



[www.knx.org](http://www.knx.org)

## Bílá kniha

KNX požadavky na stranu řízení

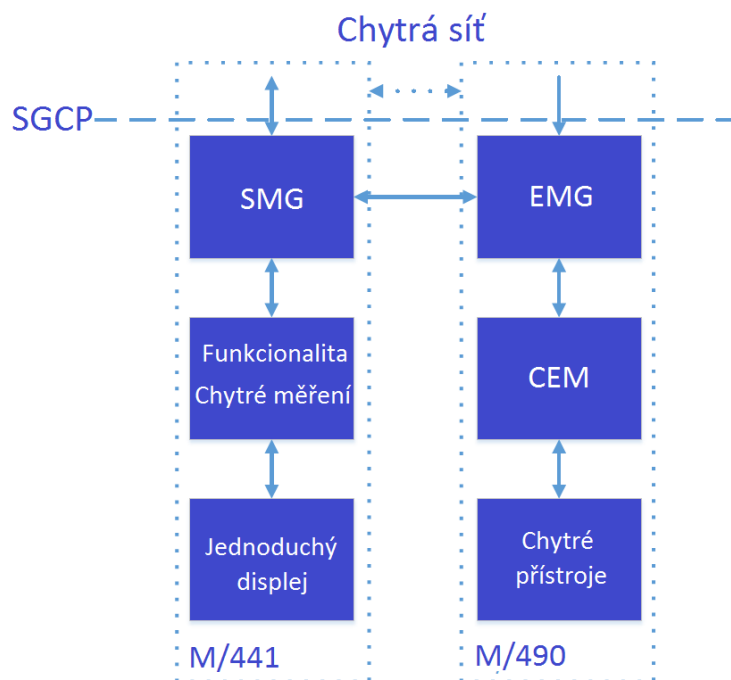
## Obsah

<b>1 Úvod [1]</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Rozsah platnosti</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Chytré sítě</b> .....	<b>4</b>
3.1 Požadavky na odezvy [3] .....	4
<b>4 Požadavky na stranu řízení podle EN50090</b> .....	<b>5</b>
4.1 Řízení založené na tarifu .....	6
4.2 Tvorba řízení .....	7
4.3 Řízení zátěží .....	8
4.3.1 Decentralizované řízení zátěží .....	8
4.3.2 Centralizované řízení zátěží .....	11
4.3.3 Chytré měření .....	11
<b>5 Algoritmy řízení zátěží a řídicí strategie</b> .....	<b>12</b>
5.1 Optimalizace založená na předpokladu [4] .....	12
5.2 Optimalizace založená na reálném čase [4] .....	13
5.3 Optimalizace v reálném čase [4] .....	14
5.4 Nahromadění různých řízení a optimalizací .....	15
<b>6 Poskytování flexibility</b> .....	<b>16</b>
<b>7 Příklady použití</b> .....	<b>18</b>
7.1 Použití v budově .....	18
7.1.1 Nastavení zatížení spotřebiči podle změn tarifů.....	18
7.1.2 Vazby zatížení v komerčních budovách na světelné scény .....	19
7.1.3 Úprava regulační odchylky pocházející z optimalizace podle předpokladu.....	19
7.2 Použití pro mobilitu .....	20
7.2.1 Nabíjení elektromobilů nadbytečnou energií z fotovoltaických zdrojů (G2V) .....	20
7.2.2 Nabíjení elektrokol nadbytečnou energií z fotovoltaických zdrojů.....	20
7.2.3 Vozidlo v rozvodné síti (V2G) .....	20
7.2.4 Nepřipustit přetížení transformátorů kvůli nadměrnému nabíjení vozidel .....	21
7.3 Použití v infrastruktuře .....	21
7.3.1 Požadavky na řízení klimatizačních systémů .....	21
7.3.2 Ohřev vody v závislosti na energii z obnovitelných zdrojů v rozvodné síti .....	22
7.4 Použití pro produkci energie .....	22
7.4.1 Zálohování energie produkované fotovoltaickým systémem jejím ukládáním .....	22
7.4.2 Vyhnout se snížení produkce v budově v případě problémů napětí v síti.....	23
<b>8 Literatura</b> .....	<b>24</b>

## 1 Úvod [1]

V roce 2011 vydala Evropská komise pověření M/490 a požádala tři evropské normalizační organizace (ESO), CEN, CENELEC a ETSI, aby vyvinuly úsilí k tomu, aby tyto evropské normalizační organizace průběžně zlepšovaly a rozvíjely normy pro oblast chytrých sítí, při zachování příčné soudržnosti a podporovaly pokračující inovace. V důsledku toho byla v ESO založena koordinační skupina Smart Grid (SG-CG), která je odpovědná pracovním skupinám Referenční architektura, První sada norem, Udržitelné procesy a Skupina zabezpečení. Práce v M/490 byla speciálně propojená s prací M/441 (chytrá měření) a M/468 (nabíjení elektromobilů). V letech 2012 a 2013 pracovní skupiny představily své zprávy.

V rámci M/490, byl vyvinut Smart Grid Architecture Model (SGAM) v němž bylo mapováno více než 450 nashromážděných příkladů použití. [2] Na základě použitých shromážděných příkladů pracovní skupina Udržitelné Procesy identifikovala hlavní úkol pro budovy předpokládané jako tzv. "flexibilní" do chytrých sítí. Koncepte přizpůsobivosti popisuje nastavení zatížení nebo výroby energie v budovách v závislosti na případných událostech v chytrých sítích. Koncepte je také známá pod názvem Demand Response (Požadavek Odezva). Hranice mezi budovami a chytrou sítí je reprezentována tzv. bodem propojení s chytrou sítí (SGCP). Kromě SGCP je uvnitř budovy zodpovědná zákaznická správa energie (CEM) za zajištění flexibility. CEM je logickou funkcí optimalizace spotřeby energie anebo generování energie založené na signálech ze sítě, na nastavení spotřebitelů, na smluvních ujednáních a na přístrojích. Obr. 1 ukazuje referenční architekturu pro CEM, včetně infrastruktury chytrého měření odpovědné za účtování procesů.



Obr. 1: Chytré měření a CEM systém za SGCP uvnitř budovy

## 2 Rozsah platnosti

Rozsah tohoto dokumentu je v souladu s řadou norem EN50090:

- požadavky na stranu řízení,
- strategie řízení a algoritmy pro správu zatížení,
- řešení KNX pro zajištění flexibility.

## 3 Chytré sítě

### 3.1 Odezvy na požadavky [3]

Společné chytré sítě používají "Požadavky na odezvy" pro případy využití v budovách. Požadavky na odezvy (DR) mají za úkol přístup "zdola nahoru". Zákazník se stává aktivním při správě své spotřeby, aby bylo dosaženo vysoké efektivity a peněžních výhod. [2] DR lze definovat jako "proměnný provoz elektrických spotřebičů u koncových zákazníků v reakci na změny cen elektřiny v čase oproti běžným spotřebním zvyklostem. [2] Dále DR může být také definován jako stimulační platby, jejichž cílem je snížit spotřebu elektřiny v době vysokých velkoobchodních tržních cen nebo když je ohrožena spolehlivost systému. [2] DR zahrnuje všechny úmyslné změny vzorců spotřeby elektřiny u koncových zákazníků zabývajících se změnami v časovém provozu, v úrovni okamžité poptávky, nebo v celkové spotřebě elektrické energie ". [2]

Mezi souvislosti s požadavky na odezvu patří, když akční člen v elektrické síti přenáší tarif pro použití koncovými zákazníky uvnitř budov. Zákazníci upraví svoje zatížení podle tarifu. Lze rozlišit dva důležité tarify:

- Doba použití (TOU)

Tarify doby použití jsou obvykle statické tarify, poskytující různé cenové hladiny v různých pevně stanovených časových etapách. Zákazníci mají znalosti o těchto tarifních stupních, stejně jako s nimi spojenými cenovými úrovněmi.

- Cena v reálném čase (RTP)

Cenové tarify v reálném čase poskytují různé tarifní úrovně, které lze měnit v reálném čase v závislosti na vzniklé události v elektrické síti. RTP tarify mohou záviset na výrobě energie z obnovitelných zdrojů v rozvodné síti, a tak zajistit přiměřenou pobídku pro zákazníky, aby nepřímo přizpůsobili zatížení.

Požadavky na odezvy, jako výsledek případů použití, vedou ke zvýšené spotřebě energie z obnovitelných zdrojů u koncových zákazníků, a tedy v budovách. Na druhé straně zvýšení spotřeby energie z obnovitelných zdrojů vede k lepšímu vypořádání se s nepředvídatelností obnovitelných zdrojů energie a tím pomáhá řešit aktuální problémy v energetických sítích.

#### Technická diskuse: Příklady použití

Příklad použití popisuje vzájemné působení různých činitelů a zainteresovaných stran pro dosažení primárního úkolu akčního členu. Akční členy a zainteresované strany mohou být osoby, systémy nebo hardwarové přístroje.

