

Primljen / Received: 30.7.2019.

Ispravljen / Corrected: 20.9.2019.

Prihvaćen / Accepted: 28.9.2019.

Dostupno online / Available online: 10.10.2019.

Pametni gradovi i zgrade

Autori:



Doc.dr.sc. **Silvio Bašić**, dipl.ing.arh.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Samostalna katedra za zgradarstvo
sbasic@grad.hr



Doc.dr.sc. **Nikolina Vezilić Strmo**, dipl.ing.arh.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Samostalna katedra za zgradarstvo
nvezilic@grad.hr



Marinko Sladoljev, dipl.ing.arh.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Samostalna katedra za zgradarstvo
msladoljev@grad.hr

Pregledni rad

Silvio Bašić, Nikolina Vezilić Strmo, Marinko Sladoljev

Pametni gradovi i zgrade

Pametni gradovi i zgrade u proteklih su nešto više od 30 godina, od intrigantne vizije i zanimljivog koncepta, postali globalno prisutan fenomen. Razlika između pametnog i "tradicionalnog" (održivog) grada/zgrade očituje se, prije svega, u prisutnosti pametnog uslužnog sustava koji predstavlja novi sloj u ukupnosti urbanog tkiva ili strukture zgrade. Njegova posebnost leži u činjenici da je kompleksan, podložan promjenama i sposoban je učiti (evoluirati).

Ključne riječi:

pametnan grad, pametna zgrada, pametni uslužni sustav, održivost, obilježja

Subject review

Silvio Bašić, Nikolina Vezilić Strmo, Marinko Sladoljev

Smart cities and buildings

Over little more than 30 years, smart cities and buildings have evolved, from an intriguing vision and interesting concept, to a globally present phenomenon. The difference between an intelligent and "traditional" (sustainable) city/building can be seen, first of all, in the presence of intelligent services system representing a new layer in the totality of urban fabric or building structure. Its particularity lies in the fact that it is complex, susceptible to changes, and capable of learning (evolving).

Key words:

smart city, smart building, smart utility system, sustainability, features

Übersichtsarbeit

Silvio Bašić, Nikolina Vezilić Strmo, Marinko Sladoljev

Intelligente Städte und Gebäude

In etwas mehr als 30 Jahren sind intelligente Städte und Gebäude aus einer faszinierenden Vision und einem interessanten Konzept zu einem weltweit vorherrschenden Phänomen geworden. Der Unterschied zwischen einer intelligenten und einer „traditionellen“ (nachhaltigen) Stadt/einem Gebäude zeigt sich zuallererst im Vorhandensein eines intelligenten Dienstleistungssystems, das eine neue Schicht in der Gesamtheit des städtischen Gewebes und in der Gesamtstruktur des Gebäudes darstellt. Seine Besonderheit liegt in der Komplexität, Veränderungsfähigkeit und Lernfähigkeit.

Schlüsselwörter:

Smart City, Smart Building, Smart Utility System, Nachhaltigkeit, Funktionen

1. Uvod

Do 2025. godine očekuje se da će oko 58 % svjetskog stanovništva ili 4,6 milijardi ljudi živjeti u urbanim područjima. U razvijenim regijama urbana populacija mogla bi narasti do 81 % ukupnog stanovništva. Ova procjena predstavlja ozbiljne izazove za planere koji će morati razmisliti o tome kako će osigurati kvalitetu života za rastuću gradsku populaciju na održiv način [1].

Iako su koncepti pametnog grada i zgrade jedan od mogućih odgovora na ovo osjetljivo, rastuće pitanje, još uvijek ne postoji opći konsenzus o tome što je ustvari pametni grad ili zgrada, što otežava razumijevanje i dogovor oko značenja koncepta pametnog grada ili zgrade.

Istraživanje opsežne literature, nastale u proteklih nešto više od 30 godina, pokazuje da se obično barem jedno poglavlje posvećuje istraživanju značenja pojedinih definicija i njihovoj usporedbi da bi se potom upozorilo na divergentnost koja je posljedica različitih pristupa i postavki pojedinih definicija.

Koncept pametnog grada oblikovan je kroz dvije faze. U ranoj fazi, u razdoblju 1985.-2000. godine definicija koncepta pametnog grada razvijala se paralelno s definicijama sličnih ili prividno sličnih koncepata kao što su: inteligentni grad [2], digitalni grad [3], technocity [4], cybercity [5] i dr.

Tu početnu literaturu o pametnim, inteligentnim, digitalnim, techno i cyber gradovima obilježile su suprotstavljenost inovacija i informatičke tehnologije te virtualnog i fizičkog grada. Naime, u konceptima inteligentnog i pametnog grada, grad je složena fizička, društvena i digitalna cjelina, s posebnim naglaskom na inovacije i informatičko-računalnu tehnologiju (u daljnjem tekstu: ICT), dok je u konceptima digitalnog i cyber grada to grad u cyber prostoru, s naglaskom na e-upravu i virtualnu zastupljenost.

Drugu fazu, koja je nastupila nakon 2000. godine, karakterizira pravilnija upotreba i potpunije značenje pojma pametni grad u urbanističkoj literaturi o razvoju i planiranju [6], kao i divergentnost definicija, što otežava postizanje zajedničkog razumijevanja i dogovora oko značenja koncepta pametnog grada. Osim zajedničke reference na ICT kao pokretača razvoja pametnog grada, ove su definicije različite naravi i podjela koju stvaraju postaje još vidljivija kada se pokušava otkriti općeprihvaćeno tumačenje funkcioniranja pametnih gradova i polja njihovog utjecaja, kako je istaknuto u raznim publikacijama [7].

No, jasno je da prevelik broj definicija za posljedicu ima nedostatak usredotočenosti na stvarno važne čimbenike pametnog grada.

Koncept pametne zgrade izvorno je, u Sjedinjenim Državama ranih 80-ih, korišten izraz inteligentna zgrada, a definicija koju je tada dao Intelligent Building Institution u Washingtonu glasila je: *Inteligentna zgrada je ona koja integrira različite sustave za učinkovito upravljanje resursima u koordiniranom načinu kako bi se maksimizirali: tehnički i financijski učinci te fleksibilnost u korištenju* [8].

No, iako se radi o bitno drugačijem mjerilu u odnosu na pametni grad, i ovdje je ubrzo broj definicija počeo rasti. U istraživanju koje su do 2002. godine proveli Wigginton i Harris već je evidentirano više od 30 zasebnih definicija pojma inteligentne zgrade [9].

Ono što je za koncept pametne zgrade potrebno naglasiti jest to da su se rane definicije koncepta, kao i kod pametnih gradova, uglavnom fokusirale na ulogu tehnologije, a kasnije, od konca devedesetih godina prošlog stoljeća postupno su pridavale sve veću važnost ulozu korisničkih interakcija i društvenog konteksta skrećući pozornost na kvalitetu života [9, 10].

Zajednička referenca pojmova pametan grad i zgrada odnosi se na sustave upravljanja (ICT) koji se primjenjuju kako bi se ostvarilo kvalitetno okruženje, samo što se ovdje bavimo dvjema razinama djelomično sličnog problema koje funkcioniraju u sinergiji.

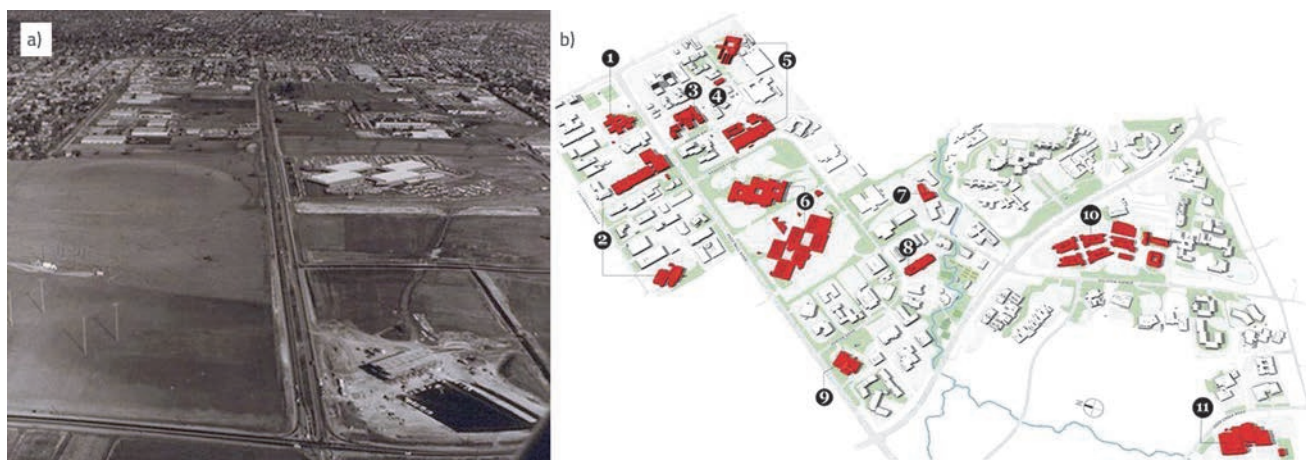
Danas svoj doprinos ovoj temi daje velik broj stručnjaka i znanstvenika iz brojnih znanstvenih područja također i različitih pristupa, što rezultira divergencijom definicija. Upravo iz tog razloga, a radi boljšeg razumijevanja pojmova pametan grad / zgrada, nužno je razjasniti okolnosti njihova nastanka (geneza koncepta), definirati radne definicije i osnovne karakteristike prije razmatranja mogućih izazova koje pruža njihov budući razvoj.

2. Geneza koncepta

Koncept pametnog grada svoje ishodište ima u gradovima znanosti, tehnopolisima prve polovine 20. stoljeća, odnosno tehnosredištima druge polovine 20. stoljeća.

Koncem prve polovine 20. stoljeća rektor Sveučilišta Stanford Frederick Terman osnovao je u neposrednoj blizini Sveučilišta razvojni park u koji privlači kompanije koje se bave visokim tehnologijama [11]. Navedeno područje nazvano je Stanford industrijski park i nalazi se na prostoru danas poznatijem kao Silicijska dolina koja upravo zahvaljujući razvoju Stanford industrijskog parka postaje prvo tehnosredište.

