



# UTJECAJ VELIKOG UDJELA ELEKTRIČNIH VOZILA NA ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

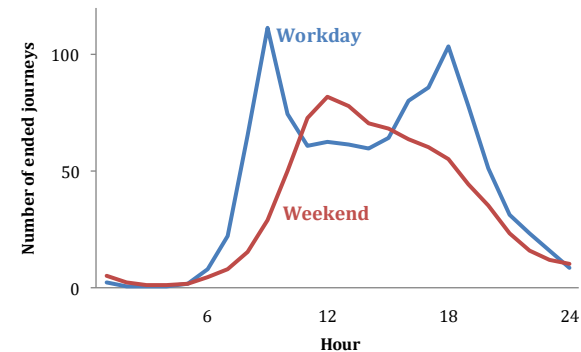
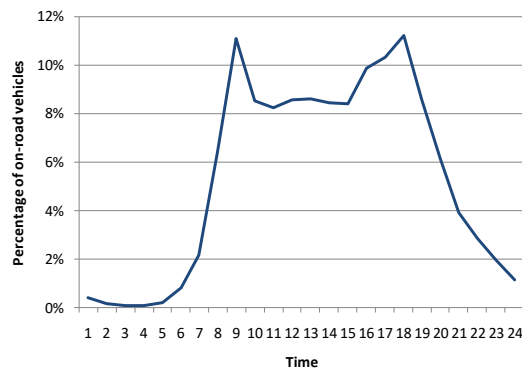
**Marko Aunedi**  
Imperial College London

# Elektromobilnost u kontekstu energetske politike

- Električna vozila (EV) – jedan od ključnih elemenata u smanjenju emisija CO<sub>2</sub> iz energetskeg sektora
  - Supstitucija potrošnje energije u prometnom sektoru iz fosilnih goriva električnom energijom iz niskoemisijjskih tehnologija
- Visoko distribuirana narav EV-a pogodna za primjenu principa “pametnih mreža” (Smart Grids)
  - Učinkovitije upravljanje sustavom i njegova izgradnja
  - Mogućnost poboljšanja integracije OIE u EES
  - Smanjenje emisija (globalno i lokalno)
  - Razvoj novih tehnologija i lokalne industrije
- Izazovi:
  - Nova infrastruktura za punjenje baterija EV-a
  - Povećanje kapaciteta postojeće infrastrukture u EES-u (proizvodnja + mreža) u kombinaciji s nižim stupnjem iskorištenja kapaciteta uslijed većeg udjela OIE

# Potencijalna uloga EV-a u upravljanju EES-om

- S obzirom na tipične cikluse korištenja osobnih vozila, EV imaju dobar potencijal da omoguće učinkovitije upravljanje sustavom
  - Dodatna potrošnja električne energije za pogon EV-a ne predstavlja dramatično povećanje u odnosu na trenutnu razinu potrošnje (npr. u VB za 100% penetracije EV predstavljaju cca 15% ukupne potrošnje)
  - Velika većina vozila koristi se relativno kratko (nekoliko sati) u tijeku jednog dana; u bilo kojem dijelu dana velika većina vozila miruje
  - S obzirom na očekivani kapacitet baterija EV-a i potrebno vrijeme punjenja, ukupni kapacitet ovakvog spremišta energije mogao bi se koristiti kao fleksibilni oblik potrošnje, kojim bi se poboljšalo upravljanje sustavom



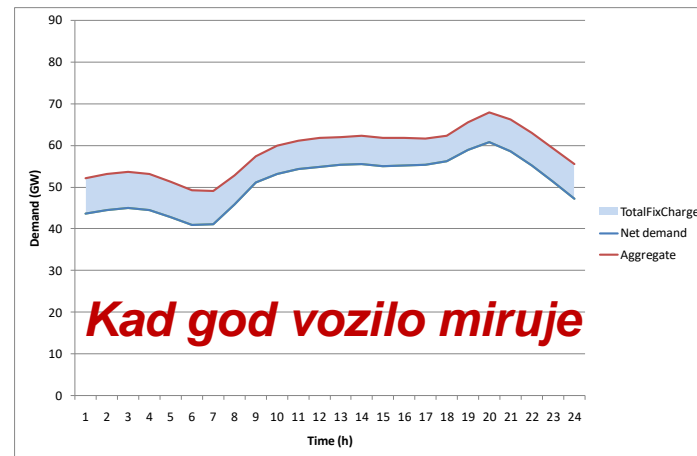
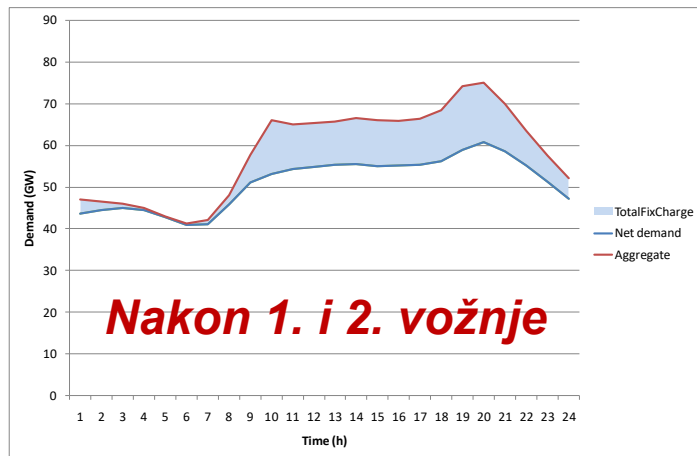
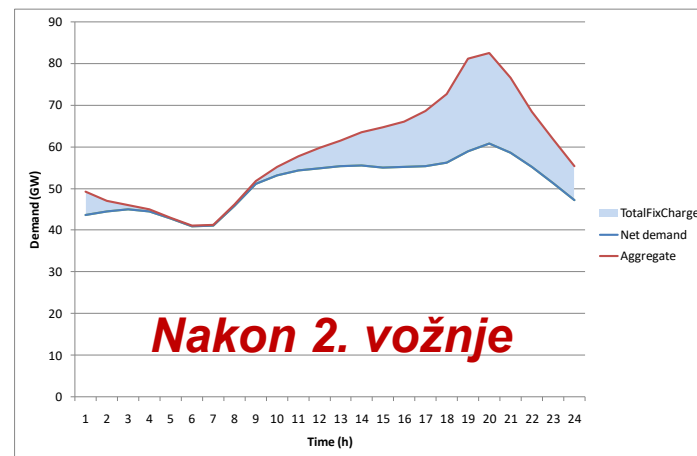
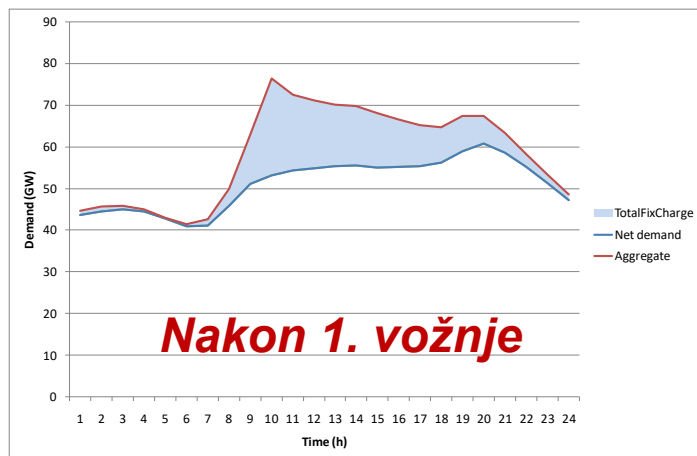
# Važnost prometne statistike za analizu utjecaja EV-a

- Statistike o dinamici, trajanju i udaljenostima pojedinih vožnji od ključne su važnosti za kvanitifikaciju utjecaja EV-a na EES
- Definiranje vremena kad su vozila parkirana
- Konverzija udaljenosti u potrebnu električnu energiju (0.15 kWh/km)

Start time	End time	Distance band	No. of journeys (yearly)	No. of vehicles (million)	34.2
00:00 – 00:59	00:00 – 00:59	Under 1 mile	2,526,441	Daily distance [million km]	738.8 – 1262.3
00:00 – 00:59	00:00 – 00:59	1 to under 2 miles	5,835,213	Average daily distance [km/vehicle]	22 - 37
00:00 – 00:59	00:00 – 00:59	2 to under 3 miles	5,419,649	Energy demand [GWh]	110.8 – 189.3
...	...	...	...	Energy demand (average) [GWh]	150
00:00 – 00:59	01:00 – 01:59	2 to under 3 miles	465,936	Average energy per vehicle [kWh/vehicle]	4.4
00:00 – 00:59	01:00 – 01:59	3 to under 5 miles	1,802,352		
00:00 – 00:59	01:00 – 01:59	5 to under 10 miles	1,171,135		
...	...	...	...		
00:00 – 00:59	02:00 – 02:59	50 to under 100 miles	173,152		
00:00 – 00:59	03:00 – 03:59	100 to under 200 miles	179,448		
00:00 – 00:59	04:00 – 04:59	200 miles and over	141,670		
...	...	...	...		
23:00 – 23:59	23:00 – 23:59	25 to under 35 miles	2,828,670		
23:00 – 23:59	23:00 – 23:59	35 to under 50 miles	532,048		
23:00 – 23:59	23:00 – 23:59	50 to under 100 miles	336,859		

