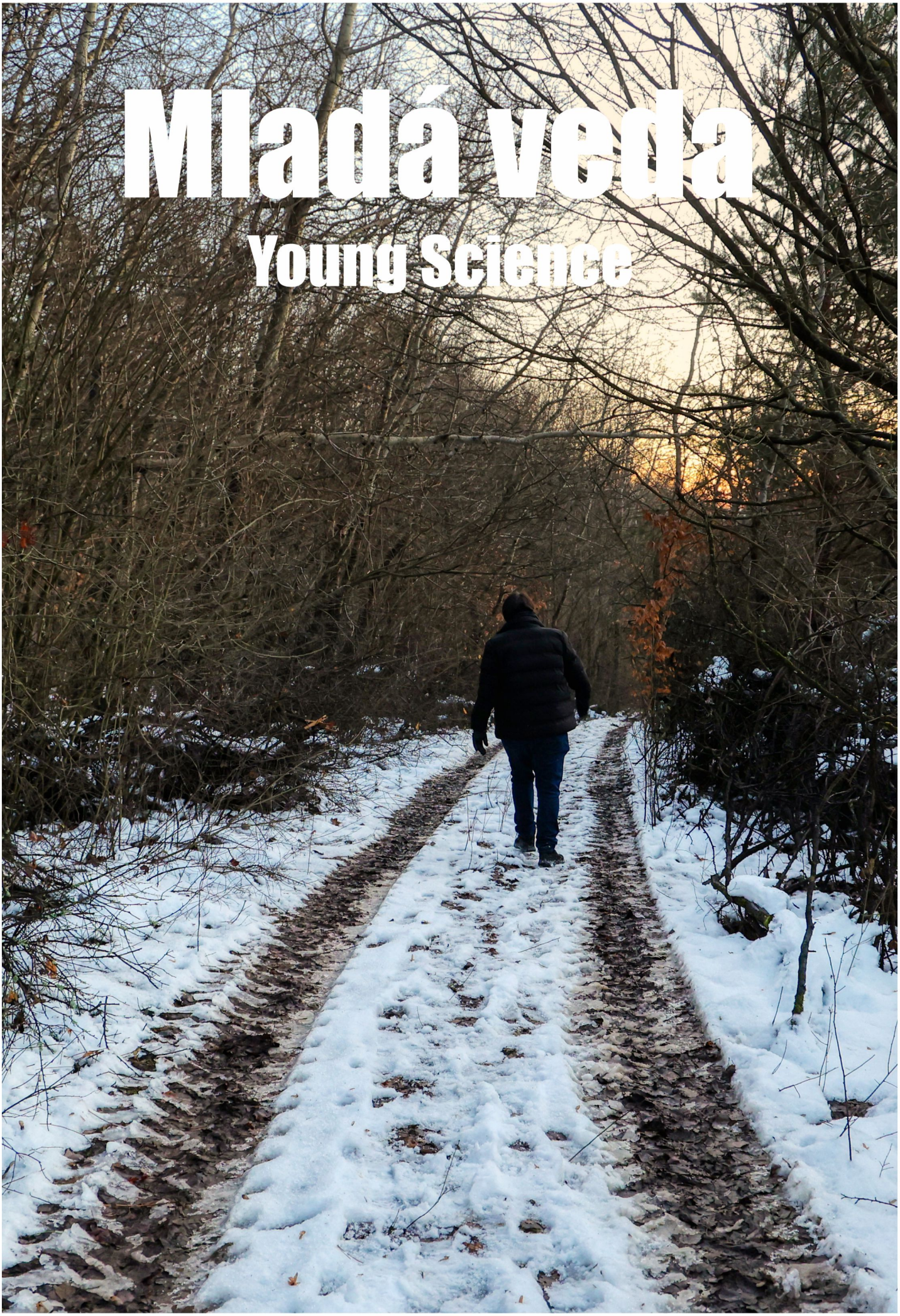
ISSN 1339-3189 5/2023

Mladá veda

Young Science



www.mladaveda.sk

Mladá veda
Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 5, ročník 11., vydané v decembri 2023
ISSN 1339-3189, EV 167/23/EPP
Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk
Fotografia na obálke: Zimná prechádzka. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA
doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)
Mgr. Jakub Köry, PhD. (School of Mathematics & Statistics, University of Glasgow, Glasgow)
prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)
Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)
doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)
prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)
prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)
Mgr. Michal Garaj, PhD. (Katedra politických vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda, Trnava)

REDAKCIA
Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)
Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Banícke múzeum, Rožňava)
PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)
RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)
PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)
Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ
Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.
www.universum-eu.sk
Javorinská 26, 080 01 Prešov
Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 11 (5), pp. 171-180

