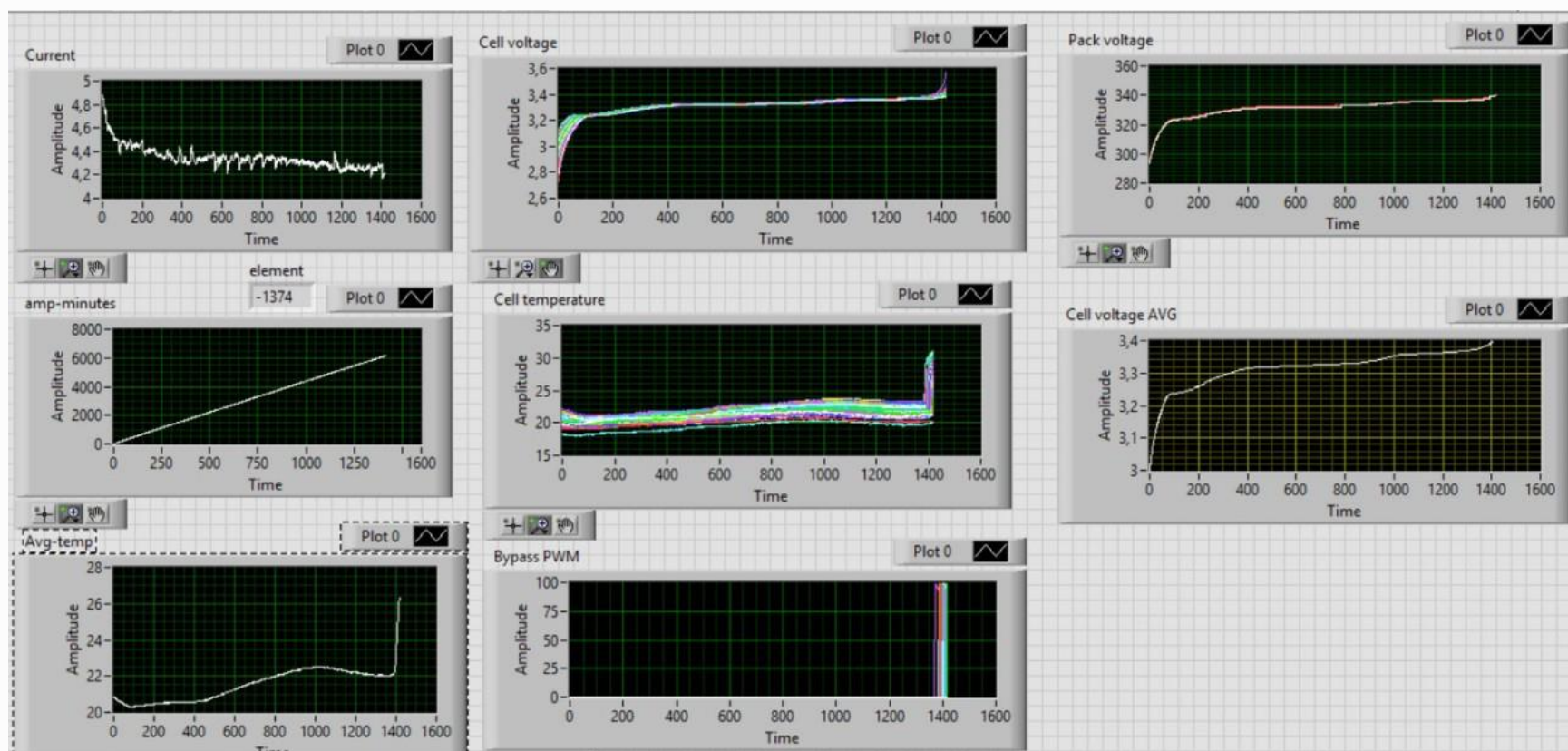
- Mjerenja s baterijskog sustava: naponi i struje na AC i DC strani, temperatura ćelija

Izlazi

- Kapacitet baterije
- Efikasnost bat. sustava

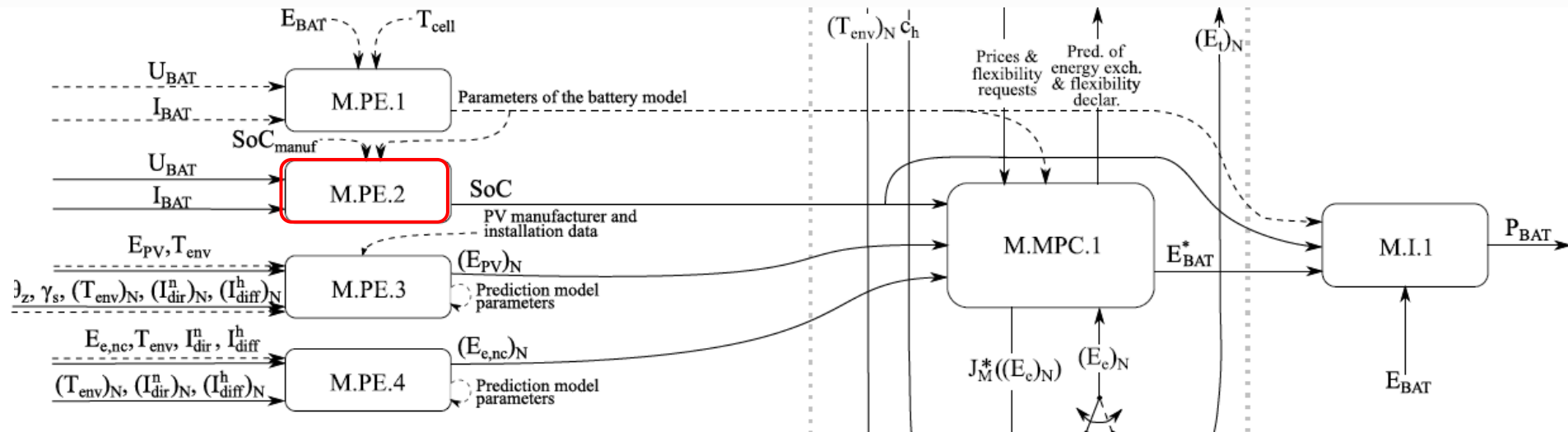
M PE 1

- Provedeni identifikacijski eksperimenti
- Moguća i analiza povijesnih podataka iz redovitog rada sustava → praćenje stanja sustava



M PE 2

(estimacija stanja napunjenosti baterije)



Ulazi

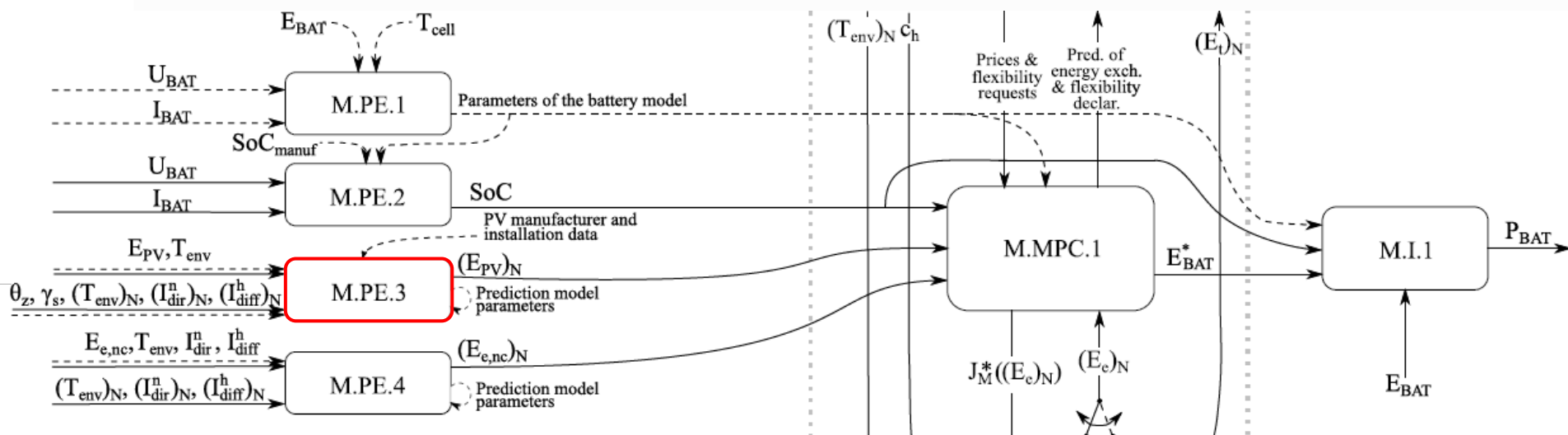
- Mjerenja s baterijskog sustava: naponi i struje na AC i DC strani
- Parametri mat. modela baterije

Izlazi

- Stanje napunjenosti baterije (SoC)

M PE 3

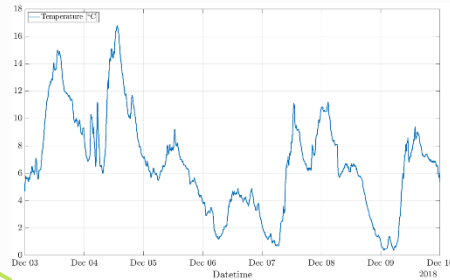
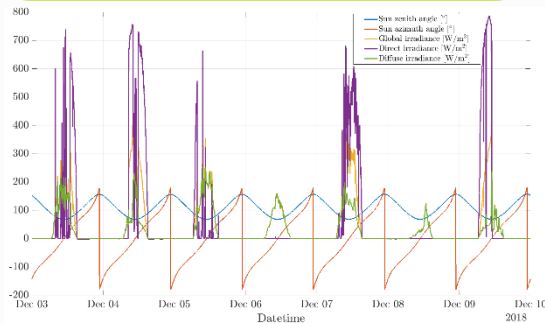
(predviđanje proizvodnje fotonaponskih panela)



