

# 1. dio

KNX, LON, BACnet tehnologije,  
usporedba s klasičnim PLC-om,  
automatizacija HVAC, rasvjete, sjenila, itd.

Emil Prpić, dipl.ing.el.

[emil.prpic@agenor.hr](mailto:emil.prpic@agenor.hr)

GSM 091 41 22 222

## Što je inteligentna zgrada?

- zgrada (kuća) "prožeta" senzorsko-upravljačkim sustavom
- omogućava sveobuhvatno upravljanje
- ali i automatsko djelovanje po zadanim kriterijima
- dobro izvedena inteligentna zgrada **nema vitalnu točku** (središnji uređaj čijim otkazivanjem nestaju sve funkcije)

## Što nije inteligentna zgrada?

- zgrada opremljena nizom nepovezanih (ili slabo povezanih) tehničkih sustava
- zgrada u kojoj se svjetla pale posredstvom nekih elektroničkih uređaja
- zgrada s termostatom u svakom uredu
- zgrada opremljena videonadzorom
- zgrada s CNUS-om

## Zašto int. zgrada?

- ✱ energetska efikasnost
- ✱ nadzor i upravljanje
- ✱ povećana sigurnost
- ✱ udobnost i jednostavnost

## Zašto int. kuća?

- ✱ udobnost i jednostavnost
- ✱ dalj. nadzor i upravljanje
- ✱ energetska efikasnost
- ✱ povećana sigurnost

# Otvoreni standardi

- Postoji i nekolicina otvorenih standarda
- koje podržava sve veći broj proizvođača.
- To je koncepcija koja omogućava optimalno rješenje za svakog korisnika.
- Neki su profilirani više za zgrade, a drugi više za kuće.



# BACnet

- vlasnik protokola je ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers)
- prvi razvojni dokumenti postavljeni 1987.
- 1996. prvi proizvodni program koji je potpuno podržavao BACnet
- radi na raznim fizičkim slojevima (Ethernet, RS232, RS485, LonTalk...)
- uglavnom ograničen na HVAC opremu, široko prihvaćen i u EU

# LonWorks

- vlasnik protokola je privatna američka tvrtka, Echelon
- 1990. LonTalk protokol
- koristi se i kao jedan mogući fizički sloj za BACnet
- veća brzina komunikacije, usmjeren većim sustavima
- znatno više zastupljen u SAD

# KNX

- 1990. - 15 europskih proizvođača osniva EIB (European Installation Bus) poznatiji još i kao Instabus
- Istodobno postoje i BCI (Batibus Club International) i EHS (European Home Systems)
- 1999. - svi se udružuju u KNX (Konnex)
- najzastupljeniji u Europi

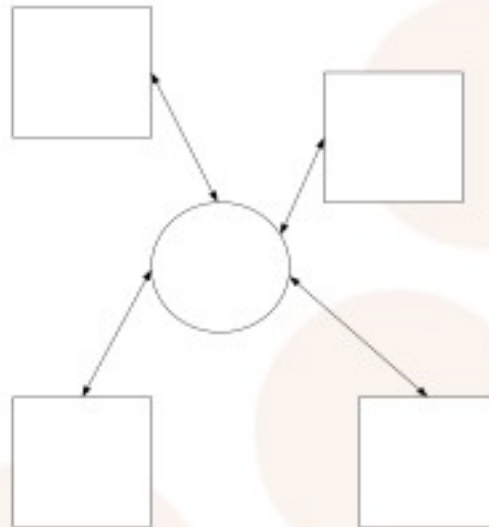
	KUĆE	ZGRADE
grijanje (sist.)	<b>KNX</b>	<b>BACnet</b>
grijanje (perif.)		
rasvjeta		<b>LonWorks</b>
sjenila		
security		
multimedija		

## Tri pristupa gradnji složenih tehničkih sustava

- centraliziran
- distribuiran
- decentraliziran

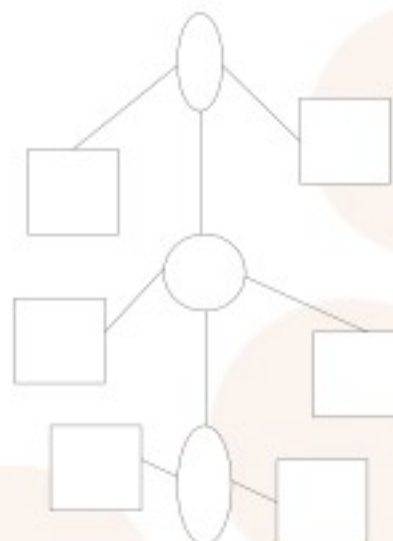
# Centralizirani koncept

- sustav dojava požara
- telefonski sustav
- razglasni sustav
- PLC
- klasični CNUS u funkcionalnom smislu



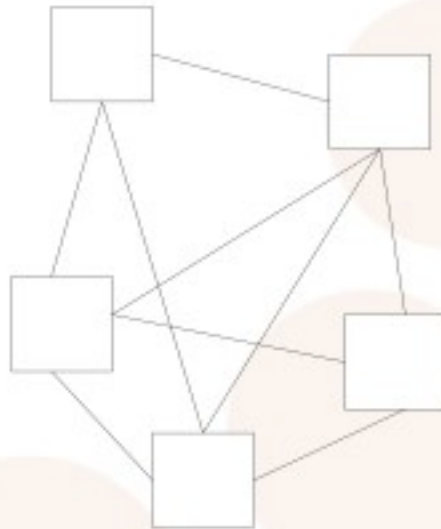
# Distribuirani koncept

- centralni sustav s distribuiranom funkcionalnošću
- veća pouzdanost
- veća autonomija pojedinih funkcijskih cjelina
- LON i BACnet su distribuirano koncipirani



