

ZMYSEL A VYUŽITELNOSŤ DÁT, KTORÉ VIEME ZÍSKAVAŤ Z PROSTREDIA MIKROGRIDU AKO PODKLAD PRE JEHO OPTIMÁLNE FUNGOVANIE Z TECHNICKÉHO A EKONOMICKÉHO HĽADISKA

Ján Beňadik, János Kurcz

ATOS IT SOLUTIONS AND SERVICES, s.r.o.

ÚSTAV MATERIÁLOV A MECHANIKY STROJOV SAV, v.v.i.

E-mail: jan.benadik@atos.net, janos.kurcz@savba.sk

Abstrakt

Decentralizovaná energetická sústava bude úspešná len vtedy, ak využije technický potenciál generovať elektrickú energiu, uskladňovať ju, pokrývať časť jej spotreby, optimalizovať čas spotreby s ohľadom na podmienky jej výroby, ak jej technické parametre (a samozrejme aj legislatíva) umožnia pripojenie týchto zdrojov do energetickej siete danej krajiny, a súčasne bude prínosom pre producentov energie aj jej spotrebiteľov, Technická časť riešenia, nech bude akokoľvek prepracovaná, sa nezaobíde bez poznania vlastných dát, prístupu k relevantným externým dátam, schopnosti ich spracovať/využiť pre optimalizáciu svojho chodu a tým dosiahnuť svoje stanovené ciele.

Kľúčové slová: mikrogrid; technologická platforma; Powered by FIWARE; digitálne dvojča; Smart energy; umelá inteligencia; FVE

1. Úvod

Ak sme si ešte prednedávnom mohli povedať, že prvotným impulzom pre rozvoj obnoviteľných zdrojov energie a ich spájanie do väčších celkov bola ekológia a prínos v boji proti klimatickej zmene, kým ekonomický aspekt bol viac vecou politiky než ekonómie, vo svetle aktuálnych pohybov cien energií a energetických komodít sa pohľad na ekonomický prínos dostáva výraznejšie do popredia. Ak hovoríme o spájaní do väčších celkov, hovoríme o takzvaných gridoch, respektíve v menšom meradle o mikrogridoch, či ešte menších nanogridoch, pričom rozlišujúcim prvkom je veľkosť uvažovaného geografického priestoru.

Mikrogrid zahŕňa komponenty výroby/generovania, skladovania, riadenia distribúcie a spotreby energie v konkrétnom geograficky obmedzenom priestore – typicky širší komplex budov, obec, nižší územný celok.

Nanogrid obdobne, ale v tomto prípade uvažujeme o menšej geografickej jednotke, typicky jedna budova/menší komplex budov.

Komunitný mikrogrid (ako špeciálna forma gridu) zvyčajne slúži komplexu funkčne prepojených zariadení v geografickej jednotke a často s vládou podporovaným financovaním. Jeho primárnym účelom je zabezpečiť napríklad napájanie služieb, bez ktorých ľudia nemôžu žiť dlhší čas. Môžu sem patriť nemocnice, policajné a hasičské stanice, prístrešky, obchody s potravinami, čerpacie stanice, zariadenia na úpravu odpadu a vody a komunikačná infraštruktúra.

Veľkosť mikrogridov sa môže značne líšiť. Mikrogrid môže generovať dostatok energie pre niekoľko domácností alebo celú komunitu. Môže začínať v malom a neskôr sa k nemu pridávajú ďalšie zdroje. Mikrogrid sa môže do veľkej miery prispôbiť potrebám hostiteľa, čo je najčastejšie najnižšia možná cena energie/najvyššia účinnosť systému v danom momente, či slúžiť ako forma záložnej elektriny - keď dôjde k výpadku primárneho zdroja energie (typicky štandardná rozvodná sieť), môže prejsť do tzv. ostrovného módu, odpojiť sa od siete a využiť svoje vlastné zdroje na zabezpečenie dodávky elektriny k spotrebiteľom/spotrebiteľom. (Ale cieľom môže byť ešte stále napríklad aj zníženie emisií.)