POTENCIÁL VYUŽITIA ENERGIE Z OBNOVITEĽNÝCH ZDROJOV PRE PREVÁDZKU A OBJEKTY ZARIADENIA STAVENISKA

THE POTENTIAL FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY FOR THE OPERATION AND FACILITIES OF THE SITE EQUIPMENT

Naďa Antošová, Štefan Krištofič, Peter Makýš [1]

Naďa Antošová pôsobí ako zástupca vedúceho katedry a docent na Katedre technológia stavieb, na Stavebnej fakulte na Slovenskej technickej univerzite v Bratislave. V súčasnosti vedie prácu doktoranda Štefana Krištofiča, ktorý sa vo svojom výskume sa zameriava na udržateľnosť zdrojov elektrickej energie na stavenisku. Peter Makýš pôsobí ako prodekan pre vzdelávanie a vnútorný systém kvality na Stavebnej fakulte.

Naďa Antošová works as deputy head of the department and associate professor at the Department of Building Technology, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology in Bratislava. She is currently supervising the work of Štefan Krištofič, a PhD. student, whose research focuses on the sustainability of electricity sources on construction sites. Peter Makýš serves as Vice Dean for Education and Internal Quality System at the Faculty of Civil Engineering.

Abstract

The electrification of construction machinery is being phased in through the electrification of small compact machines, including mini excavators, small wheel loaders and dumpers. This is because these machines are deployed in urban environments and cities are increasingly looking for solutions to reduce exhaust emissions and noise. In order to make the use of electric machinery as efficient as possible, it is necessary to know the charging infrastructure options on site. The current calculation model for determining the electrical power needs for a construction site does not account for the needs for charging electric construction machinery. However, this component can have a significant impact on the sizing of the electrical connection for the construction site. A possible solution is to generate and store electricity in a battery storage facility on site, which can then provide a given amount of power immediately within its capacity. At the same time, this component can eliminate unstable power draws and the occurrence of unauthorised withdrawals. Because of the

[1] Adresa pracoviska: doc. Ing. Naďa Antošová, PhD., Ing. et Ing. Štefan Krištofič, doc. Ing. Peter Makýš, PhD., Katedra technológie stavieb, Stavebná fakulta STU Bratislava, Radlinského 11, 810 05 Bratislava
E-mail: nada.antosova@stuba.sk, stefan.kristofic@stuba.sk, peter.makys@stuba.sk

system's renewable solar energy source combined with on-site storage, such energy is the most planet-friendly.
Key words: electrification, site facilities, renewable energy, sustainability

Abstrakt
Elektrifikácia stavebných mechanizmov je zavádzaná postupne elektrifikáciou malých kompaktných strojov vrátane mini rýpadiel, malých kolesových nakladačov a sklápačov. Dôvodom je, že tieto stroje sú nasadzované v mestskom prostredí a mestá čoraz viac hľadajú riešenia na zníženie výfukových emisií a hluku. Aby bolo používanie elektrického mechanizmu čo najefektívnejšie, je potrebné poznať možnosti nabíjacej infraštruktúry na stavenisku. Súčasný výpočtový model pre určenie potrieb elektrického príkonu pre stavenisko nezohľadňuje potreby pre nabíjanie elektrických stavebných mechanizmov. Táto zložka však môže výrazne vplývať na dimenzovanie elektrickej prípojky pre stavenisko. Možným riešením je výroba a uskladnenie elektriny do batériového úložiska priamo na stavenisku, ktoré následne vie okamžite poskytovať dané množstvo energie v rámci svojej kapacity. Zároveň táto zložka dokáže eliminovať nestabilný odber elektrickej energie a vznik nedovolených odberov. Vzhľadom k systému obnoviteľného zdroja zo slnečnej energie v kombinácií s akumuláciou v úložisku na stavenisku je takáto energia k planéte najšetrnejšia.
Kľúčové slová: elektrifikácia, zariadenie staveniska, obnoviteľné zdroje energie, udržateľnosť