# Decentralizirani koncept

- visoka razina zadržane autonomije svakog od elemenata
- složeno, iterativno projektiranje
- vrlo složen plan komunikacije među elementima
- KNX je decentralizirano koncipiran



# Suština KNX koncepcije

- **decentraliziran pristup**
- ne postoji središnji uređaj ("*controller*")
- ne postoji središnji kom. čvor ("*switch*")
- temelj komunikacije je u tzv. telegramima
- topologija povezivanja je slobodna
- pojedini segmenti se mogu međusobno povezati preko TCP/IP

# KNX arhitektura

- 15 zona
- Svaka zona 15 linija
- Svaka linija do 4 segmenta
- Svaka linija ili segment linije 64 uređaja
- ukupno max.  $15 \times 15 \times 4 \times 64 = 57.600$

# KNX + i -

- + nema vitalne točke
- + visoka sveukupna pouzdanost i raspoloživost
- + visoka skalabilnost
- + oprema 400 različitih proizvođača se programira jednim zajedničkim softverom (KNX ETS)
- složen "program" (relacijsko programiranje)
- ako se izgubi programska baza podataka, program je izgubljen (sustav funkcionira normalno, ali iz njega je nemoguće iščitati postavljen program)
- potencijalno ogroman broj elemenata koji šalje potencijalno ogroman broj telegrama po sabirnici relativno male brzine



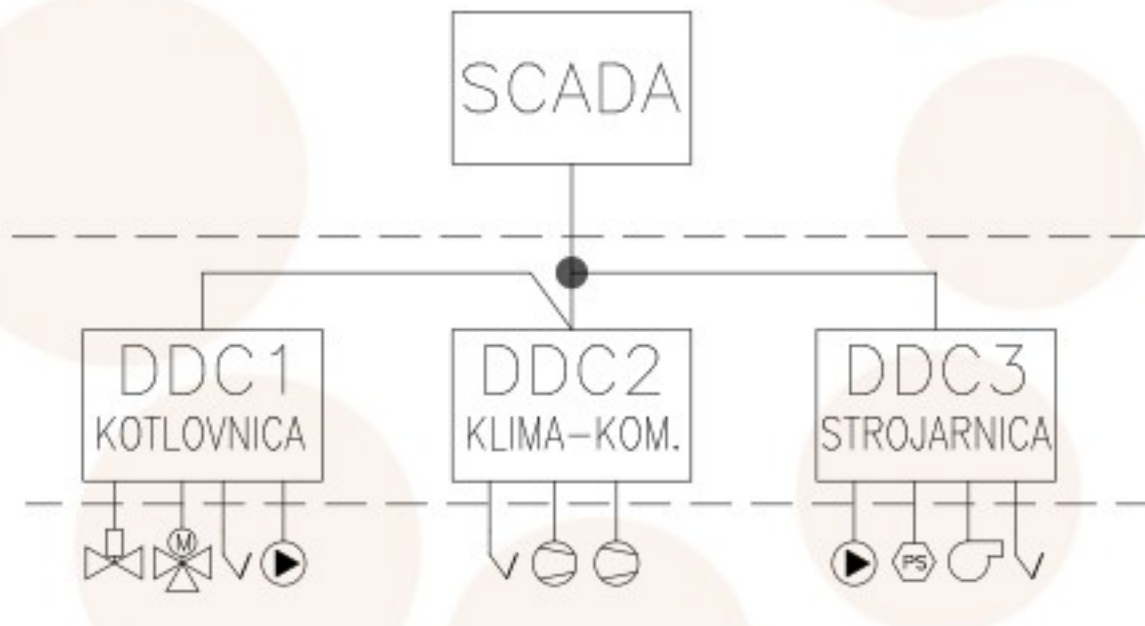
# BACnet + i -

- + podržava najveću količinu podataka
- + svaki umreženi uređaj je kontroler za sebe
- međusobnu kompatibilnost opreme različitih proizvođača nije uvijek moguće 100% postići
- ne postoji jedinstveni softver za programiranje opreme

# BACnet - mrežni model

- hijerarhijska mreža, 3 razine
  - oprema u pogonu (eng. field, njem. Feld)
  - automatizacijska oprema (DDC uređaji)
  - oprema vođenja (SCADA)
- oprema u pogonu se spaja lokalno na DDC
- DDC međusobno i prema SCADA-i: BACnet
- DDC - nalik PLC, ali namjenski za zgrade