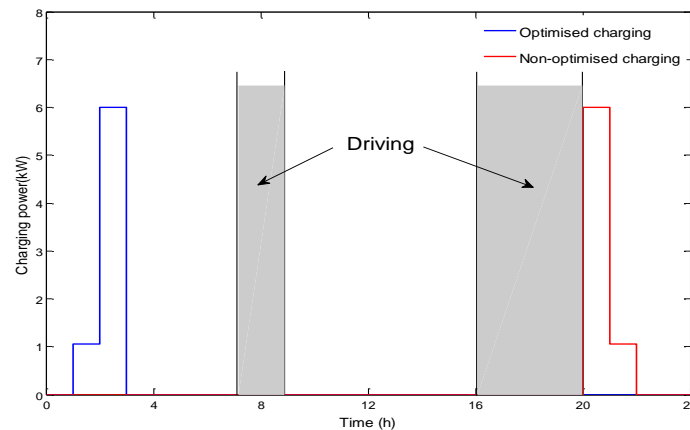
Projekcija udjela EV-a u VB u  
2030: **29-53%**

# Potrošnja EV-a bez optimizacije za rad sustava

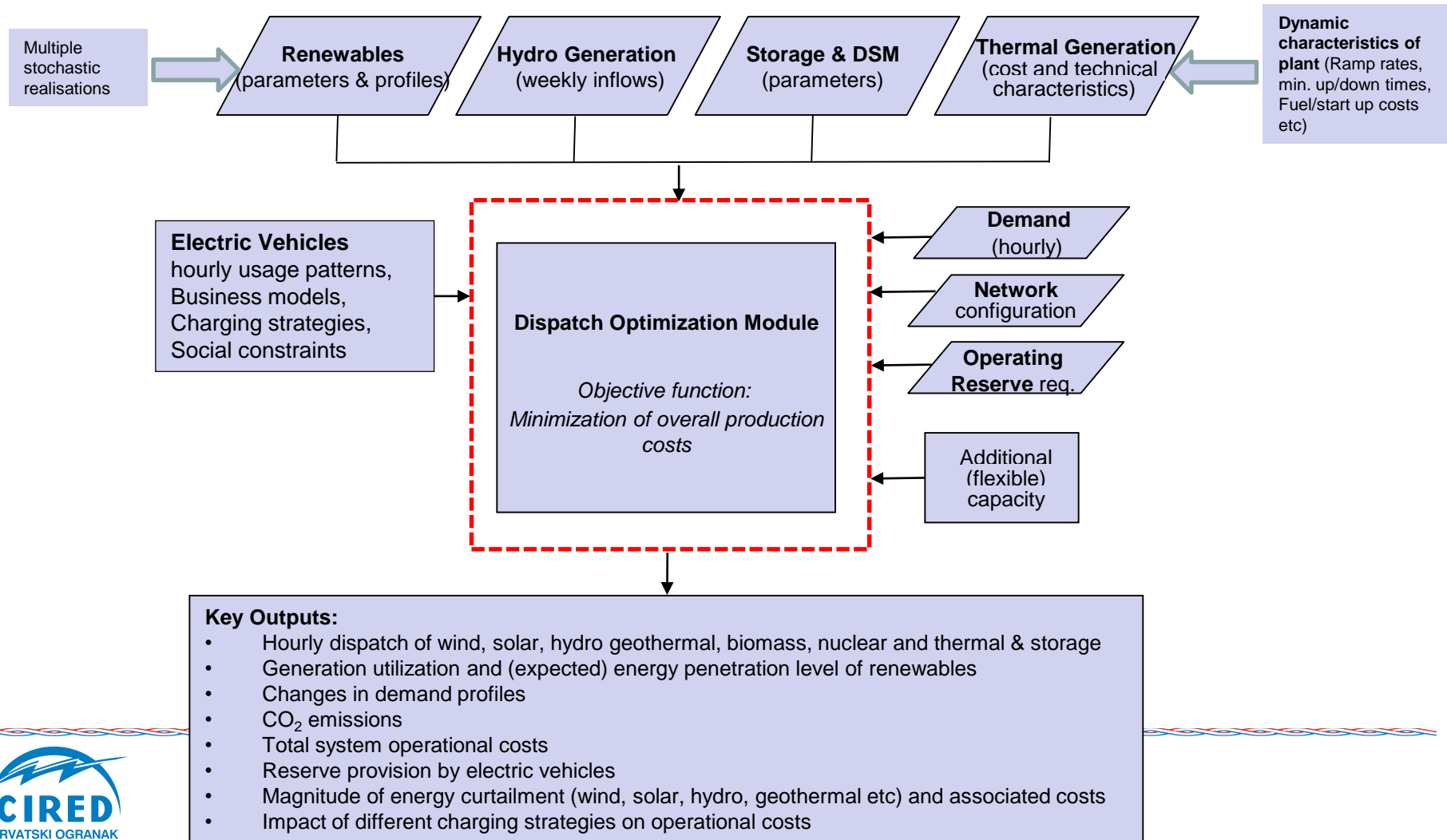


# Optimizacija punjenja baterija EV-a

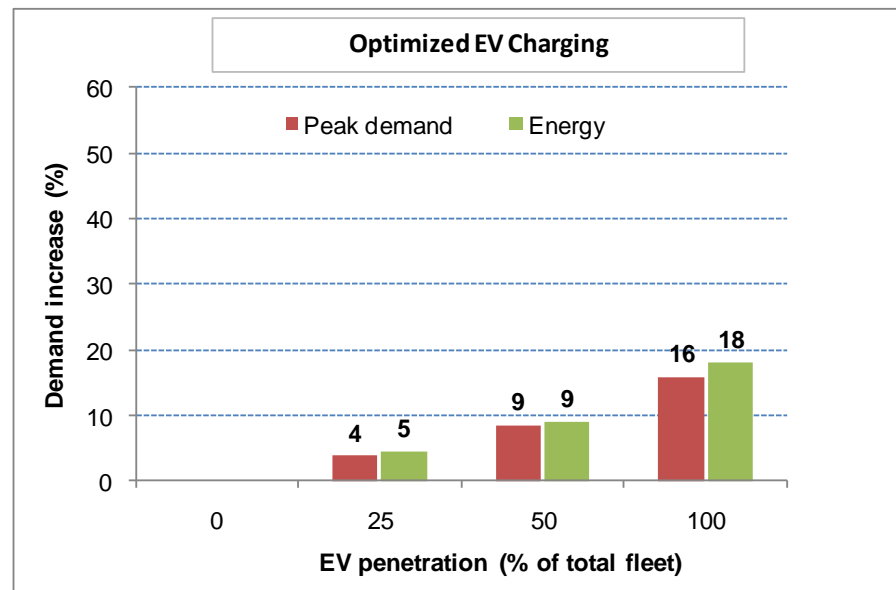
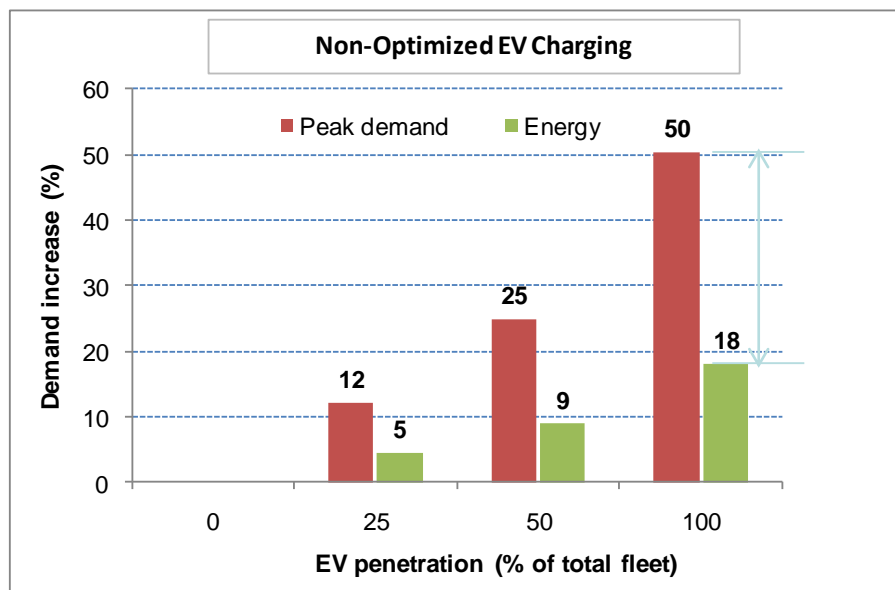
- Funkcija cilja:
  - Minimalno vršno opterećenje (optimizacija kapaciteta)
  - Minimalni operativni troškovi (optimizacija energije)
- Uzima u obzir ograničenja po pitanju raspoloživosti vozila za punjenje, kapaciteta baterije, potrebe za energijom itd.