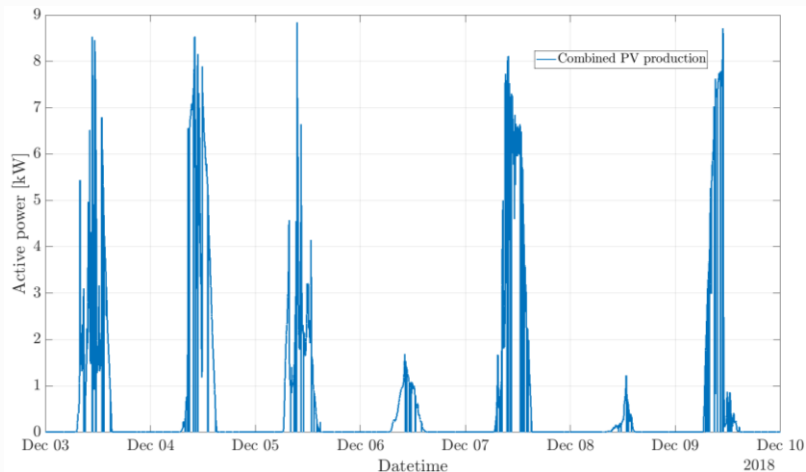
PE 3 – off-line inicijalizacija

Povijesna meteorološka mjerenja:

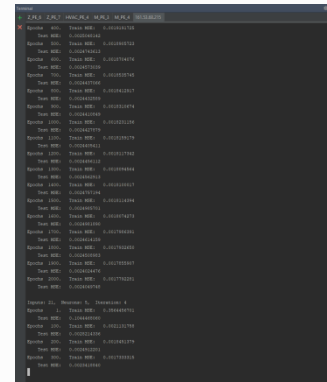
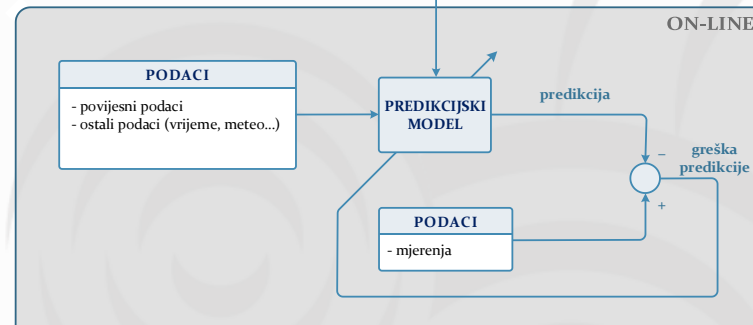
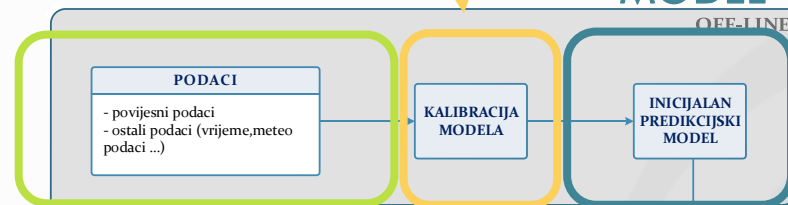
- Temperatura zraka
- Direktna i difuzna sunčeva dozačćenost
- Sučev azimutni i zenitni kut



Povijesna proizvodnja fotonaponskih panela



ULAZI MODULA



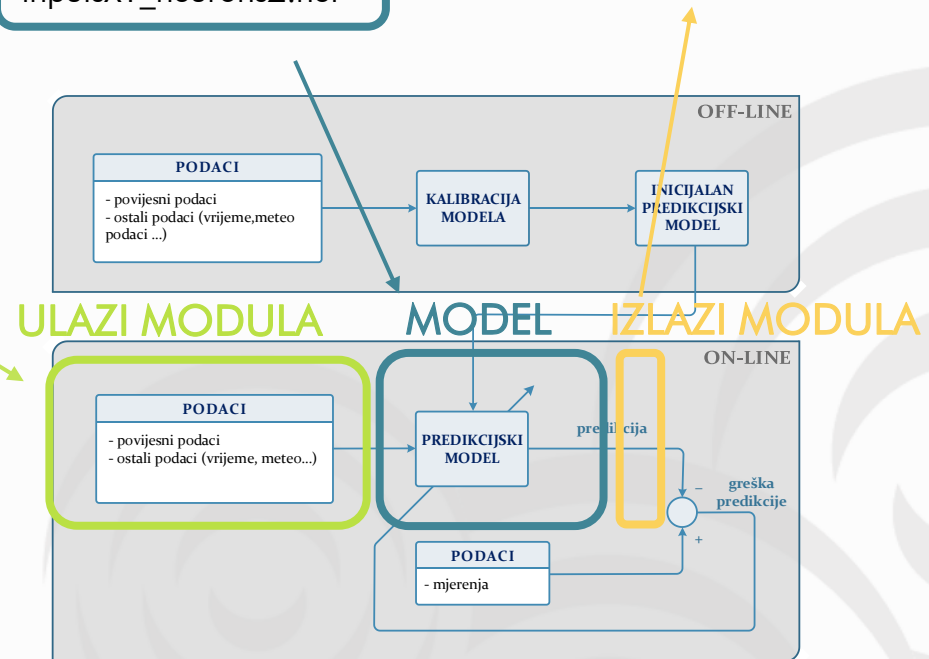
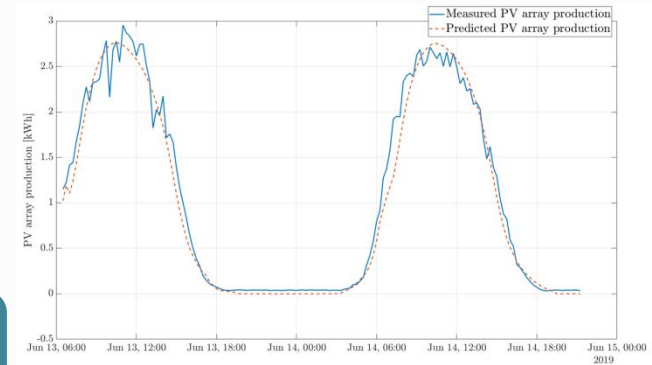
Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

M PE 3 – on-line rad

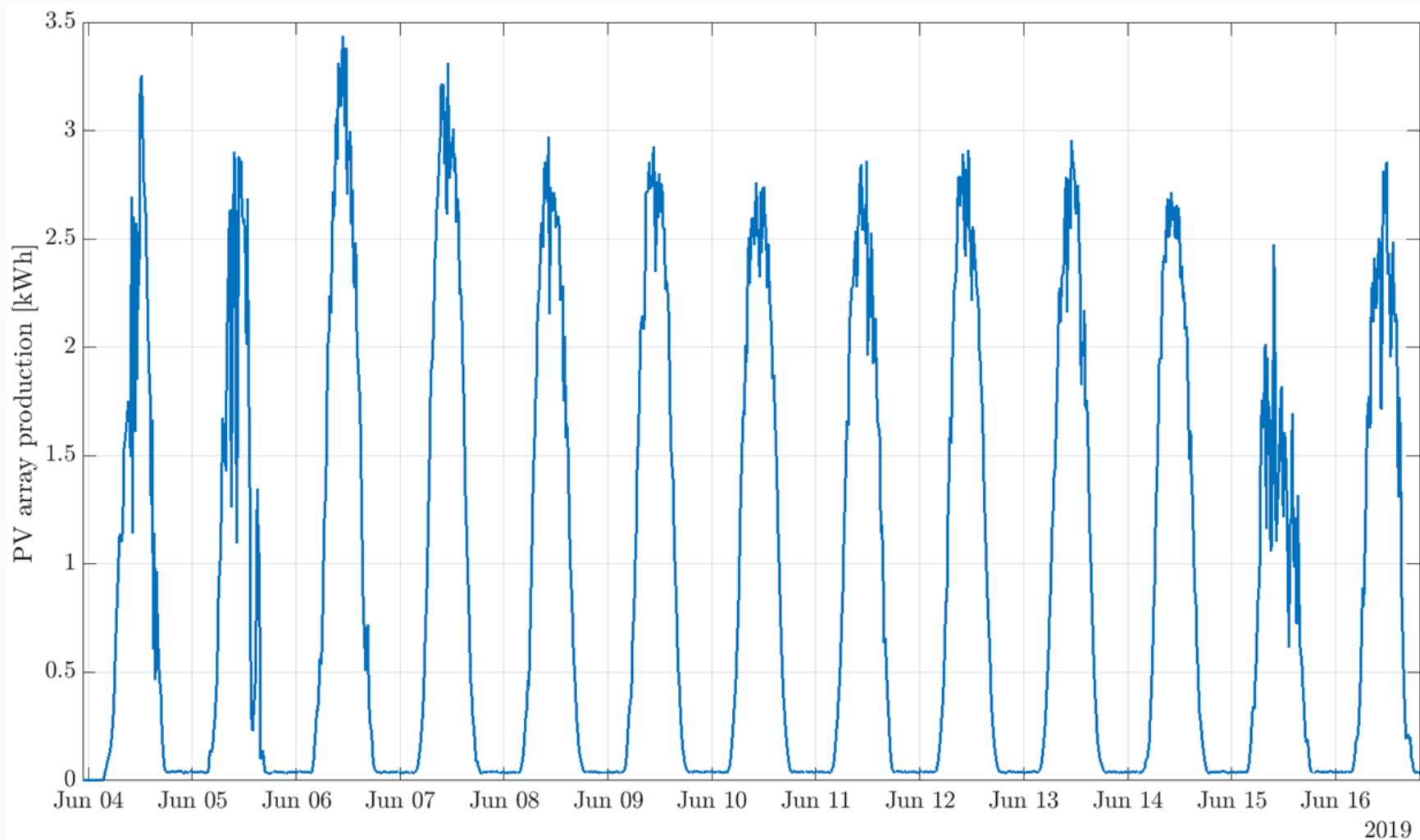
Regresor sastavljen od specifičnih povijesnih intervala ulaznih podataka:

- $\text{sunčev_zeniti_kut}(t-1, \dots, t-3)$
- $\text{sunčev_azimutni_kut}(t-1, \dots, t-3)$
- $\text{temperatura}(t-1, \dots, t-3)$
- $\text{direktna dozračenost}(t-1, \dots, t-3)$
- $\text{difuzna dozračenost}(t-1, \dots, t-3)$

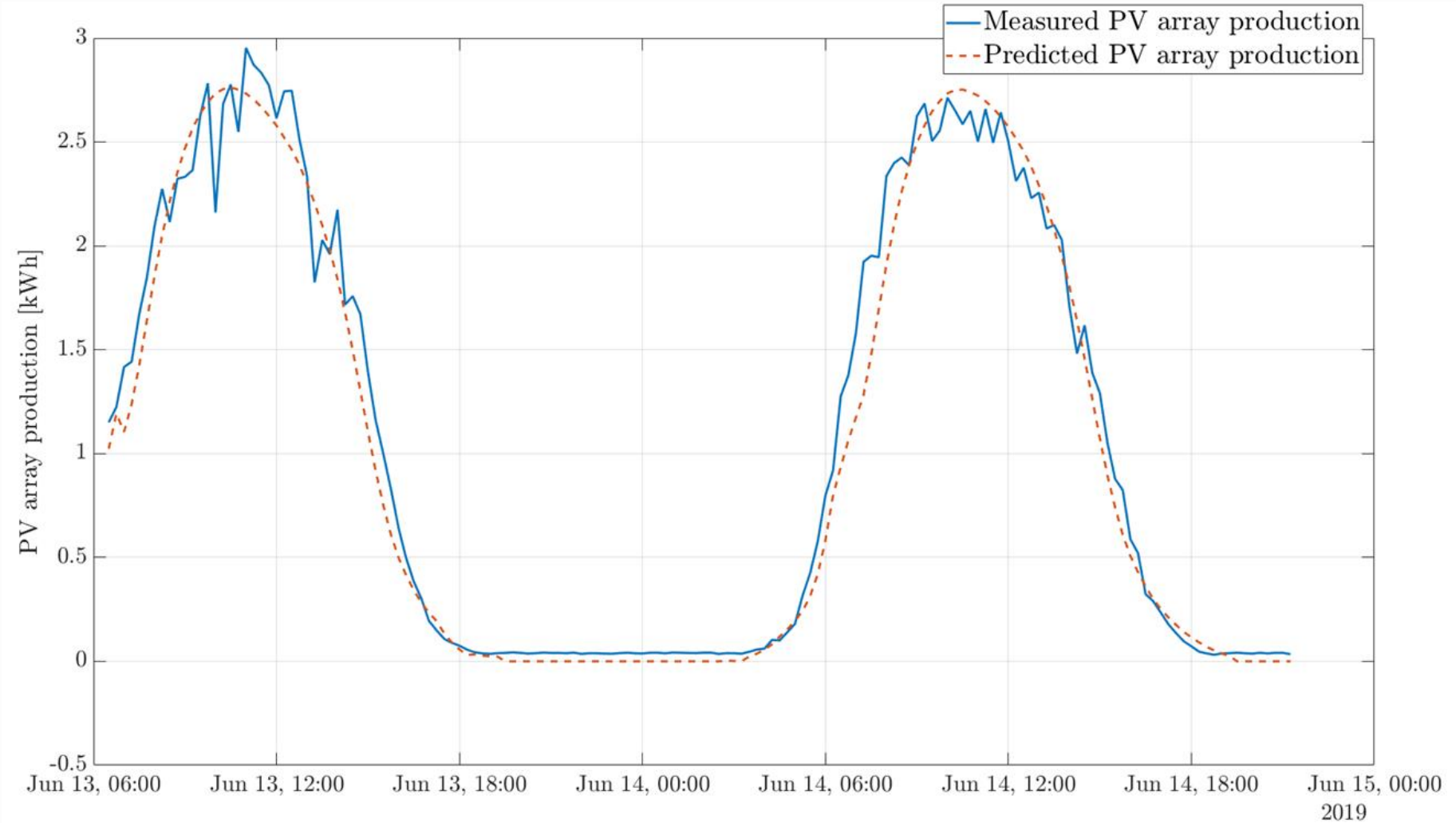
Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net



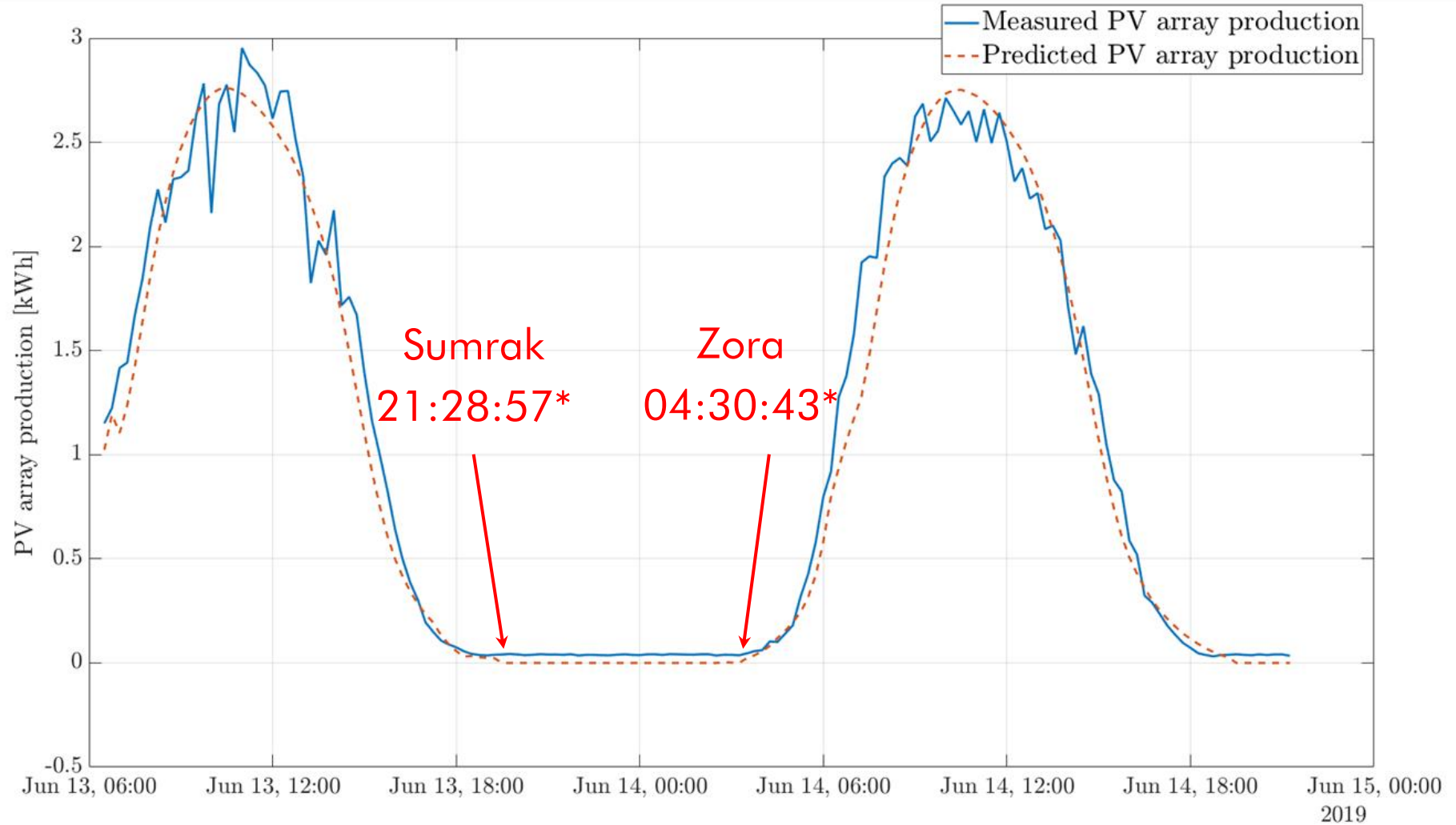
M PE 3 – primjer povijesne proizvodnje



M PE 3 – primjer generirane predikcije (13.06. 08:00)



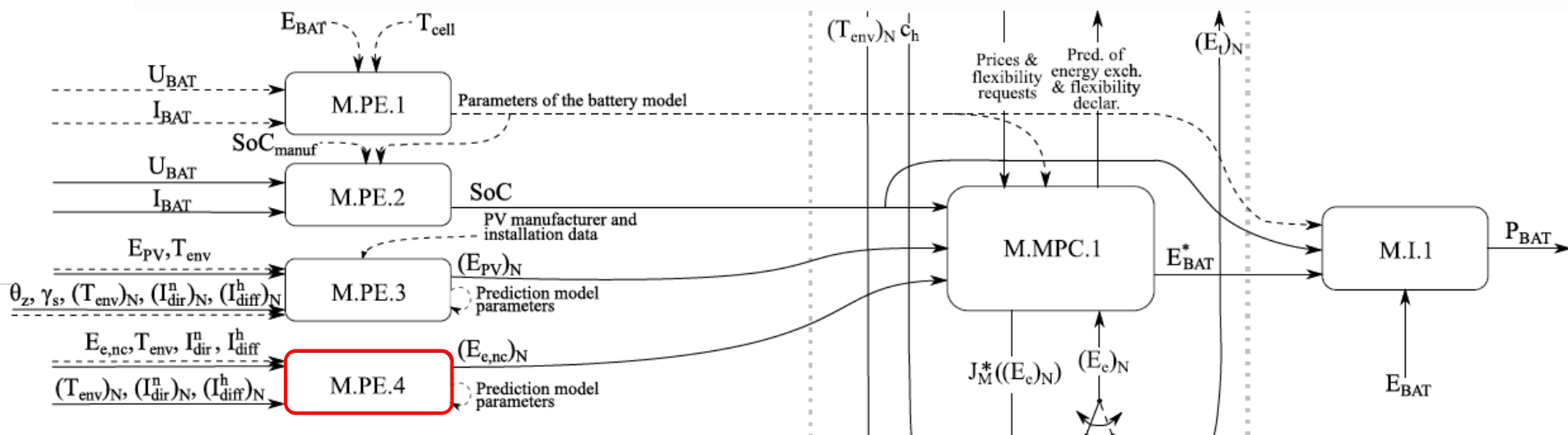
M PE 3 – primjer generirane predikcije (13.06. 08:00)