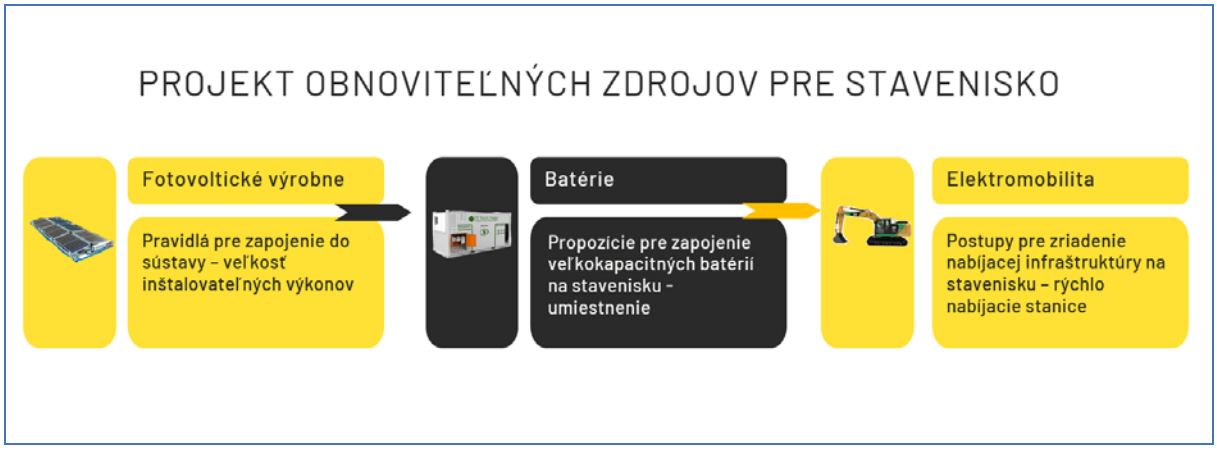
Úvod

Stavenisková prevádzka predstavuje neoddeliteľnú súčasť stavebného priemyslu, ktorý má dôležitú úlohu v každej ekonomike. Tento sektor zahŕňa široké spektrum stavebných prác od infraštruktúrnych projektov po komerčnú výstavbu. Každá z týchto činností vyžaduje nevyhnutné množstvo elektrickej energie ako pre prevádzku staveniska tak aj pre staveniskovú výrobu. Stavenisková prevádzka má potenciál významne ovplyvniť celkovú spotrebu elektriny v krajine, a to nielen kvantitatívne, ale aj kvalitatívne. Očakáva sa, že stavebný priemysel aj priemysel solárnej energie budú v nadchádzajúcich rokoch rásť exponenciálne. Do roku 2026 sa podľa [5] očakáva priemerný medziročný rast stavebníctva celosvetovo o 6,2 % Efektívne riadenie spotreby elektriny na staveniskách je pre stavebné spoločnosti dôležitým prvkom pre dosiahnutie zníženia energetických nákladov [7], [8], [9]. V mnohých krajinách je veľa lokalít, ktoré nemajú prístup k elektrickej sieti. V zahraničí, napríklad vo vidieckych častiach Indie, ktorá pri výstavbe používa mobilné generátory, ktoré pri výrobe elektriny spaľujú naftu alebo benzín [5]. Každé zníženie nákladov na prevádzku spoločnosti má následne pozitívny vplyv na jej konkurencieschopnosť v trhovom prostredí. Súčasne redukcia spotreby elektriny na staveniskách pomáha dosiahnuť celosvetovo stanovené environmentálne ciele, znížiť emisie skleníkových plynov, v súlade s globálnymi snahami v boji proti klimatickým zmenám.

Stavenisko by malo v súčasnej modernej dobe udržateľnosti zahŕňať dostatok energie pre potreby staveniskovej výroby a prevádzky z obnoviteľných zdrojov. V modernom projektovaní staveniska je teda potrebné skúmať interaktívne postavenie obnoviteľných zdrojov energie a možnosti ich uchovania a využitia v dennej staveniskovej prevádzke.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 11 (5), pp. 171-180



Obr. 1 – Interakcia výroby, uskladnenia a odberu elektrickej energie
z obnoviteľných zdrojov v staveniskovej výrobe
Zdroj: Vlastné spracovanie

Súčasný stav riešenej problematiky

Prevádzkové zariadenia staveniska tvoria objekty a zariadenia, ktoré zabezpečujú ochranu práce a bezpečnosť na stavenisku a v jej okolí, komunikácie a zariadenia pre dopravu, objekty pre skladovanie stavebných materiálov a výrobkov pre stavbu, pre administrovanie, údržbárske dielne a objekty pre odber a rozvod elektrickej energie a vody po stavenisku [3]. Projektovým riešením staveniskovej prevádzky sa stanoví jej priestorová, časová a finančná náročnosť v konkrétnom prostredí. Návrh jednotlivých potrieb je preto kľúčovou úlohou a má zásadný vplyv na plynulosť výstavby [7].

Riešením problematiky zásobovania staveniska elektrickou energiou na Slovensku sa zaoberá publikácia autorov [3]. V nemecky hovoriacich krajinách autori [4] uvádzajú rovnaký princíp stanovenia potrieb elektrickej energie pre staveniskovú prevádzku. Projektovanie potrieb však neodzrkadľuje súčasné nové trendy v rámci staveniska, ktoré kladú nové požiadavky na ekologický návrh so zohľadnením požiadaviek na celkovú dimenziu odberného miesta.