# Model za optimizaciju troškova proizvodnje



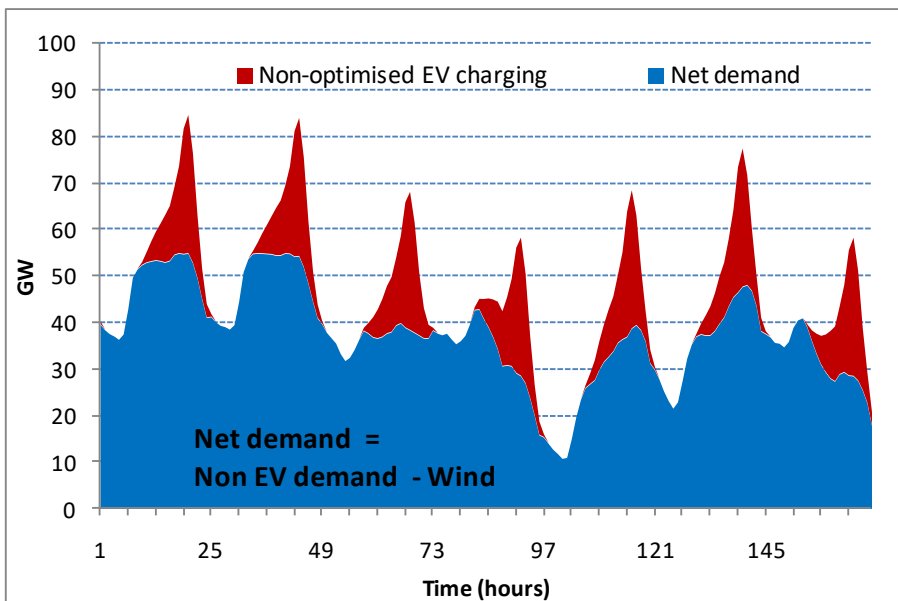
# Neproporcionalni utjecaj na povećanje potrošnje i vršnog opterećenja





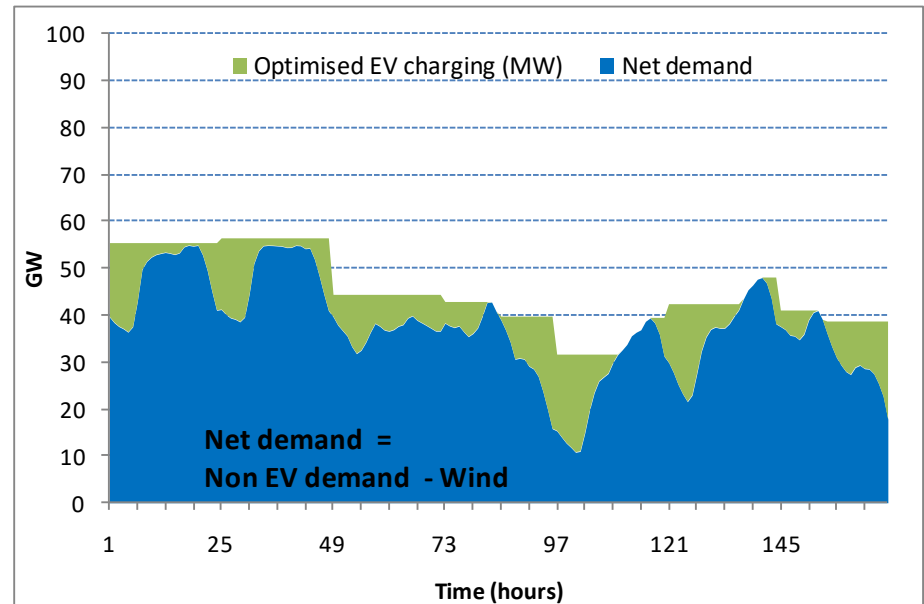
# Utjecaj optimalnog punjenja EV-a na neto potrošnju sustava

## Neoptimizirano punjenje



Punjenje se preklapa s razdobljem vršne potrošnje

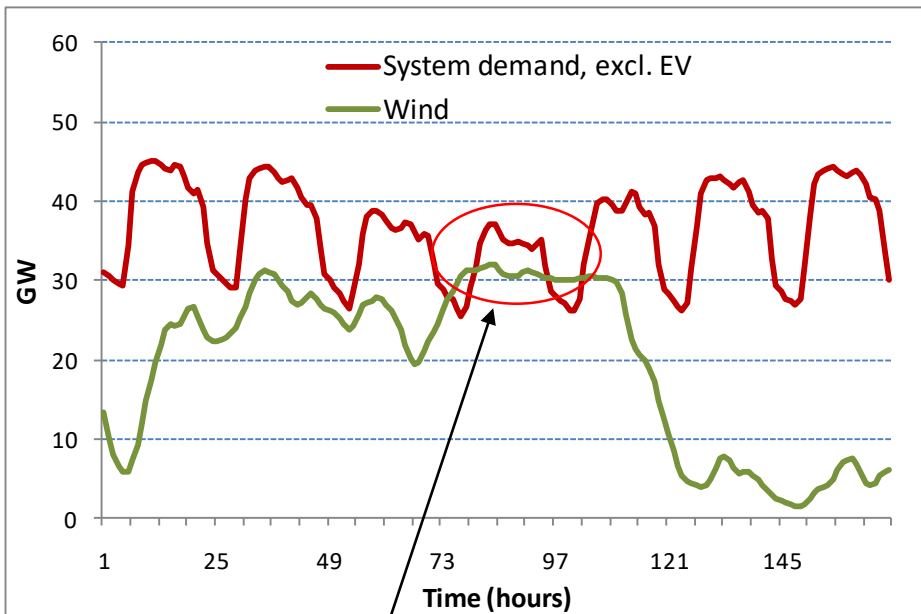
## Optimizirano punjenje



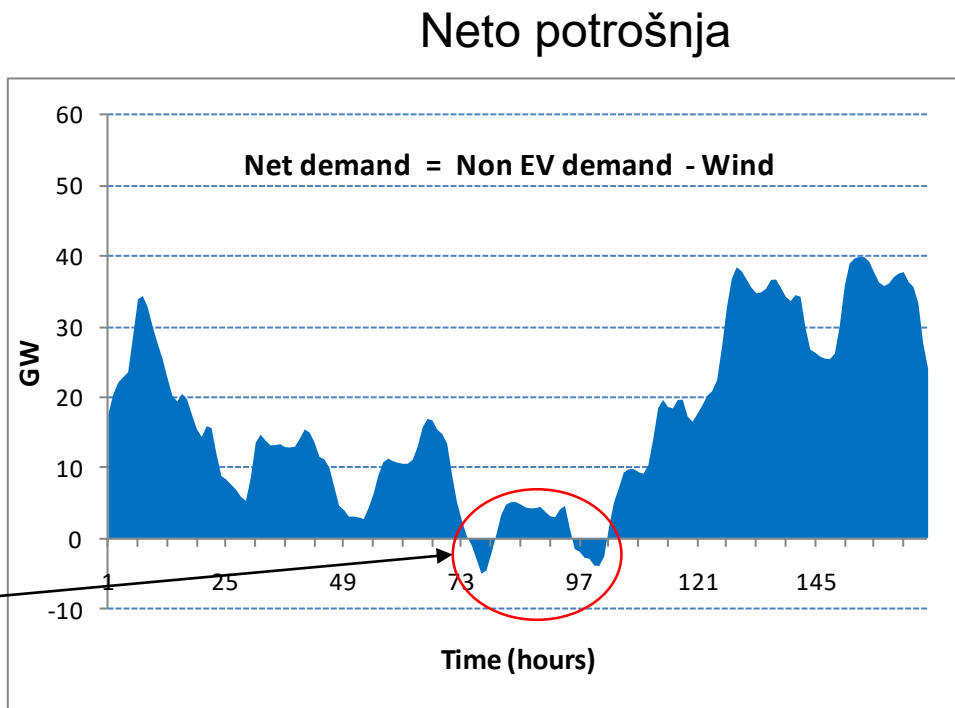
Punjenje se odvija tijekom razdoblja s niskom potrošnjom

# Nužnost redukcije vjetra u uvjetima niske potrošnje i jakog vjetra

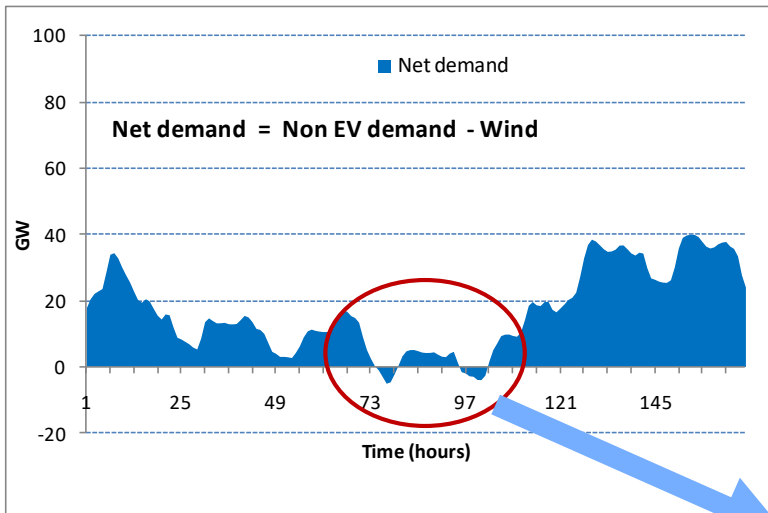
Primjer ljetnog tjedna s niskom potrošnjom i visokom proizvodnjom vjetroelektrana



Negativna neto potrošnja (redukcija vjetra)