*lokalna vremenska zona
UTC + 02:00

M PE 4

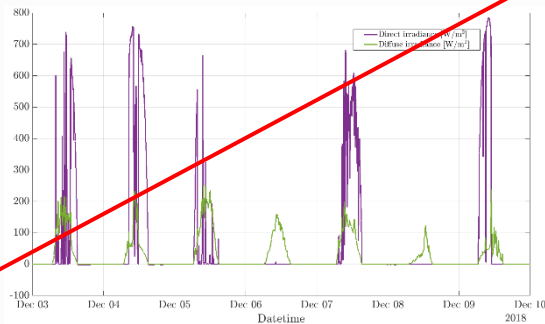
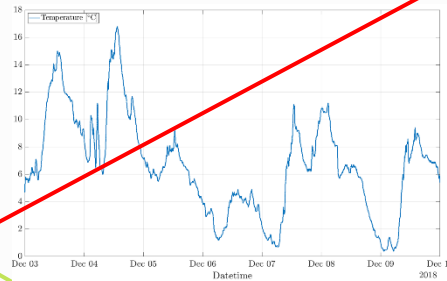
(predviđanje neupravljive potrošnje na mikromrežnoj razini)



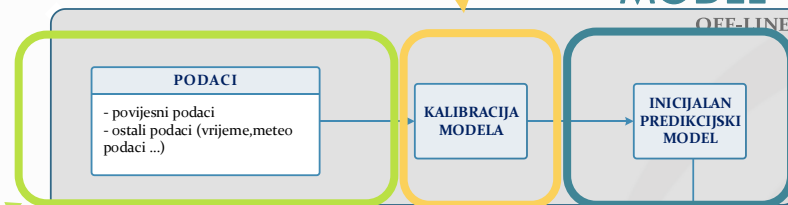
PE 4 – off-line inicijalizacija

Povijesna meteorološka mjerenja:

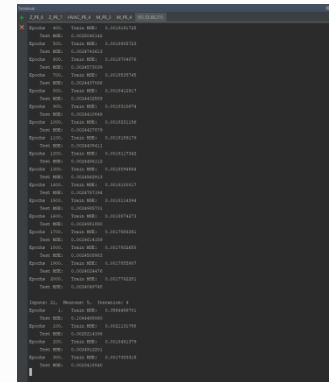
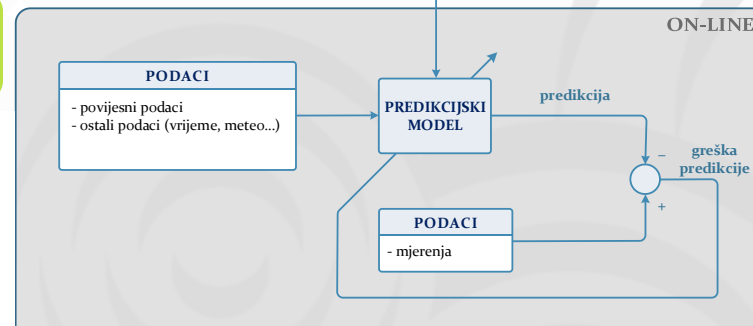
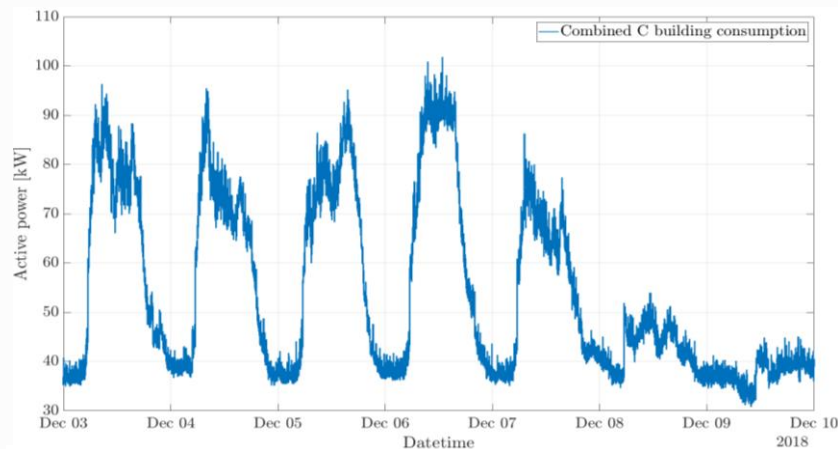
- Temperatura zraka
- Direktna i difuzna sunčeva dozračenost



ULAZI MODULA

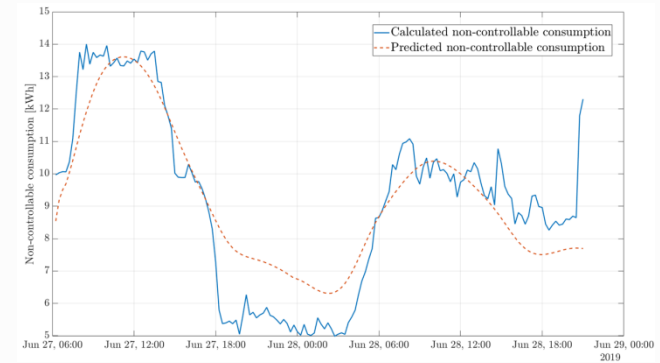


Povijesna neupravljiva potrošnja (rasvjeta, uredska oprema, dodatni klima uređaji...)



Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

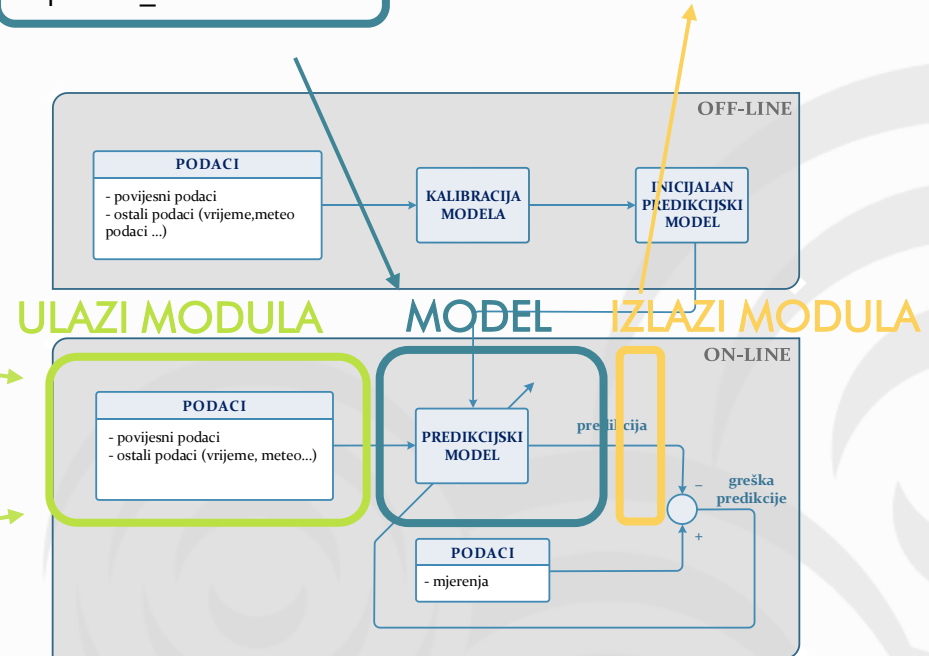
M PE 4 – on-line rad



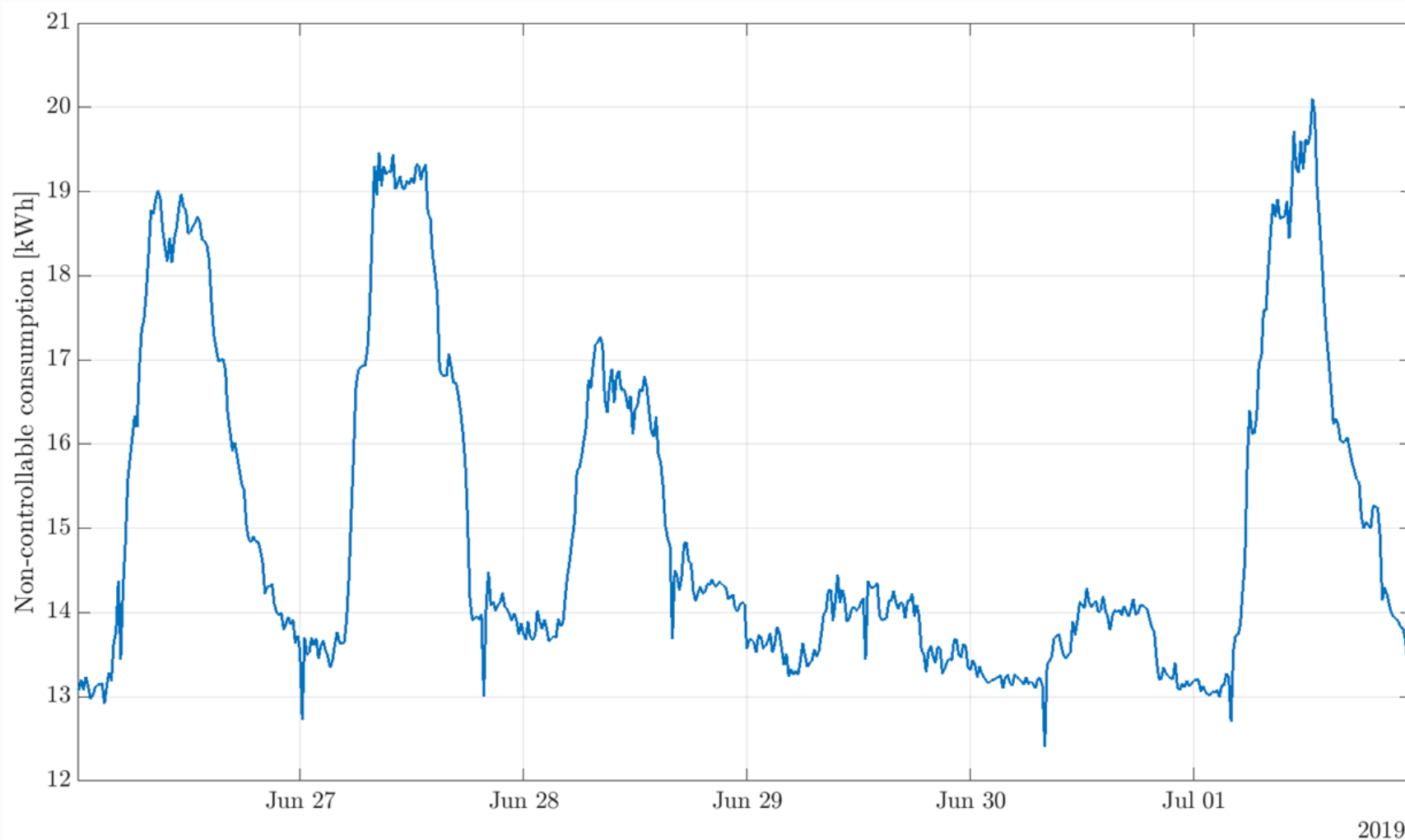
Lokalno pohranjeno:
inputsXY_neuronsZ.net