Vnútorne zdroje mikrogridu sa môžu tiež veľmi líšiť. Niektoré zahŕňajú iba zdroje obnoviteľnej energie; iné môžu obsahovať aj tradičné palivové generátory. Medzi najbežnejšie obnoviteľné zdroje patria solárne panely, v našich podmienkach už menej často veterné turbíny, bioplynové kogeneračné jednotky a niekedy dokonca aj malé vodné elektrárne, či elektrické vozidlá a palivové články na báze vodíka. Mikrogridy čoraz častejšie zahŕňajú aj prostriedky na skladovanie energie. A okrem výrobných zdrojov musí mikrogrid obsahovať aj infraštruktúru, ako sú drôty, káble, prepínače, potrubia a transformátory na distribúciu energie od zdroja k spotrebiteľovi. Digitálne senzory a akčné členy dopĺňajú systém o schopnosti zhromažďovania a zdieľania údajov, ako aj schopnosťami odozvy a správy v reálnom čase. A sme pri dátach - alfa a omega prevádzky akéhokoľvek energetického zdroja.

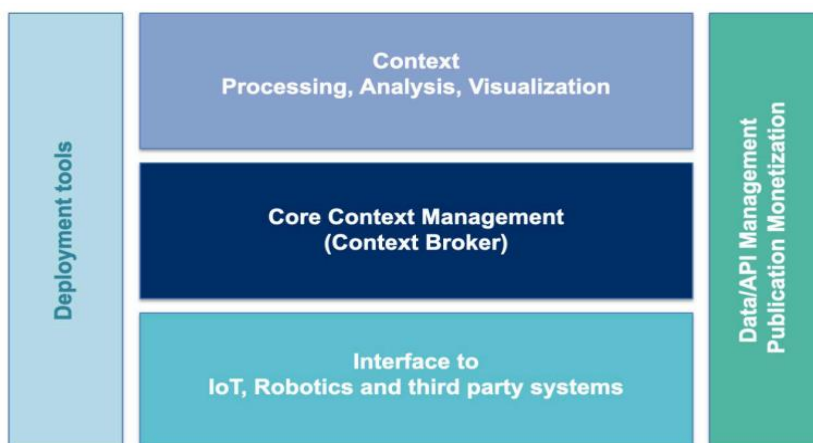
Ak hovoríme o spájaní do gridov (a je jedno akého typu), vždy je to v prvom rade o stanovených cieľoch, z nich vyplývajúceho „nejakého“ riadenia/optimalizácie aktuálneho stavu a prognóze (výroby/spotreby) budúceho stavu. K tomu sa môžu naviazať aj ďalšie funkcionality, ale toto je prevádzka základ. A znovu sme pri dátach. Dátach, ktoré musím niekde zmerať, niekam poslať, niekde spracovať, niekde vyhodnotiť (niekde uložiť pre budúce využitie) a v konečnom dôsledku použiť vo svoj prospech za účelom dosiahnutia svojich cieľov. A aby som mnou namerané dáta vedel niekam poslať, musím mať zároveň istotu, že cieľová stanica im bude rozumieť – čiže musím mať známy a navzájom dohodnutý komunikačný protokol.

Dá sa to všetko manuálne?

Dá, len to dlhšie trvá ...

Na uľahčenie riadenia celého životného cyklu dát preto slúžia takzvané platformy, ktoré obsahujú všetky potrebné komponenty. Líšia sa konkrétnym zameraním, variabilitou, rozsahom funkcionalít a technologickým základom. Jedným z takých základov je napríklad FIWARE.

2. FIWARE



Obr. 1: Fiware katalóg [1]

FIWARE [1] bol vytvorený s cieľom vytvoriť otvorený ekosystém s využitím otvorených a implementáciou riadených štandardov softvérových platforiem, ktoré uľahčujú vývoj inteligentných riešení a podporujú organizácie pri ich prechode na „SMART“ organizácie. Z technického hľadiska FIWARE prináša framework

Open Source softvérových komponentov, ktoré zostavené dohromady a kombinované s inými komponentmi tretích strán vytvárajú platformu pre vývoj inteligentných riešení a inteligentných organizácií vo viacerých aplikačných oblastiach: mestá, výroba, verejné služby, agropotravinárstvo atď. Od vytvorenia nadácie FIWARE na konci roku 2016 sa vytvorila živá celosvetová FIWARE komunita, ktorá zahŕňa viac ako 90 členských organizácií vrátane veľkých korporácií, poskytovateľov služieb, technologických centier a univerzít a stoviek individuálnych členov.