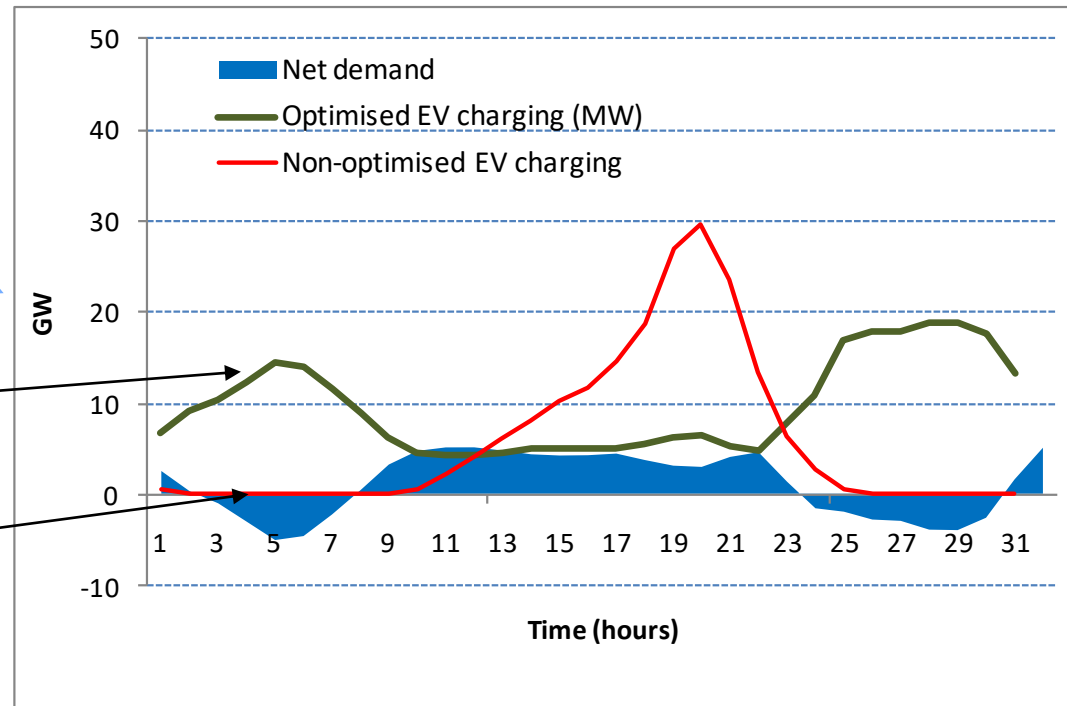


# Izbjegavanje redukcije vjetra kroz optimalno punjenje baterija EV-a

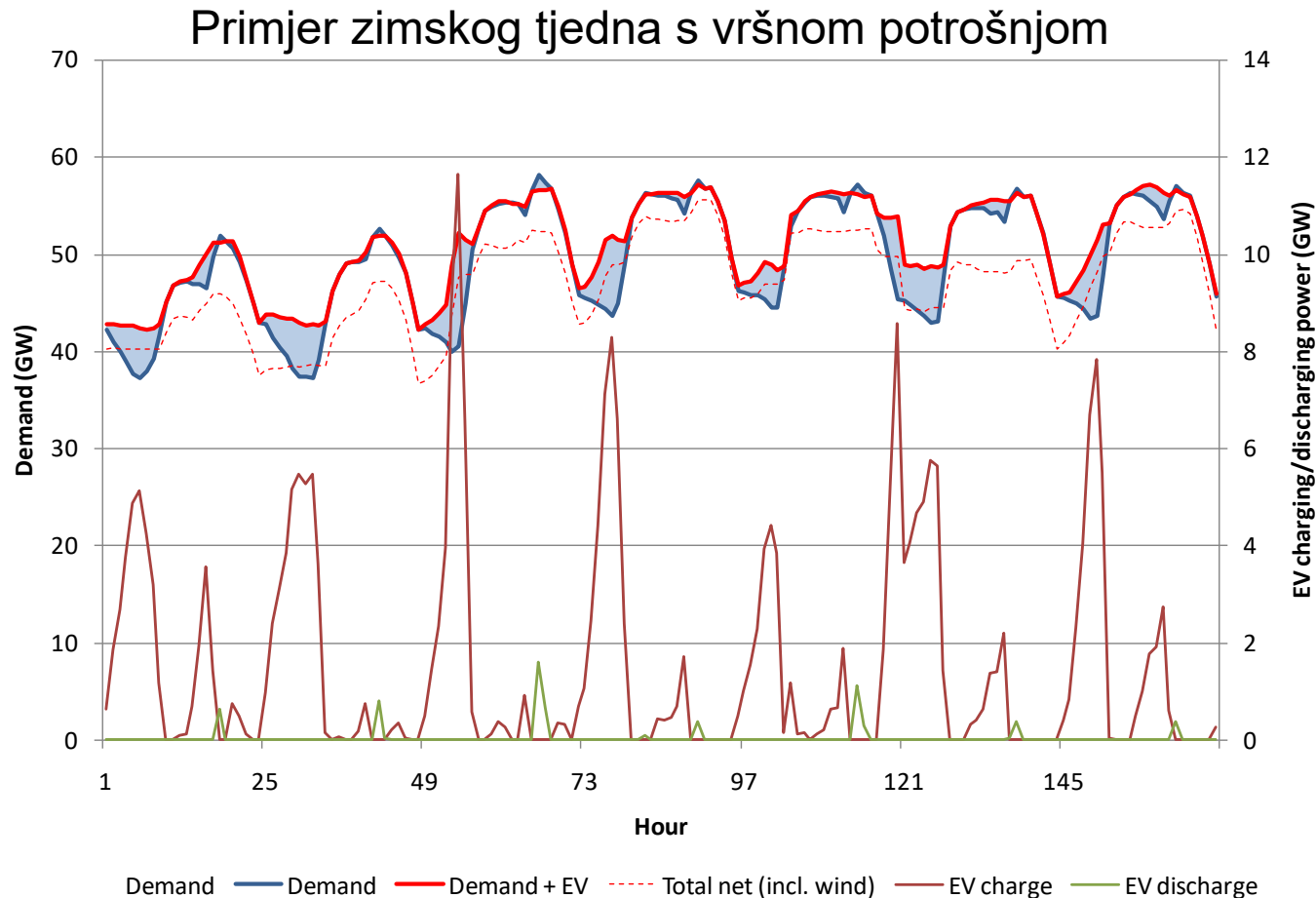


Optimalno punjenje povećava potrošnju tijekom jakog vjetra kako bi se izbjegla redukcija

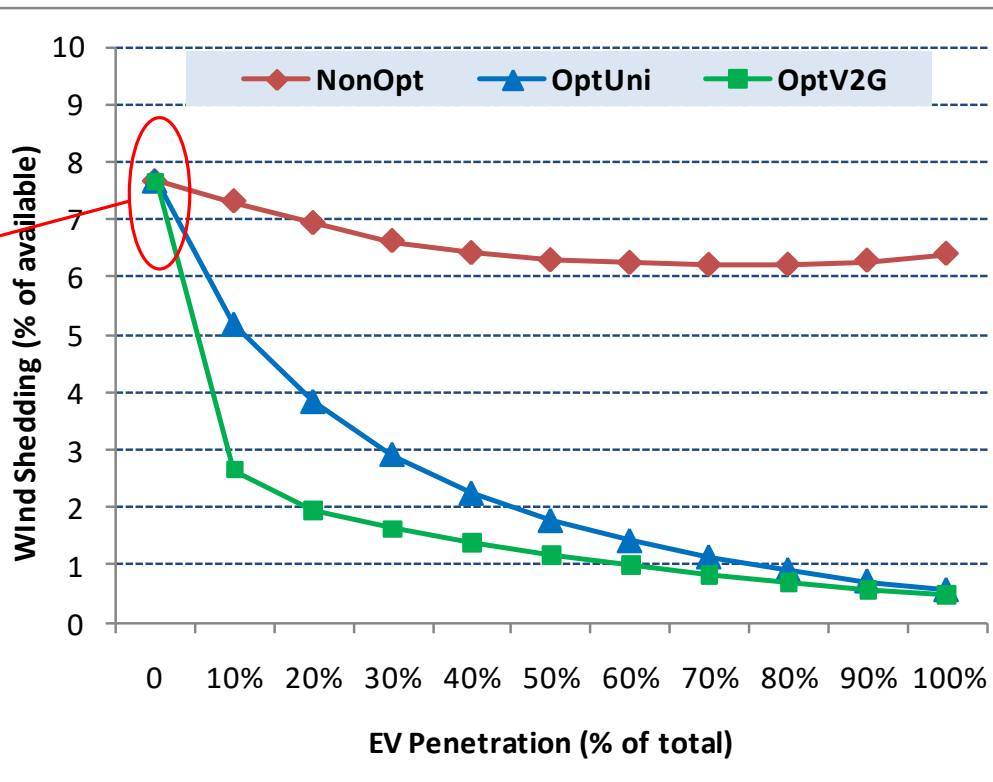
Neoptimizirano punjenje dovodi do redukcije vjetra