Regresor sastavljen od specifičnih povijesnih intervala ulaznih podataka :

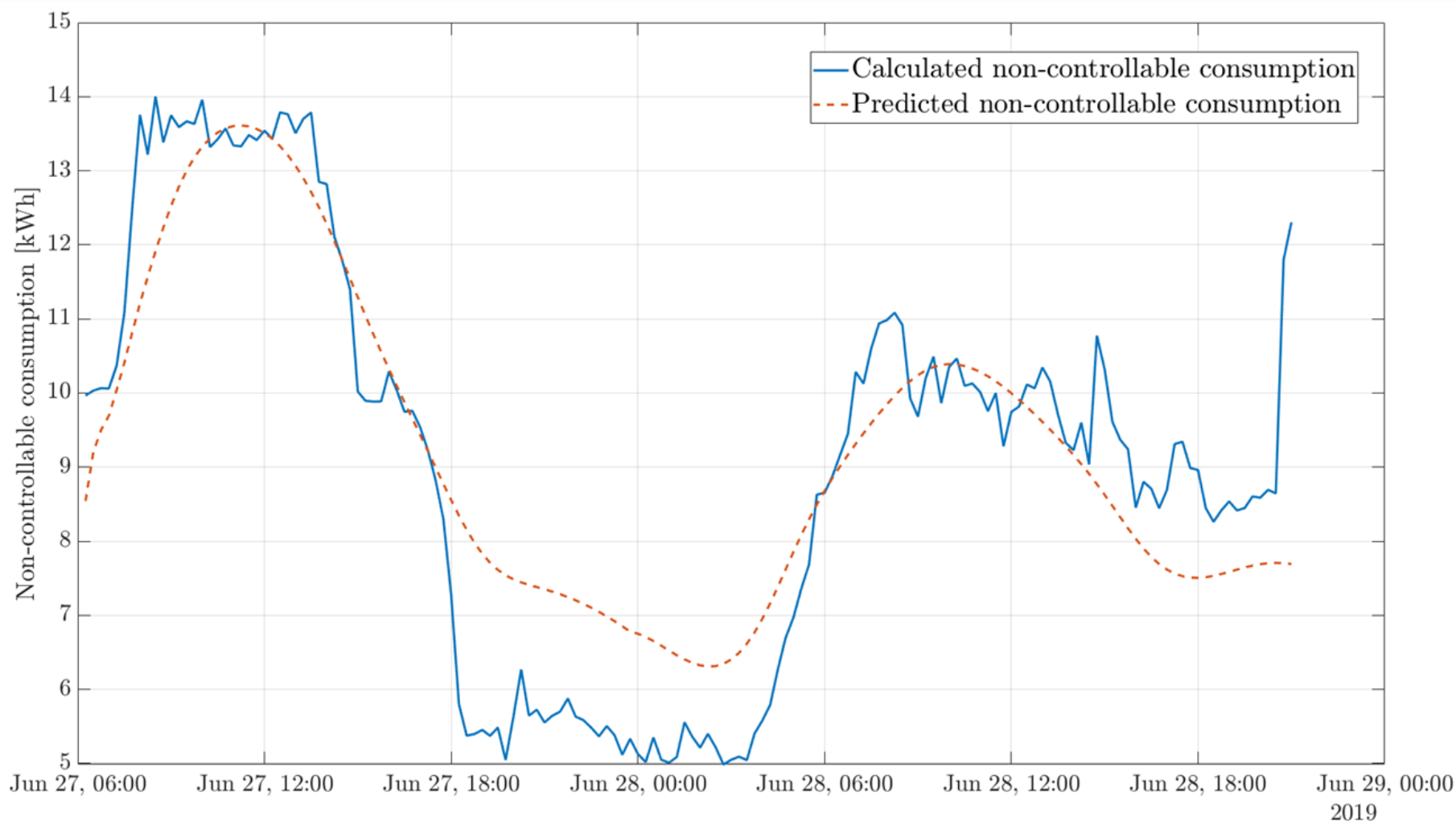
- neupravljiva potrošnja($t-1, \dots, t-5$)
- neupravljiva potrošnja($t-670, \dots, t-674$)
- τ_{s_d}, τ_{c_d}
- τ_{s_w}, τ_{c_w}
- τ_{s_y}, τ_{c_y}