Na tomto technologickom základe vznikajú platformy „Powered by FIWARE“ v rôznych „SMART“ doménach:

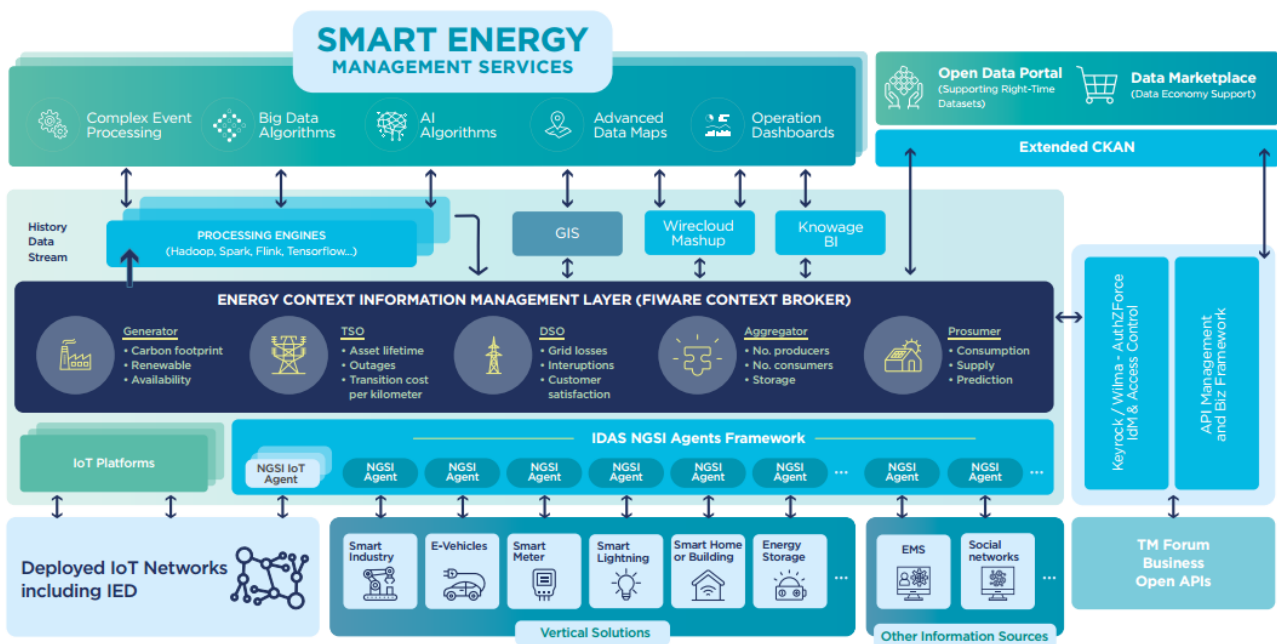
- SMART CITIES
- SMART ENVIRONMENT
- SMART AGRIFOOD
- SMART SENSORING
- SMART ROBOTICS
- SMART WATER
- SMART AERONAUTICS
- SMART HEALTH
- SMART ENERGY
- SMART DESTINATION
- SMART MANUFACTURING