# Utjecaj optimalnog punjenja i pražnjenja (V2G) EV-a na dijagram potrošnje



# Utjecaj optimalnog punjenja EV-a na redukciju proizvodnje vjetroelektrana

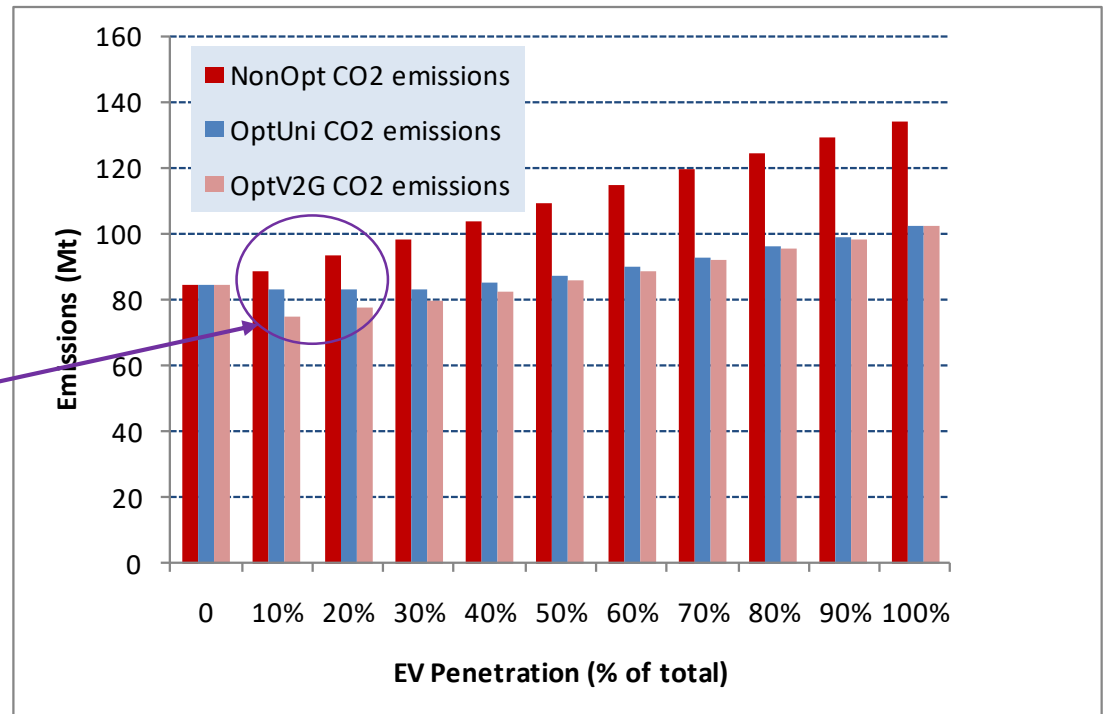


Godišnja redukcija VE je veća od potrošnje cca 15% penetracije EV-a

Značajno izbjegavanje redukcije vjetroelektrana kroz optimalno punjenje EV-a već i kod niskih penetracija EV-a

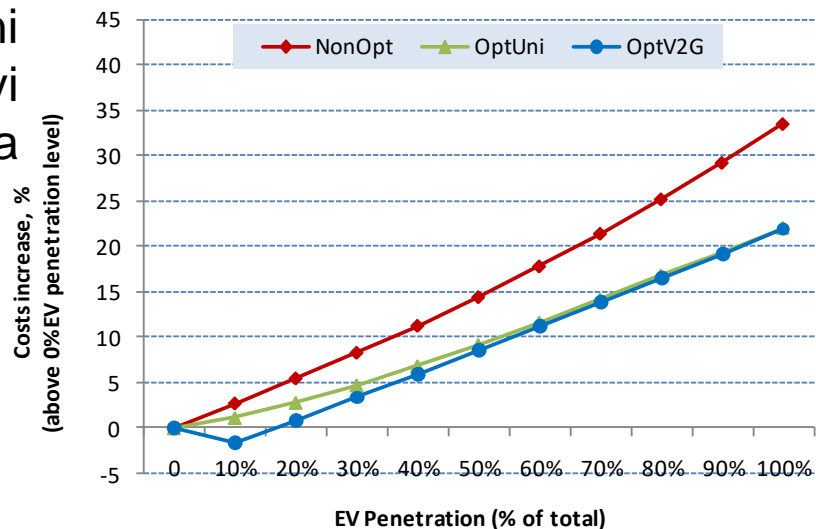
# Utjecaj na emisije CO<sub>2</sub> iz proizvodnje električne energije

Smanjenje emisija uslijed:  
- bolje apsorpcije vjetrova  
- većeg korištenja tehnologija s nižim emisijama



# Smanjenje operativnih troškova sustava zbog optimalnog upravljanja EV-ima

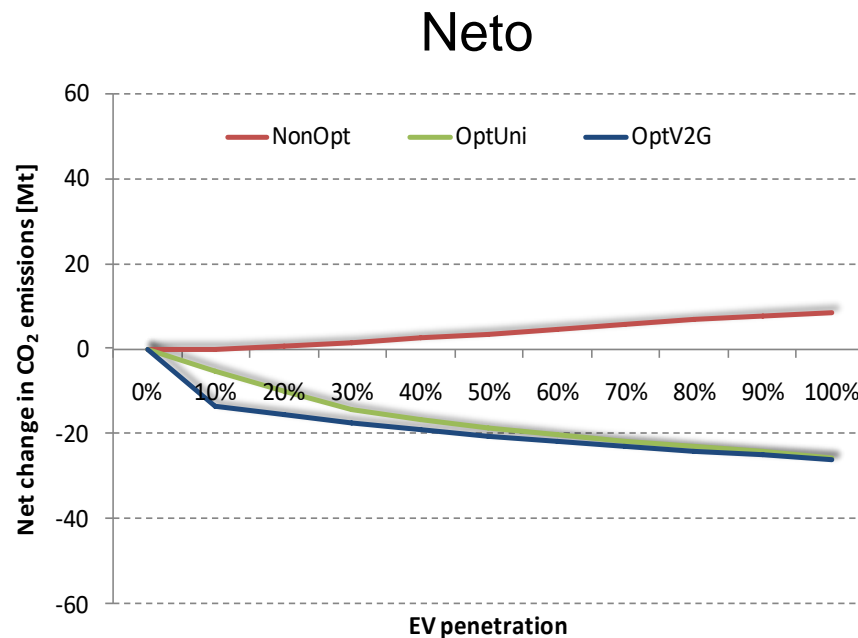
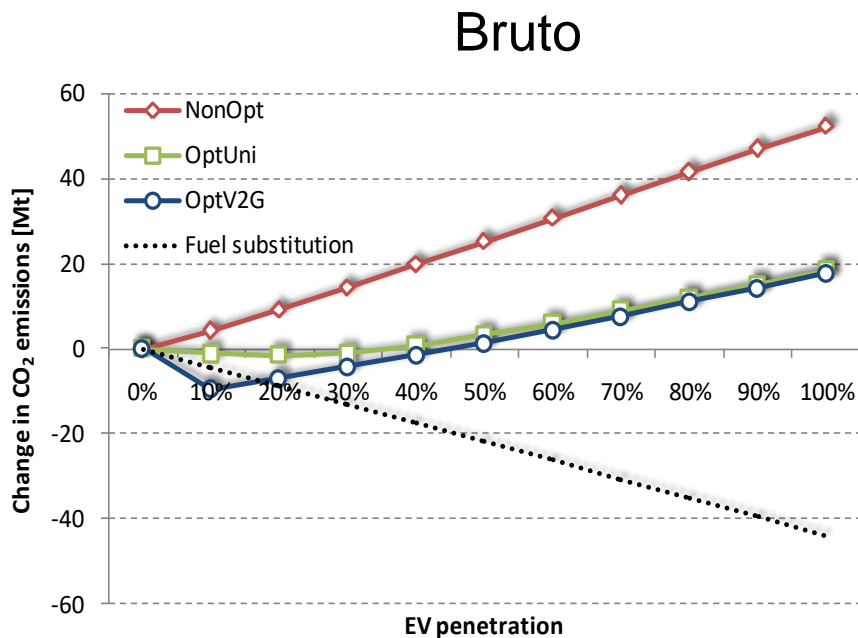
Dodatni troškovi sustava



## Uzroci smanjenja operativnih troškova:

- Izbjegavanje redukcije vjetra
- Smanjeno korištenje skupih vršnih generatora
- Smanjene potrebe za uslugama sustava od konvencionalnih generatora
- Smanjen trošak emisija

# Bruto i neto utjecaj elektromobilnosti na emisije CO<sub>2</sub>



(Pretpostavka: emisija iz motora s unutarnjim izgaranjem od 120 g/km)



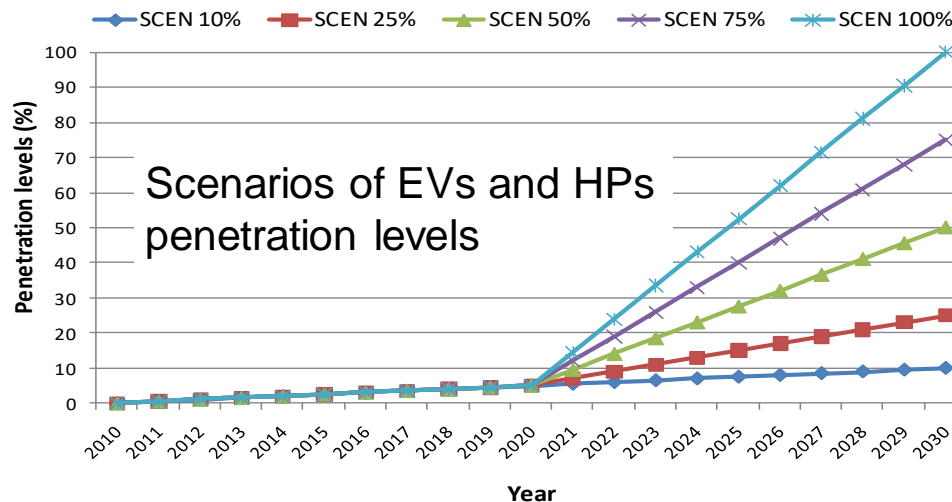
# Ključni aspekti utjecaja EV-a na elektroenergetski sustav

- Povoljan utjecaj optimalnog upravljanja EV-ima već kod niskih penetracija
- Uštede u troškovima i smanjenje emisija uvelike ovisi o prirodi sustava u kojem se promatraju EV
- Optimalno punjenje smanjuje operativne troškove zbog:
  - Poboľšane sposobnosti sustava da apsorbira OIE
  - Manje korištenje skupljih vršnih generatora
  - Mogućnosti EV-a da pružaju neke usluge sustava
  - Smanjenih emisija i njima pridruženih troškova
- Dodatne koristi od dvostranog upravljanja EV-ima (V2G koncept) su relativno male, dok bi s druge strane pražnjenje baterija uključivalo i neke dodatne troškove (ICT, životni vijek itd.)