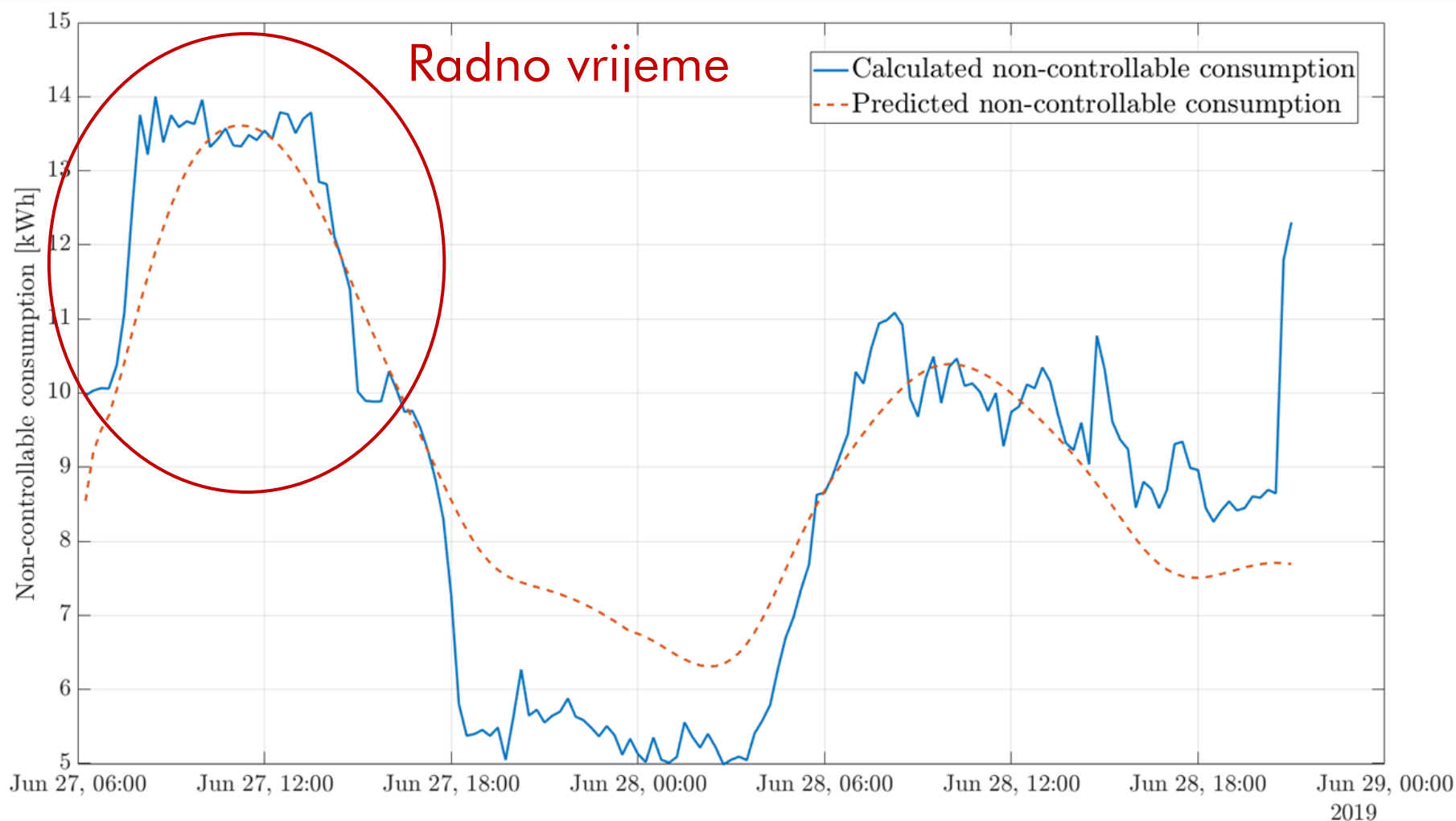
M PE 4 – primjer povijesne potrošnje



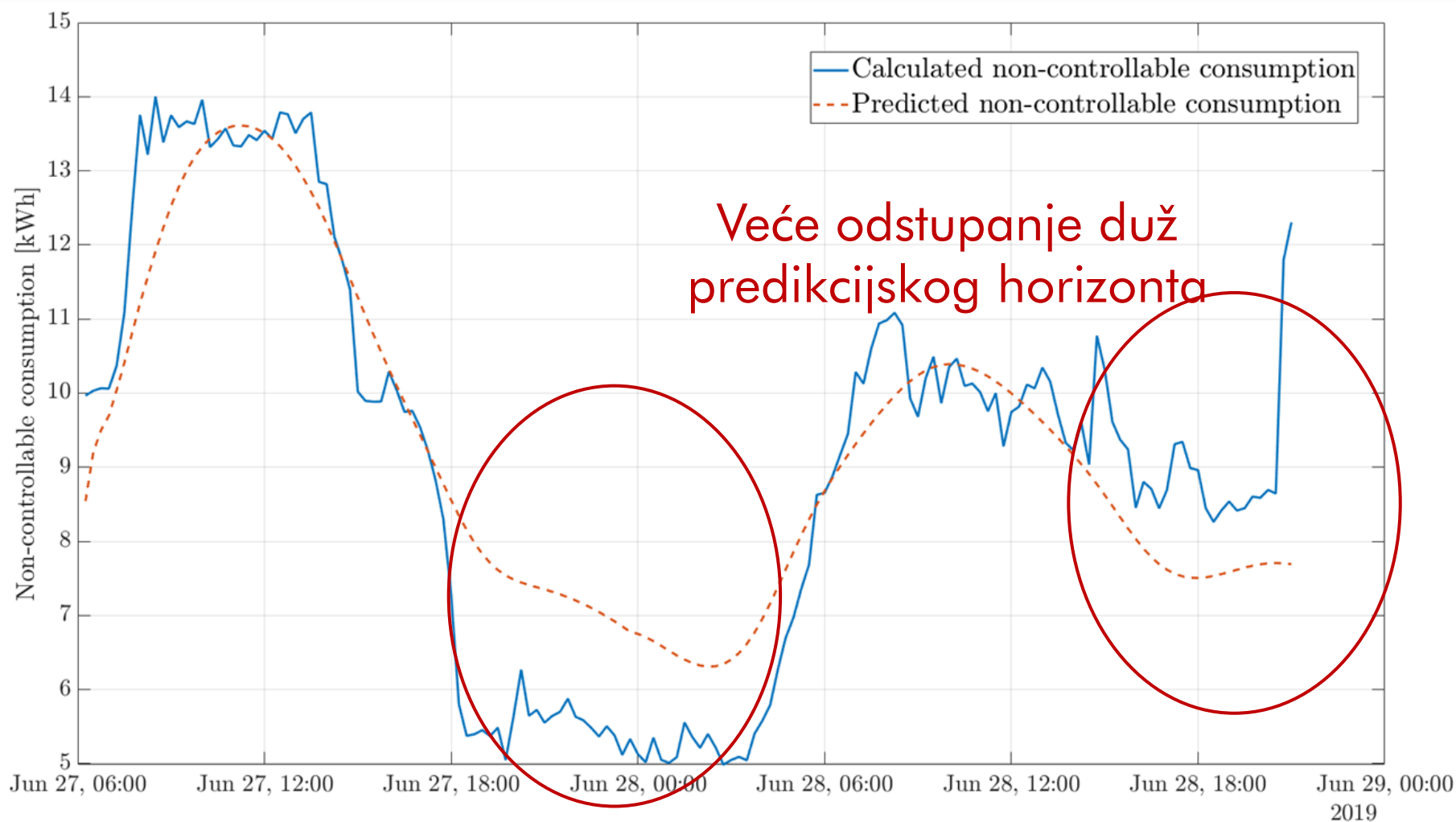
M PE 4 – primjer generirane predikcije (27.06. 08:00)



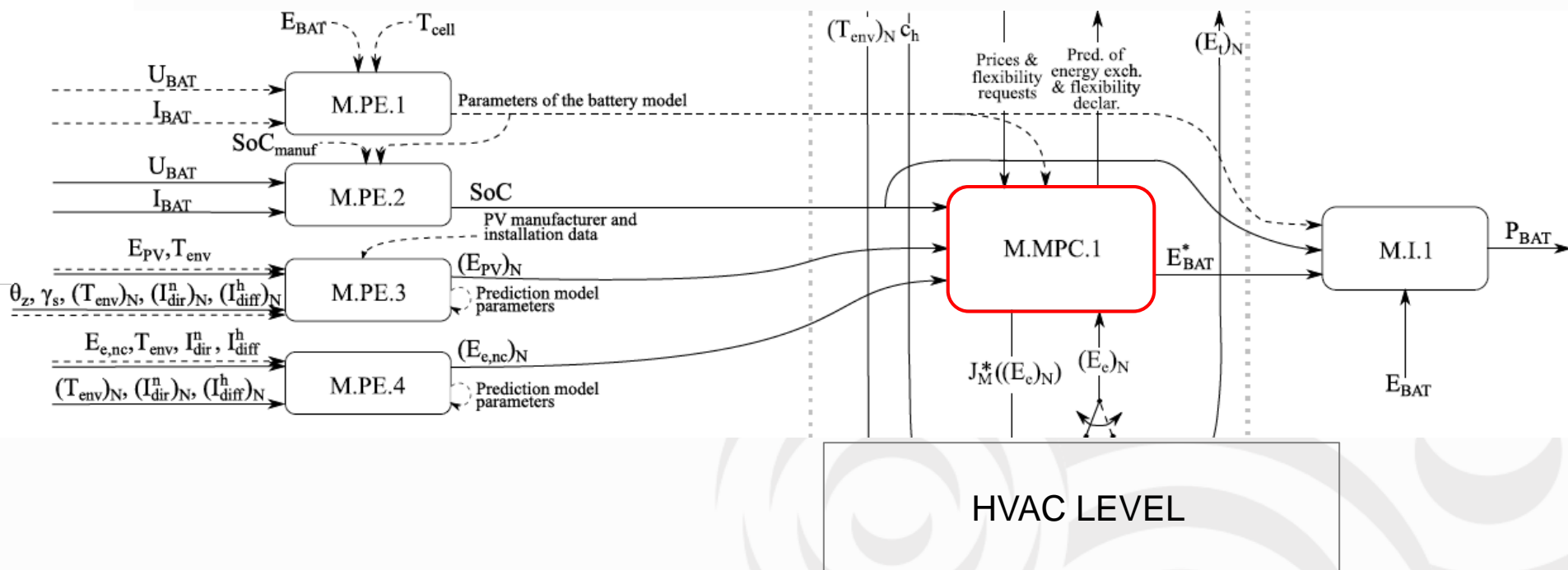
M PE 4 – primjer generirane predikcije (27.06. 08:00)



M PE 4 – primjer generirane predikcije (27.06. 08:00)



M MPC 1



Modul modelskog prediktivnog upravljanja za mikromrežu (M MPC 1)

- Zgrada pruža sljedeće usluge mreži:
 - Predviđanje dnevne potrošnje
 - Slijeđenje deklariranog profila dnevne potrošnje
 - Fleksibilnost u potrošnji na zahtjev mreže
- Upravljanje baterijskim sustavom
- Minimizacija ukupnog troška rada zgrade:

$$J = J_{DA} + J_{BD} + J_{MP} + J_{IDf} + J_{flex} + J_{HVAC}$$



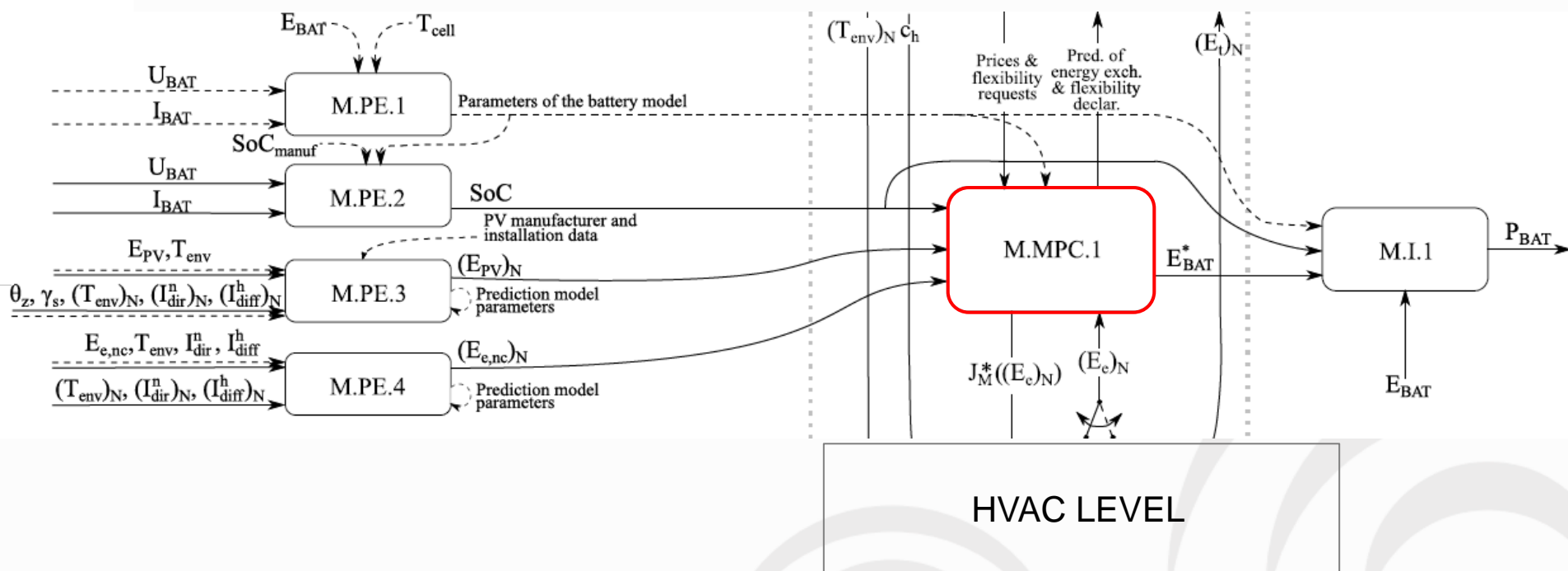
M MPC 1 – pružanje usluge fleksibilnosti