Visoka tehnologija (razvoj i istraživanje, proizvodnja) nije samo potaknula gospodarski razvoj i atraktivnost tog područja, već je ponudila i specifičan model urbanizma - tehnosredište - (izv. technopole). Prema Castellsu i Hallu [13], tehnosredišta su gradovi, predgrađa ili čak ruralna područja u čijem postojanju dominira visoka tehnologija u obliku istraživanja, razvoja, proizvodnje ili neke kombinacije tih triju čimbenika. Uspješno tehnosredište karakterizira sinergija između industrije, akademske zajednice i vlada (odnosno u ovom slučaju računalne industrije, Sveučilišta Stanford i vlade). Ono što je u planerskom/ organizacijskom smislu prepoznato kao drugačije i inovativno jest to da tehnosredišta zahtijevaju okruženje koje djeluje inspirativno i podupiruće za one koji razvijaju nove tehnologije, što povijesno gledano i nije tako nova ideja, ona podsjeća na urbanizam socijalista utopista iz prve polovine 19. stoljeća. Dakle, može se govoriti samo o specifičnom, vrlo dinamičnom i fleksibilnom modelu razvoja grada koji počiva na sprezi gospodarstva, znanosti i javne vlasti.



Slika 1. a) Fotografija Stanford industrijskog parka oko 1950.; b) Karta Stanford industrijskog parka danas [12a,12b]

Za razliku od Silicijske doline koja je nastala uglavnom spontano, od 80-ih godina prošlog stoljeća vlade, sveučilišta i privatni sektor širom svijeta prihvatili su i koriste ovu novu urbanu tipologiju kako bi osigurali postavke koje potiču inovacije [14]. Tehnosredišta su privukla pozornost zato što su uspješno povezala poticajno okruženje, intenzivno prilagodljivo gospodarstvo i primjenu tehnologije – temeljne elemente za osiguranje kvalitete života u urbanim prostorima [15].

Istodobno se, kao posljedica doseljavanja seoskog stanovništva u gradove, počinje osjećati sve veći globalni pritisak na gradove. Takvo stanje upozorava na potrebu za transformacijom gradova koja je nužna kako bi se odgovorilo na sve veće gospodarske, socijalne i druge zahtjeve koji su nužni za opstanak grada kao jedinstvenog eko sustava prilagođenog čovjeku [16].

Kao odgovor na uočeni izazov, 1972. godine na UN-ovoj konferenciji o ljudskom okolišu održanoj u Stockholmu, globalno je prepoznat koncept održivog razvoja. Iako izraz nije bio izričito naveden, međunarodna zajednica složila se s idejom (koja je kasnije postala temeljem održivog razvoja) da se i razvojem i okolišem, do tada zasebnim temama, može upravljati na obostrano koristan način. Godine 1987. izvješće Svjetske komisije za okoliš i razvoj, tzv. Brundtlandska komisija (nazvana prema njezinoj predsjedavajućoj članici Gro Harlem Brundtland) iznjedrila je ono što se danas smatra "klasičnom" definicijom održivog razvoja: "razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija radi zadovoljavanja vlastitih potreba" [17]. Na UN-ovoj konferenciji o ljudskom okolišu i razvoju, u Riju 1992. godine, održivi razvoj prepoznat je kao glavni izazov koji stoji i danas [18].

Koncept pametne zgrade u svojoj biti veoma je jednostavan, on ishodište ima u želji/potrebi da se kontroliraju životni uvjeti okruženja u kojem boravimo, što je i razlog razvoja automatizacije sustava grijanja, hlađenja i ventilacije zgrada. Danas je automatizacija tih sustava u zgradi preduvjet da bi ona mogla postati pametna.

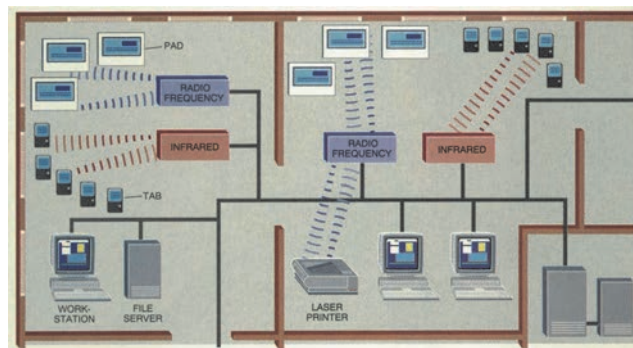
Prve sustave automatizacije možemo naći prilično daleko u povijesti, u 17. stoljeću Cornelis Drebbel je stvorio živin termosta koji bi mogao automatski održavati prostor na

konstantnoj temperaturi. Njegov je izum bio jedan od prvih uređaja s povratnom informacijom, poznat u povijesti [19].

Tek izumom električne energije stvoreni su uvjeti za razvoj napredne automatizacije, uz ograničene mogućnosti u pogledu kontrole i upravljanja, što je 1902. godine rezultiralo prvim klimatiziranim prostorom u tiskarskoj kompaniji Sackett-Wilhelms Lithographing and Publishing Co. u Brooklyn-u, NY [20].

Razvoj računarstva u 20. stoljeću omogućio je modernu automatizaciju zgrada kakvu vidimo danas, ali i stvorio preduvjet za nastanak i daljnji razvoj koncepta pametne zgrade, koji je nadišao prvobitnu funkciju upravljanja klimom zgrade.

Ono što je koncem 20. stoljeća nedostajalo jest nova paradigma koja bi povezala rastuću tehnologiju, koncept održivog razvoja i stvarne probleme te postala vizija gradova i zgrada budućnosti. Godine 1988. u inspirativnom okruženju Palo Alto istraživačkog centra (izv. PARC) u Silicijskoj dolini, nastao je rad M. Weisera o sveprisutnom računarstvu (izv. ubiquitous computing) [21]. U tom radu je prvi put izložena vizija koncepta pametnog doma, gdje se, pojednostavljeno rečeno, poboljšanje kvalitete života zasniva na unapređenju interakcije čovjeka i računala, tj. prikupljanju, obradi i korištenju podataka.



Slika 2. Prikaz mogućih računalnih veza u pametnom domu [21]

Ova vizija, iako se zasniva na domu (zgradi), govori o sveprisutnoj računalnoj mreži i interakciji čovjeka i računala, svojim osnovnim

postulatima: računalo, mreža, uređaj, interakcija čovjeka, postala je platforma za nastanak koncepta pametnoga grada i zgrade današnjice.

3. Definicije

Oba naziva "pametan grad" i "pametna zgrada" nastala su 80-ih godina prošlog stoljeća. [22, 23]. Izostanak općeprihvaćenih definicija koje bi jednoznačno objašnjavale ove pojmove [24, 25] djelomično je posljedica različitih znanstvenih područja odakle one dolaze, kao i posljedica promjenjivih trendova [24, 26]. Problem izostanka općeprihvaćene definicije može se svrstati u nekoliko kategorija:

- a) polarizacija značenja
- b) holistička ili opisna definicija
- c) zamjena riječi pametan.

a) Polarizacija značenja

Postoji kontinuirana dvojnost u razumijevanju ovih pojmova. S jedne strane naglašava se tehnološka komponenta - upotreba ICT-a, podataka i sveprisutnog računarstva, a istovremeno se pokazuje da bi riječ pametan trebala označavati nešto više od same upotrebe ICT-a. Dvojnost shvaćanja ovih pojmova, u stvarnosti ne postoji. Kao što je u uvodu rečeno, dominantna uloga tehnologije u definicijama tih pojmova je reterirala i njihovo se značenje sve više vezuje uz odnos prema korisniku i kvaliteti života kao primarnom cilju.

Izvorni dualizam kod pojma pametni grad u proteklih se desetak godina zamijenile rasprave o tome je li primjerice pametni grad ujedno i održiv grad [22, 25, 27]. Odgovor na tu raspravu veoma je jednostavan - pametni grad ima iste ciljeve kao i održivi grad. Koncept pametnog grada postao je popularan jer kod tradicionalnih pristupa održivosti, koji su prisutni kod koncepta održivih ili ekogradova, postoji ograničenje. Održivi grad i pametni grad se međusobno ne isključuju. Koncept pametnog grada je model (način) razvoja održivoga grada. Kada govorimo o razvoju održivih gradova, moguće je da će njihov razvoj trajati duže bude li se zasnivao na korištenju tradicionalnih planerskih alata, bez nužnih visokotehnoloških rješenja koja su dio pametnoga grada. Pametni grad ima iste ciljeve kao održivi grad ili ekograd - postati održiviji i pružiti kvalitetnije uvjete života, što postiže implementacijom visokotehnoloških rješenja u urbano tkivo [28]. Kod pojma pametna zgrada definicije se mogu svrstati u tri skupine [29]:

- utemeljene na učinku zgrade: proizlaze iz karakteristika izvedene zgrade te očekivanjima i sve većim zahtjevima korisnika (i društva), integrirane tehnologije i pametni sustavi su u drugom planu
- utemeljene na sustavu: uglavnom se odnose na tehnološke sustave i integriranu inteligenciju koja se koristi u zgradama, proizlaze iz odziva korisnika (njegove interakcije sa sustavom)
- utemeljene na uslugama: proizlaze iz kvalitete usluga korisnicima.

b) Holistička ili opisna definicija

U pravilu se definicije ne formuliraju na holistički način kako bi se opisao pojam s određenim atributima, već se formuliraju na način da opisuju ciljane različite materijalne i nematerijalne obilježja toga pojma, kao npr.:

- definicija Europske inicijative za pametne gradove iz 2007. godine:
Pametni grad ulaganjima u ljudski i društveni kapital te tradicionalnu (promet) i suvremenu (ICT) komunikacijsku infrastrukturu potiče održiv ekonomski rast i visoku kvalitetu života te kroz participativno upravljanje razborito upravlja prirodnim resursima [26]
- definicija Europskog instituta za svojstvo zgrada [30] (izv. *Buildings Performance Institute Europe* - nadalje BPIE):
Pametna zgrada je visoko energetska učinkovita i u velikoj mjeri pokriva svoje energetske potrebe obnovljivim izvorima energije na licu mjesta ili iz okruženja. Pametna zgrada:
 - stabilizira i ubrzava dekarbonizaciju energetskog sustava kroz skladištenje energije i fleksibilnu potražnju
 - omogućava korisnicima i stanarima kontrolu korištenja energije
 - prepoznaje i reagira na potrebe korisnika i stanara u pogledu udobnosti, zdravlja, kvalitete zraka u zatvorenom prostoru, sigurnosti kao i operativnih zahtjeva [25].

c) Zamjena riječi pametan

Kako se radi o iznimno aktualnim konceptima, koji se primjenjuju u cijelom svijetu s različitim imenima i u različitim okolnostima, generirane su brojne varijante pojma pametni grad/zgrada koje su nastale zamjenom riječi pametan drugim alternativnim pridjevima (inteligentan, digitalan i sl.).