# BACnet - mrežni model



# BACNet objekti

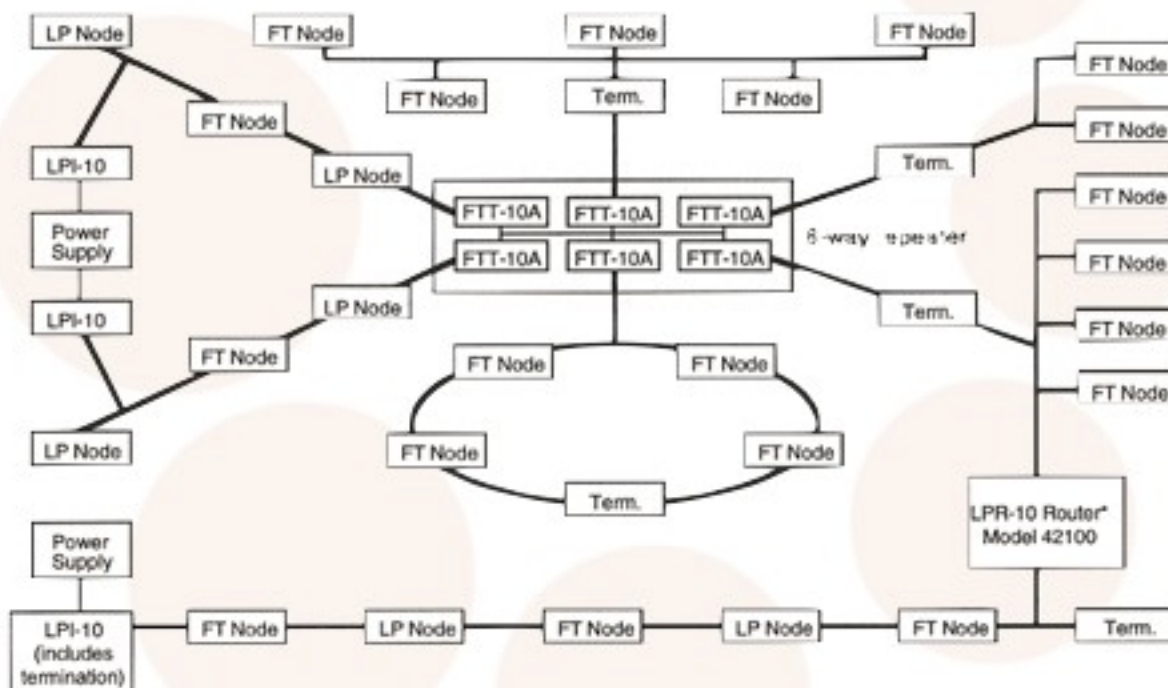
Sve što se prenosi BACnet-om definirano je kao objekt, a svaki objekt definiran je nekim osobinama, npr.:

- Ime objekta
  - npr. "Temperatura u Dvorani 1"
- Tip objekta
  - npr. analogni ulaz
- Stvarna vrijednost
  - npr. 25,3
- Status
  - normalan, over-range, under-range, nema senzora
- Gornja granica
  - npr. 35,0
- Donja granica
  - npr. 0,0

# LON vs. BACnet

- BACNet - samo kontroleri
- LON - i kontroleri, i "mali" uređaji - tipkala, temperaturene stanice, aktuatori ventila...
- BACNet - hijerarhijski koncept
- LON - plošni koncept
- LON i BACNet se često kombiniraju

# LON topologija



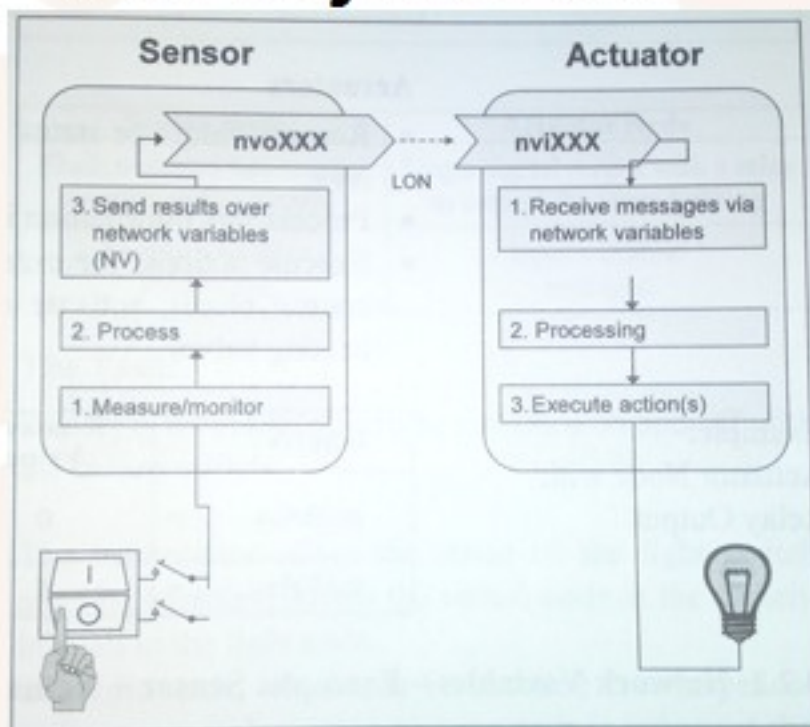
# LON standardizacija

- Svi LON uređaji imaju visok stupanj interoperabilnosti bez obzira na proizvođača jer
- koriste isti jezik: LonTalk
- koriste isti bazni hardver: Echelon NeuronChips
- U svakom projektu plaća se tzv. "LON credit" za svaki LON uređaj Echelonu (najavljuje se promjena)
- (za BACNet i KNX se ne plaća nikakve licence)

# Mrežne varijable

- mrežne varijable su temelj razmjene podataka, a time zapravo i programiranja u decentraliziranom okruženju
- NV - mrežna varijabla (eng. Network Variable) - može biti nekog standardnog tipa
- SNVT - "snivet" - eng. Standard Network Variable Type

# Razmjena NV



# Usporedba

	topologija	brzina	medij	max. br. elem.	napajanje
<b>BACnet</b>	ovisi o fizičkom sloju (Lon, RS232, RS485, IP...)				lokalno SELV
<b>LonWorks</b>	slobodna uz FTT	78.000 b/s	up.parica, energ. vod	(2x2x60=240)	lokalno ili sistemsko SELV
<b>KNX</b>	slobodna	9.600 b/s	up.par, en.vod, IP, RF	15x15x4x64=57.600	sistemsko SELV