- Dugoročna (long-term, LT) rezervacija fleksibilnosti
 - Intervali fleksibilnosti, rezervirana snaga
 - Off-line proračun
- Aktivacija fleksibilnosti mora biti u okvirima dugoročnog ugovora!
 - Day-ahead aktivacija – najavljena dan unaprijed, za cijeli predikcijski horizont (sutrašnji dan)
 - Intra-day aktivacija – samo za sljedeći 15min interval
 - Jednom aktivirana fleksibilnost ne može biti promijenjena
 - Penali za neispunjenje aktivacije → pretpostavlja se da će sve rezervacije biti aktivirane

M MPC 1 – raspored izvršavanja short-term modula

- Prije nego su stigle cijene el. energije za sutrašnji dan:
 - Proračun informativnog profila potrošnje
- Nakon što su stigle cijene el. energije i zahtjevi za aktivaciju:
 - Proračun deklariranog profila potrošnje (obvezujuće!)
- Svakih 15 minuta:
 - primanje intra-day zahtjeva za fleksibilnost
 - osiguravanje da se ispune zahtjevi mreže i deklarirana potrošnja
 - cjenovno optimalan rad mikromreže
 - **proračun komandi**

M MPC 1 – razmjena podataka



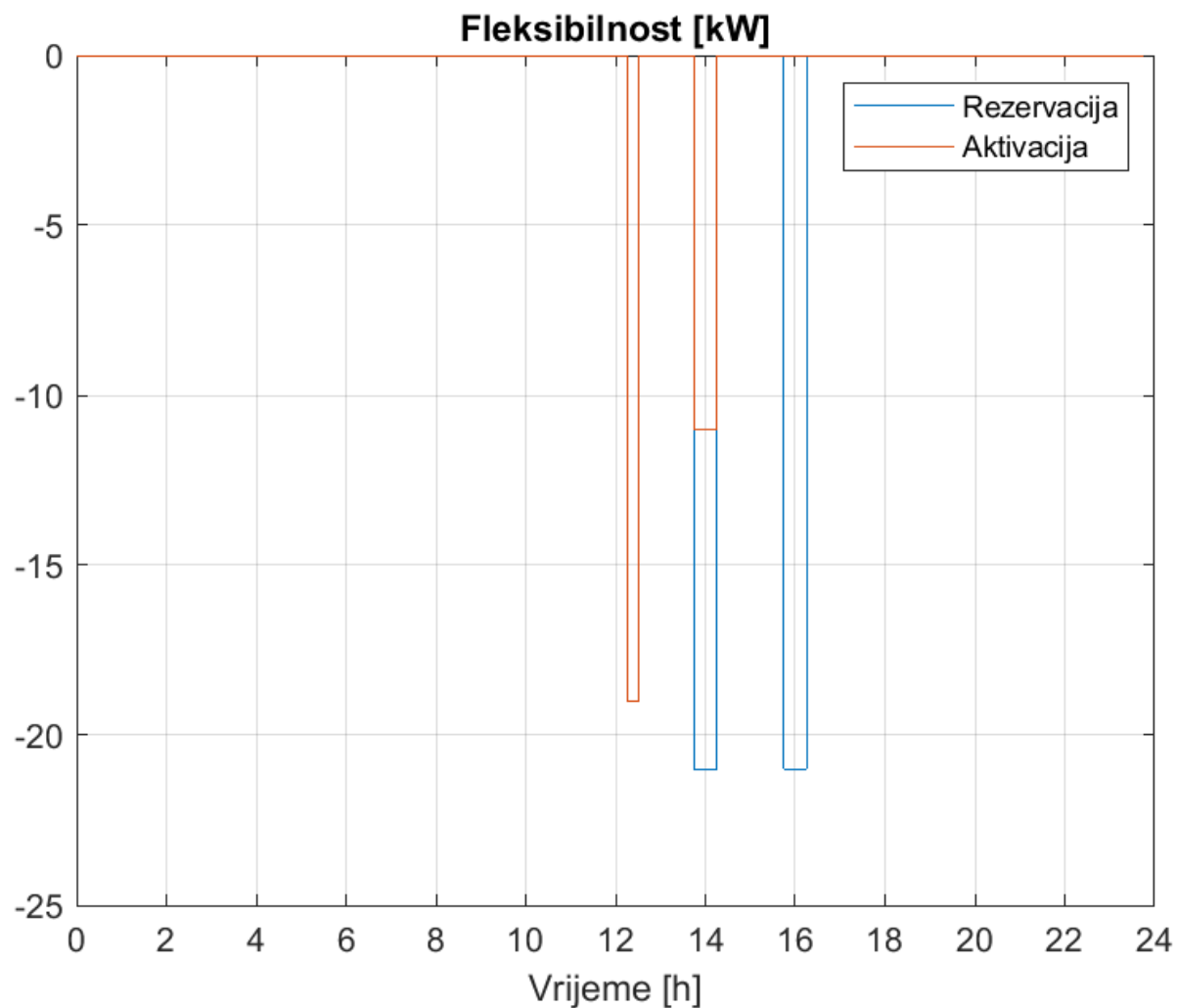
Ulazi

- Predviđanje neupravljive potrošnje
- Estimirani model baterije
- Mjerenja s baterije
- Cijene i zahtjevi od mreže

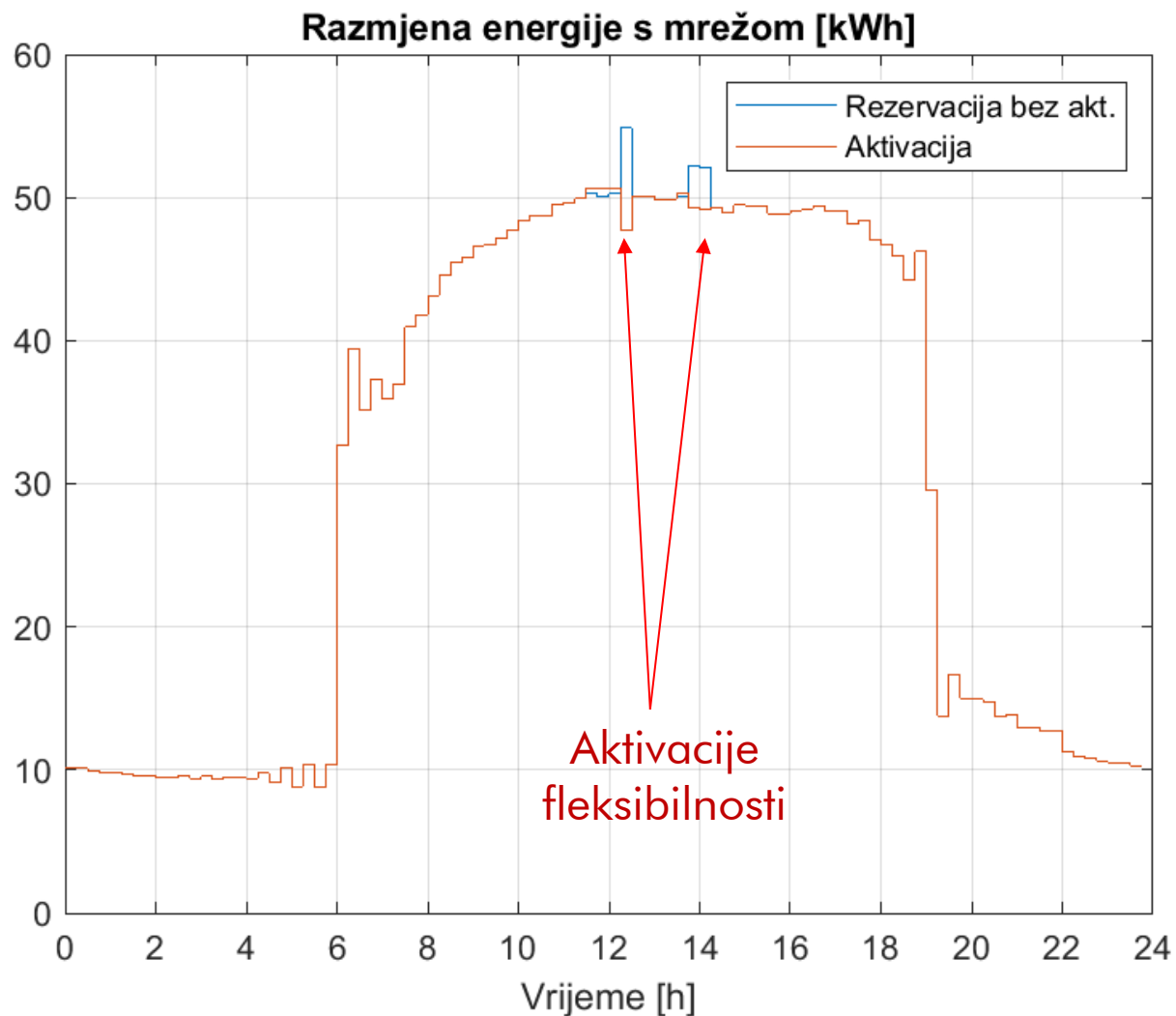
Izlazi

- Referenca snage \rightarrow baterija
- Koordinacijski podaci \rightarrow HVAC
- Predviđanje potrošnje 24h unaprijed \rightarrow mreža