Vo všeobecnosti sa manažmentom potreby elektrickej energie pri výstavbe svetová odbornosť na úrovni plánovania a nastavenia potrebných príkonov nezaoberá. Výrazne lepšia situácia sa vyskytuje pri návrhu a zabezpečovaní potrieb vody na staveniskovú prevádzku. Podľa [10] existuje viacero štúdií ktoré sa venujú návrhu potrieb vody a svetovej udržateľnosti jej zdrojov vo fáze staveniskovej výroby.

Mnoho štúdií a výskumov je podľa [10] venovaných elektrifikácii s využitím alternatívnych zdrojov elektrickej energie len existujúcim a novým stavbám na trvalé užívanie. Zo štúdií vyplýva, že tam, kde sú mierne zimy môže v novostavbách tepelné čerpadlo zabezpečiť vykurovanie a chladenie nákladovo efektívnu elektrifikáciu [10]. Tiež sa navrhujú tzv. elektrické budovy s optimálnou samostatnou mikro sieťou pre udržateľnú elektrifikáciu s obnoviteľnými zdrojmi energie najmä vo vidieckych oblastiach a komunitách. Výsledky štúdií podľa [11] ukázali, že 90 % spotreby elektriny môže byť uspokojených len výrobou FV elektriny. Je to práve ten spôsob pokrytia potrieb, ktorý môže poskytnúť podľa [11] dôležitú technickú podporu pre elektrifikáciu a dekarbonizáciu existujúcich alebo

plánovaných budov určených na trvalé dlhodobé užívanie. Dekarbonizáciou, elektrifikáciou dočasných objektov staveniska sa odborná verejnosť zaoberá minimálne.

Cieľom štúdie potenciálu využívania elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov pre stavenisko je v prvom rade analýza základného výpočtového vzťahu [2] pre projektovanie príkonu elektrickej energie na staveniskovú prevádzku. Sledovanou veličinou je vplyv využívania elektromobility ako udržateľnej stavebnej mechanizácie na potrebný príkon elektrickej energie v dôsledku potreby zabezpečenia rýchlonabíjacích staníc. Vo výpočtovom vzťahu môže takýto model projektovania preukázať výrazné navýšenie celkovej hodnoty potrebného, zmluvne dohodnutého príkonu.

Zvyšovania potrebného príkonu elektriny je možné eliminovať výrobou elektriny zo solárnej energie a zaradenie je veľkokapacitného úložiska do základného zariadenia staveniska. Dôsledok zvýšenia hodnoty príkonu z obnoviteľných zdrojov však môže viesť na jednej strane k zníženiu potrieb na elektrickú energiu z verejnej siete, zároveň však vyvoláva vysoké zaťaženie hlavného odberného miesta. Plánovanie a umiestnenie nabíjacej stanice a solárnej elektrárne by preto malo brať do úvahy aj obmedzenia rozvodov elektrickej siete v danom prostredí [2].

Metodika výskumu

Overenie hypotézy možnosti využitia energie z obnoviteľných zdrojov pre prevádzku a objekty zariadenia staveniska spočíva v troch základných krokoch.

Pre bezproblémové napájanie staveniska je v prvom rade potrebné analyzovať potreby staveniskovej prevádzky napr. podľa [3], [4]. V praxi to znamená vypočítať (dimenzovať) teoreticky maximálny požadovaný príkon elektrických spotrebičov používaných na stavenisku v kW. V závislosti od napäťovej úrovne je následne dôležité určiť maximálnu rezervovanú kapacitu pre uzavretie zmluvy o združenej dodávke elektriny. Zmluva je v európskych podmienkach uzatvorená medzi dodávateľom elektriny a oprávneným odberateľom, na základe ktorej sa dodávateľ elektriny zaväzuje zabezpečiť distribúciu a dodávku elektriny do odberného miesta oprávneného odberateľa vrátane ostatných regulovaných služieb a prevziať zodpovednosť za odchýlku odberateľa.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 11 (5), pp. 171-180

Obr. 2 – Analýza staveniskových potrieb na elektrickú energiu
z hľadiska vecných a ekonomických ukazovateľov
Zdroj: Vlastné spracovanie

Súčasný návrh potrieb podľa výpočtového vzťahu [3], [13], nezohľadňuje prípadné navýšenie pre zabezpečenie elektromobility a nabíjanie elektrických stavebných vozidiel ako nástrojov pre udržateľnosť staveniskovej prevádzky. Experimentálne bolo v rámci výskumu navrhnuté doplnenie výpočtového vzťahu pre určenie príkonu staveniska s nabíjacou stanicou.