Da bi se razumjelo zašto je riječ pametan prikladnija, u odnosu na druge ponuđene prijedloge, potrebno je istražiti značenja riječi pametan u različitim kontekstima:

- obraćamo li se široj zajednici, riječ pametan primjerenija je od riječi inteligentan koja se smatra elitističkom. Značenje riječi inteligentan je ograničeno na brzo promišljanje i reakciju na povratne informacije. Npr. od pametnog grada/zgrade se zahtijeva više - da se prilagodi potrebama korisnika i da osigura prilagođena sučelja [31]
- u području urbanističkog planiranja, riječ pametan je normativna tvrdnja koja ima i ideološku dimenziju. Biti pametniji povlači za sobom strateška usmjerenja. Vlade i javne agencije na svim razinama prihvaćaju pojam pametan kako bi razlikovali njihove nove politike, strategije i programe usmjerene na održivi razvoj, zdrav gospodarski rast i bolju kvalitetu života svojih građana [32]
- u marketinškom pogledu riječ pametan označava usredotočenost na perspektivu korisnika [33].

Ipak, zasluge za opće prihvaćanje uporabe pojma pametan pripada korporaciji IBM koja je 2008. godine globalno lansirala pojam pametan grad. U jeku financijske krize 6. studenog 2008. Sam Palmisano (tadašnji IBM-ov izvršni direktor) održao je govor

pod nazivom "Pametniji planet: Program za sljedeće vodstvo" koji je imao velik utjecaj u medijima. U svom govoru Palmisano tvrdi da svijet i njegovi gradovi moraju postati pametniji kako bi postali održiviji i ekonomski učinkoviti. Istovremeno s tim govorom, IBM je lansirao opsežnije oglašavanje "pametnijeg planeta", koje traje do danas [34].

Preostalo je samo pitanje što ustvari pojam pametan znači u kontekstu grada ili zgrade.

Odgovor na to pitanje pronađen je u istraživanju raspoloživih baza podataka iz objavljenih publikacija na webu [35]. Uočeno je svojstvo koje se uglavnom ponavlja u raznim definicijama, a to je da se riječ pametan odnosi na uslužne sustave. Kako se, danas pogotovo, više ne radi o pukoj automatizaciji sustava, već o sustavima koji počivaju na korištenju umjetne inteligencije onda takve sustave zovemo pametnim uslužnim sustavima. Medina Borja navodi [36] da su to *pametni uslužni sustavi sposobni za učenje, dinamičku prilagodbu i donošenje odluka na temelju primljenih, prenesenih i / ili obrađenih podataka radi poboljšanja odgovora na buduću situaciju.*

U ovom radu je, u duhu navedenog istraživanja, izvedena radna definicija: *pametni grad/zgrada je (održivi) grad/zgrada koji koristi pametne uslužne sustave kako bi optimizirao resurse i korištenje dobara te povećao kvalitetu života svojih stanovnika/korisnika.*

Ova definicija opisuje bit po kojoj se razlikuju gradovi/zgrade koji koriste pametne uslužne sustave od onih koji takve sustave nemaju. Potrebno je naglasiti da takva definicija ne znači da je implementacija pametnih uslužnih sustava cilj, već upravo suprotno, oni i sveprisutna računalna mreža su alati kojima se služimo u oblikovanju kvalitetnijeg životnog okruženja. I nadalje je planersko ili projektantsko znanje o gradu ili zgradi preduvjet uspješne tehnološke nadogradnje koja je započela.

4. Pametni gradovi

U literaturi se kao pionir pametnog grada navodi Los Angeles, gdje je 1974. godine korištena najsvremenija računalna tehnologija kako bi se procesuirala velika količina podataka na temu stanovanja, prometa, kriminala i siromaštva, što je poslužilo za donošenje odluka o razvojnim ili urbanističkim strategijama grada [37].

Ovaj primjer slijedio je Singapur, gdje je od 1980. začeta inicijativa o tehnološkom unapređenju grada izgradnjom otvorene računalne mreže - ONE (izv. *Open network for Everyone*), koja je dovršena 1997. godine. U trenutku kada je singapurska mreža dovršena, pojam pametni grad je zaživio te se počeo sve više koristiti [38] i u literaturi i u razvojnim planovima gradova.

Inicijalno pojam pametnog grada je vezan uz modernizaciju infrastrukture grada kroz integraciju ICT-a, jer su bile rijetke prilike da se započne s gradnjom novoga grada koji bi već u fazi planiranja mogao uključiti sve aspekte pametnog grada. No i u tom ranom razdoblju bilo je nekoliko simboličnih, ambicioznih primjera, koji su svoj uzor imali u urbanoj tipologiji tehnosredišta, poput Multifunction Polis projekta [39] - plana naselja koje se trebalo realizirati 1994. godine u Australiji (danas Tehnološki park Adelaide) ili projekata Cyberjaya i Putrajaya [38] 1997. godine u Maleziji (danas tehnološki parkovi).

Danas je, globalno gledano, većina gradova u raznih fazama pripreme, realizacije ili primjene projekata kojima se u pojedinim segmentima približavaju konceptu pametnoga grada.

Fizički razvoj koncepta pratila je i teoretska doradenost koncepta, no za njegovo puno razumijevanje i opće prihvaćanje značajniji je bio opis obilježja grada koji je definiran početkom stoljeća, 2007. godine Europska inicijativa za pametne gradove je u svom Izvješću [26] definirala pojam pametnog grada te

Tablica 1. Obilježja i čimbenici pametnog grada [26]

Obilježja	Čimbenici
Pametna uprava (participacija)	- sudjelovanje u donošenju odluka - političke strategije i perspektive - javni i socijalni servisi - transparentna uprava
Pametni ljudi (društveni i ljudski kapital)	- sklonost cjeloživotnom obrazovanju - socijalni i etnički pluralizam - kozmopolitizam / otvorenost - participacija u društvenom životu - razina kvalifikacije - fleksibilnost - kreativnost
Pametna mobilnost (promet i ITC)	- dostupnost ICT infrastrukture - održiv, inovativan i siguran sustav prijevoza - lokalna dostupnost - (inter) nacionalna dostupnost
Pametno gospodarstvo (kompetitivnost)	- inovativnost - poduzetništvo - gospodarska slika i zaštitni znak - međunarodna prepoznatljivost - fleksibilnost radne snage - produktivnost - sposobnost transformacije
Pametan okoliš (prirodni resursi)	- atraktivnost prirodnih uvjeta - upravljanje održivim izvorima - zaštita okoliša - zagađenje
Pametan život (kvaliteta života)	- ustanove kulture - zdravstveni uvjeti - individualna sigurnost - kvaliteta stanovanja - obrazovne ustanove - turistička atraktivnost - socijalna kohezija

utvrdila šest ključnih obilježja s 33 ključna čimbenika, kako je prikazano u tablici 1.

Ovako definiranim postavkama pametnog grada određena su polja djelovanja koja nisu zasnovana isključivo na tehnološkim premisama te omogućuju prilagodbu akcijskih planova razvoja gradova lokalnim prilikama. Ova obilježja su potom korištena u brojnim studijama za razvoj pokazatelja uspješnosti [40, 41] te razrađenijih okvira i strategija kojima se određuju ciljevi razvoja pametnih gradova. Ipak, nejasno je zašto se nigdje ne spominje kvaliteta urbanističkog planiranja kao jedan od bitnih elemenata kvalitete izgrađenog okoliša. Kod zgrada je kvaliteta prepoznata kao atraktivnost, no kvaliteta urbanih prostora, a posljedično i zgrada, postignuće je kvalitete planskih rješenja.

Iako je 2014. godine predložena nova definicija pametnog grada [24], koja predstavlja opis modela realizacije pametnoga grada, obilježja i čimbenici (iz 2007. godine) zadržani su u izvornom obliku.

Današnji okvirni ciljevi razvoja gradova određeni su globalno, ciljevi EU razvojnih politika određeni su na temelju sporazuma usvojenog na Pariškoj konferenciji o klimi (COP21) 2015. godine i Agende za održivi razvoj UN, iz iste godine [42].

Pariški sporazum je prepoznao ulogu gradova i pozvao ih na akciju s ciljem smanjenja stakleničkih plinova i prilagodbe gradova klimatskim promjenama. Taj sporazum je do danas ratificiralo 186 od 197 zemalja potpisnica koje proizvode 89,38 % negativnog utjecaja na okoliš. Kako su SAD podnijele zahtjev za izlaskom iz sporazuma koji stupa na snagu 1. studenoga 2020., nakon tog datuma bit će 185 zemalja potpisnica sa 71,49 % negativnog utjecaja na okoliš [43].

Prema Agendi UN za održivi razvoj potrebno je osigurati pristup sigurnom, dostupnom, pristupačnom i održivom prometnom sustavu, poboljšati inkluzivnu i održivu urbanizaciju i smanjiti štetan utjecaj gradova na okoliš po glavi stanovnika. Slijedom navedenog, Europska energetska unija i Smjernice energetske i klimatske politike za 2030. godinu definirale su ambiciozne ciljeve:

- smanjiti emisiju stakleničkih plinova za najmanje 40 % do 2030. godine
- povećati udjele korištene obnovljive energije (najmanje 27 %)
- uštedjeti najmanje 27 % energije, ali razmotriti "misao o EU razini od 30 % uštede"
- povećati Europsku energetsku sigurnost, konkurentnost i održivost [44].

Također, kako bi se urbana područja učinila održivim, podržava se i ohrabruje inicijativa za pametne gradove jer projekti pametnih gradova imaju iznimno važnu ulogu. Glavni je cilj projekata pametnih gradova poboljšati održivost grada i kvalitetu života njegovih stanovnika objavljujući rješenja koja su u stanju riješiti urbane probleme na efikasan način [45].

Nije slučajno da je naglasak razvojnih politika na energetici i klimi, budući da su te dvije teme uzročno-posljedično vezane. Ublažavanje efekta staklenika, osim što čuva energetske resurse, indirektno (pozitivno) utječe na stanje okoliša te ostvaruje postulate održivosti gradova. Na taj način navedeni ciljevi pokrivaju više od jednog obilježja pametnog grada. No bez pametnog uslužnog sustava i nadalje ne možemo govoriti o pametnom, već samo o održivom gradu.

Ovo saznanje je bitno kod izrade inicijativa i strategija razvoja jer se kvalitetno osmišljenim pristupom, kroz niz malih koraka može napraviti jednako, pa i više od koncentracije samo na jedno obilježje grada. Mjere kojima održivi grad postaje pametan široko su definirane. Zasnivaju se na implementaciji pametnog uslužnog sustava čiji fragmenti se mogu naći u brojnim obilježjima pametnoga grada jer obuhvaćaju među ostalim:

- korištenje resursa: proizvodnja, skladištenje i potrošnja energije; korištenje održivih izvora energije, zbrinjavanje otpada, upravljanje vodama, zaštita okoliša.
- upravljanje: upravljanje sustavima grada, kao što su npr. prometni sustav, uravnoteženje opskrbe energijom ili pitkom vodom.
- kontrolu i sigurnost: nadzor i kontrola javnih prostora, prometnih sustava, sigurnost,
- povezivanje: umreženost pametnih uslužnih sustava – IoT, umreženost sa pametnim uslužnim sustavima zgrada/građevina, interakcija s korisnicima (komunikacija/obavijesti u realnom vremenu, odziv pametnih uslužnih sustava na zahtjeve i navike korisnika.
- mobilnost: E-mobilnost (sustavi punjenja e-vozila), pametni prometni sustavi.