# Usporedba s klasičnim PLC-om

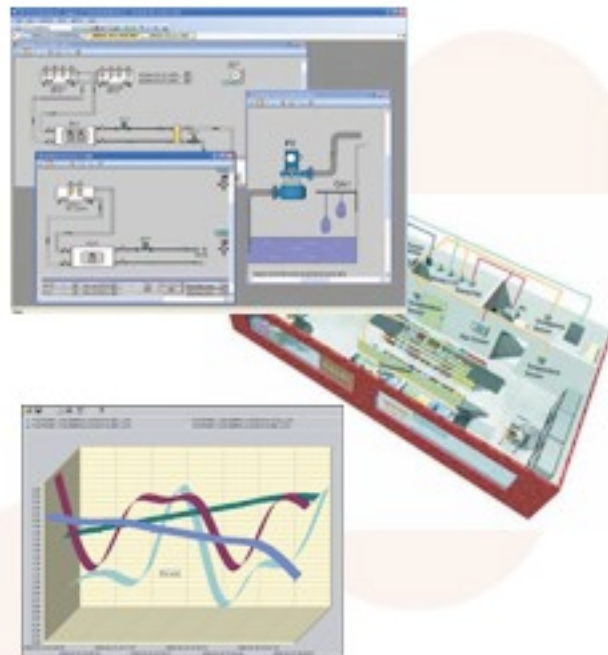
- sustav baziran na jednom PLC-u je centralizirano koncipiran
- otkazivanje CPU-a uzrokuje potpuni zastoj automatiziranog sustava
- PLC se programira proceduralno (postoji klasični slijed programa)
- PLC program se odvija slijedno (postoji klasični programski ciklus)
- sustav baziran na KNX/LON/BACnet je distribuiran
- kontrolera ili uopće nema (KNX/LON), ili on nije vitalan
- KNX i LON se programiraju relacijski (telegrami, odn. NV)
- KNX i LON program se odvija asinkrono i simultano

# Kontroleri u zgradarstvu

- PLC (tzv. Programmable Logic Controller) se može koristiti i u kombinaciji s otvorenim standardima
- mnogi proizvođači PLC-a nude komunikacijska sučelja prema KNX, LON, BACnet (npr. Wago, Beckhoff)
- osim toga, nude se i tzv. DDC (Direct Digital Controller)
- hardverski građeni nešto drugačije nego PLC, ali u softverskom smislu slični
- s obzirom da su namijenjeni upravo AUZ, često su opremljeni posebnim funkcijskim blokovima (za HVAC, dizala, eskalatore, garaže, i sl.)

# Nadzor i upravljanje u zgradi

- vizualizacijski softver
- obuhvaća sve aspekte funkcioniranja zgrade
- s jednog ili više mjesta
- daljinski pristup putem VPN ili www
- kao klasični CNUS ili više od toga



# PAUZA

**Emil Prpić, dipl.ing.el.**

[emil.prpic@agenor.hr](mailto:emil.prpic@agenor.hr)

**GSM 091 41 22 222**

## 2. dio

Potencijalne uštede energije i povrat ulaganja  
Prikaz izvedenog projekta,  
analiza stvarnih ušteda

Emil Prpić, dipl.ing.el.

[emil.prpic@agenor.hr](mailto:emil.prpic@agenor.hr)

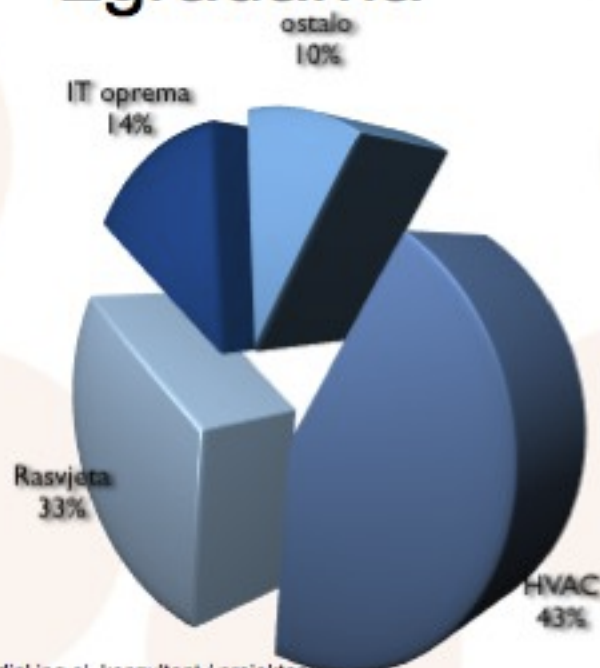
GSM 091 41 22 222

## Energetska učinkovitost

- eng. *Energy Efficiency (EE)*
- ušteda energije, ali bez spuštanja postavljenog standarda
- ista razina korištenja, uz manji utrošak energije



# Utrošak energije u zgradama



# EE u HVAC

- ograničavanje postavne vrijednosti temperature
- jutarnji osjećaj hladnoće/vrućine
- vremenski program ranijeg temperiranja prostora

# EE u HVAC

- isključenje grijanja/klimatizacije pri otvaranju prozora
- promjena postavne vrijednosti iz komforne u pripremljenu kad prostorija nije zaposjednuta

# EE u HVAC

- klizanje temperature ogrjevnog medija ovisno o vanjskoj temperaturi i korištenim ogrjevnim tijelima
  - npr. vanj.temp.  $>5^{\circ}\text{C}$  =>
    - radiator  $50^{\circ}\text{C}$
    - ventilokonvektor  $40^{\circ}\text{C}$
    - podno g. bez parketa  $23^{\circ}\text{C}$