Pri inštalovaní rýchlonabíjacej stanice s maximálnym výstupným výkonom 150 kW pri jednosmernom nabíjaní vozidla musia byť vo výpočte definované vstupné parametre v pohotovostnom režime. Vstupné parametre ako požiadavky na sieť sú určené výrobcom: napr. permanentné napojenie, napätie 400 V, prúd do 32 A, výkon P4 = 22 kW, účinník cosφ4 = 0,95, koeficient náročnosti ß4 = 0,7.

Po zapracovaní výkonu rýchlo nabíjacej stanice je základný výpočet potrieb elektriny na stavenisko potrebné rozšíriť o premennú veličinu P4,ktorá predstavuje výkon nabíjacej stanice. (viď rovnica (1)).

$$S_{c,RN} = 1{,}1\sqrt{(0{,}5 * P_1 + 0{,}8 * P_2 + P_3 + 0{,}7 * P_4)^2 + (0{,}7 * P_1 + 0{,}3 * P_4)^2} \ [kVA] \quad (1)$$

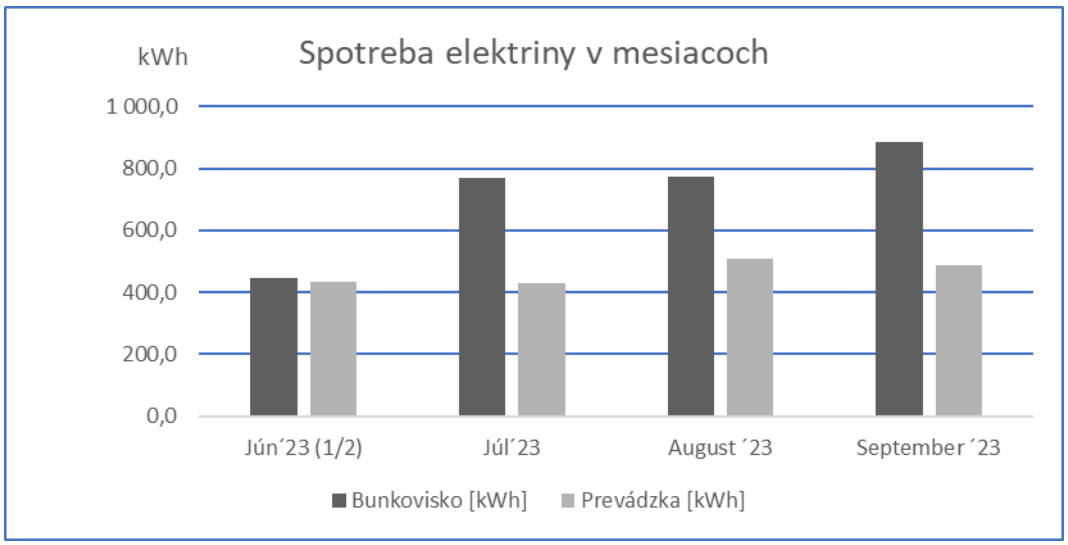
Nabíjacia stanica sa musí nachádzať na stavenisku, pretože využívanie verejných staníc nie je na základe obmedzenia využívania verejných komunikácií stavebnými mechanizmami vhodné. Plánovanie a umiestnenie nabíjacej stanice musí zohľadňovať aj obmedzenia vyplývajúce z kapacity elektrickej siete v danom prostredí [3].

Táto zložka potrieb elektrickej energie môže výrazne vplývať na dimenzovanie staveniskovej prípojky. Výkony nabíjačiek na striedavý prúd sú zväčša vo výkonových radách 3,7 kW; 7 kW; 11 kW, tie sa priamo napájajú zo siete. Rýchlonabíjačka pre jednosmerné

nabíjanie elektrických vozidiel majú permanentné 3-fázové napájanie zo siete a v pohotovostnom režime môžu dosahovať obvykle výkon 22 kW.