**Příklad použití: Požadavek na odezvu**

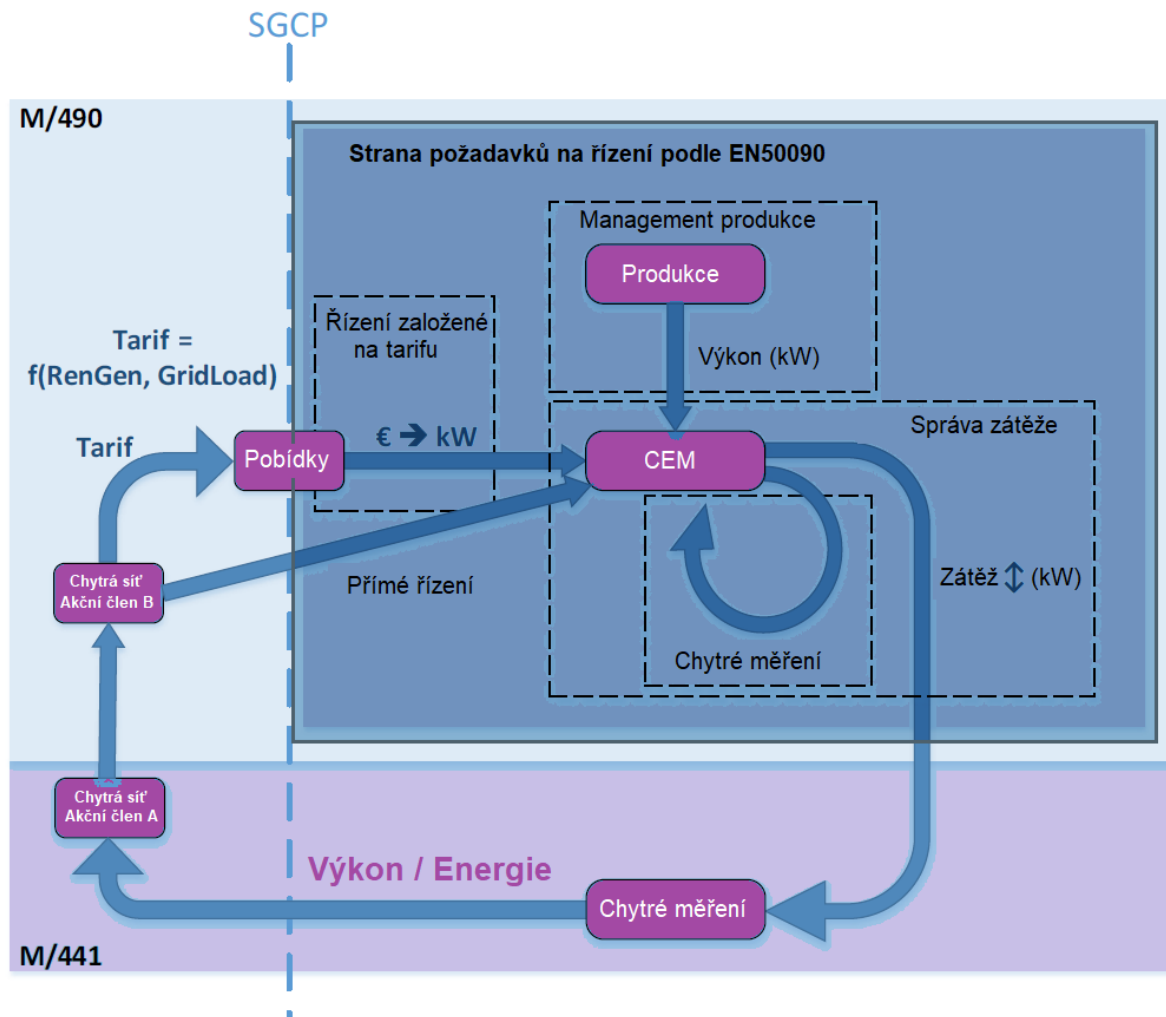
Aktér inteligentní sítě, např. služba nebo agregátor přenáší víceúrovňový tarif svým zákazníkům, aby je motivoval přizpůsobit své zatížení přenášenému tarifu. Úrovně tarifů (ceny) lze aktualizovat měsíčně, denně nebo v reálném čase. Jako příklady lze uvést dobu použití (TOU), kritické ceny (CPP) a ceny v reálném čase (RTP). Zejména tarify RTP jsou zvláště vhodné k tomu, aby odrážely současnou celkovou obnovitelnou výrobu v části energetické sítě a umožňovaly zákazníkům odebírat elektřinu, když ji produkují obnovitelné zdroje energie.

#### 4 Požadavky na stranu řízení podle EN50090

Pokud jde o případy použití Demand Response (požadavek na odezvu), technickým cílem správy zatížení budovy je implementace řídicích a akčních prvků pro změnu chování zátěže v závislosti na přenášených tarifech, jako např. TOU nebo RTP. Proto je uvnitř budov nutné zavést Demand Side Management (DSM), aby bylo možné přizpůsobit zatížení. Obr. 2 ukazuje celkový pohled na správu na straně poptávky nad rámec SGCP. Kromě tarifů některé případy Demand Response použití nebo programů Demand Response předpokládají také možnost přímého řízení zátěže.

- Přímé řízení zátěže je založeno na dvoustranných smlouvách mezi zákazníkem a provozovatelem inteligentní sítě a v některých zemích je již implementováno. Tento přístup je vhodný pouze pro náklady mimo domácnosti, které lze snadno a nezávisle ovládat za jakýchkoli okrajových podmínek. Například energetické společnosti v Německu mohou v některých případech snížit dodávku energie z velkých fotovoltaických systémů prostřednictvím hromadného ovládání.
- U zátěží, jejichž chování závisí na místních okrajových podmínkách, jsou tarify vhodnějšími pobídkami. Např. rozhodnutí snížit chladicí výkon klimatizačního systému, a tím i elektrické zatížení, závisí na místní teplotě v místnosti, a proto není vhodné pro přímou regulaci zatížení.

Správa zatížení podle EN50090 proto bere v úvahu oba případy, i když se pozornost zaměřuje na přizpůsobení zátěže v závislosti na informacích o tarifu. Vyhodnocení tarifu a určení výsledných informací o požadované hodnotě pro správu zatížení je v následujícím pojmenovaném tarifním managementu. Proces přizpůsobení zatížení se jmenuje správa zátěže. Proces ovládání produkce se nazývá management produkce.

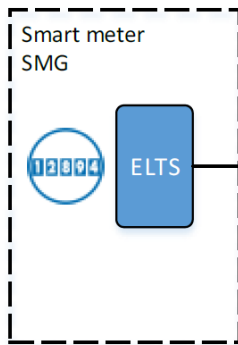


Obr. 2: Správa na straně poptávky podle EN50090 v případě použití Demand Response

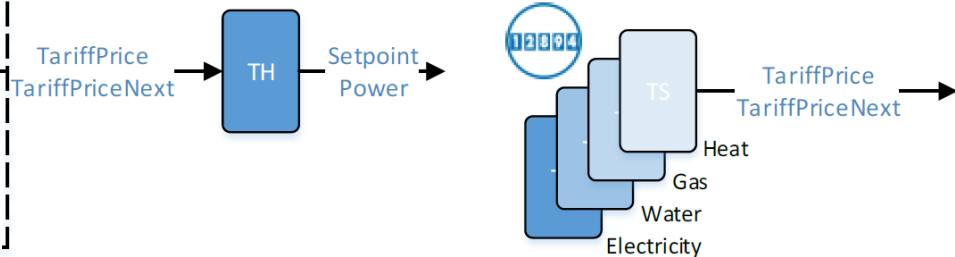
#### 4.1 Správa založená na tarifech

M/441 předpokládá inteligentní měřicí rozhraní (SMG) pro poskytování digitální přístupové cesty od operátora inteligentní sítě nebo nástroje nebo jiného aktéra inteligentní sítě do budovy. Aby bylo možné implementovat tarifní komunikaci v souladu s řadou EN50090, lze k poskytnutí informací o tarifu KNX použít nové typy datových bodů (DPTS) DPT\_Tariff a DPT\_TariffNext. Obr. 3 ukazuje doporučenou implementaci obsahující funkční bloky (FB) FB Electricity Tariff Server (ELTS) a FB Tariff Handler (TH). Cílem serveru pro tarify za elektřinu je vyhodnotit úroveň tarifů a převést je do datových bodů „TariffPrice“ a „TariffPriceNext“. Tyto datové body obsahují informace o cenových úrovních i o časových obdobích platnosti, cenové základně, komoditě atd. Cílem obsluhy tarifů je převést tyto informace na požadované hodnoty výkonu, které lze použít jako referenční hodnoty pro zátěž adaptace. V souladu s M/441 lze tarifní server implementovat např. v inteligentním měřidle, SMG nebo jiném rozhraní mezi měřidlem a automatizací budovy. V souladu s M/490 lze obsluhu tarifu implementovat např. v rozhraní pro správu energie (EMG). Všechny použité DPT poskytují potenciální

podporu pro tarify za plyn, vodu, teplo nebo jiné tarify, jak je znázorněno na obr. 4, i když je třeba specifikovat nové funkční bloky.



Obr. 3: Nový DPT\_TariffCommodity pro TOU a RTP tarify



Obr. 4: DOT jsou připraveny i pro další tarifní servery, jako je například tarifní server tepla

#### Technická diskuse: Tarif

Po celém světě existuje široká škála definic tarifů. Informace o tarifu interpretuje obsluha FBTariff (sdělená instalaci KNX prostřednictvím DPT\_Tariff (DPT\_ID = 5,006) nebo DPT\_TariffNext (DPT\_ID = 236,001), která prostřednictvím své parametrizace navrhuje úpravy správy zátěže v síti KNX.

## 4.2 Řízení produkce

Generation Management podle EN50090 popisuje vyhodnocení produkce energie ve vlastní budově. Lze rozlišit tři možnosti.

### 1. Měření produkce

Aktuální výroba energie v kW se měří buď využitím KNX nebo externím systémem a přenáší se datovými body (např. DPT\_PowerKW) do KNX správce produkce (GM).

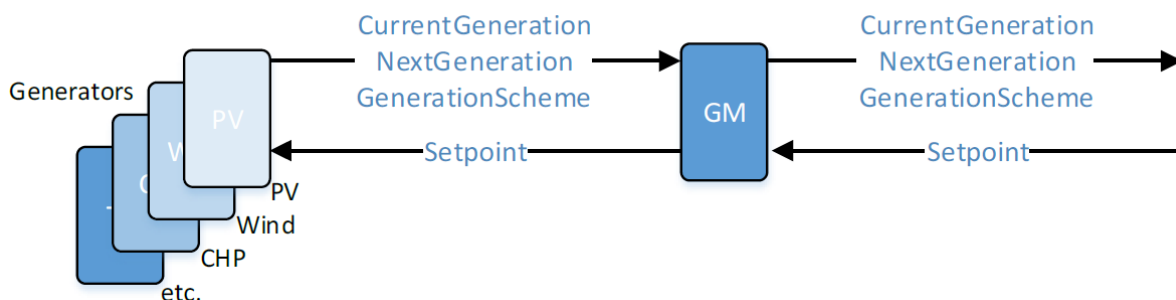
### 2. Předpověď produkce

Střední hodnota generování prognózy, platná pro konkrétní časové období, se přenáší do KNX. K tomu lze použít DPT\_PowerKW a DPT\_TimePeriod.

### 3. Schémata produkce

Je známa prognóza produkce pro delší časové období.

Obr. 5 ukazuje odpovídající schéma. Funkční blok FB Generation Manager (GM) agreguje různé zdroje generování. Jelikož některé případy použití DR předpokládají funkci pro snížení produkce (v případě požadavku na obslužný program kvůli problémům se sítí, FB Generation Manager také předpokládá bod nastavení pro jeho implementaci. K tomu lze použít DPT\_Power. Je potřebné poznamenat, že omezení produkce by nemělo být upřednostňovanou metodou. Lepší metodou je zvýšení zátěže, což má stejný účinek na elektrickou síť.