# Utjecaj optimalnog upravljanja EV-ima na investicije u distributivnu mrežu

(ENA report)

- Elektrifikacija prometnog (i toplinskog) sektora kroz primjenu EV-a (i toplinskih pumpi) imat će bitan utjecaj na potrebno pojačanje distributivne mreže
  - “Business as usual” scenarij ne obuhvaća nikakvo upravljanje, odn. uključuje pasivni pristup novim oblicima potrošnje, pri čemu se mreža planira prema očekivanoj potrošnji
  - “Smart” scenarij uključuje upravljanje mrežom kroz optimizaciju potrošnje korištenjem naprednih funkcija “pametnih” brojlara i odgovarajuće komunikacijske infrastrukture

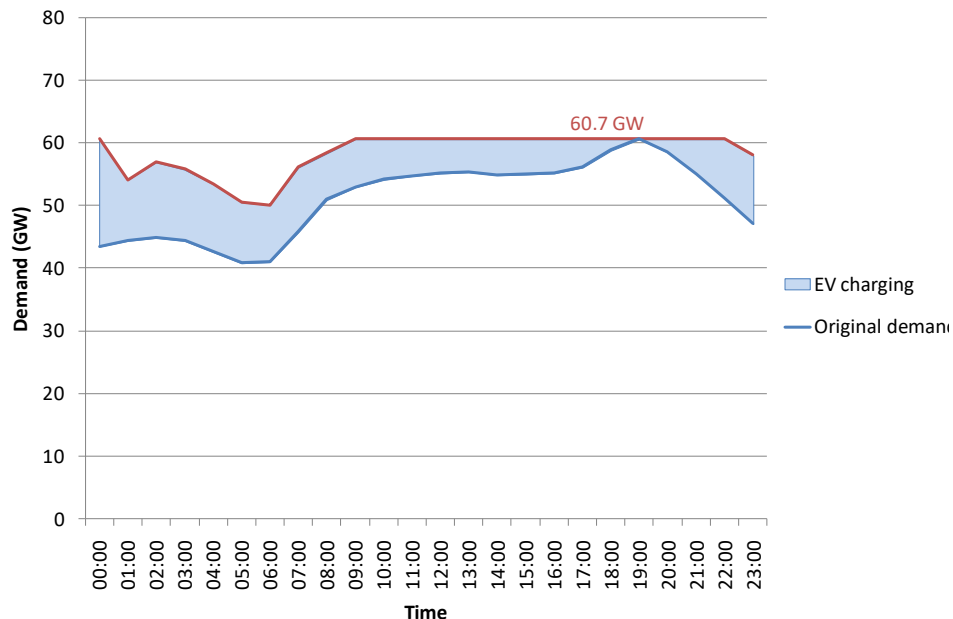


# Ključna zapažanja

- Prema trenutnoj filozofiji planiranja troškovi pojačanja mreže bit će visoki
  - Odvajanje operativnog od planskog aspekta nije učinkovito i može dovesti do prekomjernog investiranja u mrežu
- Potencijal za optimalno upravljanje potrošnjom radi rješavanja ograničenja u mreži je značajan, a bez negativnog utjecaja na navike vozača i korištenje EV-a
- Optimalno upravljanje potrošnjom ne može se odrediti *a priori*, već izrazito ovisi o **lokaciji i vremenu**
  - U nekim mrežama se vršno opterećenje javlja ujutro, a u drugima poslijepodne i navečer
  - Razina neiskorištenog kapaciteta u različitim mrežama može jako varirati
- Za učinkovito upravljanje potrošnjom potrebna su pametna brojala s naprednim funkcijama i odgovarajućim komunikacijskim rješenjima, koja omogućuju upravljanje u realnom vremenu

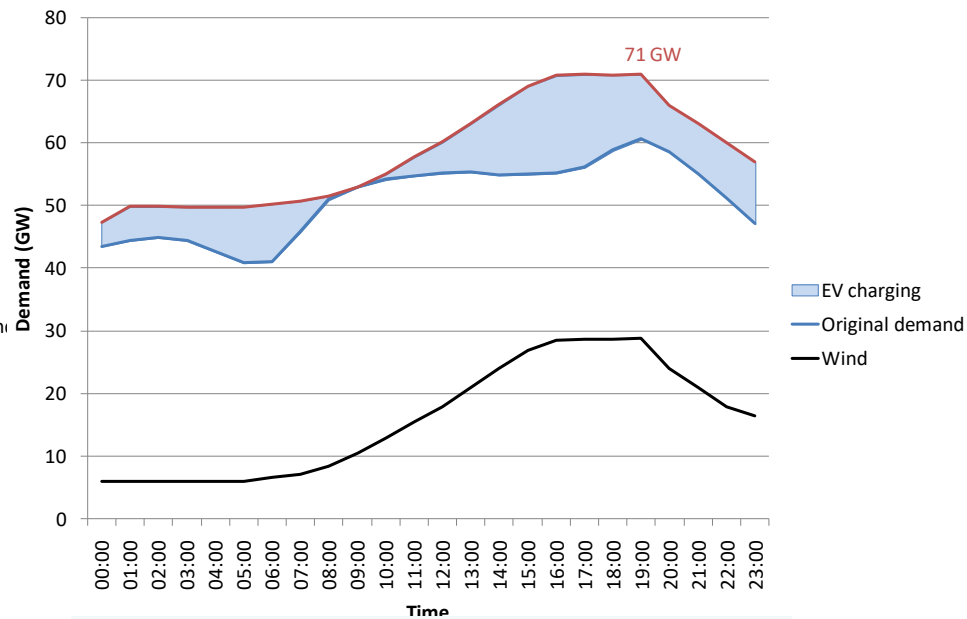
# Konflikt između smanjenja vršnog opterećenja i troškova proizvodnje

## Smanjenje vršnog opterećenja



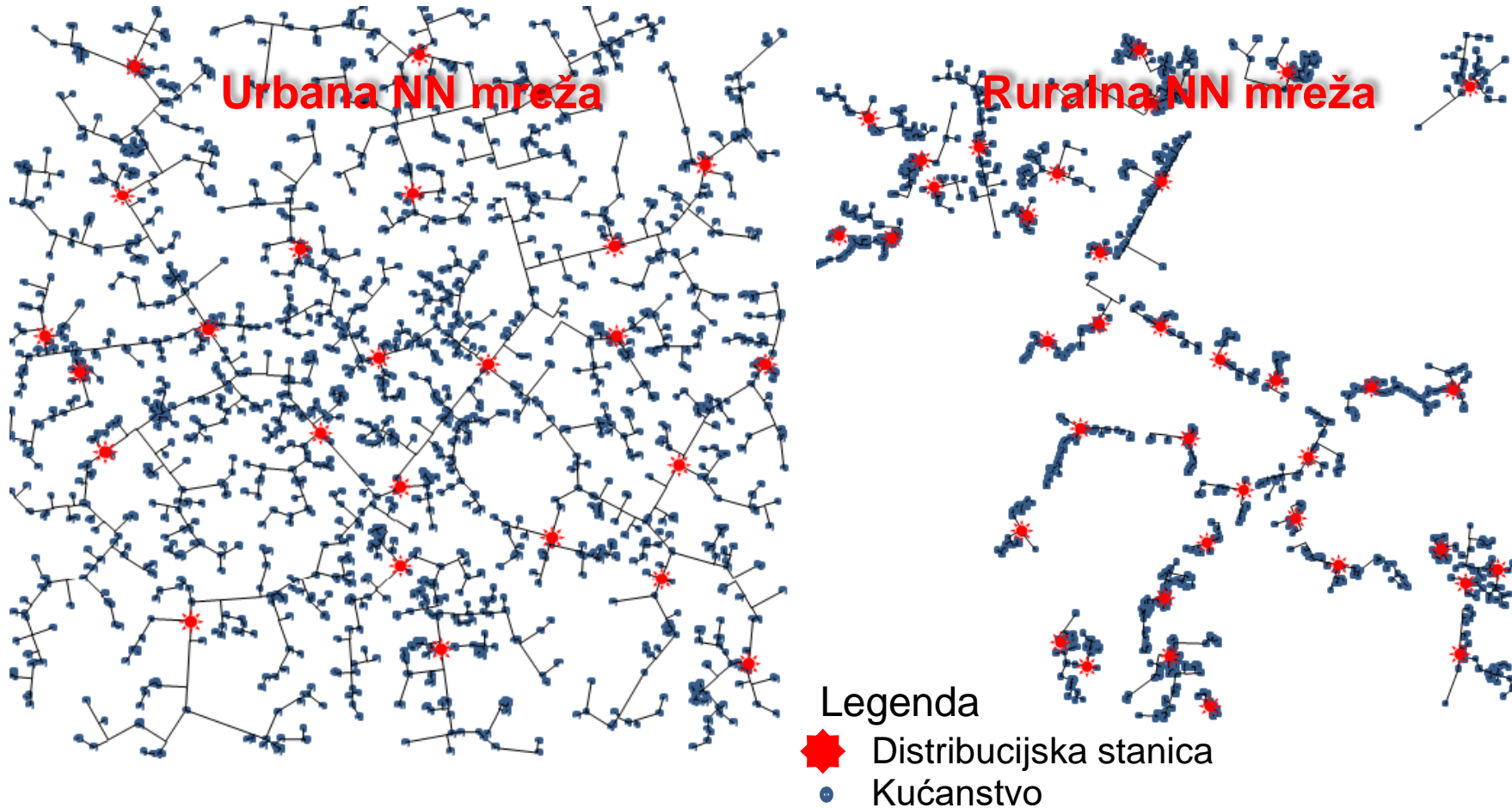
Punjenje EV-a raspoređeno tijekom dana radi smanjivanja vrha