Ovaj popis nije konačan, treba ga neprestano valorizirati i prilagođavati tehnološkim mogućnostima i budućim potrebama (trendovima).

Kontrolu stanja razvoja, kako nulte faze tako i praćenje učinaka provedbe pojedinih mjera, moguće je valorizirati pomoću pokazatelja uspješnosti, no u tom slučaju potrebna je široka paleta pokazatelja koja pokriva sva obilježja grada.

Kroz razvoj pokazatelja uspješnosti preformulirana su obilježja grada i njihov broj može biti u rasponu od 3 (gospodarstvo,



Slika 3. Primjer pametnih uslužnih sustava grada [46]

okoliš, društvo i kultura) do 22 (gospodarstvo, obrazovanje, energija, promjene okoliša i klime, financije, uprava, zdravlje, stanovanje, populacija i društveni uvjeti, rekreacija, sigurnost, postupanje s otpadom, sport i kultura, telekomunikacije, promet, gradska/ lokalna agrikultura i opskrba hranom, urbanističko planiranje, otpadne vode i vode), a ovisno o normi/tehničkom propisu/preporuci [41] koja se želi primijeniti:

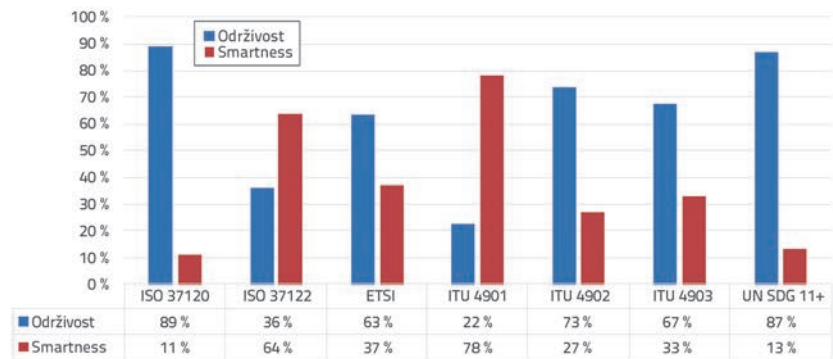
- norma:
 - ISO 37120:2018 održivi razvoj zajednica - pokazatelji gradskih usluga i kvalitete života,
 - ISO 37122:2018 (nacrtni) održivi razvoj u zajednici - pokazatelji za pametne gradove,
- tehnički propis:
 - ETSI TS 103 463 – održivi digitalni višeslužni grad
 - ITU-T Y.4901/L.1601 - upotreba ICT tehnologije u pametnim održivim gradovima
 - ITU-T Y.4902/L.1602 - utjecaj na održivost ICT tehnologije pametnih gradova
 - ITU-T Y.4903/L.1603 - pametni održivi gradovi – ostvarenje ciljeva održivog razvoja
- preporuka:
 - UN SDG Ciljevi održivog razvoja 11 + monitoring.

Na slici 4. prikazani su rezultati valorizacije istoga grada različitim pokazateljima i vidljivo je da predloženi modeli valorizacije, u skladu s ukupno definiranim brojem pokazatelja (18 - 104) [41] i područjem primjene za posljedicu imaju teško usporedive, neujednačene rezultate valorizacije.

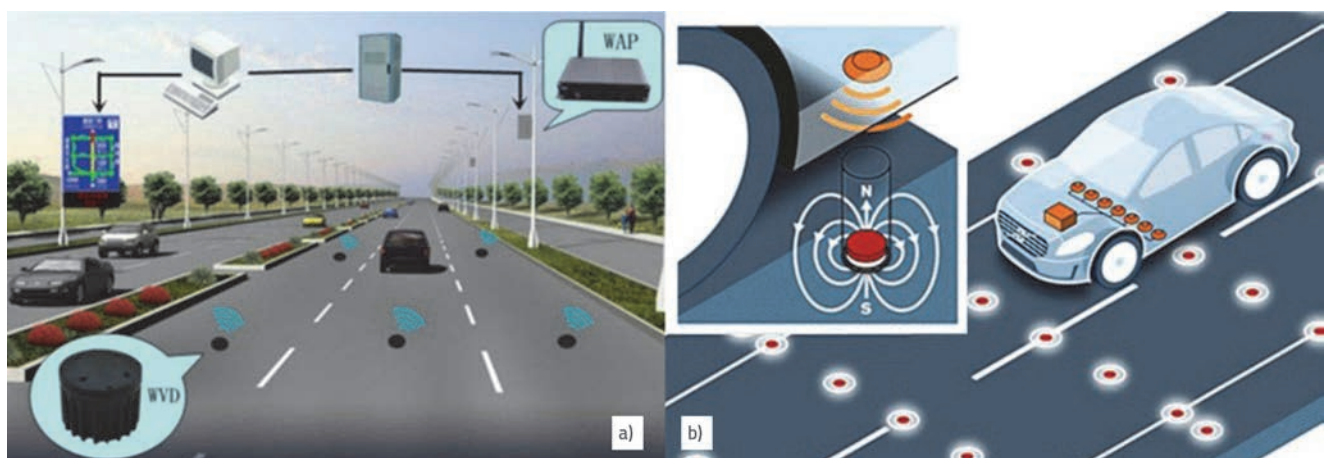
Iz primjera implementiranih inicijativa vidljivo je da su najzastupljenije one koje se zasnivaju na unapređenju mobilnosti, mreže i protoka informacija te zaštiti okoliša. Mogže se izdvojiti nekoliko primjera gradova koji prednjače u postignućima:

- Kopenhagen: danska prijestolnica nagrađivana je u više navrata za svoj rad na stvaranju zelenijeg, životno privlačnijeg i održivijeg grada. Kako bi postigao ambiciozni cilj da postane prvi svjetski glavni grad bez emisija CO₂ do 2025., grad je odlučan uvesti nova i inovativna rješenja u prometu, postupanje s otpadom, upravljanju vodama, grijanju i korištenju alternativnih izvora energije [47].
- Singapur: pionir razvoja pametnih gradova danas ga karakterizira razgranata i brza mreža kojom se grad služi kako bi kontrolirao iznimno gusti promet, ali i omogućio stanovnicima da prate potrošnju energije u svojim domovima. Količina raspoloživih podataka i aplikacija koji omogućavaju njihovo korištenje kontinuirano raste [48].
- Beč: uravnotežen razvoj svrstava ga među prvih 25 gradova svijeta u sedam od devet vrednovanih kategorija [49]. Najbolje je ocijenjen u kategorijama: kvalitetan prometni sustav, internacionalna prepoznatljivost, korištenje visokih tehnologija te očuvan okoliš, što su ujedno karakteristični prepoznatljivi elementi grada. Ove godine dobio je nagradu za globalno najbolju strategiju razvoja [50].

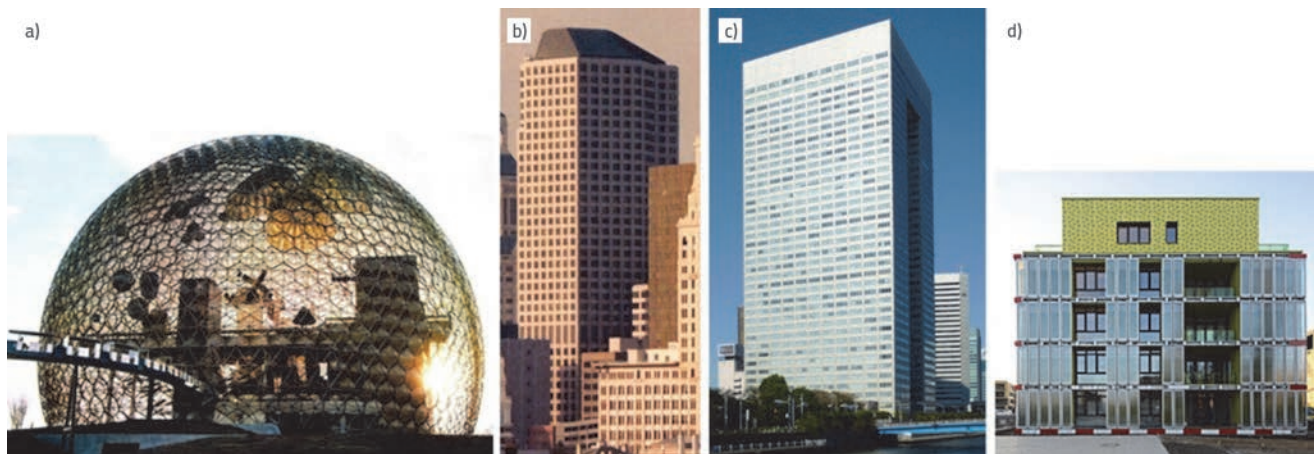
No, osim uvođenja novih tehničkih/tehnoloških rješenja i inovativnim pristupom rješavanju izazova primjerice urbanog prometnog sustava, doživljaj grada će se promijeniti u trenutku



Slike 4. Grafička usporedba pokazatelja – održiv naspram pametan [41]



Slika 5. a) cestovni senzori; b) sustav punjenja električnih vozila [51a, 51b]



Slika 6. a) Paviljon SAD-a; b) Cirty Place; c) Toshiba Headquaters; d) BIQ building [55a, 55b, 55c, 55d]

kada zažive rješenja koja su u razvoju. Integracija senzora i pametnih uslužnih sustava omogućuje naprimjer bežično punjenje EV, a prikupljanje informacija o gustoći prometa, stanju kolnika i slično omogućit će da prometnice, kao i zgrade, postaju pametne.

5. Pametne zgrade

Koncept pametne zgrade, koji je nastao 80-ih godina 20. stoljeća, zasnivao se na primjeni složenih centraliziranih elektroničkih sustava koji omogućuju kontrolu (automatsko upravljanje) zgrade, sustave podrške audiokomunikacije i razmjene podataka [23].

Prvim nagovještajem koncepta (i primjena visoke tehnologije) može se smatrati američki paviljon, arhitekta Buckminstera Fullera, sa svjetske izložbe EXPO 1967. godine u Montrealu. Jedna od prvih automatiziranih klimatski prilagodljivih ovojnica bila je kupola toga paviljona, izrađena od prozirnih akrilnih ploča. S unutarnje strane kupole postavljeni su računalno kontrolirani platneni brisoleji, čiji položaj se računalno kontrolirao i prilagođavao kretanju Sunca [52].