2.1. FIWARE a digitálne dvojča, Smart Data Models

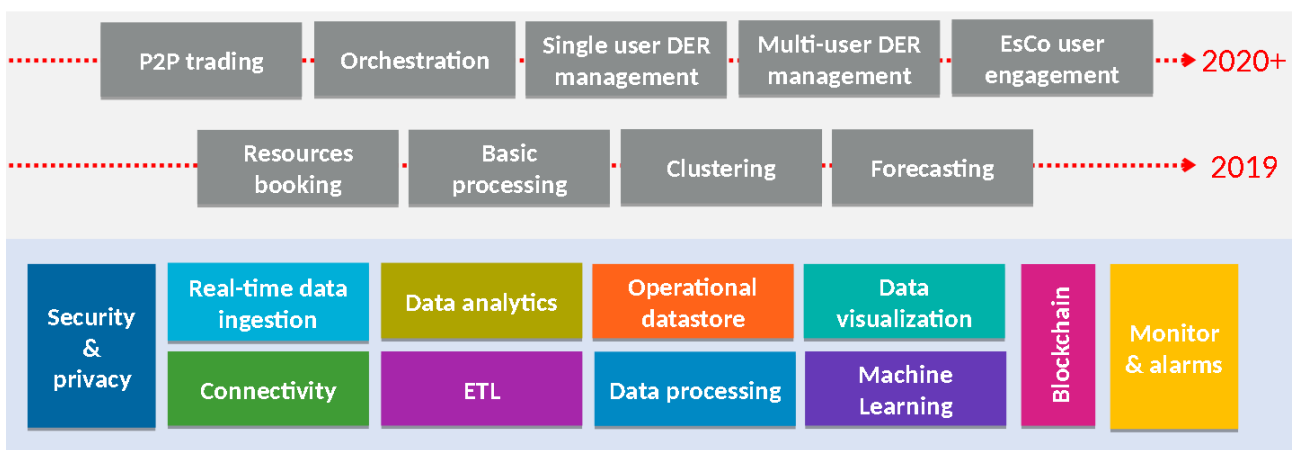
Každá softvérová „Powered by FIWARE“ architektúra je založená na reprezentácii údajov digitálneho dvojčaťa reálneho sveta. Vo FIWARE je digitálne dvojča entita, ktorá digitálne predstavuje skutočnú fyzickú entitu. Každé digitálne dvojča je univerzálne identifikované pomocou URI (Universal Resource Identifier), patrí k určitému typu (napr. typ teplota, typ napätie), ktorý je tiež univerzálne identifikovaný pomocou svojho URI a je charakterizované niekoľkými atribútmi, ktoré sú zase klasifikované ako:

- vlastnosti uchovávajúce údaje (napr. „aktuálne napätie“, alebo „maximálna teplota“)
- vzťahy, z ktorých každý obsahuje URI identifikujúci inú entitu digitálneho dvojčaťa, s ktorou je daná entita prepojená (napr. konkrétny vlastník, vlastníci konkrétnu budovu).

Atribúty digitálneho dvojčaťa môžu predstavovať hodnoty od celkom statických (napr. „GPS súradnice“ konkrétneho miesta), až po atribúty, ktoré sa menia veľmi dynamicky (napr. „sila vetra“ alebo „intenzita slnečného žiarenia“ v konkrétnom mieste), ale aj na atribúty, ktoré sa síce menia, ale nie tak často (napr. „vlhkosť vzduchu“ na konkrétnom mieste). Veľmi dôležité je, že atribúty digitálneho dvojčaťa sa neobmedzujú len na pozorovateľné údaje, ale aj na odvodené údaje. Digitálne dvojča slnečného panelu teda nemusí mať len meračom meraný atribút „aktuálne napätie“, ale napríklad aj atribút „predpoveď napätia o 30 minút“, ktorý predpovie umelá inteligencia (AI) na základe svojich algoritmov, ktoré určia hodnotu tohto atribútu na základe aktuálnych údajov o napätí, iných relevantných údajov ovplyvňujúcich jeho výšku (napr. aktuálne pozorované a predpovedané počasie, sila vetra, teplota atď.) a historických informácií o generovanom napätí za daných podmienok. Preto sa očakáva, že reprezentácia sveta digitálnymi dvojčatami architektúry „powered by FIWARE“ bude obsahovať všetky informácie potrebné pre inteligentné aplikácie, nielen merateľné údaje, ale aj ďalšie rozšírené poznatky a poznatky získané v priebehu času. Jednoducho povedané – čím viac je možné zo systému získať, či do systému vložiť dát, tým je vyšší predpoklad, že digitálna reprezentácia reality bude vernejšia a systém bude mať širšie možnosti s nimi pracovať. Nemusí pritom znamenať, že to bude vedieť využiť okamžite, ale je to dobrý vklad do budúcnosti.