Obr. 5: Správa produkce zahrnuje různé typy různých zdrojů

### 4.3 Správa zátěže

Správa zátěže podle EN50090 popisuje proces a automatizaci za účelem zvýšení nebo snížení celkového zatížení budovy v závislosti na dané požadované hodnotě. CEM v souladu s M / 490 popisuje automatizaci vnitřních funkcí v roli zákazníka pro optimalizaci podle preferencí zákazníka na základě signálů zvenčí a vnitřní flexibility. [2] CEM lze proto chápat jako ústřední rozhodčí pro přizpůsobení zátěže, jehož úkolem je vyhodnotit správu založenou na tarifech a řízení produkce a vytvořit požadovanou hodnotu pro DSM. Lze rozlišit dva přístupy DSM:

#### 1. Decentralizované řízení zátěže

CEM doporučuje nové chování zatížení. O tom, zda je chování zátěže převzato, či nikoli, rozhodují správci aplikací KNX v závislosti na místních parametrech a okrajových podmínkách. PŘÍKLAD: Správcem aplikace KNX může být správce HVAC nebo správce osvětlení nebo jiný kontrolér aplikací KNX.

#### 2. Centralizovaná správa zátěže

CEM má přímý přístup k akčnímu členu zátěže a může zvyšovat, snižovat zátěž nebo ji jednoduše zapínat a vypínat.

Decentralizovaná správa zátěže je preferovanou metodou pro DSM, protože to není v rozporu s místními preferencemi zákazníků.

#### 4.3.1 Decentralizované řízení zátěže

Pro decentralizovanou správu zátěže poskytuje KNX obecný příklad použití „Mode Based Load Management“ pro provozování různých akčních členů CEM v kombinaci s akčními členy KNX, čímž zajišťuje flexibilitu. Obr. 8 znázorňuje sekvenční diagram UML tohoto příkladu použití. To lze implementovat pomocí DPT\_Prioritised\_Mode\_Control, který obsahuje úroveň priority i režim priority jako parametry.

##### Obecný příklad použití: KNX decentralizovaná správa zátěže

Různé CEM vyžadují, aby správce aplikací KNX změnil svůj režim za účelem zvýšení nebo snížení zátěže. Pouze správce CEM s nejvyšší prioritou  $p$  bude mít vliv na správce aplikací KNX. Tento CEM požaduje úroveň režimu  $m$  s určitou úrovní priority od správce aplikací KNX. Správce aplikací KNX bude tento požadavek sledovat, pouze pokud je požadovaná úroveň priority vyšší než aktuálně aktivní priorita. Správce aplikací KNX určuje MDT interně na základě přijatých parametrů z připojených aplikačních kontrolérů KNX. Tímto způsobem je možné zohlednit místní okrajové podmínky.

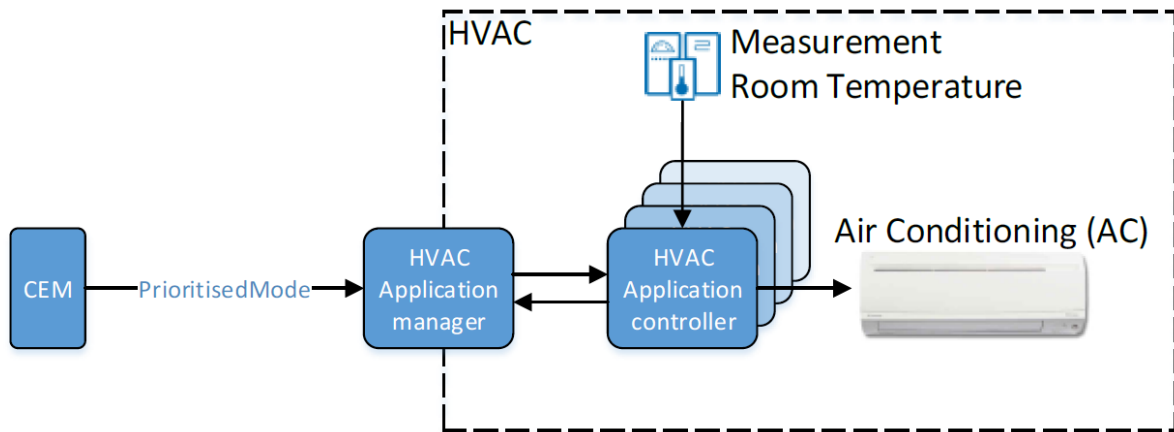
##### Technická diskuse: Prioritní řízení režimu

Prioritní řízení režimu definuje vlastní DPT Prioritized Mode Control (236.001), který může přenášet aktivaci nebo deaktivaci, úroveň priority a úroveň režimu. Úroveň režimu dále umožňuje diferenciaci reakcí na daný příkaz v rámci každé zátěže zvlášť.

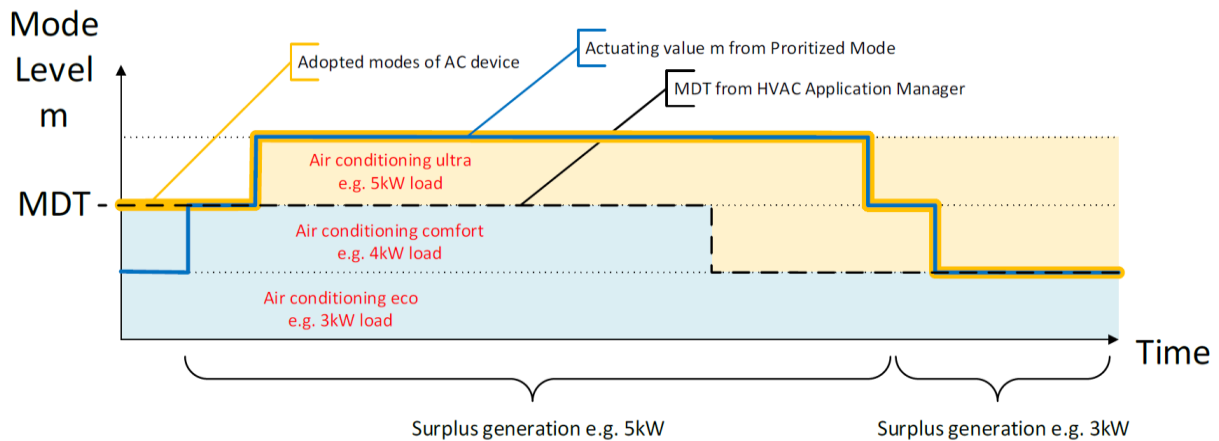
Obr. 6 a obr. 7 uvádí příklad scénáře pro tento příklad použití s klimatizačním systémem: Po generování vysokého fotovoltaického přebytku požaduje CEM zvýšení elektrické zátěže klimatizačního systému (který aktuálně pracuje v komfortním režimu stupně 2), čímž se dále zvýší režim na stupeň 3. Správce aplikací HVAC se řídí tímto požadavkem, protože klimatizační systém, se rychle ochladí. Po chvíli a v závislosti na naměřené pokojové teplotě, která je nyní nižší, správce aplikací sníží MDT. Vzhledem k okolní teplotě jsou nyní povoleny nižší režimy chlazení. Pokud přebytečná energie zmizí (např. kvůli oblačnému počasí), CEM požaduje opětovné snížení režimu. Správce aplikací HVAC sleduje a snižuje



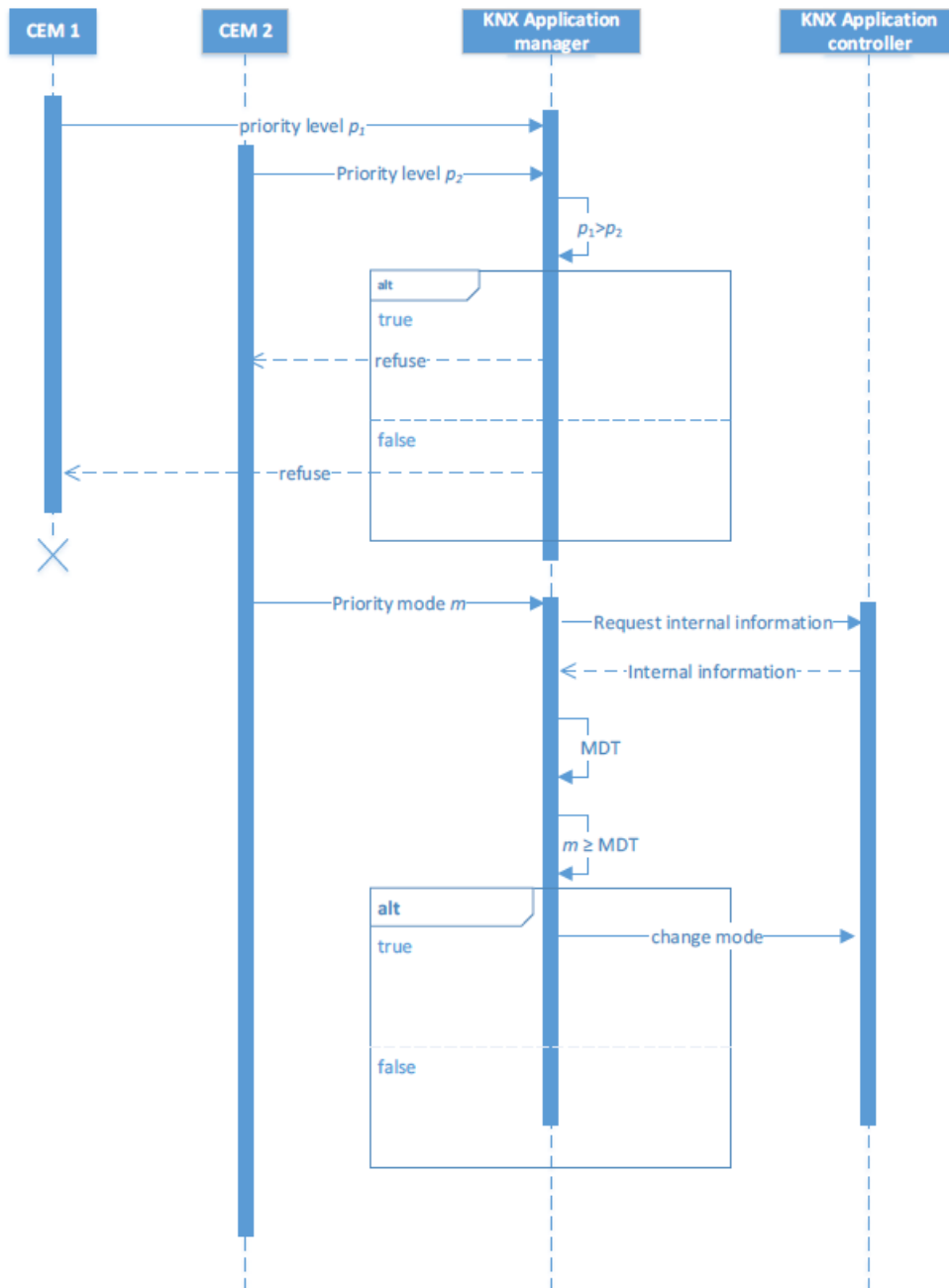
režim, dokud není dosaženo požadovaného režimu nebo minimálního povoleného režimu (MDT). Díky prioritnímu řízení režimu využívá CEM na jedné straně kapacitu akumulace tepla v místnosti, na druhé straně zajišťuje, aby správce aplikace zpracovával decentralizované okrajové podmínky a nepodnikal žádné kroky, které by tyto okrajové podmínky porušovaly. Vezměte prosím na vědomí, že odpověď správců aplikací KNX na prioritní režim není povinná. Prioritní řízení režimů nabízí doporučení pro chování zatížení.