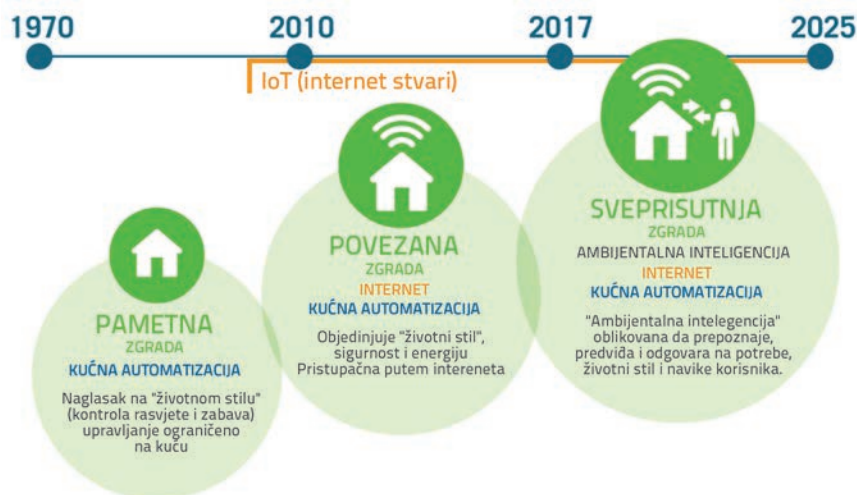
Ipak, epitet prve pametne zgrade na svijetu ponijela je zgrada City Place koja je dovršena 1983. godine u Hartfordu, u Sjedinjenim Američkim Državama [53]. Zasluge za to ne pripadaju ni arhitektu, niti investitoru, već korporaciji UTBS (United Technology Building Systems) koja je od 1981. strastveni zagovornik koncepta pametne (izv. inteligentne) gradnje u SAD i čiji je sustav klimatizacije ugrađen u tu zgradu. Naime, iako su se slični sustavi komunikacije i automatizacije koristili u određenoj mjeri u ostalim zgradama, prije zgrade City Place u Hartfordu pojam "inteligentna zgrada" nije korišten. Taj pojam je komentiran u New York Timesu: *Inteligentna u ovom slučaju znači*

da će usluge svake zgrade biti orkestrirane računalnim sustavom i povezane mrežom optičkih vlakana ... Bit će integrirane funkcije poput grijanja, ventilacije, rasvjete, transporta, sigurnosti, zaštite od požara i, što je najvažnije, telekomunikacijskih i elektroničkih uredskih usluga, što će ekonomizirati gradnju i upravljanje [54].

Sljedeće, 1984. godine, podružnica korporacije UTBS završila je prve pametne zgrade - Tower 49 u New Yorku i LTV Center u Dallasu, a također te godine je i u Japanu dovršena zgrada Toshiba headquarters building [56] te se utjecaj ovog trenda proširio svijetom. U novije vrijeme realizirane su i prve zgrade koje istražuju mogućnost energetske samodostatnosti, kao što je zgrada BIQ u Hamburgu 2013. godine [57].

Današnji sustavi pametnih zgrada nadrasli su osnovni koncept iz osamdesetih godina prošlog stoljeća prije svega zahvaljujući intenzivnom razvoju računarstva.

Ne ulazeći u detaljniji prikaz razvoja računalnih sustava koji su znatno utjecali na razvoj koncepta pametne zgrade, a koji se mogu naći u literaturi [58], pojednostavljeni prikaz njegova razvoja moguće je prikazati u tri faze tijekom proteklih nešto više od trideset godina (slika 7.).



Slika 7. Razvoj koncepta pametne zgrade [25]

Kao što se vidi iz razvoja koncepta pametne zgrade, broj njenih funkcija je ograničen samo stupnjem tehnološkog razvoja te se on treba shvatiti kao "živ" sustav koji se razvija i može se dopuniti ili nadograditi novim funkcijama. Štoviše, može se reći da je vidljiv utjecaj Moorovog zakona [59] - pojma koji je nastao 70-ih godina prošlog stoljeća, po Gordonu E. Mooreu, koji je predvidio da će se brzina procesora ili sveukupne procesorske snage računala udvostručiti svake dvije godine (stopa rasta bila je stabilna u razdoblju 1975. - 2012., nakon čega je došlo do usporavanja rasta). Činjenica da se uslužni sustavi naslanjaju na procesorsku snagu računala te da ih je moguće unaprijediti samo uz njeno odgovarajuće povećanje, pokazuje da je preko konceptata pametne zgrade i grada proširen utjecaj računarstva i na sve segmente graditeljstva. Također, Mooreov zakon implicira da su računalni sustavi podložni kontinuiranom razvoju (promjenama), što će se reflektirati i kod pametnih zgrada (i gradova). Danas pametnim zgradama nazivamo sve one zgrade koje imaju neki pametni uslužni sustav koji pomaže ljudima upravljati

zgradom ili upravlja zgradom samostalno. Pametni uslužni sustav predstavlja novi sloj kojim je nadograđen koncept (ne samo energetski) održive kuće, na način da se koristi kako bi se optimizirali pozitivni učinci suvremenih sustava instalacija zgrade (grijanja, hlađenja, rasvjeta, i dr.) s ciljem uštede, ali i poboljšanja kvalitete životnog/radnog okruženja u zgradama [60].

Međutim, ono što uistinu razlikuje pametne zgrade od tradicionalnih zgrada (u kojima može ili ne mora biti prisutna djelomična automatizacija, npr. upravljanje grijanjem ili hlađenjem) jest integracija tehnologije, sustava i strukture te osiguranje potpune interakcije s korisnicima.

Pametna zgrada prikuplja podatke, provodi njihovu sustavnu analizu te u interakciji s korisnicima upravlja integriranim sustavima zgrade i prilagođava funkcije zgrade potrebama korisnika. Osim toga, utjecaj pametne zgrade i njenih uslužnih sustava moguće je proširiti i izvan zgrade - na kontrolu/regulaciju njezinog neposrednog okoliša.



Slika 8. Pametni uslužni sustavi zgrade [61]

Tablica 2. Obilježja i čimbenici pametne zgrade

Obilježja	Čimbenici	
Svojstva zgrade	- lokacija - orijentacija - izolacija - pokazatelji zgrade (površina, volumen i dr.) - inovativnost	- ovojnica - materijali - atraktivnost - fleksibilnost
Upravljanje resursima	- potrošnja - pametno praćenje i kontrola resursa	- proizvodnja - skladištenje
Dinamička operabilnost	- odzivna potražnja energije	- dinamična cijena resursa
Korištenje održivih izvora energije	- energija Sunca - daljinski sustavi održivih izvora energije	- energija zraka - energija tla
Veze i sigurnost	- Interna povezanost - eksterna povezanost	- odzivnost - kontrola pristupa
Fleksibilnost	- spremnost za prihvata EV	- razvoj sustava

Postoji više prijedloga obilježja, odnosno pokazatelja pametne zgrade. BPIE je 2016. godine predložio deset mjera za dekarbonizaciju Europskog stambenog fonda [62], a godinu dana kasnije to je preoblikovano u obilježja pametnih zgrada [63], koja bi se trebala zasnivati na:

I. kvalitetnim svojstvima zgrade u pogledu

- smanjene potražnje energije
- većeg korištenja lokalnih izvora obnovljive energije
- zdravog i ugodnog unutarnjeg prostora zgrade za njene korisnike;

II. dinamičkoj operabilnosti

- omogućavanje kontrole korisnicima nad korištenjem energije
- poboljšana mogućnost optimizacije komfora, kvalitete zraka u zatvorenom, dobrobiti i
- operativnih zahtjeva;

III. odzivnosti energetske sustava

- optimiziranje rada povezanih energetske sustava i vanjske infrastrukture.

U skladu s predloženim mjerama i obilježjima pametne zgrade izrađeno je i više studija koje su se bavile definiranjem

pokazatelja [64, 65] za evaluaciju novih, ali i za objektivno vrednovanje i procjenu spremnosti postojećih, tradicionalno građenih zgrada da se obnove uzimajući u obzir nove zahtjeve.

Iz navedenog se može iščitati da su pokazatelji BPIE naglašeno usmjereni na energetske učinkovitost zgrade, odnosno da su u cijelosti u duhu ciljeva razvoja EU, što je vidljivo primjerice iz promjene Direktive 2010/31/EU o energetskim svojstvima zgrada i Direktive 2012/27/EU o energetske učinkovitosti. Promjena je napravljena kako bi se osigurala realizacija ciljeva EU koji se odnose na povećanje udjela obnovljive energije u potrošnji te uštedi energije u korištenju [66].

U tablici 2. prikazana su obilježja i čimbenici pametne zgrade dobiveni analizom i sistematizacijom prethodno navedenih mjera [62], obilježja [63] te pokazatelja za ocjenu spremnosti postojećeg građevinskog fonda za prilagodbu [64, 65].

Zahtjevi koji su posljedica obilježja pametne zgrade mogu se ostvariti raspoloživim građevnim materijalima i tehnologijama građenja, no kontinuirani razvoj koncepta pametne zgrade zahtijeva daljnja ulaganja u istraživanje i razvoj novih (pametnih) materijala i inovativnost.



Slika 9. Zgrade: a) The Edge; b) Mansion ZCB; c) Duke energy center [70a, 70b, 70c]

Primjeri recentno izvedenih pametnih zgrada (slika 9.) su:

- The Edge, komercijalna zgrada u Amsterdamu, ima više od 30.000 senzora povezanih sa sustavom upravljanja zgrade putem IoT. Sustav mjeri kretanje, temperaturu i razinu svjetla te prilagođava svoj rad na temelju zauzetosti prostora. The Edge koristi oko 70 % manje električne energije od prosječne poslovne zgrade [67].
- Mansion ZCB, prva zgrada s nultom emisijom ugljika u Hong Kongu, kombinacijom elemenata pasivne kuće i visokoučinkovitih energetske sustava (HVAC i BMS) zgrada je htjela postići status "energy+" koji nadilazi status energetske neutralne zgrade i stvara električnu energiju veću od planirane potrošnje. BMS sustav kontrolira zgradu i ima oko 2.800 senzora [68].
- The Duke Energy Center in Charlotte, North Carolina, ima automatizirane sustave za upravljanje potrošnjom energije, klimatizacijom i rasvjetom. Zgrada također ima podzemne spremnike za skladištenje vode i sustave za praćenje oborina i stope isparavanja kako bi se optimizirala potrošnja vode za krovni vrt i okolni otvoreni prostor [69].

6. Integracija pametnih uslužnih sustava grada i zgrada

Formiranje sveprisutnog računarstva zasniva se na integraciji i sustavnom umrežavanju pametnih uslužnih sustava koji upravljaju zgradama i gradom te njihovoj interakciji s korisnicima. Prvi korak predstavljalo je oblikovanje i materijalizacija interneta stvari (u daljnjem tekstu: IoT) - povezivanje npr. kućnih uređaja s mrežom i omogućavanje interakcije sa sustavom zgrade ili grada ili s korisnikom. Prema definiciji, IoT je globalna infrastruktura za informacijsko društvo, koja povezivanjem (fizičkih i virtualnih) stvari omogućuje napredne usluge koje se temelje na postojećim i razvijajućim stvarima interoperabilne informacijske i komunikacijske tehnologije [71].