# EE u HVAC

- upravljanje prirodnom insolacijom
- noću spuštanje vanjskih sjenila radi bolje termičke izolacije (zima)
- noću prirodno provjetravanje radi rashlađenja prostora (ljetno)

# EE u rasvjeti

- automatsko upravljanje rasvjetom u prolaznim prostorima (hodnici, stubišta)
  - stubišni automati
  - detektori kretanja
  - (lux metri)

# EE u rasvjeti

- automatska regulacija rasvjete u radnim prostorijama
  - lux metri
  - detektori prisutnosti

# EE u rasvjeti

- upravljanje prirodnom insolacijom
- upravljivi brisoleji (franc. *bris-soleil*)
- upravljive lamelirane zavjese ili rolete

## Problem - navike korisnika

- korisnici žele mogućnost ručnog upravljanja iako je suboptimalno
- kompromis:
  - ručno upravljanje je moguće
  - ali se poslije nekog vremena postavke "resetiraju" na automatske
  - ako korisnik ništa ne primjeti, znači da je zadovoljan

## Problem - detekcija prisutnosti

- detektori prisutnosti su u osnovi vrlo osjetljivi detektori kretanja
- usamljeni korisnici u velikom uredu koji vrlo mirno rade za računalom mogu biti nedetektirani
- obilazne metode - integracija s računalnim i telefonskim sustavom i sl.

## Mjerenje - značajan motivator

- iskustva pokazuju da korisnici obraćaju više pažnje na utrošak energije već samim tim što imaju uvid u mjerenje stvarno utrošene energije na koje izravno utječu

## Upravljanje vršnim opterećenjem

- uz sam utrošak el. energije, bitna troškovna stavka je i vršna snaga
- el. energiju nije moguće skladištiti
- zato je mreža mora promptno isporučivati
- el.en mreža stalno balansira opterećenje i dobavu (oboje se mjeri u kW / MW / GW...)
- to je teško i skupo
- zato se velike potrošače stimulira da paze i održavaju opterećenje pod kontrolom

## Upravljanje vršnim opterećenjem

- opterećenje se povećava sa svakim novim uključeni trošilom (lampom, grijalicom, motorom, kompresorom...)
- energija koju utrošimo umnožak je opterećenja i vremena (kWh / MWh / GWh)
- čak i ako je opterećenje vrlo veliko, utrošak energije je mali, ako je vrijeme kratko
- $100 \text{ kW} * 1 \text{ min} = 1,67 \text{ kWh}$
- ali mreža je morala osigurati dobavu za tih 100 kW, makar i samo na jednu minutu

## Upravljanje vršnim opterećenjem

- zato veliki potrošači, osim utrošene energije
- plaćaju i za angažiranu snagu (opterećenje)
- snaga se registrira u tzv. 15-min prosjecima (mjeri se trajno i na kraju svakih 15 min se računa prosječna vrijednost za taj interval)
- brojilo pamti samo jedan, najveći 15-min prosjek u cijelom mjesecu
- ako smo samo jednom, samo na 15 minuta u cijelom mjesecu proizveli veliko opterećenje, to nas može koštati više nego sva energija utrošena u tom mjesecu

# Upravljanje vršnim opterećenjem

- npr. HEP ODS, crveni tarifni model za poduzetništvo
- visoka tarifa 0,66 Kn/kWh, 7-21h (14h)
- niska tarifa 0,53 Kn/kWh, 21-7h (10h)
- radna snaga 97,92 Kn/kW
- npr. 10 kW neprekidno cijeli mjesec
  - $10 \cdot 14 \cdot 30 \cdot 0,66 + 10 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 0,53 + 10 \cdot 97,92 = 2.772 + 1590 + 979,20 = 5.341,20 \text{ Kn}$
  - isto tako, ali samo na 15 minuta 30 kW
    - $2.772 + 1590 + 3,3 + 2937,60 = 7.302,90 \text{ Kn}$

prekomj. energija +0,08%

+37% !!

# Upravljanje vršnim opterećenjem

- Kako tu može pomoći automatsko upravljanje?
- Npr. uredska zgrada
- Postoje prioritetna trošila (npr. poslužitelji u data centru, računala korisnika, dizala, dio rasvjete) koja uvijek rade u vlastitom režimu, autonomno
- Postoje trošila koja nisu prioritetna ali koja ni inače ne rade u periodima "špice" - npr. rasvjeta
- Postoje trošila koja najviše rade upravo u "špici", a za njihovu funkcionalnost nije bitno da rade točno u određenom času ili 15 minuta +/-
  - kompresori i ventilatori rashladnog i ventilacijskog sustava
  - ventilokonvektori
  - klima-uređaji
  - električne grijalice/radijatori/konvektori...



# Upravljanje vršnim opterećenjem

- upravljanim radom upravo tih trošila reducira se maksimalno opterećenje
- tipično, ljetnim danima između 12 i 14h
- umjesto da se dozvoli svim klimama da se uključe i rade istodobno
- njihovim radom se koordinira
- tako da npr. 1/4 radi, a 3/4 stoje
- pa se izmijene svakih 5-10 minuta

# Upravljanje vršnim opterećenjem

- npr. u hotelu su prioriteta drugačiji
- klimatizacija u sobama ne iskapča se kad su gosti u sobama
- ali se kratkotrajno iskapčaju
  - ventilacija u kuhinjama
  - grijači potrošne tople vode
  - cirkulacijske crpke bazenskih sustava

# Studija stvarnog projekta

- upravna/šalterska zgrada velike banke
- zadnje preuređenje 2007. - energija je bila prejeftina da bi se isplatilo ulagati u sustav pametne zgrade
- retrogradna dogradnja postojećeg sustava automatizacije 2012.

