

Ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen ezagutza zientifikoaren analisia

(Analysis of scientific knowledge of nearly zero energy buildings)

Izaskun Alvarez Meaza*, Enara Zarrabeitia Bilbao,
Itziar Martinez de Alegria Mancisidor, Jasone Aranburu

Enpresen Antolakuntza Saila, Bilboko Ingeniaritza Eskola (UPV/EHU)

LABURPENA: Eraikuntza-sektorearen energia-kontsumoa jaistera bideratutako ahaleginek energia balantzea ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen (Nearly Zero Energy Buildings, NZEB) kontzeptuaren garapena ekarri dute Europar Batasunean. Lan honen helburuak dira, batetik, ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen inguruko ezagutza zientifikoaren joeraren ikuspegi orokorra eskuratzea, eta, bestetik, Passivhaus etxebizitzien ezaugarri energetikoak definitzen dituzten parametroen arteko erlazioek jarraitzen dituzten ereduak edo patroiak aztertzea. Web of Science (WoS) datu-basea erabiliz, zientziaren ikerketa-esparrua garatu eta bistaratu da, eta analizatu dira argitalpen urteak, herrialde, aldizkari eta erakunde garrantzitsuenak, gehien aipatu diren artikulua eta teknologia-jardueren bideak. Emaitza orokorrekin adierazten dute ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen filosofia aditasun handia ari dela eskuratzen zientziaren arloan. Ikerketa-lanak nagusiki Europar bildu dira, bai eta artikulua gehien argitaratzen dituzten erakundeak ere.

HITZ GAKOAK: NZEB, Passivhaus, bibliometria, data-mining, ezagutza-mapak.

ABSTRACT: Channelled efforts to lower energy consumption in the construction sector have led to the development of the NZEB (nearly zero energy buildings) concept in the European Union. The objectives of this work are to get an overview of the trend of scientific knowledge about NZEB buildings, and to examine the patterns or models that follow the relationships between the parameters that define the energy characteristics of Passivhaus dwellings. Through the Web of Science (WoS) database different aspects have been developed and visualized, the research field of science, the years of publication, country, journal, and the most important institutions, the articles that have been mentioned most often, analyzing the paths of technology activities. The general results express the great attention that the NZEB philosophy is getting in the field of science. Research work has been concentrated mainly in Europe, as have the institutions that publish most of the articles.

KEYWORDS: NZEB, Passivhaus, Bibliometrics, data-mining, knowledge-networks.

* **Harremanetan jartzeko / Corresponding author:** Izaskun Alvarez Meaza, Enpresen Antolakuntza Saila, Bilboko Ingeniaritza Eskola (UPV/EHU), Ingeniero Torres Quevedo Enparantza 1 (48013 Bilbo-Bizkaia), Euskal Herria. – izaskun.alvarez@ehu.eus – <https://orcid.org/0000-0002-2110-0719>.

Nola aipatu / How to cite: Alvarez Meaza, Izaskun; Zarrabeitia Bilbao, Enara; Martinez de Alegria Mancisidor, Itziar; Aranburu, Jasone (2019). «Ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen ezagutza zientifikoaren analisia»; *Ekaia*, 36, 2019, 225-237. (<https://doi.org/10.1387/ekaia.20421>).

Jasoa: 27 azaroa, 2018; Onartua: 27 martxo, 2019.

ISSN 0214-9001 - eISSN 2444-3255 / © 2019 UPV/EHU



Obra hau Creative Commons Atribución 4.0 Internacional-en lizentziapean dago

1. SARRERA

Gaur egungo gizartearen arazo larrienetako bat berotze globalaren fenomeno da, zeina berotegi-efektuaren ondorioz areagotu baita azken hamarkadetan. Azpimarratzekoa da energia primarioaren kontsumo globalaren % 30-40 eta berotegi efektuko gasen emisio globalaren % 24 eraikuntza-sektoretik datorrela [1,2]. Europaren kasuan, zehazki, eraikuntza-sektoretik datoz energia primarioaren eskariaren % 40 eta CO₂ emisioen % 36. Izan ere, efizientzia energetikoa da lehen urratsa Europako karbono emisioak % 80 murrizteko anbizio handiko helburua lortzeko [3].