Obr. 6: Příklad prioritního režimu řízení systému klimatizace



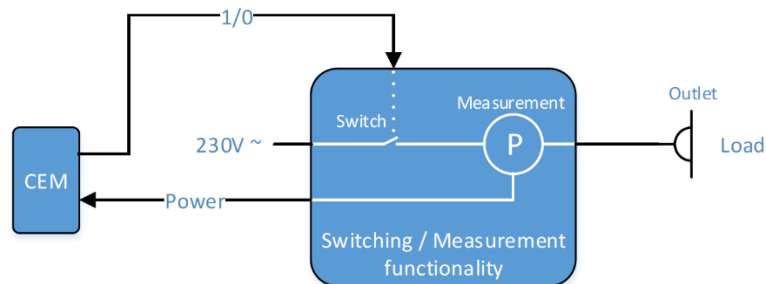
Obr. 7: Příklad: Různé režimy systému klimatizace



Obr. 8: Příklad použití: KNX režim založený na řízení zátěže, příklad pro CEM1s vyšší úrovní priority

### 4.3.2 Centralizované řízení zátěže

Centralizované řízení zátěže lze využít v aplikacích, které nemají správce aplikací nebo nepodporují řízení přednostního režimu. Typickým scénářem může být přepínací aplikace, např. elektrokolo (eBike) bude účtováno pouze v případě nadbytečné produkce fotovoltaického systému budovy. Přístroje KNX (např. energetický akční člen) jsou již na trhu a poskytují spínací i měřicí funkci v jednom přístroji. Obr. 9 ukazuje příklad centralizovaného řízení zátěže.



Obr. 9: Centralizované řízení pro spínací aplikace, např. zátěže připojené k zásuvce

#### Obecný případ použití: Centralizované řízení zátěže KNX

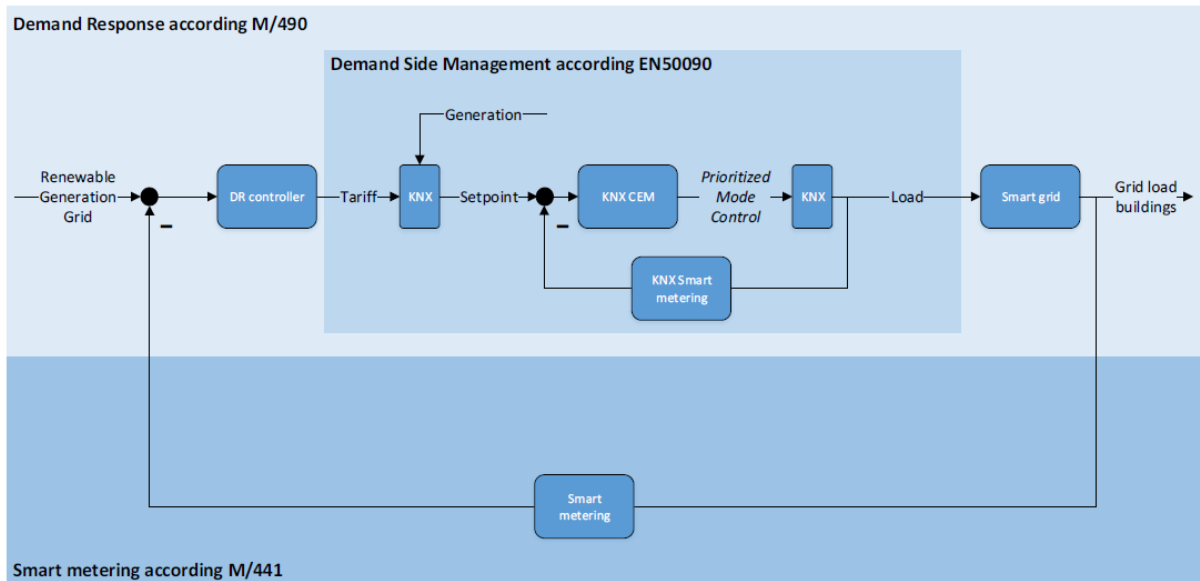
CEM řídí přímo aplikaci KNX a zapíná nebo vypíná zátěž v závislosti na tarifní události nebo jiné události.

### 4.3.3 Chytré měření

Ve smyslu M/441 se chytrým měřením rozumí měření kalibrovanými měřidly pro účtování spotřeby energie. „Inteligentní měřidla“ popisují nově vyvinutá měřidla spotřeby, která jsou schopna účtovat tarify TOU, RTP a další. Jako rozšíření obsahují tyto měřicí přístroje komunikační systémy pro přenos naměřených hodnot nebo fakturačních údajů do aktéra nebo utility chytré sítě. Ve smyslu EN50090 se chytré měření chápe jako přesné měření hodnot jakéhokoli druhu. Pro tento úkol se používají vlastní měřidla KNX. Ta nabízejí více stupňů volnosti, protože je lze použít i pro dílčí měření, např. v dílčích výkonových úsecích. Obr. 10 ukazuje chytrou síť a inteligentní budovu ve zjednodušeném pohledu jako kaskádové řízení a slouží k vysvětlení rozdílů mezi oběma druhy měření. Měřidla spotřeby představují z hlediska případů použití DR zpětnou vazbu pro kontrolér DR. Měřidla KNX představují zpětnovazební smyčku pro správu zátěže a tím pro řízení prioritního režimu. Proto mají oba druhy měření odlišné úkoly. Měřidla KNX lze tedy implementovat také do koncových přístrojů KNX, jakými jsou spínací akční členy.

#### Technická diskuse: Uzavřená regulační smyčka

Regulátor s uzavřenou smyčkou přizpůsobuje výstup (řídící proměnnou) svému vstupu (proměnná požadované hodnoty). V závislosti na použitém regulátoru může dojít k regulační odchylce nebo k překročení či podkročení. Kaskádový ovládací prvek obsahuje dva ovládací prvky. Vnitřní ovládání musí být rychlejší než vnější ovládání.



Obr. 10: Představení kaskádového řízení ve zjednodušeném pohledu na chytrou síť a inteligentní budovu

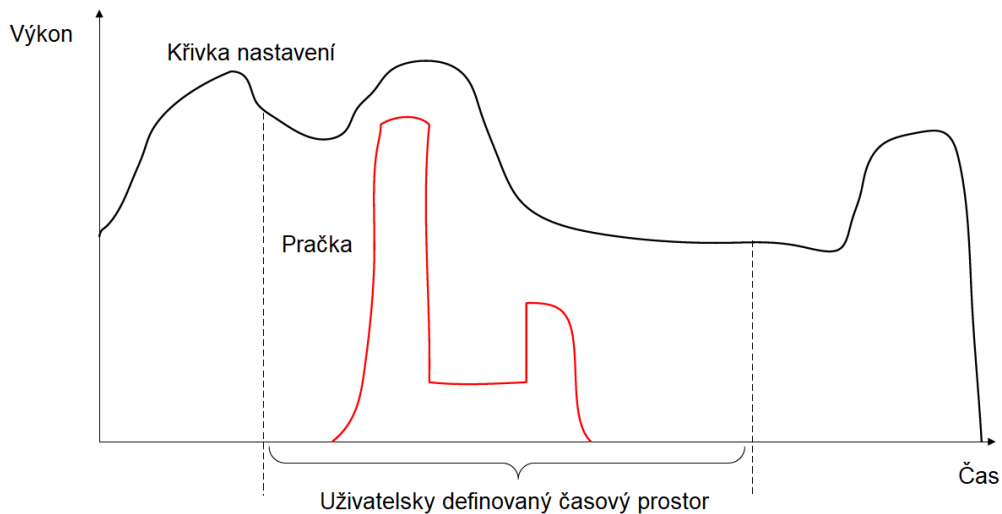
## 5 Algoritmy řízení zátěže a strategie řízení

Řízení zátěže je úspěšné, pouze pokud existují algoritmy nebo kontroléry, které implementují funkce CEM k přizpůsobení zátěží. KNX předpokládá tři možnosti:

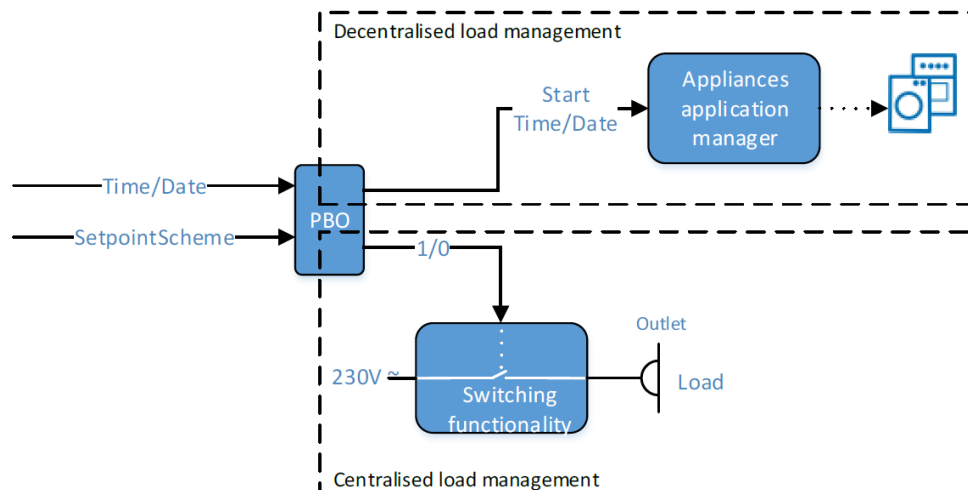
1. Optimalizace založená na předpokladu:  
Tuto metodu lze použít v případě, že zátěž vyžaduje pevnou dobu činnosti (např. spotřebiče) a že je zadána požadovaná hodnota pro delší časové období (např. křivka).
2. Optimalizace založená na reálném čase: Tuto metodu lze použít pro řízení s otevřenou smyčkou, pokud není poskytována zpětná vazba o skutečné spotřebě energie zátěže (regulace s otevřenou smyčkou).
3. Řízení v reálném čase: Tuto metodu lze použít pro úpravy zatížení v reálném čase, pokud je poskytnuta zpětná vazba o skutečné spotřebě energie (regulace v uzavřené smyčce).