Sljedeći korak je sustavno opremanje zgrada/građevina različitim senzorima i uređajima koji će zajedno s IoT

omogućiti prikupljanje/razmjenu podataka, obradu/reakciju na prikupljene podatke, kao i daljnju interakciju s korisnicima.

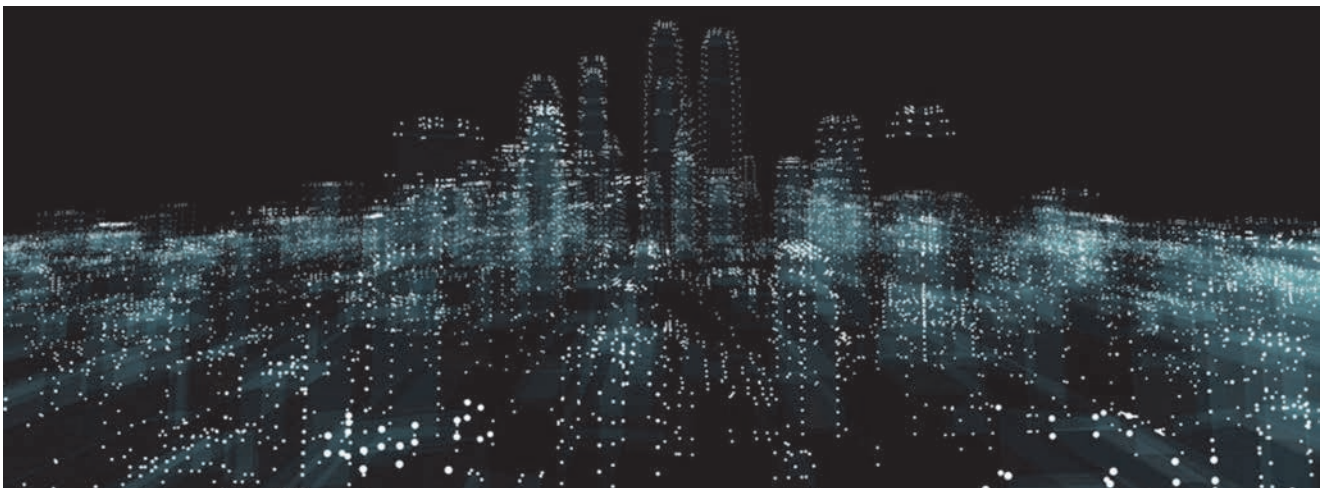
Budući da je broj pametnih uređaja prije desetak godina nadmašio broj stanovnika na planetu, a da se 2020. godine predviđa da će ih biti gotovo 31 milijarda [72], slika urbanog pejzaža kojeg oni tvore izgledala bi približno kao slika grada na slici 10.

Glavna prednost umrežavanja gradskih pametnih uslužnih sustava i pametnih zgrada je optimizacija gradskih infrastrukturnih sustava (energija, voda, promet). Mogućnosti koje takva integracija i interakcija sustava pruža zasada su bile ograničene samo tehnologijom prijenosa podataka, što se promijenilo s 5G mrežom, čija brzina prijenosa podataka je dostatna za uvođenje npr. autonomnog prijevoza vozilima. Očekuje se da će se ovaj standard brzine ubrzo i povećati, što će omogućiti daljnji razvoj i interakciju tih sustava.

Ne zanemarujući šire društvene i tehnološke posljedice razvoja IoT, potrebno je istaknuti sinergijski odnos pametnih uslužnih sustava pametnog grada i pametne zgrade (pametnih zgrada). Danas se njihovi učinci istražuju u raznim područjima, no za ostvarenje optimalnih pokazatelja uspješnosti potrebna je sinergija svih sustava grada (infrastruktura, promet, uprava, i dr.). Ova činjenica je i razlog zašto se suvremene gradske četvrti ili gradski blokovi već danas grade kao pametni, jer je njihov sinergijski učinak mnogo veći nego učinak pojedinačne zgrade. U Europi je trenutačno u realizaciji 8 projekata koji uključuju 27 lokacija (gradskih četvrti ili blokova) u 25 gradova iz 13 različitih zemalja gdje se predstavlja energetske učinkovita obnova gradova i zajednica [74], a na globalnoj razini taj broj je daleko veći.

7. Izazovi razvoja pametnih gradova i zgrada

U dvadeset prvom stoljeću rast, ekonomska vrijednost i kompetitivna diferencijacija gradova sve će više biti poticana ljudima i njihovim vještinama, kreativnošću i znanjem, kao i sposobnostima gospodarstva da stvara i apsorbira inovacije.



Slika 10. Sveprisutni sustavi pametnoga grada [73]

Da bi se natjecali u ovom novom gospodarskom okruženju, gradovi će morati bolje implementirati naprednu informacijsku tehnologiju, analitiku i sustavna razmišljanja kako bi razvili pristup uslugama koji je orijentiran prema građanima. Na taj način oni mogu bolje privući, stvoriti, omogućiti i zadržati vještine, znanje i kreativnost svojih građana [75].

Pametni gradovi i zgrade razlikuju se od "tradicionalnih" (održivih) gradova i zgrada prije svega po novom sloju – pametnom uslužnom sustavu. U kontekstu vidljivih fizičkih promjena one su male u smislu promjene urbane strukture ili fizičke strukture zgrade, no korist koju je moguće ostvariti korištenjem pametnih sustava i njihovim sustavnim povezivanjem, od razine zgrade, ulice ili četvrti do razine grada, ogleda se i u društvenim i u tehnološkim promjenama kojima unapređujemo izgrađeni okoliš i osiguravamo kvalitetniji život za stanovnike / korisnike. Kao što je već u uvodu rečeno, u većini slučajeva kod gradova se radi o unapređenju postojećih gradova. Cjeloviti pametni gradovi poput Masdara (Ujedinjeni Arapski Emirati) ili PlanIT Valley (Portugal) rijetka su pojava.

Izazovi koji se mogu naći u literaturi [76, 77] usmjereni su na lokalne probleme, no ipak, nakon analize moguće je izvršiti pregled osnovnih područja na kojima se budući razvoj pametnih gradova i zgrada suočava s izazovima, to su:

- tehnološki razvoj:
 - sustavi prikupljanja podataka i njihovog procesuiranja (izv. Big data), umjetne inteligencije (računalnog učenja) te uređaja i mreže (IoT), interoperabilnosti
- održivo korištenje resursa i zaštita okoliša:
 - energetska učinkovitost, unapređenje infrastrukturnih
 - sustava grada, unapređenje sustava upravljanja otpadom
- unapređenje prometnog sustava sigurnosti:
 - upravljanje prometom, javni promet, pametna mobilnost
 - privatnost, sigurnost stanovnika i korisnika, sigurnost
 - pametnih uslužnih sustava
- ljudski resursi:
 - edukacija, javna uprava.

Preduvjet realizacije ciljeva su inicijative i strategije koje su razumljive, općeprihvaćene, koncentrirane na stvarne (lokalne) probleme, kojima se osigurava ravnomjeran razvoj grada. One se moraju zasnivati na zahvatima koji su ostvarivi u zadanom razdoblju, pri čemu je potrebno voditi računa o sinergijskim učincima predloženih inicijativa. Prilike koje se pri tome mogu uočiti u sektoru graditeljstva su sljedeće:

- a) Globalno snažno jačanje tržišta koje se odnosi na pametne gradove i zgrade
- b) Prilagodba graditeljstva novim zahtjevima tržišta.

a) Globalno snažno jačanje tržišta koje se odnosi na pametne gradove i zgrade

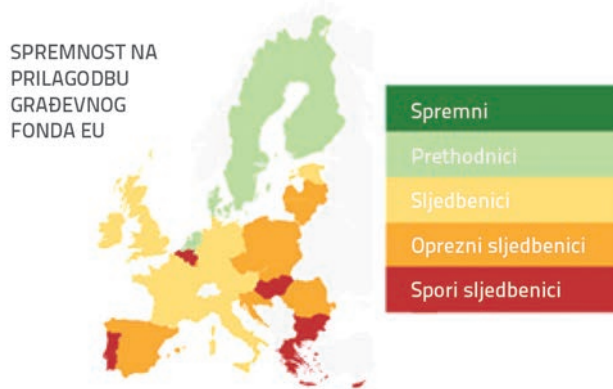
Danas su gradovi općenito postali velika gradilišta. Ekonomske analize tržišta pametnih gradova i zgrada pokazuju iznimne procjene njihove vrijednosti:

- Za tržište pametnih gradova (ova procjena uključuje i pametne zgrade) procjenjuje se da će imati stabilnu stopu rasta od 18 %

do 2025. godine. Procjene su da će 2020. godine ono vrijediti 1.565 milijardi dolara, [78] uz stabilnu stopu rasta >18 % do 2025. godine. Udio graditeljskog sektora procijenjen je na 32,5 % sume [79].

- Za tržište pametnih zgrada procjenjuje se da će imati stabilnu stopu rasta od 15 % godišnje te da će sa 233 milijarde dolara 2015. godine narasti na 980 milijardi dolara 2025. godine. EU nije najjače tržište, no procjenjuje se da će do 2025. njegov udio narasti na 24 % [80].

Vrijednost tržišta uvelike se zasniva na procjeni stanja građevinskog fonda. Tako se, prema istraživanju provedenom 2016. godine [25], procjenjuje da oko 75 % europskoga građevinskog fonda ne zadovoljava standarde energetske učinkovitosti i potrebno ga je unaprijediti. Slično je stanje i u području infrastrukture.