Europar Batasuneko (EB) eraikinen % 35 50 urtetik gorakoak dira, eta eraikinak osotara hartuta, soilik % 75 da energetikoki ez-efizientea. Hori dela eta, existitzen diren eraikinetan berrikuntzak egiteak energia asko aurrezteko lortuko luke, zeinari esker posible izango bailitzateke EBko energia-kontsumo totala % 5-6 gutxitzea eta CO₂ emisioak % 5 jaiste [4].

Eraikinen efizientzia energetikoa hobetzeak onura ekonomikoa, soziala eta ingurumenarekiko jasangarritasuna ekarriko lituzke. Errendimendu handiagoko eraikinek erosotasun-maila handiagoa eta bizilagunen ongizatea eragiten dute, bai eta osasuna hobetu ere, eta etxe barruko klima eskasaren ondoriozko gaixotasunak murriztu. Horrez gain, errendimendu energetikoak eragin zuzena du etxebizitzaren gastuei aurre egiteko ahalmenean eta pobrezia energetikoan, eraikinen efizientziaren hobekuntzak pobrezia energetikoa leuntzea ahalbidetzen baitu. Etxebizitza batek pobrezia energetikoa pairatzen duela esaten da, baldin eta berogailu, hozte-sistema, argiztapen eta etxetresna elektrikoekin bat doazen energia-zerbitzu egokien gabezia badu [5, 6]. Energia-zerbitzu horiek beharrezkoak dira bizi-maila duina izateko eta biztanleen osasunerako.

Eraikuntza-sektorea erronka handiak izaten ari da era honetako arazoan: energia-kontsumoa, aldaketa klimatikoa eta pobrezia energetikoa. Gainera, energiaren prezioak denbora luzez izan duen joera gorakorrek garapen-bidean dagoen energia berriztagarrien merkatuarekiko interesa piztu du, eta horrekin batera, energia berriztagarrien teknologien kostuak jaitsi egin dira: esaterako, eguzkitiko energia fotovoltaikoarena. Horrek, eraikuntza-sektorean garapen berrietarako bide berriak sustatu ditu. Garapen horietako bat izan liteke etxebizitza eta eraikin komertzial jasangarriagoak diseinatzea, eta jada eginak diren eraikinak egokitzea energia neutraltasuna lortzeko, hau da, eraikinak kontsumitzen duen energia kopuru bera sortzeko ahalmena izateko [7].

Errealitate horren aurrean, Europako Parlamentuak Nearly Zero Energy Buildings (NZEB) edo *energia kontsumoa ia nulua duten eraikuntzak* izeneko kontzeptua garatu zuen, zeinaren ezaugarriak baitira energia eskari

oso baxua izatea eta tokian bertan ekoiztutako energia berriztagarria erabilitea. Izan ere, 2050. urterako ezarritako helburua karbono-emisioak % 80 gutxitzea da, eta, bide horretan, energia efizientzia lortzea da eman beharreko lehen pausoa[3].