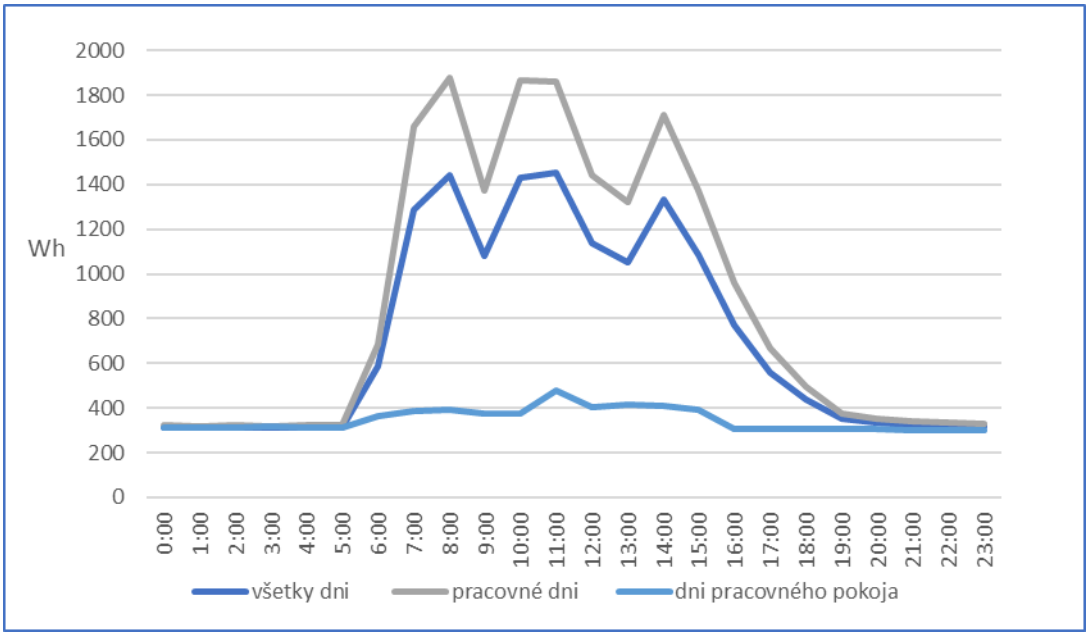
Čiastkové výsledky základného výskumu

Výskum sa ďalej zaoberá analýzou skutočnej spotreby elektrickej energie a jej prekročením rezervných kapacít v rámci sledovaného obdobia v konkrétnych situáciách na stavenisku spolu s overením funkčnosti projektového návrhu potrieb. Pre tento účel boli vo výskume vytypované staveniská zabezpečujúce staveniskovú výrobu s rovnocennými stavebnými objektmi (budovy na bývanie zo železobetónu) porovnateľnými vecnými ukazovateľmi (veľkosť stavby, veľkosť objektov zariadenia staveniska, počet pracovníkov). Na staveniskách sa inštalovali smart meracie zariadenia na monitorovanie spotreby elektrickej energie.



Graf 1 – Príklad zistenej spotreby elektriny staveniskovej výroby (prevádzka) a dočasných objektov (bunkoviska) vo výseku sledovaného obdobia
Zdroj: Vlastné spracovanie

Každé z týchto zariadení sleduje spotrebu v jednotlivých častiach staveniskovej prevádzky a odovzdávať dáta do zbernej stanice. Na základe analýzy zozbieraných dát a zároveň s využitím štatistických metód sa v súčasnosti vyhodnocujú dáta na jednotlivých staveniskách, profily spotreby elektriny a ich výkyvy. Identifikujú sa faktory, ktoré ovplyvňujú maximálnu spotrebu elektriny na stavenisku, čiže zmluvne dohodnutú kapacitu a jej fázy a rozsah prekročenia.



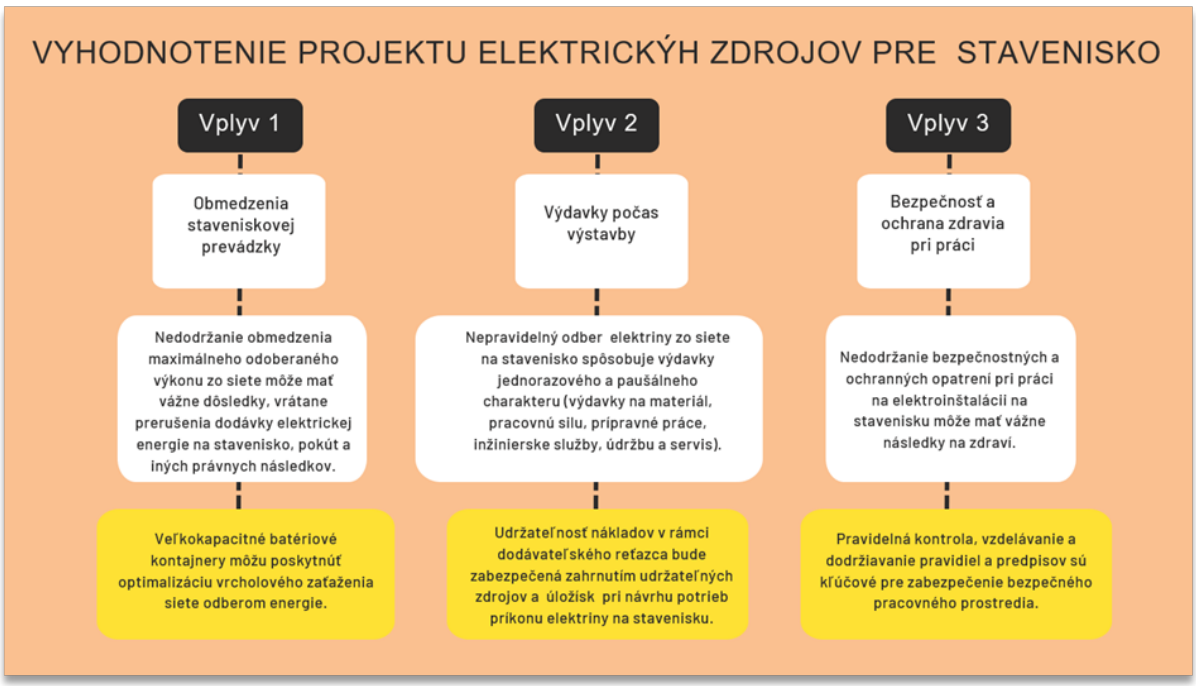
Graf 2 – Príklad pohybu odberu elektriny počas dňa pre staveniskovú prevádzku
(bez potrieb na budovy zariadenia staveniska)
Zdroj: Vlastné spracovanie