Obr. 2: Referenčná architektúra pre Smart Energy management system „Powered by FIWARE“ [2]

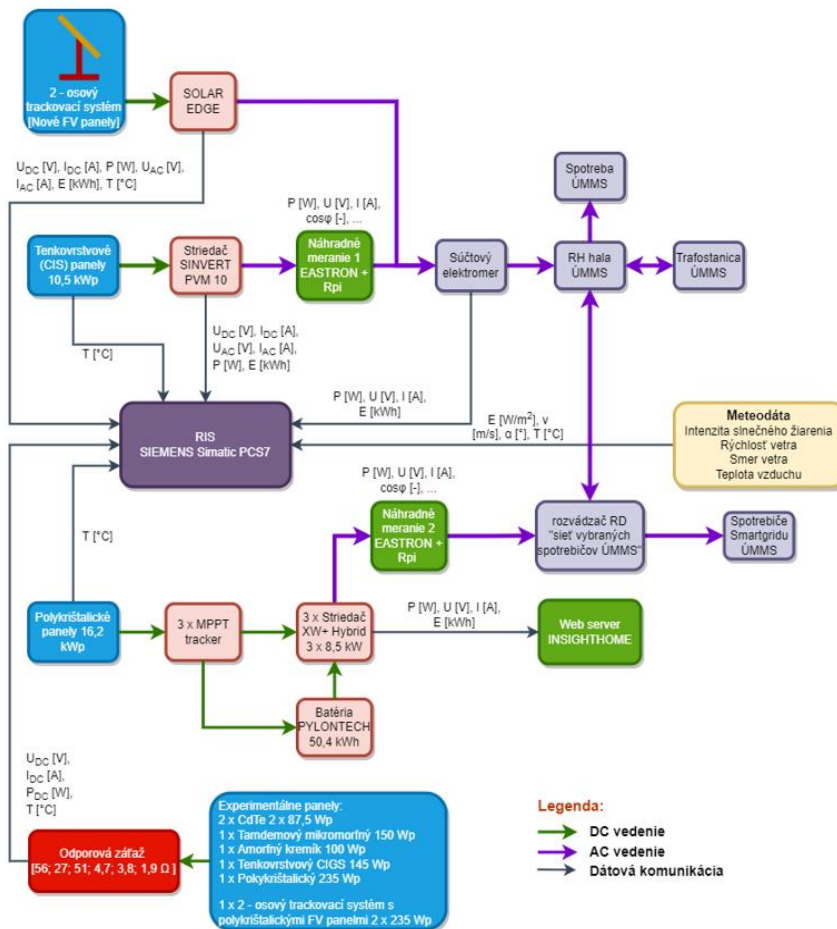


Obr. 3: Bloková architektúra FUSE (Framework for Utilities and Services) [6]

3. Vhodná granularita dát

Na základe Prevádzkového poriadku OKTE, a.s. [4] sú všetky zúčtovacie intervaly pre meranie a odpočty energií nastavené na 15 minút a pre potreby vzájomného zúčtovania takáto granularita dát postačuje. Lenže to je aktuálny stav a budúcnosť môže priniesť potrebu detailnejších dát, napríklad aj z hľadiska riešenia stability systému v náročnejších podmienkach väčšieho zapájania volatilnejších zdrojov, medzi ktoré patria aj tie na báze slnka a vetra. Navyše sekundové údaje o výrobe FVE sú prínosné aj pre agregátora – dňa 1.10.2022 vyšla novela zákona 251/2012 o energetike [5]. Ak sa agregátor (ktorý okrem iného môže zlučovať malé zdroje, t.j. aj FVE) rozhodne, že chce poskytovať aj podporné služby, tak potrebuje mať sekundové meranie výkonu zariadení (vyrábaného, či spotrebovaného), ktoré sú do tejto služby zapojené. V technickom poriadku (dokument B) prevádzkovateľa prenosovej sústavy [3] sa uvádza požiadavka pre výrobcov (elektrárne), ktoré sú zapojené do podporných služieb (PpS) aby posielali sekundové merania do automatizovaného systému dispečerského riadenia (ASDR). Agregácia je niečo pomerne nové, v súčasnosti ešte nevieme povedať ako to bude presne fungovať v praxi a či sekundové meranie bude zbytočné, prínosné alebo vyžadované. Dovtedy však dobre poslúži na pochopenie variabilného správania sa fotovoltaickej elektrárne (FVE), či iných prvkov gridu. Takže stačí využiť schopnosti moderných zariadení, ktoré dokážu merať a odosielať namerané údaje v sekundových intervaloch, pričom takéto meranie nepredstavuje žiadne pridané náklady, okrem objemu spracovávaných dát, čo však pri súčasných výkonových kapacitách výpočtovej techniky nie je problém.