## Smanjenje troškova proizvodnje

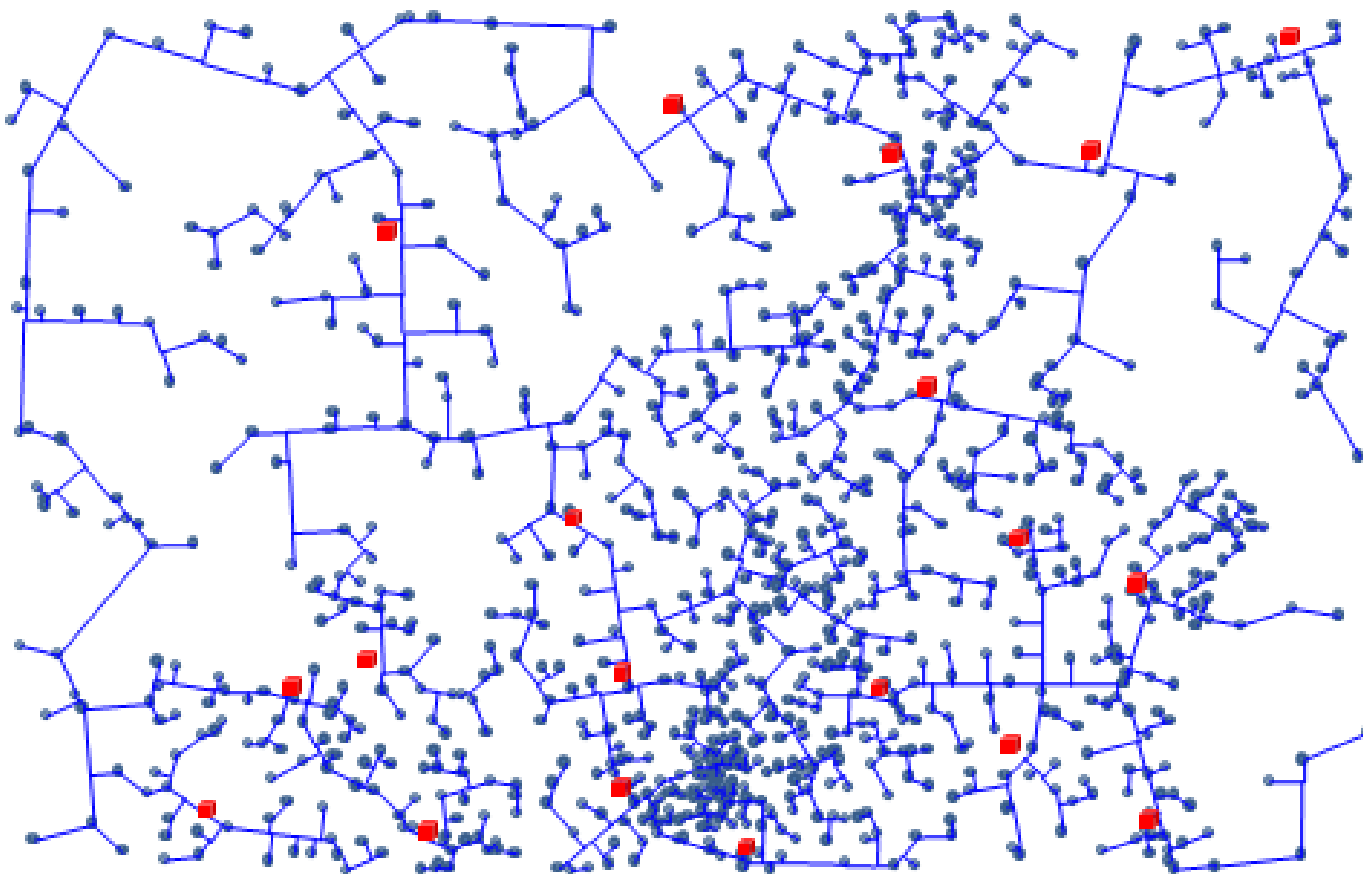


Snažan porast vjetra za vrijeme vrha u sustavu → punjenje EV-a pomaknuto u vršno razdoblje

# Reprezentativne NN mreže za urbana i ruralna područja



# Reprezentativna VN mreža



Legenda:

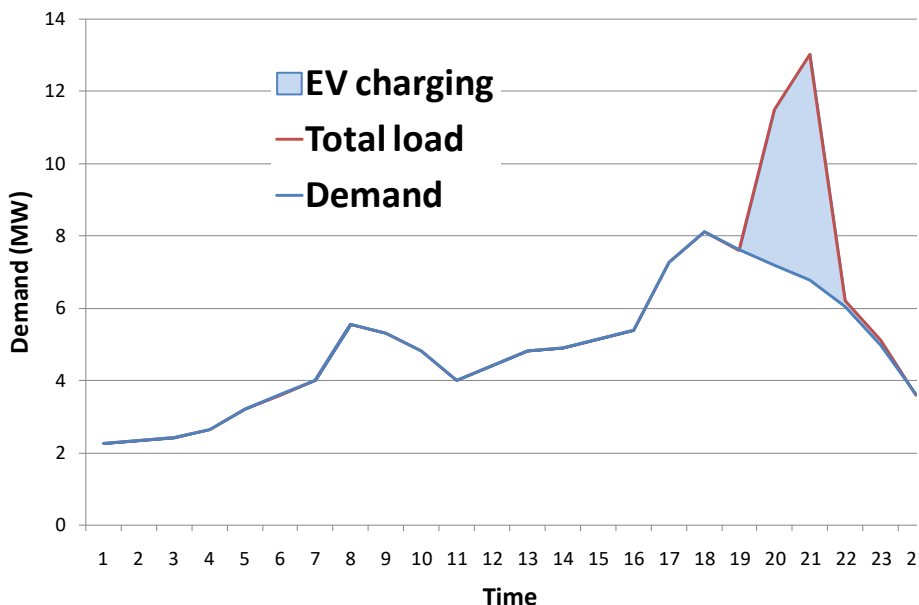
- Primarne stanice
- Distribucijske stanice

Površina: 134 km<sup>2</sup>

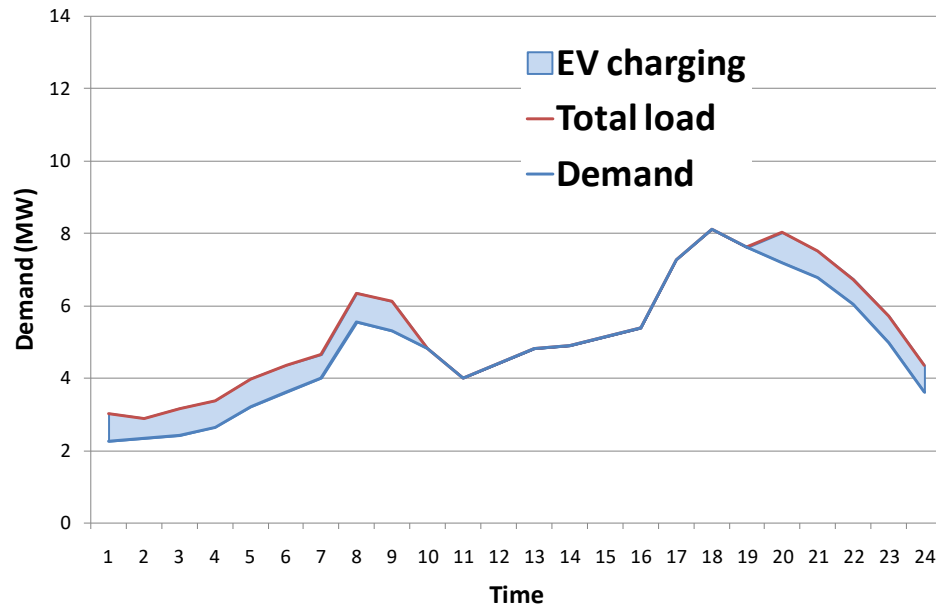
Vršno opt.: 300 MVA

Broj potrošača: 123,000

# EV u rezidencijalnom području



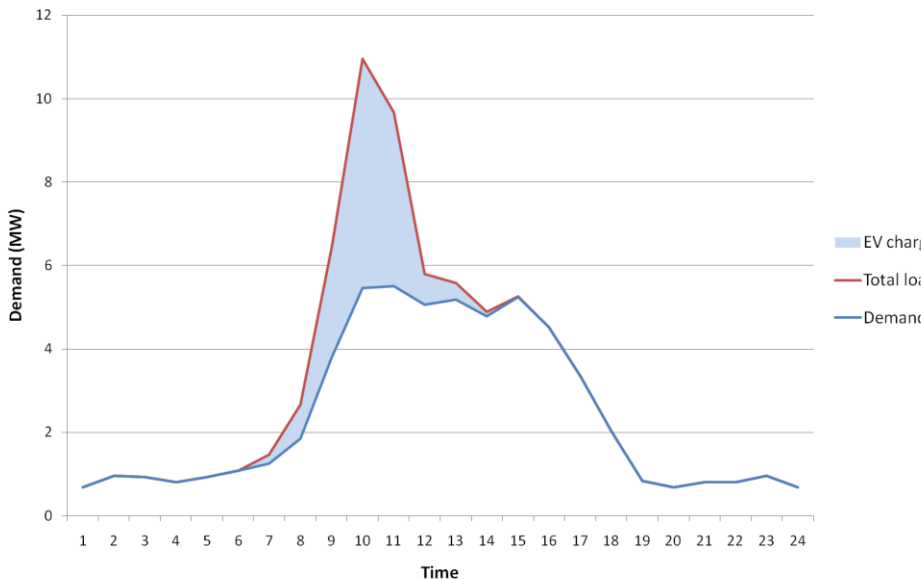
Značajna korelacija u povratku kući s posla – izrazito povećanje vršnog opterećenja