Vyhodnocujú sa zozbierané dáta v odbernom mieste z hľadiska faktorov, ktoré ovplyvňujú nerovnomerný a nedovolený odber elektrickej energie v súvislosti s analýzou projektového návrhu potrieb. Z hľadiska dopadov na ekonomické ukazovatele sa osobitne vyhodnocujú dáta v staveniskovej prevádzke (výrobe) a osobitne pre objekty zariadenia staveniska (bunkoviska). Na základe prvotných výsledkov boli formulované tri hlavné faktory ovplyvňujúce rozdiely medzi skutočnou spotrebou elektriny na stavenisku a ich projektovým návrhom a riešenia ekonomických dopadov.

Zo základného výskumu vyplývajú prvé hypotézy, ktorými je možné pri zabezpečení elektrickej energie v kritických časových úsekoch z iných ako fosílnych zdrojov eliminovať:

- negatívny vplyv prekročenia maximálneho príkonu z verejných sietí a nedovolené vrcholové zaťaženie siete odberom v kritických časových úsekoch,
- nepredvídateľné ekonomické zaťaženie jednorázového alebo paušálneho charakteru za nepravidelný odber elektriny,
- riziká pri bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci v styku s elektroinštaláciami.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189
Vol. 11 (5), pp. 171-180



Obr. 3 – Schéma postupu vyhodnotenia projektového riešenia a skutočného odberu elektriny na stavenisku s návrhom riešení
Zdroj: Vlastné spracovanie

Túto elimináciu negatívnych dopadov skutočných potrieb na stavenisku vidíme práve v potenciáli využívania elektrickej energie vyrobenej priamo na stavenisku.

Prvotné výsledky zozbieraných dát ukazujú tiež výrazné rozdiely v spotrebe elektriny medzi objektami zariadenia staveniska (bunkoviskom) a staveniskovou prevádzkou. Bunkovisko má tendenciu mať vyšší pomer k celkovej spotrebe v porovnaní so staveniskovou prevádzkou. Významný vplyv na tieto rozdiely môže mať stavebná aktivita a spotreba elektrickej energie v závislosti od sezóny. Výsledky denných spotrieb a nepovolených výkyvov pre obe kategórie poukazujú na nutnosť optimalizácie a riadenia spotreby elektriny na stavenisku v závislosti od pracovného nasadenia a požiadaviek na elektrickú energiu.

Závery a diskusia

Základnou hypotézou výskumu je potenciál výroby následného zásobovania staveniska vrátane dočasných stavieb (bunkoviska) elektrinou z obnoviteľných zdrojov priamo na stavenisku. Pre plynulú stavebnú výrobu, možnosti využívania elektromobility je však nutné zabezpečiť dostatok získanej elektrickej energie jej uskladnením priamo na stavenisku. Potreby elektrickej energie je pre účely nabíjacích staníc na stavenisku možné získať výrobou z malej staveniskovej elektrárne, napr. zo solárnej energie.

Jednou z možností dostupných na väčšine stavieb je inštalácia dočasných alebo trvalých solárnych panelov namontovaných na zemi, aby sa zabezpečila elektrina pre všetky zariadenia, ktoré musia fungovať. Inštalácia pozemných solárnych panelov v týchto oblastiach môže poskytnúť slnečnú energiu na stavenisko bez poškodenia životného prostredia. Tento spôsob si však vyžaduje vysoké nároky na veľkosť staveniskovej plochy mimo skladovacích, manipulačných alebo montážnych plôch. Ak je však solárna elektráreň

dobre naplánovaná, môžu ju využívať aj tí, ktorí v realizovanej stavbe, budove neskôr bývajú alebo pracujú po jej dokončení, čím sa ušetria roky emisií uhlíka [5].