3.1. Získavanie dát a ich dynamika



Obr. 4: Schéma zapojenia laboratória SAV

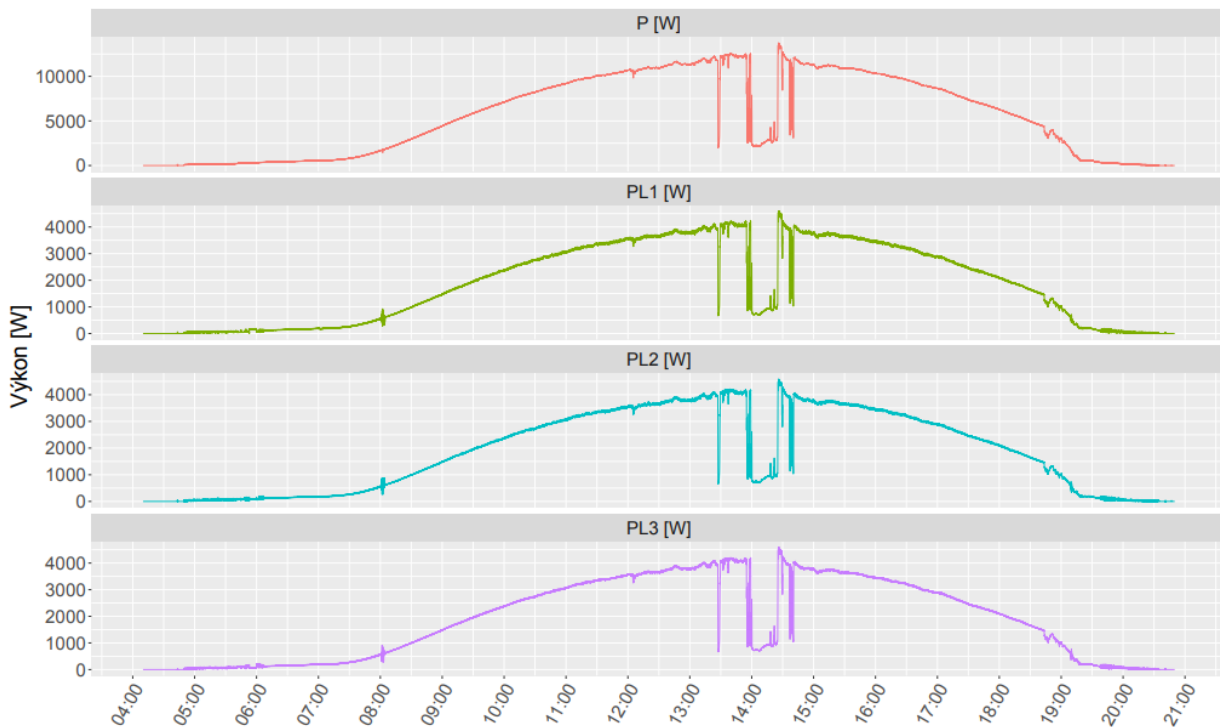
Pre meranie dynamiky výroby elektriny boli v laboratóriu SAV v sekundových intervaloch zaznamenávané údaje, týkajúce sa elektrických veličín výroby (dátum; čas; UL1[V]; UL2[V]; UL3[V]; THDU[%]; IL1[A]; IL2[A]; IL3[A]; THDI[%]; PL1[W]; PL2[W]; PL3[W]; P[W]; $\cos\phi L1[-]$; $\cos\phi L2[-]$; $\cos\phi L3[-]$; $\cos\phi[-]$; Ein[kWh]; Eout[kWh]) osobitne za každý druh panelov:

- polykryštalické panely SFM-235P, inštalovaný výkon 16,2kWp
 - v priebehu trvania projektu sa inštalovaný výkon zmenou zapojenia znížil na 15,52kWp, meranie sa zmenilo na meranie výstupu hybridného systému (FVE + AKU)
- tenkovrstvé panely SF150-S, inštalovaný výkon 10,5kWp
- experimentálne panely (sústava FS-397, NT-150AX, SG-HN100-GG, TCF-C972, GS-HCPV-TR-250)

Pri experimentálnych paneloch boli okrem elektrických veličín merané aj meteorologické dáta (Smer vetra; Slnčné žiarenie; Rýchlosť vetra; Teplota vzduchu).