# Zatečeno stanje

- glavna rashlada - samo za etaže 0-2 (šalteri, dio ureda)
- vlastita plinska kotlovnica - za cijelu zgradu
- uredski toranj (etaže 3-8)
  - zimi - klasični neregulirani radijatori - cijelo vrijeme otvoreni 100%, korisnici temperaturu reguliraju otvaranjem prozora
  - ljeti - po jedan VRV za svaku etažu - svaka unutarnja jedinica upravlja se neovisno i nekoordinirano, korisnici postavljaju željene temperature proizvoljno
  - VRV sustavi imaju vlastitu digitalnu sabirnicu (temp. stanica u svakom uredu), a proizvođač nudi sučelje prema LON

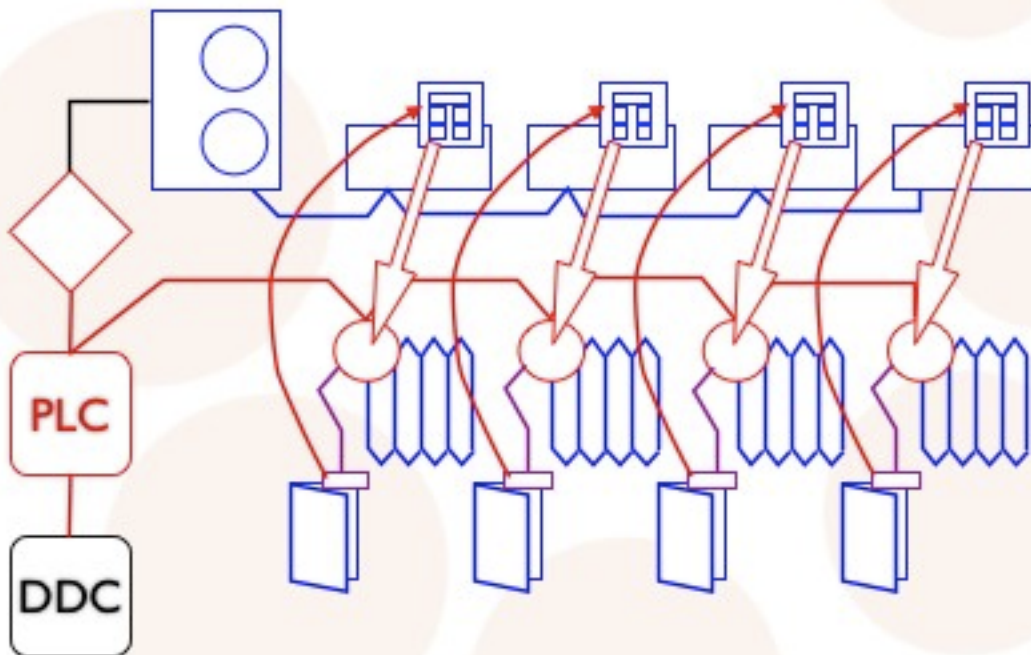
# Prostori za uštedu

- zimi - **ušteda na plinu**
- ljeti
  - ušteda na el. energiji - marginalna
  - **ušteda na redukciji vršnog opterećenja!**

# Tehnički zahvat

- VRV sustavi povezani na LON
- postojeći kontroleri strojarnice i klima-komora već su bili na LON-u
- Novom LON sabirnicom povezani aktuatori radijatorskih ventila
- Svi prozori opremljeni senzorima otvorenosti
- Sensori se povezuju na najbliži aktuator radijatorskog ventila
- Dodaje se novi (PLC) kontroler na LON za koordinaciju i upravljanje radijatorima