### 5.1 Optimalizace založená na předpokladu [4]

Pro optimalizaci založenou na předpokladu musí být známy profily zatížení a křivka požadované hodnoty. Obr. 11 znázorňuje příklad pračky. Provoz pračky nesmí být přerušen. Proto musí pračka běžet přibližně 1 hodinu. Zátěžový profil není konstantní. Liší se v čase. Jako okrajovou podmínku pro optimalizaci může uživatel definovat časový úsek (časový prostor), během něhož musí pračka dokončit práci program. Vzhledem k tomu, že ne každé zatížení v budově je vhodné pro přizpůsobení zatížení, lze od křivky požadované hodnoty odečíst profil posunutého zatížení. Tento profil posunutí představuje předpověď všech zátěží, které nejsou vhodné pro správu zátěže, na kterých se tak nepodílejí. Výsledkem odečtu je nová křivka požadované hodnoty, kterou je nutné použít pro optimalizaci. To je potřebné, pokud bude použit FB Energy Manager. Z tohoto důvodu to nebude v tomto článku podrobně vysvětleno. KNX předpokládá pro optimalizaci založenou na funkčním bloku FB Predikce založená na optimalizaci (PBO). Tento FB lze použít pro více zátěží centralizovaně – stejně jako v decentralizovaném řízení zátěže, jak je znázorněno na obr. 12. Podrobné informace najdete ve specifikacích KNX.



Obr. 11: Optimalizace založená na předpokladu pro pračku



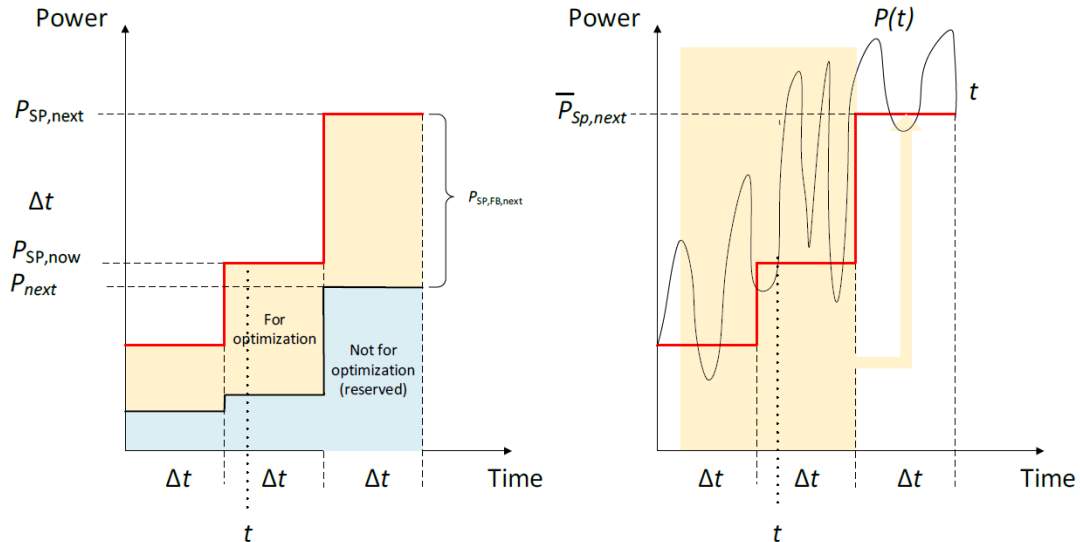
Obr. 12: Centralizované a decentralizované řízení zátěže s FB optimalizací založenou na předpokladu pro příklad s pračkou

## 5.2 Optimalizace založená na reálném čase [4]

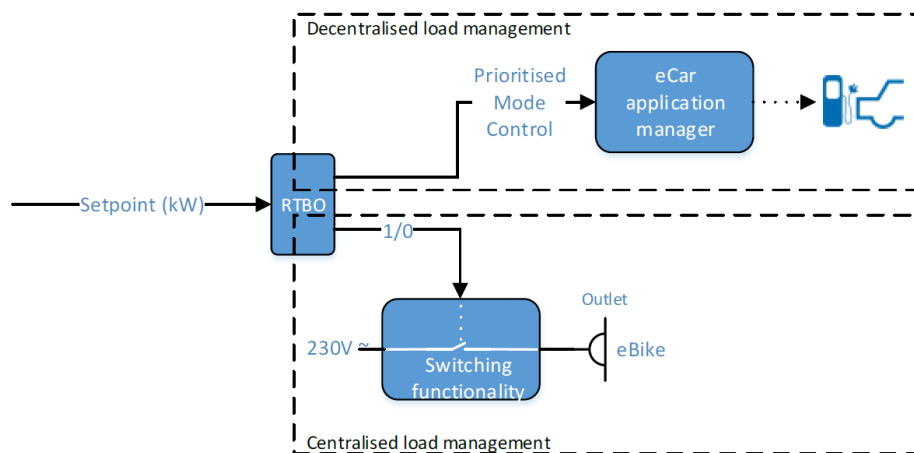
Optimalizaci založenou na reálném čase lze použít k přizpůsobení zatížení v reálném čase a je vhodná zejména pro zátěže, které lze přerušit nebo nastavit jim různé režimy, a tak podporují přednostní řízení režimu. Jelikož se jedná o optimalizaci, lze realizovat řízení s otevřenou smyčkou a zpětná vazba se skutečnou spotřebou energie zátěže není nutná. V tomto případě musí být známá spotřeba v různých režimech. Pokud je k dispozici zpětnovazební smyčka řízení spotřeby energie, lze tuto optimalizaci použít jako „pseudokontrolér“. V tomto případě požadovaná hodnota pro optimalizaci pochází z rozdílu původní požadované hodnoty a aktuálního celkového zatížení. Optimalizuje se na krátkou dobu  $\Delta t$ , aby bylo možné přizpůsobit zatížení v reálném čase. FB musí interně vypočítat aktuální celkové zatížení zúčastněných zátěží (prostřednictvím uložených hodnot zatížení a v závislosti na jejich spuštěných zátěžích nebo režimech). Tato vypočítaná hodnota zatížení ( $P_{load,next}$ ) musí být odečtena od původní následující požadované hodnoty a výsledkem bude nová další požadovaná hodnota pro další  $\Delta t$ . Optimalizace zvládne i kolísající požadované hodnoty, přicházející např. z fotovoltaických systémů. Algoritmus může vypočítat nové požadované hodnoty (platné pro  $\Delta t$ ) na základě dynamických

průměrných hodnot z dřívějšího (viz obr. 13 vpravo). Toto je volitelná funkce, kterou není nutné používat.

KNX pro optimalizaci založenou na reálném čase předpokládá funkční blok FB Real Time Based Optimization (RTBO). Tento FB lze použít pro více zátěží pro centralizované řízení zátěže i pro decentralizované řízení zátěže, jak je znázorněno na obr. 14. Podrobné informace jsou ve specifikacích KNX.



Obr. 13: Optimalizace pro malé časové periody  $\Delta t$  (vlevo), nastavení vytvoření pro následující  $\Delta t$  založené na následujících dynamických středních hodnotách pro produkci fotovoltaiky (vpravo)



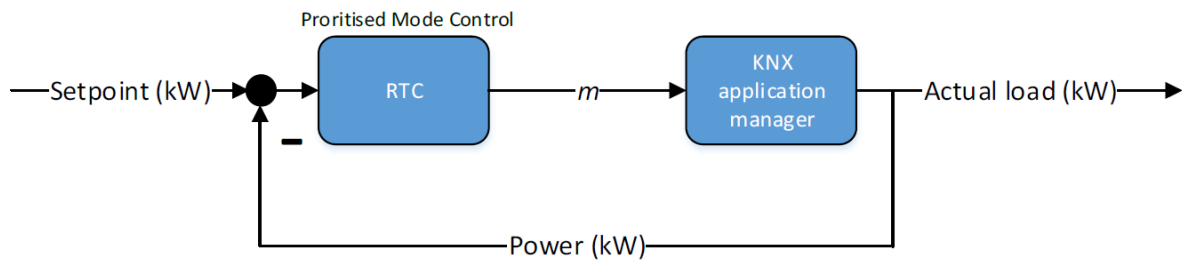
Obr. 14: Centralizované a decentralizované řízení zatížení s FB Real Time Control: elektromobil s různými režimy nabíjení (G2V) a jednoduchým nabíjením elektrokola ze zásuvky

### 5.3 Optimalizace v reálném čase [4]

Řízení v reálném čase představuje regulaci s uzavřenou smyčkou, kde se jako ovládací hodnota využívá DPT Priotised\_Mode\_Control (režim m). Regulátor mění řídicí hodnotu, dokud nedosáhne minimální regulační odchylky. Regulátor sleduje režim mezních hodnot (MDT) správce aplikací jako omezení akční hodnoty. Díky tomu bude regulační odchylka co nejvíce minimalizována, i když nebude nulová. Pro řízení v reálném čase je nutné pracovat se zpětnou vazbou udávající skutečnou spotřebu zátěže. To

může zajistit KNX chytré měření, jestliže příslušný správce aplikací KNX tyto informace sám neposkytuje.

Pro řízení v reálném čase KNX předpokládá funkční blok FB Real Time Control (RTC). Tento FB lze využít pro decentralizovanou správu zatížení. Podrobnější informace jsou ve specifikacích KNX. Na obr. 15 je znázorněno schéma ovládání, obdobně jako podle obr. 10. Příkladem ovládání v reálném čase může být řízení klimatizačního systému, jak již bylo vysvětleno na obr. 6.