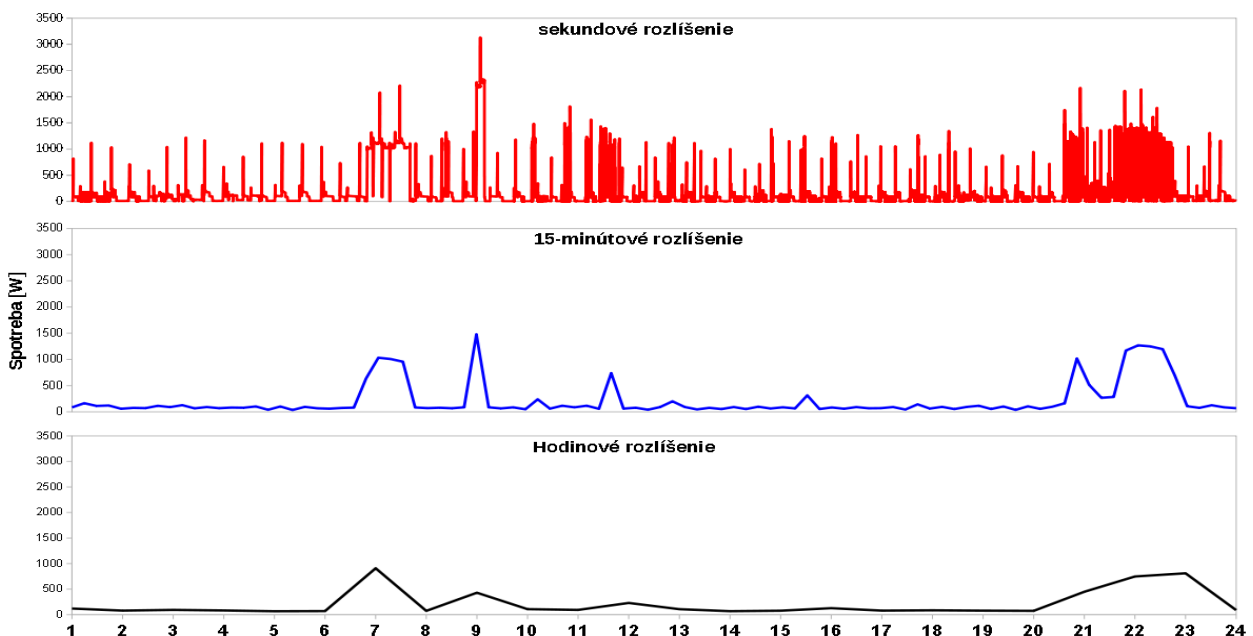
Z hľadiska vyhodnocovania prevádzky FVE sú nevyhnutné a postačujúce základné elektrické dáta, tie ostatné - ako napríklad meteorologické - sú z kategórie „nice to have“, pretože v spojení s externými zdrojmi historických dát rozširujú možnosti systému smerom ku predikciám správania za určitých podmienok, napríklad aj možnosťou tréningu umelej inteligencie, ktorá je na objemy historických dát odkázaná. Okrem meteorologických do takejto kategórie spadajú aj externé zdroje ekonomických dát, aj keď predikcia cenového vývoja energií je v súčasnej dobe tak trochu veštieň z krištáľovej gule. Ale v teoretickej rovine - so správne nastavenými externými zdrojmi ekonomických aj sociologických dát a vhodne natrénovanej umelej inteligencii je toto priestor na modelovanie ekonomického vývoja a analýzu ekonomickej efektivity prevádzky.