Technológia solárnych panelov umožňuje však aj dočasnú inštaláciu a potom odstránenie alebo podľa potrieb bezpečné prenesenie na ďalšie stavenisko. Ich inštalácia sa v krajinách tretieho sveta využíva montážou na tzv. mobilné solárne dodávky, ktoré sú podobné dodávke s generátorom. Zariadenie v mobilnej dodávke je zároveň batériovým úložiskom, čo umožňuje zapojenie a použitie na akomkoľvek stavenisku [5]. Mobilné solárne dodávky umožňujú veľkú flexibilitu z hľadiska logistiky a predstavujú dobrú investíciu pre zhotoviteľa stavieb aj z dlhodobého hľadiska.

Prenos malej staveniskovej elektrárne pre zníženie nárokov na energiu dodávanú z fosílnych zdrojov je možné zabezpečiť aj prostredníctvom jej inštalácie na objekty zariadenia staveniska. Jeden z prvých fotovoltických systémov bol na streche dočasných objektov zariadenia staveniska - kancelárie staveniska - inštalovaný v Európe v rakúskom hlavnom meste, v susednej Viedni.

Obr. 4 – Inštalácia malej solárnej elektrárne na stavenisku
Zdroj: STRABAG SE [6]

Doposiaľ vykonaný výskum preukazuje, že analýza spotreby elektriny v staveniskovej prevádzke je dôležitým nástrojom na riadenie energetických nákladov a zvýšenie efektívnosti v stavebnom priemysle. Výsledky analýzy majú možnosť praktickej aplikácie pri návrhu optimálnej staveniskovej elektrárne. Tieto poznatky môžu v ďalšej etape viesť k efektívnejšiemu riadeniu spotreby elektriny, úsporám v nákladoch a zvýšenie energetickej efektívnosti staveniskovej výroby a prevádzky. Využitie potenciálu obnoviteľných zdrojov na stavenisku môže viesť k úsporám v nákladoch.

Tento článok odporúčal na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
Ing. Patrik Šťastný, PhD.

Použitá literatúra

1. Sara Jensen, Vývoj elektrických vozidiel porastie v nasledujúcom desaťročí, online na: https://www.powermotiontech.com/technologies/article/21236550/electric-vehicle-development-to-grow-over-next-decade
2. Zhang, Y., Chen, J., Cai, L., & Pan, J. (2019). Expanding EV charging networks considering transportation pattern and power supply limit. IEEE Transactions on Smart Grid, 10(6). https://doi.org/10.1109/TSG.2019.2902370
3. Makýš, O., Makýš, P. Stavenisková prevádzka a zariadenie staveniska: technologický projekt. Bratislava: STU v Bratislave, 2003. ISBN 80-227-1847-5
4. Rauch, R: Baumaschinentechnik: Anlagen der Elektroversorgung von BAustellen. 2. Auflage, Universität Siegen 2002
5. VIVAAN solar, Solárne parky, Elektrárne pripojené do siete, videné na: http://www.vivaansolar.com/
6. STRABAG SE, The power of the sun: solar electricity from photovoltaics, videné na: https://work-on-progress.strabag.com/en/carbon-emissions/photovoltaics
7. Gašparík, J.; Motyčka, V.; Šťastný, P.; Szalayová, S. Multi-Criteria Optimization of Mechanized Earth Processes and Its Impact on Economic and Environmental Sustainability. Sustainability 2022, 14, 78. https://doi.org/10.3390/su14010078
8. Erdogan, A.A.; Šaparauskas, J.; Turskis, Z. A Multi-Criteria Decision-Making Model to Choose the Best Option for Sustainable Construction Management. Sustainability 2019, 11, 2239
9. Švajlenka, J.; Kozlovská, M.; Pošiváková, T. Analysis of Selected Building Constructions Used in Industrial Construction in Terms of Sustainability Benefits. Sustainability 2018, 10, 4394.
10. Gholamreza H., Mohammad Mehdi A., Assessment of water11virtual water. consumption during production of material and construction phases of residential building projects, Sustainable Cities and Society, Volume 51, 2019, 101785, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101785.
11. Tianzhen H. Sang H., Wanni Z., Kaiyu S., Barry H.r, Janghyun K.: Nexus of electrification and energy efficiency retrofit of commercial buildings at the district scale, Sustainable Cities and Society, Volume 95, 2023, 104608, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104608.
12. Kamal, M. Fernandez,I,: Optimal sizing of standalone rural microgrid for sustainable electrification with renewable energy resources, Sustainable Cities and Society, Volume 88, 2023, 104298, ISSN 2210-6707, https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104298.
13. STN 34 1090, Predpisy pre dočasné elektrické zariadenia, Elektrotechnické predpisy STN. Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie,

Mladá veda

Young Science

ISSN 1339-3189