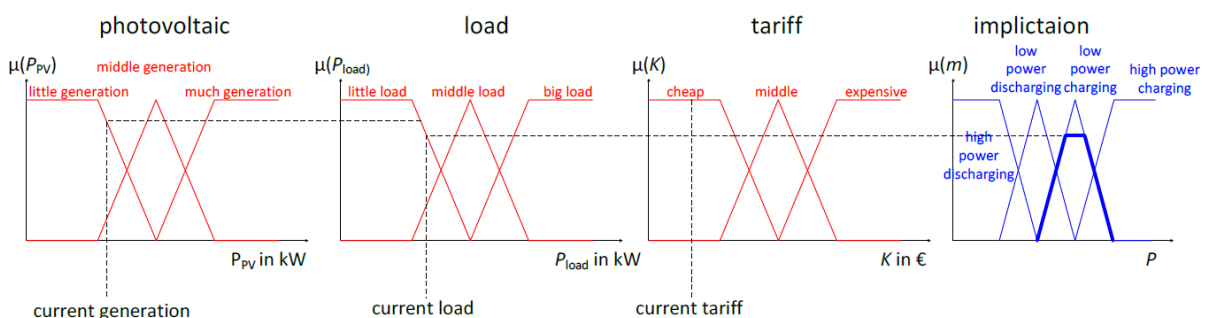


Obr. 15: Uzavřená regulační smyčka v kontextu prioritního řídicího režimu

## 5.4 Nahromadění různých řízení a optimalizací

Pro nahromadění různých kontrolérů nebo optimalizací je nutné paralelně provozovat různé kontroléry nebo optimalizace. V tomto případě je potřebné vytvořit různé požadované hodnoty v závislosti na aktuální výrobě energie v budově, aktuálním zatížení budovy a také na víceúrovňovém tarifu elektřiny. Fuzzy logiku lze použít k vytvoření těchto požadovaných hodnot na základě pravidel. Obr. 16 ukazuje jako příklad (pro jedno pravidlo) nabíjení elektromobilu prostřednictvím takového fuzzy řízení. Výsledkem je požadovaná hodnota v kW.

**POKUD PV produkce = nízká AND zátěž = nízká AND tarif = levný POTOM nabíjení elektromobilu s nízkou spotřebou**

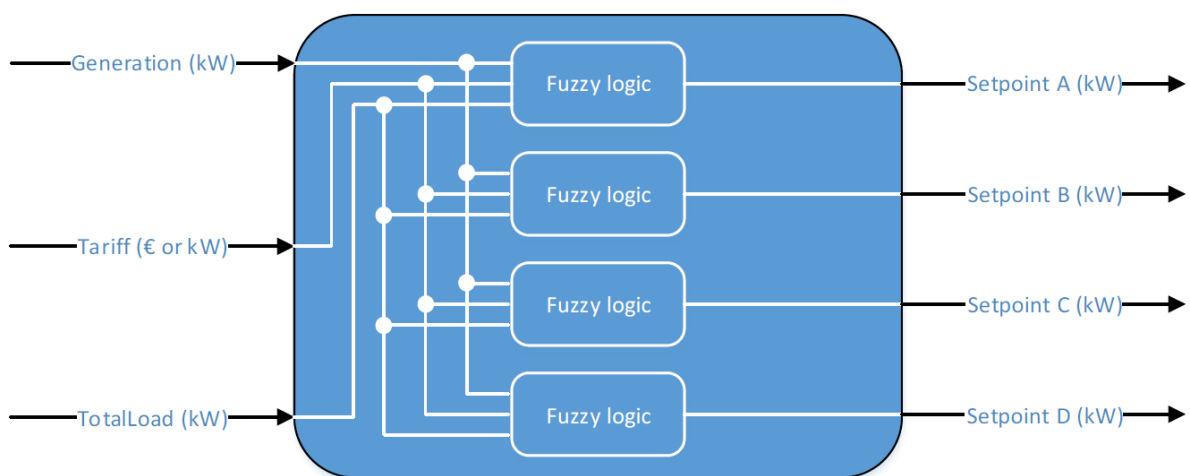


Obr. 16: Fuzzy řízení produkce, zátěže a tarifů v příkladu nabíjení elektromobilu

V KNX zajišťuje koordinaci FB Energy Manager (EM). Obr. 17 ukazuje FB včetně fuzzy logického schématu. Tento FB používá existující DPT. Vstup tarifu může přímo pocházet buď z výstupu požadované hodnoty tarifu FB Tariff Handler, nebo z tarifních DP ze serveru FB Electricity Tariff Server. Tento FB je třeba konfigurovat pomocí parametrů v závislosti na použitých aplikacích (např. HVAC, osvětlení atd.)

### Technická diskuse: Fuzzy logika

Fuzzy logika představuje metodu pro vývoj řízení v automatizační technice. Fuzzy logika umožňuje zpracovat představu o lidském chování nebo kauzálních znalostech člověka matematickými prostředky a napodobit to na počítači nebo v ovládacím prvku. Fuzzy logiku lze použít pro kontroléry s otevřenou i uzavřenou smyčkou.

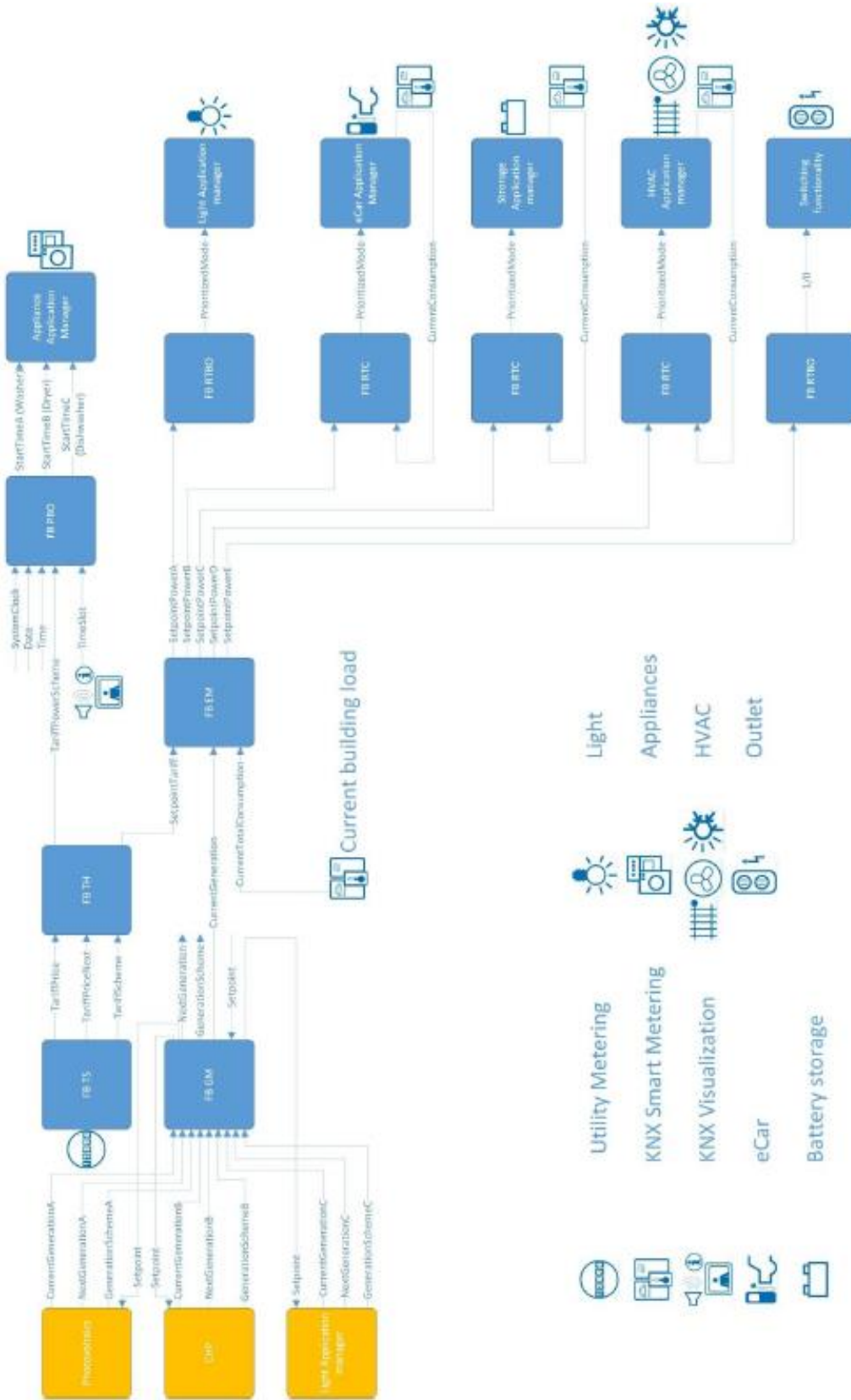


Obr. 17: Energetické řízení založené na Fuzzy řízení při vytváření nastavení

## 6 Poskytování flexibility

Všechny případy použití popsané v oddíle 7 lze kombinovat a implementovat do celkového mechanismu, který poskytuje flexibilitu ve smyslu M/490. K tomu lze použít obecné příklady použití „decentralizované řízení zátěže KNX“ a „centralizované řízení zátěže KNX“. Obr. 18 ukazuje celkové schéma zajišťující flexibilitu.





Obr. 18: Celkové schéma řízení na straně poptávky KNX

## 7 Příklady použití

V následující části jsou uvedeny některé příklady použití (na základě obecných příkladů použití, popsanych v tomto dokumentu a na základě obr. 18). Obecné příklady použití poskytují nápovědu ke zvýšení nebo snížení zatížení budovy, což zase pomáhá obsluhým programům

- ▣ spotřebování přebytku z obnovitelných zdrojů v síti (zvyšování zátěže KNX),
- ▣ vyrovnání se s nedostatkem produkce obnovitelné energie v síti (snížení zátěže KNX),
- ▣ vyvarování se přetížení transformátoru kvůli vysokému počtu zátěží, např. současné nabíjení elektromobilů (KNX Demand Side Management) a
- ▣ odlehčení zátěže.

Zákazníci těží z úspor nákladů díky optimálnímu využití tarifní cenové hladiny přes KNX.

### 7.1 Použití v budově

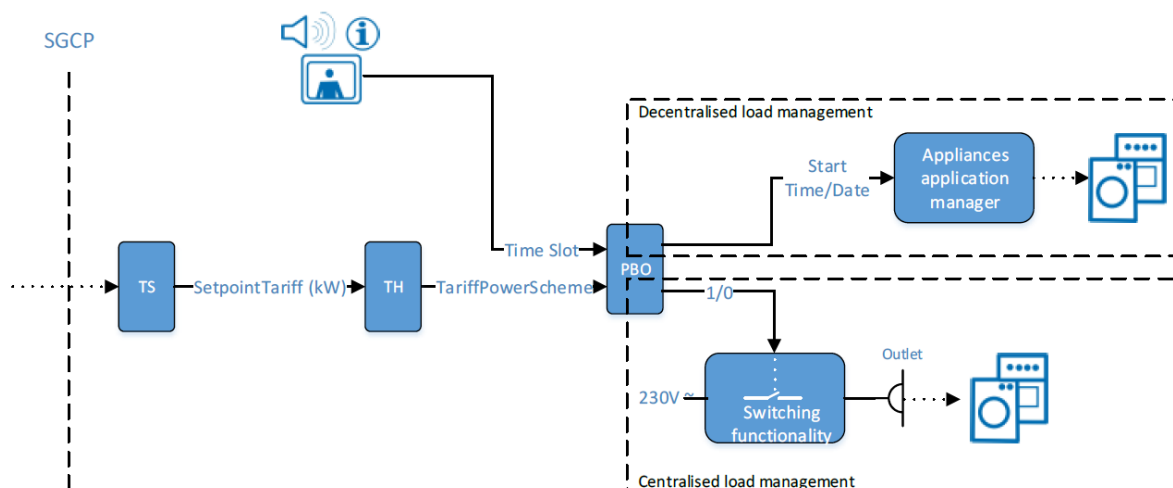
V následujícím jsou uvedeny obecné příklady použití. To vše lze navzájem kombinovat pro implementaci celkové KNX Demand Side Management, jak je znázorněno na obr. 18.