Jednoducho povedané: ak vyrábam aj spotrebávam energiu, oplatí sa mi z ekonomického hľadiska práve v tomto okamihu tú mnou vyrobenú rovno spotrebávať a prebytky ukladať do virtuálnej batérie, alebo je výhodnejšie prebytky ihneď predať na trhu, alebo je v tomto okamihu ekonomicky najvýhodnejšie spotrebávať energiu z distribučnej siete a moju výrobu ukladať do batérií (fyzických, či virtuálnych), alebo je ešte iná možnosť?



Obr. 5: Priebeh fázových a celkového výkonu polykrystalických panelov laboratória SAV dňa 19. 6. 2021

Dynamiku spotreby domácnosti sme merali sekundovým meraním (Dátum; Čas; UL1[V]; IL1[A]; PL1[W]; $\cos\phi_{L1}$ [-]; UL2[V]; IL2[A]; PL2[W]; $\cos\phi_{L2}$ [-]; UL3[V]; IL3[A]; PL3[W]; $\cos\phi_{L3}$ [-]; f[Hz]) spotrebu rodinného domu v južnej oblasti Slovenska, dlhodobo obývaného 2 osobami, s prípravou TUV elektrickým bojlerom, vykurovaním na plyn, plynovým sporákom s elektrickou rúrou a elektrickým čerpadlom na zavlažovanie záhrady.



Obr. 6: Ukážka priebehu spotreby rodinného domu dňa 19. 6. 2021

4. Záver

Sekundové meranie výkonu fotovoltických panelov potvrdilo jednu z ich očakávaných a charakteristických vlastností: pokles výkonu pri výskyte lokálnej oblačnosti môže byť veľmi výrazný a to už v priebehu niekoľkých sekúnd, pričom sa ukazuje, že zostupná fáza je strmšia ako vzostupná. V prípade čisto fotovoltického gridu bez batériového úložiska by bolo možné tento jav čiastočne eliminovať napríklad väčším plošným rozptýlením panelov, ale len za predpokladu lokalizovanej oblačnosti, ktorá neprekryje celú oblasť.

Sekundové meranie spotreby odhalilo mierne odlišný typ dynamiky: krátkodobé nárasty (typicky spínanie chladničky, zapnutie rýchlvarnej kanvice, či elektrického prietokového ohrievača, zavlažovacieho čerpadla), ktoré sú pri 15-minútových intervaloch vyhladené a pri hodinových sa prakticky stratia, ale aj určité charakteristické prejavy: viditeľný nárast v rannom čase (hygiena, rýchlvarná kanvica, mikrovlnka, častejšie otvorená chladnička sa častejšie zopne), o niečo miernejší v čase obeda (chladnička) a výraznejší vo večernom čase (svietenie + TV + chladnička + večerná hygiena). Z pohľadu merania spotreby teda neprináša sekundová granularita dát praktický význam, napomáha ale v stanovení skutočného odberového diagramu konkrétneho objektu (konkrétnych objektov gridu) a môže byť pomôckou pri rozhodovaní, v akom čase je vhodné spúšťať niektoré spotrebiče, ktorých používanie znesie takýto manažment. Inými slovami z praxe – posunúť napríklad použitie práčky do časového úseku, kedy je energetická výroba vyššia, prípadne vypracovať časový harmonogram používania určitých zariadení v rámci účastníkov gridu.

POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt Medzinárodné centrum excelentnosti pre výskum inteligentných a bezpečných informačno- komunikačných technológií a systémov – II. etapa, kód ITMS: 313021W404, spolufinancovaného zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

REFERENCIE

- [1] FIWARE for Digital Twins, FIWARE Foundation e.V., Franklinstrasse 13A, 10587 Berlin, Germany, June 2021
- [2] Smart-Energy-Brochure-FIWARE-Web-1-2.pdf [Online]. August 2018 [Cit. 2022-08-30], web address: <https://www.fiware.org/wp-content/uploads/2018/10/Smart-Energy-Brochure-FIWARE-Web-1-2.pdf>
- [3] SEPS, Technické podmienky prístupu a pripojenia , pravidlá prevádzkovania prenosovej sústavy, dokument B, September 2022
- [4] Prevádzkový poriadok organizátora krátkodobého trhu s elektrinou OKTE, a.s. Október 2022
- [5] Zákon č. 251/2012 Z. z., október 2022
- [6] FUSE-DigitalShow_2019_v01.pptx, Andrea Rossi, ARI, November 2019