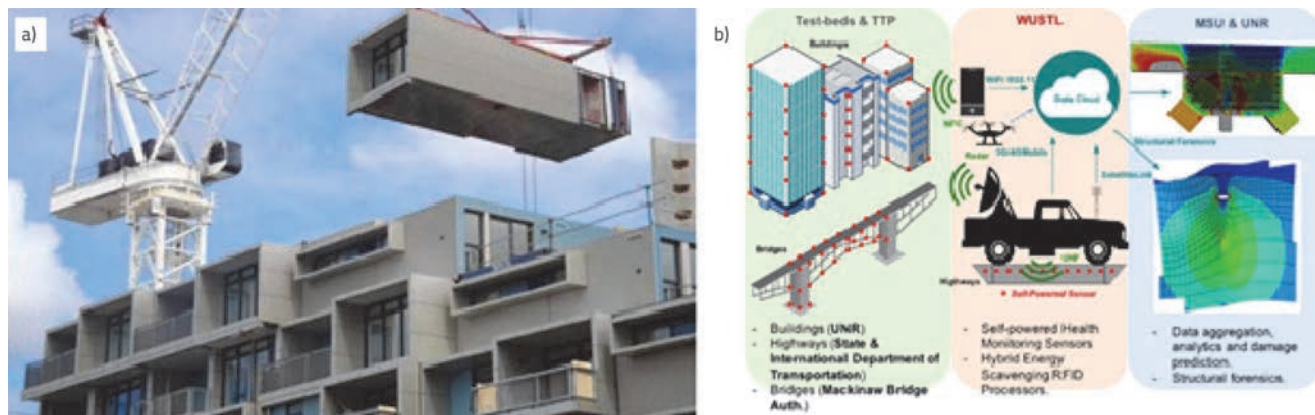


Slika 11. Spremnost na prilagodbu građevinskog fonda u EU [15]

b) Prilagodba graditeljstva novim zahtjevima tržišta

Pojam pametan povezuje se s dinamičnim i prilagodljivim postavkama sustava koji je dijelom zasnovan na znanosti. Nedostatna je kontinuirana edukacija svih sudionika u gradnji kako bi se usvojili svi aspekti promijenjene tehnologije izrade projekta, budući da primjena ICT-a omogućava upravljanje kontrolirati svim fazama projektiranja, gradnje, a naročito optimizirati učinkovitost svih sustava zgrade u korištenju [81]. Upravo znanstveni pristup koji je utemeljen na razvoju sektora istraživanja i razvoja te poticanju inovativnosti može ponuditi rješenje budućeg razvoja, pri čemu treba ustrajati na globalnoj konkurentnosti. Neke od prilika koje se pružaju kao posljedica tehnološkog unapređenja jesu:

- građenje [83]:
 - naglasak je na smanjenju udjela radova koji se obavljaju *in situ*
 - primjena inovativnih tehnologija građenja
 - razvoj i primjena novih i "pametnih" materijala
 - kontrola izvedenog stanja i potvrda ili korekcija podataka iz BIM modela (izv. Building Information Modeling)
- uporaba zgrade:
 - promjena koncepta upravljanja.



Slika 12. a) gradnja predgotovljenim elementima; b) senzori za nadzor konstrukcije [82a, 82b]

Primjena BIM programskih paketa u prethodnim fazama gradnje pojednostavljuje korištenje sličnog programskog paketa za upravljanje zgradom u korištenju - BMS (izv. *Building Management System*), a koji omogućuje nadzor stanja zgrade u realnom vremenu.

8. Zaključak

Pametni gradovi i zgrade u proteklih više od trideset godina su, od intrigantne vizije i zanimljivog koncepta, postali globalno prisutan fenomen čiji utjecaj se ogleda u brojnim direktnim i indirektnim promjenama, ne samo u području graditeljstva već i u svim aspektima života. Senzori, mreže i računala postali su dio naše svakodnevice, a njihov razvoj je konstanta.

Promjene su vidljive u pristupu tijekom svih faza gradnje i životnog ciklusa građevina, no da bi se omogućila potpuna integracija ovih tehnologija u naše životno okruženje, nužne su promjene u pogledu sve većeg korištenja sektora istraživanja

i razvoja u području novih (pametnih) materijala i inovativnog pristupa gradnji.

Kada govorimo o fizičkoj strukturi, razlika između pametnog i "tradicionalnog" (održivog) grada/zgrade očituje se, prije svega, u prisutnosti pametnog uslužnog sustava koji predstavlja tek jedan novi sloj u ukupnosti urbanog tkiva ili strukture zgrade. Njegova je posebnost u tome što da je kompleksan, podložan promjenama i sposoban je učiti (evoluirati).

Razvoju pametnih gradova i zgrada nedostaju jedinstveni standardi, koji su potrebni radi interoperabilnosti elemenata grada/zgrade, odnosno valorizacije stanja (pokazatelja uspješnosti).

Potrebno je upozoriti da ovo tehnološko osuvremenjivanje zgrada/gradova ne može nadoknaditi nedostatke koji su posljedica loših odluka u planiranju urbanih prostora ili projektiranju zgrada. Kvaliteta urbanih prostora, zgrada ili građevina ipak je u konačnici posljedica kvalitete plana odnosno projekta - npr. kod zgrada njene optimalne orijentacije, lokacije i organizacije primarnih funkcija, odabira građevnih materijala.

LITERATURA

- [1] Global Smart Cities Market to Reach US\$1.56 Trillion by 2020 Finds Frost & Sullivan, 2014., www.newswiretoday.com/news/148711/, 02.07.2019.
- [2] Tan, Y., Velibeyoglu, K., Martinez-Fernandez, C.: Rising knowledge cities: the role of urban knowledge precincts, *Journal of Knowledge Management*, 12 (2008) 5, <https://doi.org/10.1108/13673270810902902>, 24.08.2019.
- [3] Ishida, T.: Digital City Kyoto: Social Information Infrastructure for Everyday Life, *Communications of the ACM*, September 12, 2000., https://www.researchgate.net/publication/2397855_Digital_City_Kyoto_Social_Information_Infrastructure_for_Everyday_Life, 25.06.2019.
- [4] Downey, J., McGuigan, J.: *Technocities*, London: SAGE, 1999.
- [5] Poggenpohl, S., et al.: The alphabet highway: literacy in a digital context. *Information Design Journal*, 8 (1995) 3, pp 267-278, <https://doi.org/10.1075/idj.8.3.08pog>, 10.06.2019.
- [6] Komninos, N., Mora, L.: Exploring the Big picture of smart city research, *Scienze Regionali*, January 2018, <https://doi.org/10.14650/88815>, 23.06.2019.
- [7] Dameri, R.: Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal, *International Journal of Computers & Technology*, 11 (2013) 5, pp. 2544-2551, <https://doi.org/10.24297/ijct.v11i5.1142>, 02.07.2019.
- [8] Clements-Croome, D.J.: What do we mean by intelligent buildings?, *Automation in Construction*, September 1997, [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(97\)00018-6](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(97)00018-6), 26.08.2019.
- [9] Wigginton, M., Harris, J.: *Intelligent Skins*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.
- [10] Wong, J.K.W., Li, H., Wang, S.W.: Intelligent Building Research: A Review, *Automation in Construction*, 14 (2005), pp. 143-159, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.06.001>, 25.06.2019.

- [11] Sturgeon, T.J.: How Silicon Valley Came to Be, u *Understanding Silicon Valley: Anatomy of an Entrepreneurial Region*, ur. Kenney M., Stanford University Press, 2000., https://www.researchgate.net/publication/228601562_How_Silicon_Valley_came_to_be, 01.09.2019.
- [12.a] <https://www.flickr.com/photos/businesshistory/2559436745>, 05.09.2019.
- [12.b] <https://www.fastcompany.com/1686634/stanford-universitys-unique-economic-engine>, 05.09.2019.
- [13] Castells, M., Hall, P.: *Technopoles of the World*, Routledge. London, 1994
- [14] Oh, D.S., Phillips, F.: *Technopolis*, Springer-Verlag London, pp. 43-65, 2014., https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5508-9_3, 02.007.2019.
- [15] Saxenian, A.: *The Genesis of Silicon Valley, Built Environment, Silicon Landscapes: High-technology and Job Creation*, Alexandrine Press, 9 (1983) 1, pp. 7-17.
- [16] Mega, V., Pedersen, J.: *Urban Sustainability Indicators*, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 1998., https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_files/pubdocs/1998/07/en/1/ef9807en.pdf 10.06.2019.
- [17] Report of the World Commission on Environment and Development: *Our Common Future*, 1987., <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>, 23.06.2019.
- [18] Bac, D.P.: *History of the concept of sustainable development: literature review*, <https://www.researchgate.net/publication/242219096>, 02.07.2019.
- [19] Lienhard, J.H.: *Engines of our ingenuity - No. 574: CORNELIUS DREBBEL*, www.uh.edu/engines/epi574.htm, 25.08.2019.
- [20] Green, A.: *A Brief History of Air Conditioning*, 2015, www.popularmechanics.com/home/how-to/a7951/a-brief-history-of-air-conditioning-10720229/, 25.08.2018.
- [21] Weiser, M.: *The Computer for the 21st Century*, SCIENTIFIC AMERICAN, Sep/1991, pp. 66-75, www.lri.fr/~mbl/Stanford/CS477/papers/Weiser-SciAm.pdf, 10.06.2019.
- [22] Glasmeiera, A., Christopherson, S.: *Thinking about smart cities; CAMBRIDGE JOURNAL OF REGIONS, ECONOMY AND SOCIETY*, 8 (2015.), pp. 3-12; doi:10.1093/cjres/rsu034
- [23] Fantana, G.J., Oae, S.A.: *Evolution of Smart Buildings*, *Proceedings of the 2013. International Conference on Environment, Energy and Development*, pp. 223-225, 2013. www.inase.org/library/2013/venice/bypaper/EEEAD/EEEAD-33.pdf, 11.06.2019.
- [24] Manville, C., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pederson, Kevin, J., Thaarup, R.K., Liebe, A., Wissner, M., Massink, R., Kotterink, B.: *Study - Mapping smart cities in the EU; EU Parliament, Directorate General for the Internal Policies, Policy department A: Economic and Scientific Policy*, 2014., [www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf), 12.06.2019.
- [25] De Groote, M., Volt, J., Bean, B.: *Smart Buildings Decoded; Building Performance Institute Europe (BPIE)*, 2017.
- [26] Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., Meijers, E.: *Smart Cities - Ranking of European medium-sized cities*; Vienna University of Technology, 2007.
- [27] Albino, V., Berardi, U., Dangelico, R.M.: *Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives*, *Journal of Urban Technology*, 22 (2015) 1, pp. 3-21, <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>, 25.06.2019.
- [28] Mortensen, J., Rohde, F.J., Kristiansen, K.R., Kanstrup-Clausen, M., Lubanski, M.: *Danish Smart Cities: sustainable living in an urban world - An overview of Danish Smart City competencies, Copenhagen Capacity*, 2012.(?), <http://www.copcap.com/~media/copenhagen%20capacity%20-%20subsites/documents/pdf%20publications/cleantech%20pdfs/smart-city-rapport-indhold-final-low.ashx>, 05.07.2019.
- [29] Wang, S.: *Intelligent Building and Building Automation*, Routledge. New York, 2009.
- [30] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019H0786&from=EN#ntr67-L_2019127HR.01003701-E0067, 27.09.2019.
- [31] Marsa-Maestre, I., Lopez-Carmona, M.A., Velasco, J.R., Navarro, A.: *Mobile agents for service personalization in smart environments. Journal of Networks*, 3 (2008) 5, pp 30-41., <https://doi.org/10.4304/jnw.3.5.30-41> 02.07.2019., 05.07.2019.
- [32] Center on Governance, *SmartCapital Evaluation Guidelines Report: Performance Measurement and Assessment of SmartCapital*. Ottawa, Canada: University of Ottawa. Available at http://www.christopherwilson.ca/papers/Guidelines_report_Feb2003.pdf, 10.07.2019.
- [33] Klein, C., Kaefer, G.: *From smart homes to smart cities: Opportunities and challenges from an industrial perspective*. In *Proceedings of the 8th International Conference, NEW2AN and 1st Russian Conference on Smart Spaces, ruSMART 2008* (St. Petersburg, Russia, Sep 3-5), www.springerlink.com/content/d053p7u7g42u573p/, 17.07.2019.
- [34] Söderström, O., Paasche, T., Klausner, F.: *Smart cities as corporate storytelling, City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action*, 18 (2015) 3, pp. 307-320, <https://doi.org/10.1080/13604813.2014.906716>, 20.06.2019.
- [35] Chiehyeon, L., Maglio, P.P.: *Data-Driven Understanding of Smart Service Systems Through Text Mining, SERVICE SCIENCE*, 10 (2018) 2, pp. 154-180; <https://doi.org/10.1287/serv.2018.0208>, 10.06.2019.
- [36] Medina-Borja, A.: *Smart things as service providers: A call for convergence of disciplines to build a research agenda for the service systems of the future. Service Sci.* 7(1):ii-v., 2015., <https://doi.org/10.1287/serv.2014.0090>, 20.06.2019.
- [37] Cugurullo, F.: *The origin of the Smart City imaginary: from the dawn of modernity to the eclipse of reason; In Lindner C. and Meissner M. (eds) The Routledge Companion to Urban Imaginaries*, London: Routledge, 2018.
- [38] Vanolo, A.: *Smartmentality: The smart city as disciplinary strategy, Urban studies* 51 (5) 2014., pp. 883-898, <https://doi.org/10.1177/0042098013494427>, 10.06.2019.
- [39] Parker, P.: *The Multi-Function Polis 1987-97: an International Failure or Innovative Local Project?, Australia-Japan Research Centre*, pp. 283, september 1998., <https://crawford.anu.edu.au/pdf/pep/pep-283.pdf>, 05.07.2019.
- [40] Garau C., Pavan, V.M.: *Evaluating Urban Quality: Indicators and Assessment Tools for Smart Sustainable Cities; SUSTAINABILITY*, 10 (2018) 3, pp. 575; <https://doi.org/10.3390/su10030575>, 05.07.2019.
- [41] Huovila, A., Bosch, P., Airaksinen, M.: *Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when?; CITIES*, 89 (2019), pp. 141-153; doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.029
- [42] Angelakoglou, K., Nikolopoulos, N., Giourka P., Svensson, I.L., Tsarchopoulos, P., Tryferidis, A., Tzovaras, D.: *A Methodological Framework for the Selection of Key Performance Indicators to Assess Smart City Solutions, Smart Cities*, 2 (2019), pp. 269-306; <https://doi.org/10.3390/smartcities2020018>