#### 7.1.1 Nastavení zatížení spotřebiči podle změn tarifů

##### Uživatelský příklad: Nastavení zatížení spotřebiči podle změn tarifů

Zákazník obdrží od svého dodavatele tarif TOU a chce spustit své přístroje následující den mezi např. 11: 00h a 15: 00h (okrajová podmínka) v nejlevnější tarifní době pro úsporu nákladů na energii. Úrovně tarifu TOU jsou známy.

Tento příklad použití lze implementovat pomocí FB Predikce založené na optimalizaci (PBO). Uživatel definuje časové intervaly pro provoz zařízení, např. z vizualizace KNX. FB Predikce založená na optimalizaci upravuje zatížení spotřebičů a určuje nejlepší počáteční časy pro následující den v závislosti na tarifech a daných okrajových podmínkách. Spotřebiče lze spouštět správcem aplikací spotřebičů, který může přijímat buď čas spuštění, nebo přímý spínací signál z KNX.



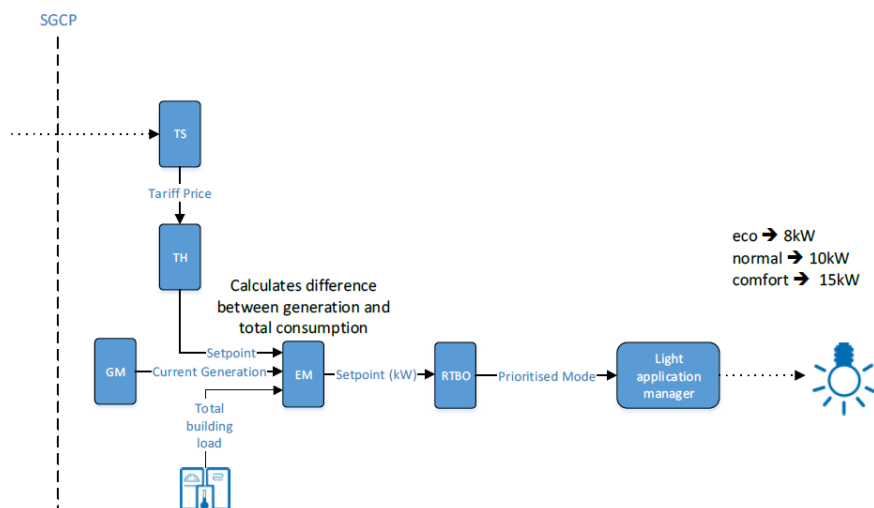
Obr. 19: Přizpůsobení zatížení spotřebiči k tarifu TOU pomocí FB Predikce založené na optimalizaci pro decentralizovanou nebo centralizovanou správu zatížení

## 7.1.2 Vazby zatížení v komerčních budovách na světelné scény

### Uživatelský příklad: Vazby zatížení v komerčních budovách na světelné scény

Snížení úrovně osvětlení může ušetřit spoustu energie. V komerční budově budou světelné scény řízeny v závislosti na RTP tarifu a vlastní fotovoltaické výrobě. Aby to zákazník zajistil, definoval světelné scény, např. eko, normální, komfort. Světelná scéna eko musí být např. zvolena pouze v případě, že cena za elektřinu je vysoká a pokud nedochází k produkci fotovoltaické energie. Komfortní světelné scény se zvolí, když je tarif nízký a v případě dostatečné výroby přebytkové energie. Ve všech ostatních případech musí být nastavena normální světelná scéna.

Tento případ použití lze realizovat využitím FB Electricity Tariff Server, FB Tariff Handler, FB Generation Manager, FB Energy Manager a FB Real Time Based Optimization. V tomto případě lze použít optimalizaci založenou na reálném čase, protože spotřebu různých světelných scén lze měřit jednou a nezmění se. Měření světelného výkonu tedy není nutné. Samozřejmě lze místo FB Real Time Based Optimization použít také FB Real Time Control, pokud se účinně měří světelný výkon.



Obr. 20: Vazby zatížení přes světelné scény

## 7.1.3 Úprava regulační odchylky pocházející z optimalizace podle předpokladu

### Příklad použití: Řízení regulační odchylky vycházející z optimalizace založené na předpokladu

Efektivita optimalizací založených na předpokladu závisí na přesnosti jejich předpovědních křivek požadovaných hodnot. Pokud např. zatížení jsou naplánována na další den do předpovědního generačního profilu obnovitelného generátoru (např. fotovoltaika), pak dojde k regulační odchylce, pokud skutečná produkce neodpovídá předpovědi. Tuto regulační odchylku lze regulovat optimalizací založenou na předpokladech v reálném čase nebo regulací v reálném čase.

Implementace optimalizace založené na reálném čase podle obr. 20 automaticky upravuje regulační odchylku. Účinnost závisí na zátěžích, které se účastní optimalizace založené na reálném čase nebo řízení v reálném čase. V případě ukládání energie nebo elektromobilů vykazuje tato regulace nejlepší výsledky.

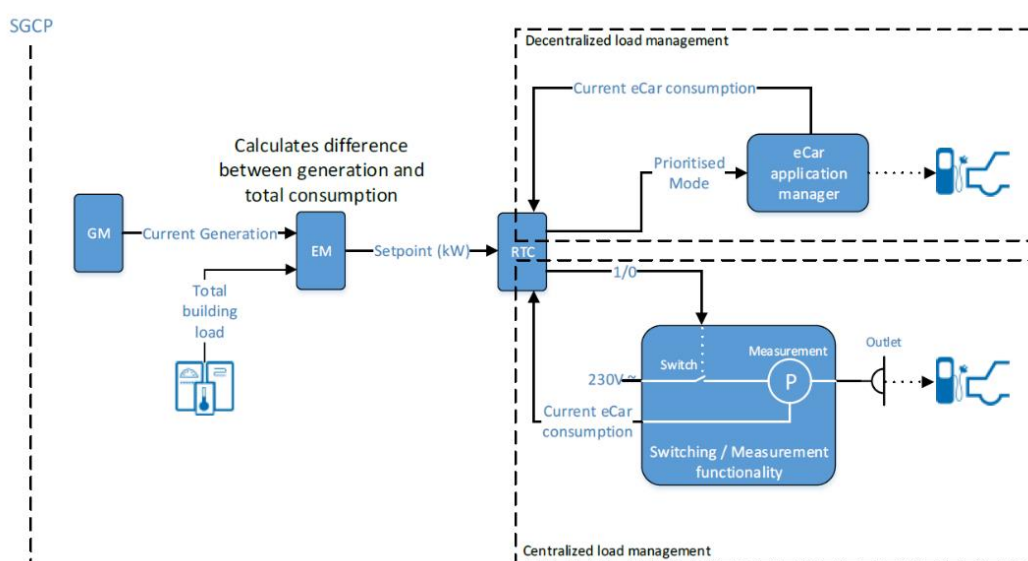
## 7.2 Použití pro mobilitu

### 7.2.1 Nabíjení elektromobilu nadbytečnou energií z fotovoltaických zdrojů (G2V)

#### Příklad použití: Nabíjení elektromobilu nadbytečnou energií z fotovoltaiky (G2V)

Zákazník chce svůj elektromobil nabíjet převážně přebytečnou energií z vlastního fotovoltaického systému. Elektromobil umožňuje různé režimy nabíjení (např. 3 A, 6 A, 16 A).

Tento příklad použití lze implementovat s FB Energy Manager a FB Real Time Control. Energetický manažer vypočítá požadovanou hodnotu odečtením celkové spotřeby od produkce. V případě decentralizovaného řízení zatížení přizpůsobuje řízení v reálném čase zátěž elektromobilu (požadováním různých režimů) na požadovanou hodnotu co nejlépe. V případě centralizovaného řízení zátěže lze nabíjecí zásuvku elektromobilu pouze zapnout nebo vypnout.



Obr. 21: Nabíjení elektromobilu přebytečnou fotovoltaickou energií pro decentralizované a centralizované řízení zátěže

### 7.2.2 Nabíjení elektrokol nadbytečnou energií z fotovoltaických zdrojů

#### Příklad použití: Nabíjení elektrokola

Zákazník chce svoje elektrokolo nabíjet převážně nadbytečnou energií z vlastního fotovoltaického systému. Elektrokola se vždy nabíjejí po připojení do běžných zásuvek.

Tento příklad použití lze zpracovat stejným způsobem, jaký je popsán v 7.2.1

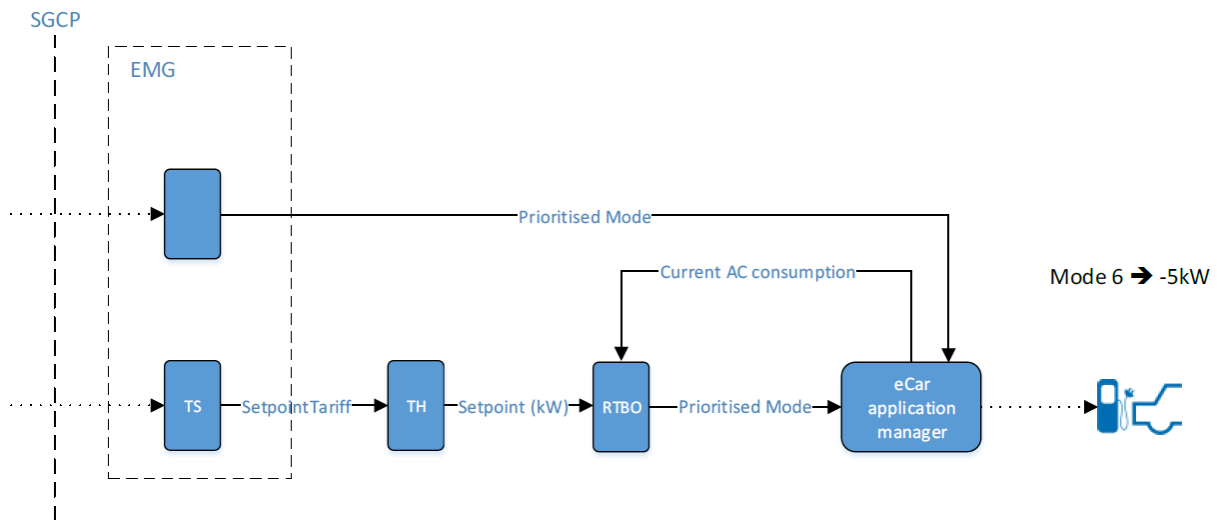
### 7.2.3 Vozidlo v rozvodné síti (V2G)

#### Příklad použití: Vozidlo v rozvodné síti (V2G)

V případě požadavku na odezvu potřeby dodávky energie zpět do sítě lze k tomu použít baterii elektromobilu. Vybíjení baterie by mělo být zahájeno, pokud bude tarifní úroveň vysoká nebo v závislosti na externím signálu z veřejné sítě.