# Tehnički zahvat



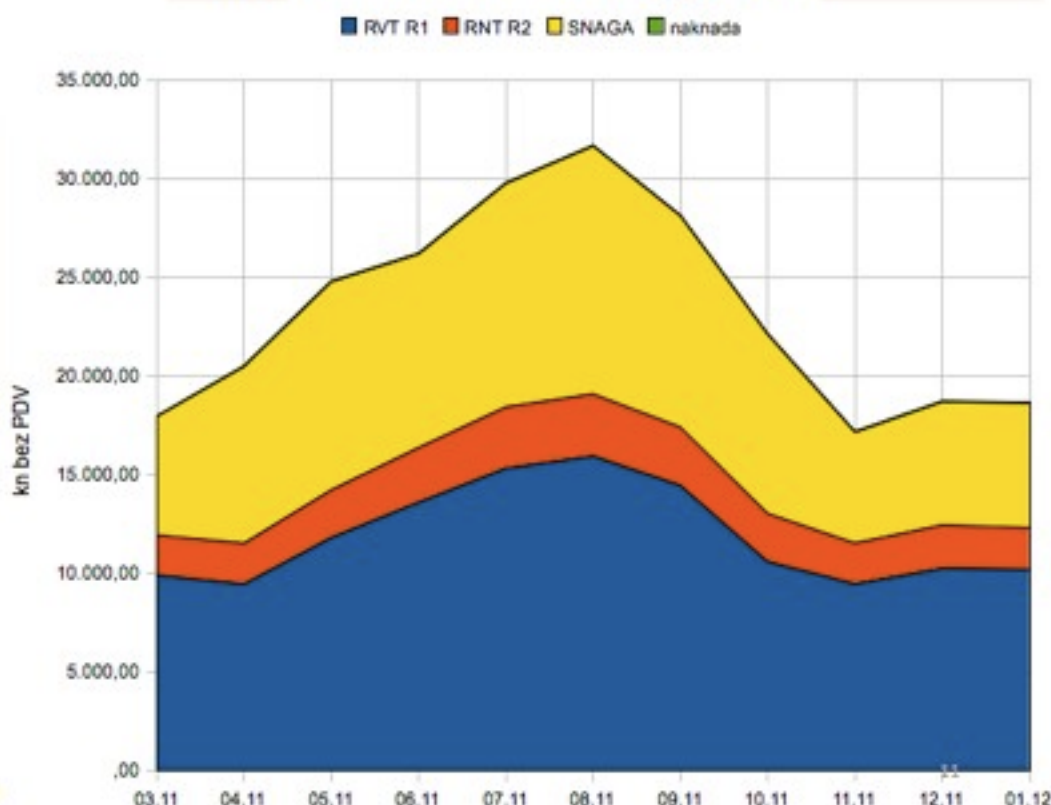
# Implementirane mjere

- reguliran rad radijatora, po postavljenoj željenoj temperaturi u prostoriji
- blokada i grijanja, i hlađenja pri otvorenom prozoru
- ograničavanje raspona željene temperature
- centralizirano programirano uklj/isklj klimatizacije, odn. postavljanje željene temp.
- koordiniran rad klimatizacije - vršno opterećenje

# Izvedba

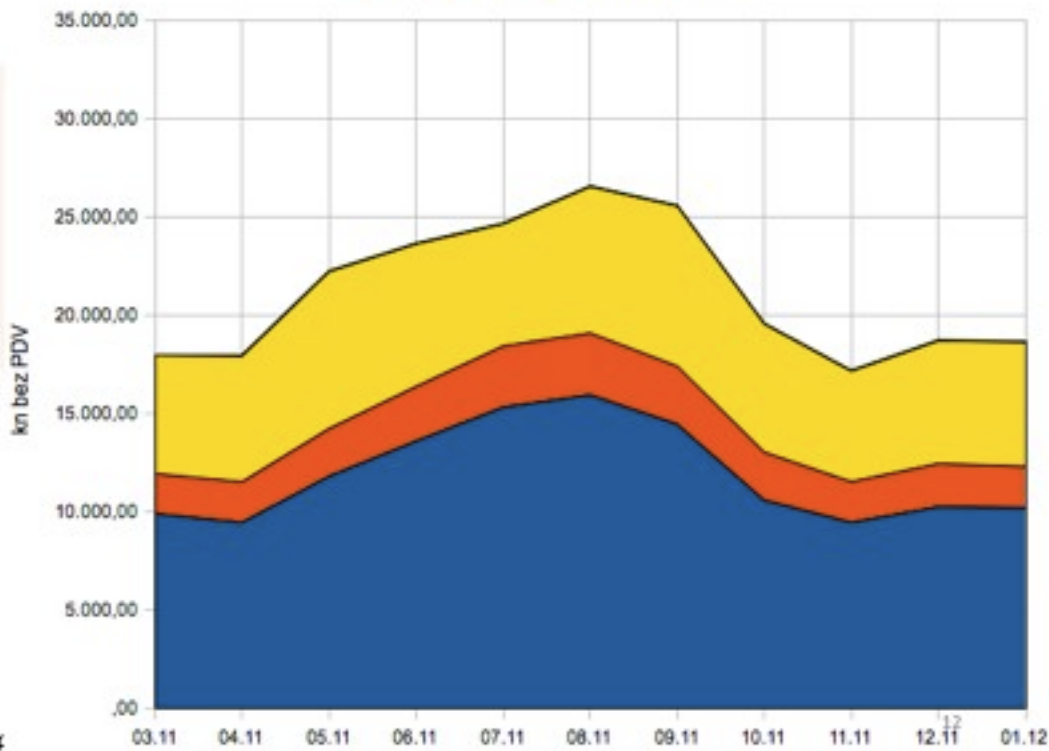
- Sustav je primopredan u svibnju 2012.
- Ljetno ugađanje je dovršeno u rujnu 2012.
- Zimsko ugađanje je dovršeno u ožujku 2013.
- Nakon 3 godine učinak će biti do kraja ocijenjen