- [43] https://en.m.wikipedia.org/wiki/List_of_parties_to_the_Paris_Agreement, 28.09.2019.
- [44] SWD (2016) 414 Final Commission Staff Working Document: Impact Assessment, Accompanying the Document, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Amending Directive 2010/31/EU on the Energy Performance of Buildings; European Commission: Brussels, Belgium, 2016., https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_impact_assessment_part1_v3.pdf, 02.09.2019.
- [45] Monzon, A.: Smart cities concept and challenges: Bases for the assessment of smart city projects. In Proceedings of the 2015 International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS), IEEE, Lisbon, Portugal, 20–22 May 2015., https://doi.org/10.1007/978-3-319-27753-0_2
- [46] <https://iot.electronicsforu.com/expert-opinion/smart-cities/>, 27.06.2019.
- [47] www.kk.dk, 03.09.2019.
- [48] www.live-singapore.com.sg/www.senseable.mit.edu/livesingapore, 03.09.2019.
- [49] <https://www.forbes.com/sites/iese/2019/05/21/these-are-the-smartest-cities-in-the-world-for-2019/#392ef5d01429>, 03.09.2019.
- [50] <https://www.smartcitiesworld.net/news/news/vienna-ranked-top-for-smart-city-strategy-3965>, 03.09.2019.
- [51.a] <http://www.tradesparq.com/products/1789023/New-wireless-vehicle-detection-sensors-for-Intelligent-Traffic-System-to-traffic-violation-manufacturers>, 01.07.2019.
- [51.b] <https://www.extremetech.com/extreme/178640-volvo-designs-magnetic-roads-for-cheaper-simpler-self-driving-cars>, 01.07.2019.
- [52] Massey J.: Buckminster Fuller's cybernetic pastoral: the United States Pavilion at Expo 67, *The Journal of Architecture*, 21 (2016) 5, pp. 795–815, <https://doi.org/10.1080/13602365.2016.1207433>, 10.06.2019.
- [53] So, Albert T. and Chan, W. L.: *Intelligent Building Systems*, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [54] <https://www.nytimes.com/1983/12/01/business/the-intelligent-buildings.html>, 26.08.2019.
- [55.a] https://elpais.com/elpais/2008/08/08/album/1218177469_910215.html#foto_gal_3, 02.09.2019.
- [55.b] https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:City_Place_I,_Hartford,_CT.jpg, 02.09.2019.
- [55.c] https://en.wikipedia.org/wiki/Toshiba#/media/File:Hamamatsucho_Building.JPG, 02.09.2019.
- [55.d] <https://biodesign.eca.ed.ac.uk/building-with-a-biological-approach/>, 03.09.2019.
- [56] Rubin, A.: *Intelligent Building Technology in Japan*, National Institute of Standards and Technology, NISTIR4546, 1991., <https://ia601607.us.archive.org/22/items/intelligentbuild4546rubi/intelligentbuild4546rubi.pdf>, 02.09.2019.
- [57] Wurm, J.: Developing bio-responsive façades: BIQ House – the first pilot project, *The Arup Journal*, 2 (2013), pp. 90–95, <https://www.arup.com/perspectives/publications/the-arup-journal>, 02.09.2019.
- [58] Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., AlWaer, H., Chang, S., Halawa, E., Ghaffarianhoseini, A., Clements-Croome, D.: What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective, *ARCHITECTURAL SCIENCE REVIEW*, 59 (2016) 5, pp. 338–357.
- [59] Moor's law, <http://www.moorelaw.org/>, 15.07.2019.
- [60] Allen, J.G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., Spengler, J.D.: Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments, *ENVIRON HEALTH PERSPECT*, 124 (2016), pp. 805–812; <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1510037>
- [61] <https://blog.econocom.com/en/blog/smartbuilding-and-bms-a-little-glossary/>, 05.07.2019.
- [62] De Groote, M., Fabbri, M.: Smart buildings in a decarbonised energy system: 10 principles to deliver real benefits for europe's citizens, BPIE, 2016., <http://bpie.eu/publication/smart-buildings-in-a-decarbonised-energy-system/>, 10.06.2019.
- [63] BPIE, ppt: A vision for smart buildings in Europe, 2017. http://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/04/smart-building-ws-April-2017_BPIE.pdf, 10.06.2019.
- [64] Verbeke, S., Waide, P., Bettgenhäuser, K., Usler, M., Bogaert, S.: Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment - final report; Brussels; 2018., https://smartreadinessindicator.eu/sites/smartreadinessindicator.eu/files/sri_secondprogressreport_final_0.pdf, 10.06.2019.
- [65] De Groote, M., Volt, J., Bean, F.: Is Europe ready for the smart buildings revolution?; Building Performance Institute Europe (BPIE), 2017.
- [66] DIREKTIVA (EU) 2018/844 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA o izmjeni Direktive 2010/31/EU o energetske svojstvima zgrada i Direktive 2012/27/EU o energetske učinkovitosti, od 30. svibnja 2018., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>, 04.09.2019.
- [67] <https://www.ibmbigdatahub.com/blog/3-smart-building-projects-demonstrate-it-s-easy-being-green>, 02.09.2019.
- [68] <https://architizer.com/blog/practice/materials/7-intelligent-buildings-that-prove-digitally-driven-design-works/>, 02.09.2019.
- [69] <https://architizer.com/blog/practice/materials/7-intelligent-buildings-that-prove-digitally-driven-design-works/>, 02.09.2019.
- [70.a] <http://www.cushmanwakefield.nl/en-gb/news/2015/03/ovg-verhuurt-kantoorruimte-aan-salesforce-in-the-edge>, 02.09.2019.
- [70.b] <https://yp.scmp.com/news/hong-kong/article/97196/zcb-leads-way-creating-low-carbon-initiative-hong-kong>, 02.09.2019.
- [70.c] <http://www.skyscrapercenter.com/building/duke-energy-center/1077>, 02.09.2019.
- [71] Recommendation ITU-T Y.2060, 06/2012., <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>, 28.09.2019.
- [72] <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>. 28.09.2019.
- [73] <https://www.technative.io/14-pioneering-smart-cities-companies-to-watch/>, 10.06.2019.
- [74] <http://mysmartcitydistrict.eu/>, 02.09.2019.
- [75] IBM: How to transform a city: lessons from the IBM smarter cities challenge, IBM Smarter Cities White Paper, March. 2012., <https://www.ibm.com/downloads/cas/8NEWPLZ1>, 03.09.2019.
- [76] Nambiar, R., Shroff, R., Handy, S.: Smart Cities: Challenges and Opportunities, in 10th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS), 2018., <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8328204&tag=1>, 01.09.2019.

- [77] Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Ramon Gil-Garcia, M.J., Nahon, K., Pardo, T.A., Scholl, H.J.: Understanding Smart Cities: An Integrative Framework, in Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, 2012.
- [78] Global Smart Cities Market to Reach US\$1.56 Trillion by 2020 Finds Frost & Sullivan, 2014., www.newswiretoday.com/news/148711/, 26.08.2019.
- [79] James, M.: Global Smart City Market, 2013., www.durban.gov.za/City_Services/Economic_Development/PSIR/Documents/edge.pdf, 26.08.2019.
- [80] Smart Building: Energy efficiency application, European Commission, October 2017., https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Smart%20building%20-%20energy%20efficiency%20v1.pdf, 26.08.2019.
- [81] Del Grosso, A.E.: Examples of Future Potential Smart Civil Structures; ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY Vol. 56 (2008.), pp 287-296; <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AST.56.287>, , 05.07.2019.
- [82.a] <http://www.gosmartbricks.com>, 05.07.2019.
- [82.b] <https://phys.org/news/2016-09-smart-infrastructure-sensors.html>, 04.07.2019., 05.07.2019.
- [83] WEF in collaboration with The Boston consulting group: Shaping the Future of Construction – A Breakthrough in Mindset and Technology; World Economic Forum; 2016.