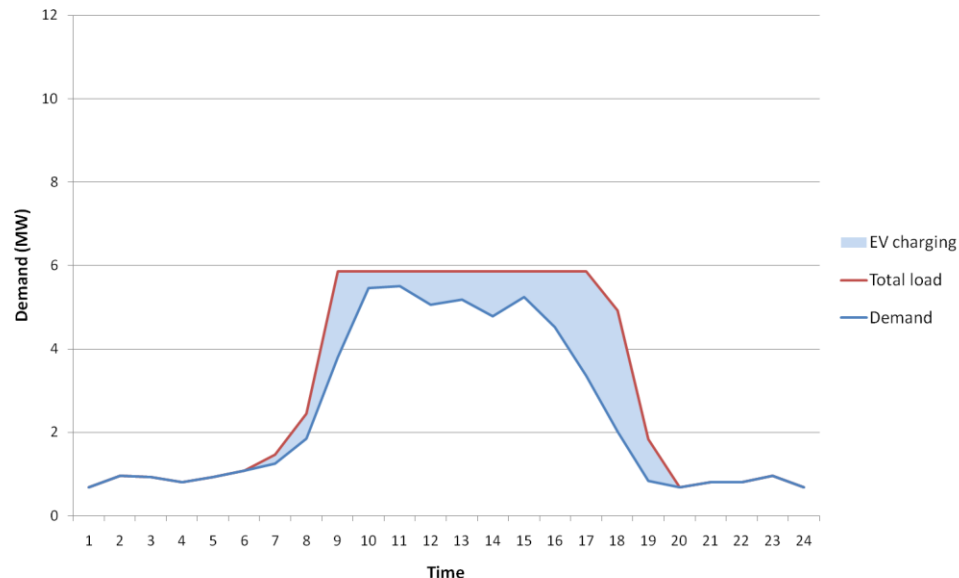
Potencijalno smanjenje vršnog opterećenja kroz punjenje EV-a noću

# EV u komercijalnom području

Non-optimised EV charging



Optimised EV charging

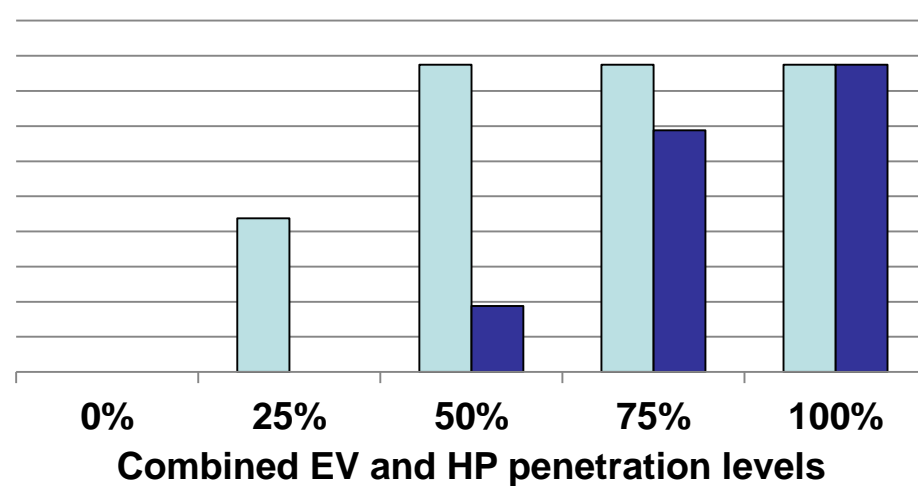
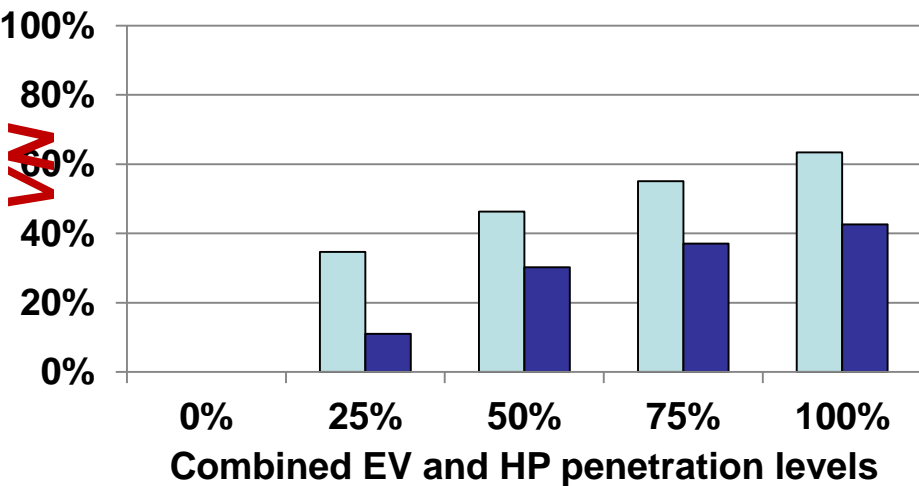
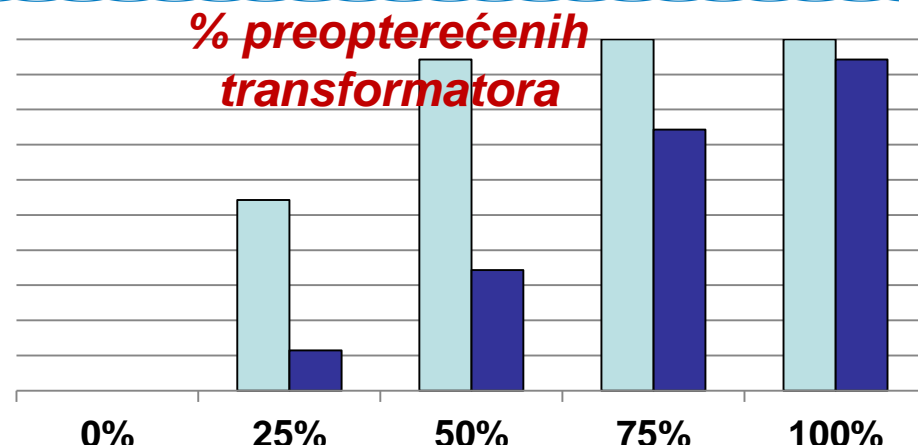
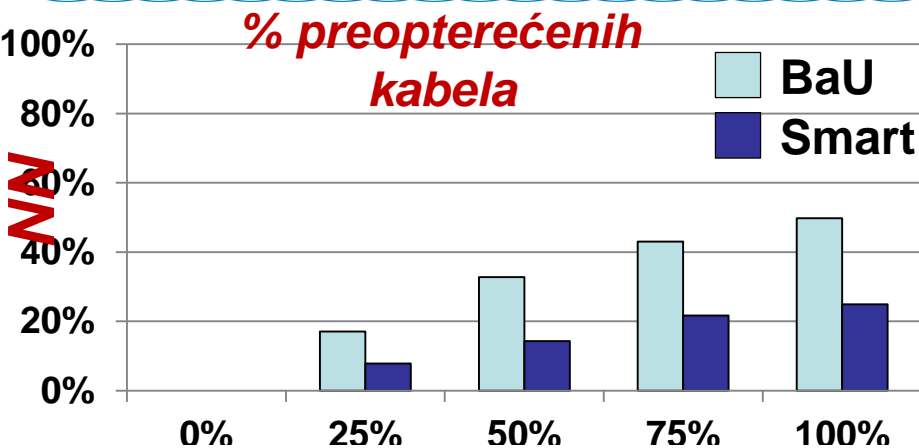


Značajna korelacija u dolasku na posao – izrazito povećanje vršnog opterećenja

Potencijalno smanjenje vršnog opterećenja kroz punjenje EV-a za vrijeme boravka na poslu



# Postotak preopterećenih elemenata mreže sa i bez upravljanja EV-ima



# Dodatne investicije u mrežu u BaU i Smart scenarijima

Scenarios	SCEN 10%	SCEN 25%	SCEN 50%	SCEN 75%	SCEN 100%
Cost of BaU [b£]	0.8 – 2.7	2.1 – 6.9	4.1 – 13.4	5.4 – 17.8	6.2 – 20.5
Cost of Smart [b£]	0.3 – 1.1	0.7 – 2.4	1.6 – 5.3	2.7 – 8.8	3.2 – 10.4
NPV Value of SMART [b£]	<b>0.5 – 1.6</b>	<b>1.4 – 4.5</b>	<b>2.5 – 8.1</b>	<b>2.7 – 9.0</b>	<b>3.0 – 10.1</b>

# Dodatni izvori

- G4V projekt: [www.g4v.eu](http://www.g4v.eu)
- Green eMotion projekt: [www.greenemotion-project.eu](http://www.greenemotion-project.eu)
- “Benefits of Advanced Smart Metering for Demand Response Based Control of Distribution Networks” (ENA report): [www.energynetworks.org](http://www.energynetworks.org)
- “Making the connection: the plug-in vehicle infrastructure strategy”:  
<http://assets.dft.gov.uk/publications/making-the-connection-the-plug-in-vehicle-infrastructure-strategy/plug-in-vehicle-infrastructure-strategy.pdf>
- Source London projekt: [www.sourcelondon.net](http://www.sourcelondon.net)