## Stvarni troškovi el.energije 2011.



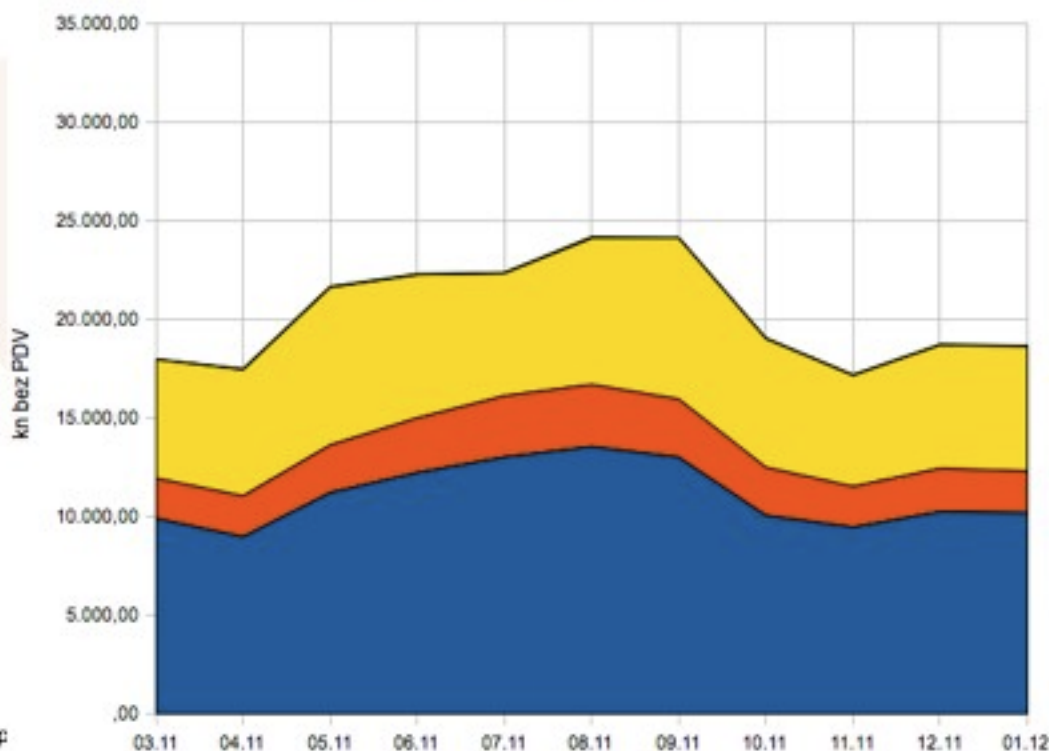
## Planirana ušteda na vršnoj snazi

■ RVT R1 ■ RNT R2 ■ SNAGA ■ naknada



## Ukupna planirana ušteda (na el. energiji i vrš. snazi)

■ RVT R1 ■ RNT R2 ■ SNAGA ■ naknada



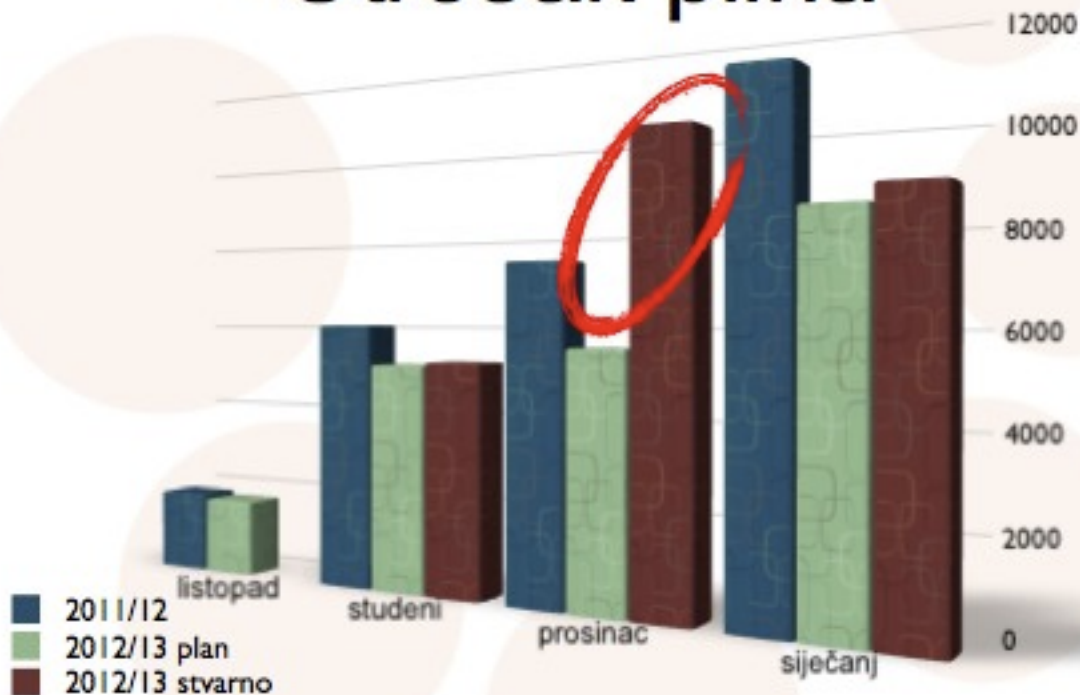
# Usporedba - vršna snaga

<i>kW, max</i>	<i>2011</i>	<i>2012 planirano planned</i>	<i>2012 ostvareno actual</i>
<i>lipanj june</i>	253	187 (-26%)	259 (+2%)
<i>srpanj july</i>	292	160 (-45%)	286 (-2%)
<i>kolovoz august</i>	324	192 (-40%)	292 (-10%)

## Ljetni rezultati

- prošlo ljeto (2012.) bilo je ekstremno vruće i dugo
- Iznimno vrući dani (32°C i više) počeli su već sredinom lipnja
- Nije bilo značajnijeg osvježanja sve do početka rujna
- Tipično, vrućine počinju početkom srpnja i prestaju polovicom kolovoza
- također, sustav je tek prolazio fino podešavanje
- Stoga ovo ljeto nije unutar očekivanog prosjeka pa ni rezultati uštede nisu unutar očekivanog (25-45% smanjenja vršnog opterećenja)

# Utrošak plina



# Zimski rezultati

- cjelovita analiza još nije dovršena
- studeni, siječanj, veljača oko očekivanja
- listopad - vrlo topao - nije se uopće grijalo
- prosinac - hladni val na početku, sustav se još ugađao - iznimno visoka potrošnja
- ožujak, travanj - neuobičajeno hladni, odstupanje od prosjeka, veća potrošnja



# Hvala na pažnji!

**Emil Prpić, dipl.ing.el.**

[emil.prpic@agenor.hr](mailto:emil.prpic@agenor.hr)

**GSM 091 41 22 222**