Tento případ použití lze implementovat s FB Electricity Tariff Server, FB Tariff Handler a FB Real Time Based Optimization. Pro režim vybíjení lze použít FB Real Time Based Optimization, je známý a lze o

něj přímo požádat. Obr. 22 ukazuje implementaci s přímým řízením zatížení z Chytré sítě za bodem připojení Smart Grid. Pokud jsou použity dva vstupy pro ovládání prioritního režimu, bude úspěšný ten s vyšší úrovní priority.



Obr. 22: Vozidlo v rozvodné síti (V2G)

#### 7.2.4 Nepřipustit přetížení transformátorů kvůli nadměrnému nabíjení vozidel

##### **Příklad použití: Nepřipustit přetížení transformátorů kvůli nadměrnému nabíjení vozidel**

Vysoký počet současně nabíjených elektromobilů může vést k přetížení transformátoru v energetické síti. Vlastní RTP tarif pro elektromobily může signalizovat, že hrozí přetížení transformátoru. S řízením v reálném čase lze snížit nabíjecí zátěž, aby se zabránilo takovému přetížení transformátoru.

Tento příklad použití lze implementovat jako na obr. 22 s jedinou výjimkou, že správce aplikací elektromobilu musí poskytovat různé režimy nabíjení s různými nabíjecími proudy.

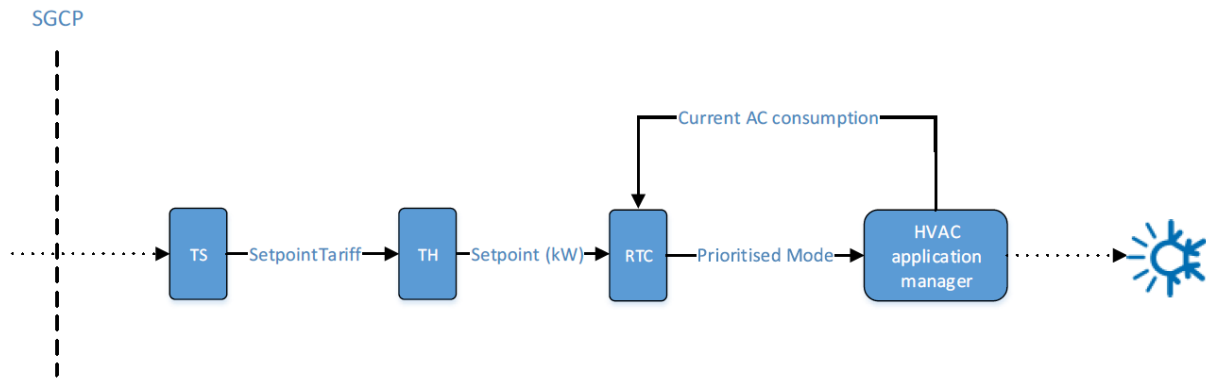
### 7.3 Použití v infrastruktuře

#### 7.3.1 Požadavky na řízení klimatizačních systémů

##### **Příklad použití: Požadavky na řízení klimatizačního systému**

V metropolitních městech jsou za velkou část spotřeby energie odpovědné klimatizační systémy. Prostřednictvím Demand Response (tarif RTP) chce obslužný program ovládat klimatizační systém zákazníka, aby byl schopen krátce snížit zatížení v době přetížení rozvodné sítě.

Nástroj přenáší RTP tarif, který je vyhodnocován přes FB Tariff Server a FB Tariff Handler. Požadovaná hodnota výsledku se používá (Prioritized Mode Control) pro vyžádání různých režimů klimatizace pomocí FB Real Time Control. Správci aplikací HVAC se řídí požadavkem v závislosti na teplotě v místnosti.



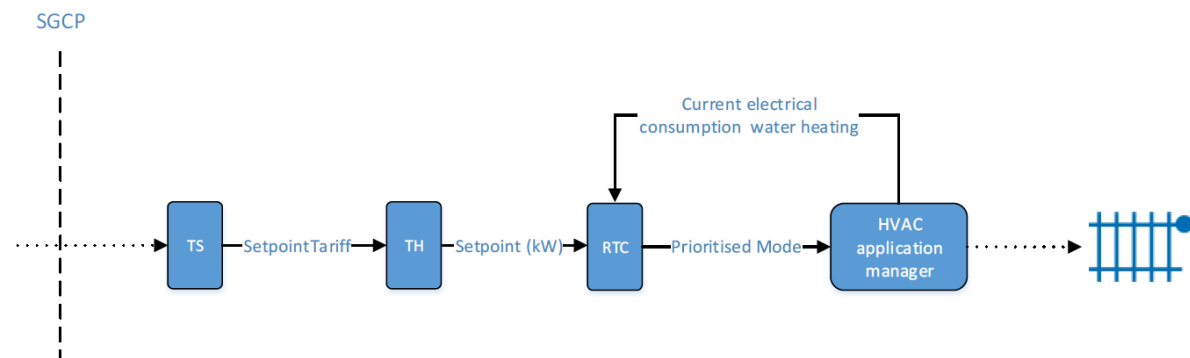
Obr. 23: Správa poptávky klimatizačního systému v závislosti na RTP tarifu

### 7.3.2 Ohřev vody v závislosti na energii z obnovitelných zdrojů v rozvodné síti

#### Příklad použití: Ohřev vody v závislosti na energii z obnovitelných zdrojů v rozvodné síti

Samostatné elektrické topné těleso v nádrži na teplou vodu musí být řízeno v závislosti na výrobě obnovitelné energie v energetické síti (tarif RTP). Přitom se elektrická energie přeměňuje na tepelnou a ukládá se.

Tento příklad použití lze implementovat s FB Tariff Server, FB Tariff Handler, FB Real Time Control využitím prioritního režimu řízení. Hodnota MDT, kterou používá správce aplikací HVAC, zajišťuje přizpůsobení procesu ohřevu v závislosti na dostupné teplotě vody.



Obr. 24 ovládání samostatného elektrického boileru na teplou vodu v závislosti na RTP tarifu

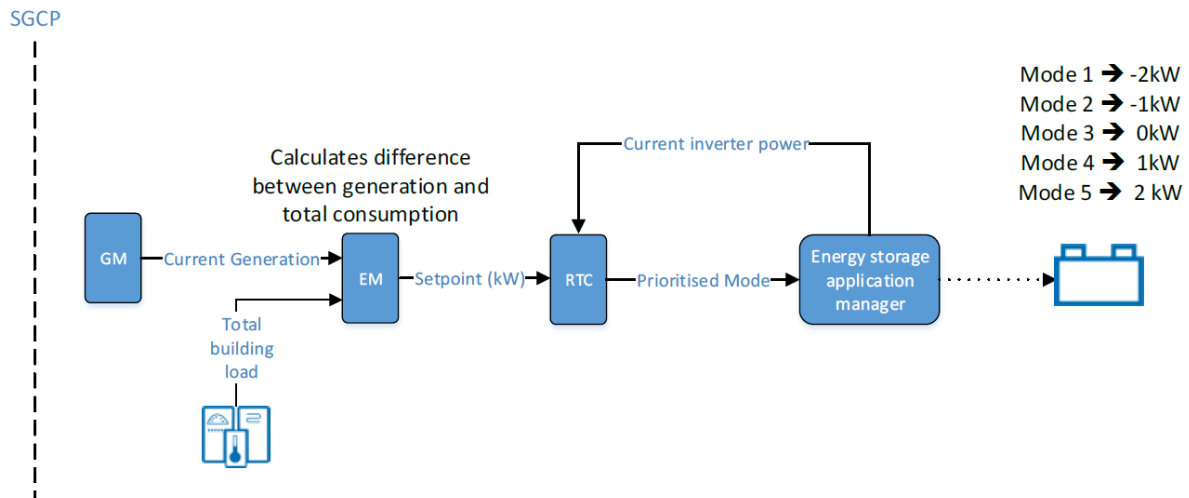
## 7.4 Použití pro produkci energie

### 7.4.1 Zálohování energie produkované fotovoltaickým systémem jejím ukládáním

#### Příklad použití: Zálohování energie produkované fotovoltaickým systémem jejím ukládáním

V době generování nadbytku se přebytečná energie ukládá do úložiště energie. V dobách bez generování nadbytku lze energii zpětně vracet.

Tento příklad použití lze implementovat s FB Generation Manager, FB Energy Manager a FB Real Time Control. Ukládání energie musí poskytovat režimy pro nabíjení (kladné znaménko) a vybíjení (záporné znaménko). Řízení v reálném čase automaticky poskytuje nejlepší režim a upraví nejlepší režim nabíjení a vybíjení.



Obr. 25: Vyrovnávací paměť generování fotovoltaického systému s akumulací energie

#### 7.4.2 Vyhnutí se snížení produkce v budově v případě problémů napětí v síti

##### **Příklad použití: Vyhnutí se snížení produkce v budově v případě problémů napětí v síti**

Nadměrné množství obnovitelné energie (např. z fotovoltaických systémů na budovách) může vést ke zvýšení síťového napětí. Některé nástroje proto vyžadují možnost snížit produkci. Stejného čistého efektu lze dosáhnout zvýšením zatížení v budově namísto snížení produkce.

Tento příklad použití lze implementovat se všemi ostatními příklady použití, které vedou ke zvýšení zatížení.

## 8 Literatura

- [1] CEN CENELEC ETSI, Final report of the CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group on Standards for Smart Grids.
- [2] CEN CENELEC ETSI, CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group - Sustainable Processes, 2012.
- [3] DKE, Normungsroadmap E-Energy / Smart Grids 2.0, 2012.
- [4] L. Steiner, Lastmanagement in Gebäuden als Beitrag zur Reduktion der Auswirkung der Volatilität erneuerbarer Energien (Entwurfsversion), Darmstadt.