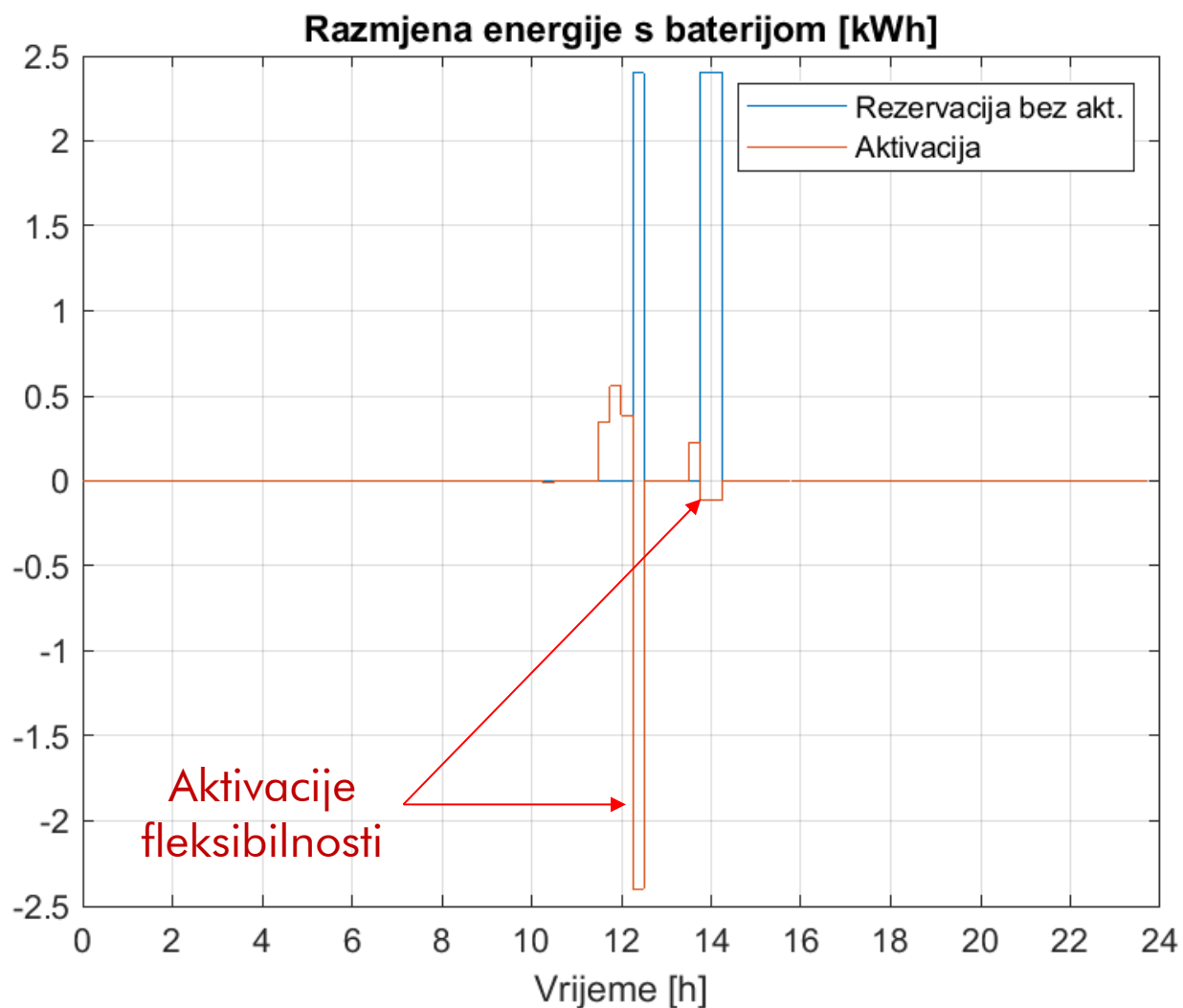
M MPC 1 – rezultati short-term proračuna



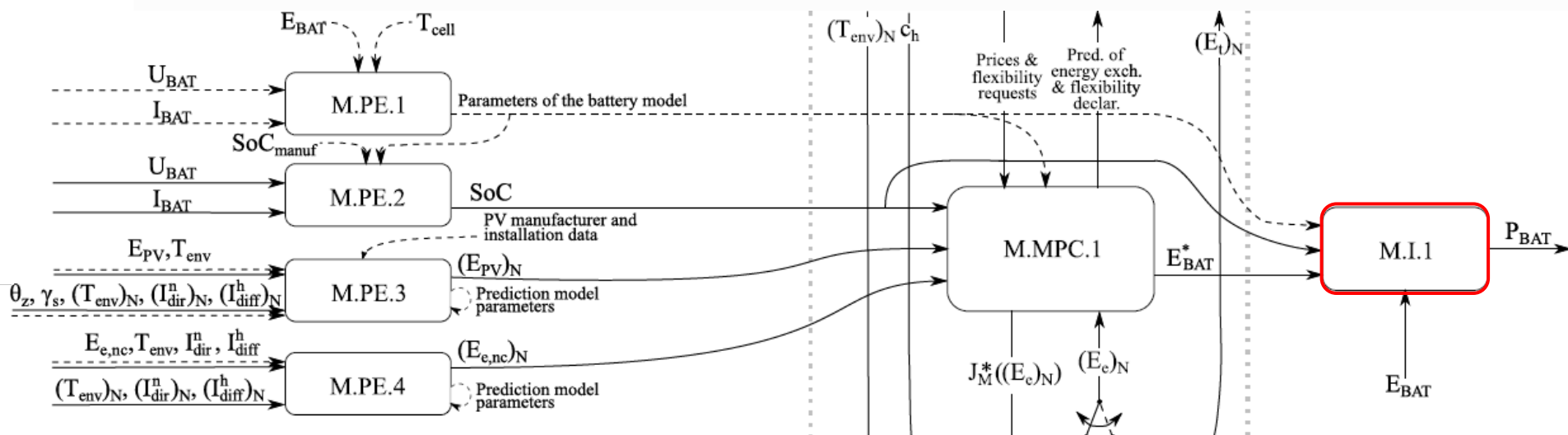
M MPC 1 – rezultati short-term proračuna



M MPC 1 – rezultati short-term proračuna



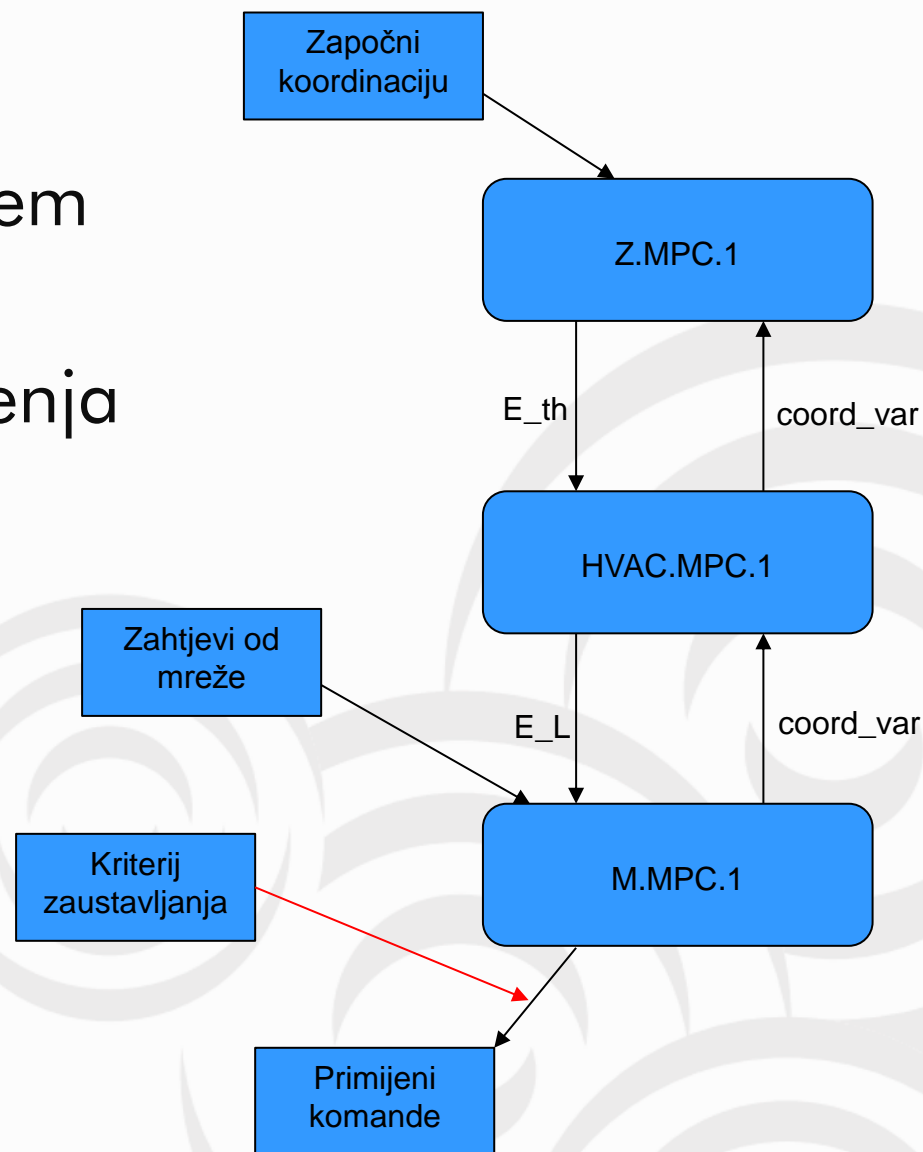
Sučeljni modul prema baterijskom sustavu (M I 1)



- Izvršavanje svake minute
- Dodatna upravljačka petlja – osiguravanje da se ispuni energetski zahtjev prema bateriji

Koordinacija MPC modula

- Možemo li osigurati fleksibilnost podešavanjem potrošnje HVAC-a?
- Je li to jeftinije od korištenja baterije?
- Iterativni proces



Zahvala

Predstavljeni rezultati dobiveni su unutar projekta **3Smart – Smart Building – Smart Grid – Smart City** koji sufinancira Europska unija putem Europskog fonda za regionalni razvoj i IPA fondova kroz Program transnacionalne suradnje Dunav.

WEB STRANICA PROJEKTA 3SMART

<http://www.interreg-danube.eu/3smart>

Izjava o isključenju odgovornosti

Sadržaj ove prezentacije isključiva je odgovornost autora i ona ne odražava nužno mišljenje Europske unije.