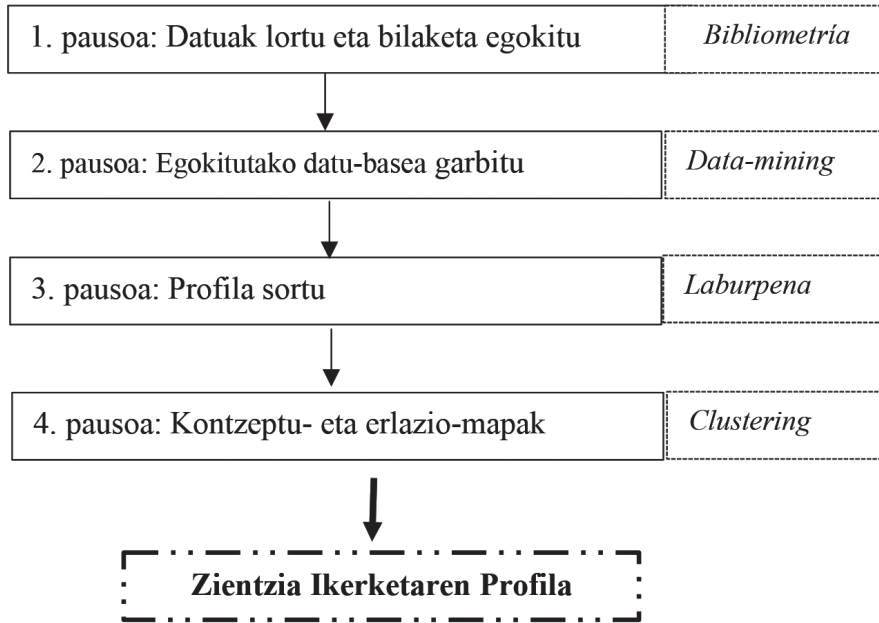
Eraikinen efizientzia energetikoa hobetzea Europar Batasunaren lehen-tasunezko arazo bihurtu den honetan, EBko Energy Performance of Building Directive (EPBD) (2010/31/EC) izeneko zuzentarauak batasuneko kide diren Estatuei eraikinak energetikoki efizienteak izateko neurriak ezartzea eskatzen die, energia primarioaren erabilera murrizteko, besteak beste. Zuzentaru horrek ezarritako helburuak betetzea da datozen urteetarako erronka handienetakoa Europako herrialdetako eraikuntza-sektorearentzat. Izan ere, 2020. urte amaierarako eraikin berri guztiak NZEB motakoak izatea eskatzen da. Eraikin publiko berri guztietarako, berriz, NZEB izatea eskatzen da 2018. urterako. Horretarako, eraikinen diseinu, eraikuntza eta antolakuntzen prozedurak aldatzea eskatzen da, hiri zein eraikuntzen efizientzia energetiko handiagoa lortzeko.

Horri erantzunez, herrialde bakoitzak independenteki jardun du etxebizitzek bete beharreko parametroak ezartzeko garaian. Suedian, esaterako, eraikinen energia efizientiaren estandar zorrotz bat jarri zen abian, onartze-irizpideak batezbesteko U-balioaren metodo orokorretik errendimendu energetikoaren metodora aldatuz. Errendimendu energetikoaren metodoak eraikitako azalera m² bakoitzeko erabiliko den energia kantitatearen balio maximo bat ezartzen du. Batezbesteko U-balioaren metodo orokorrak, berriz, eraikinaren inguratzaile osoarentzako transmisio-faktore termikoaren balio maximoa ezartzen du. Danimarkak ere eredu berri bat aplikatu zuen marko energetikoaren metodoan oinarrituta, zeinak energia galera balio maximo bat ezartzen baitu eraikitako m² bakoitzeko. Erresuma Batuan eraikuntzaren araudiko energia-kontserbazioaren atalaren berrikusketa egin zen, onartze-irizpideak aldatuz funtsezko U-balioaren metodotik errendimendu energetikoaren metodora. Espainiaren kasuan, eraikinen elementuentzat ezarritako U-balio maximoa zorrotz zen, eraikinen inguratzaileen errendimendu energetikoaren hobekuntza handiagoa lortzeko. Energia-kontsumo baxuko eraikina lortzeko hainbat eredu diren arren, «Passivhaus» izeneko estandarra asko hedatu da Europan, eta gero eta arreta handiagoa ari da irabazten[2].

Horregatik guztiagatik, ikerketa honen helburu nagusia honako hau da: ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen inguruko ezagutza zientifikoaren joeraren ikuspegi orokorra eskuratzea, zientzia-neurketa aztertzen duen analisi baten bidez.

2. METODOLOGIA

Analisi honetan, 1. irudian deskribatzen den prozesu analitikoaren inplementatu da, aurrerago azalduko dena.



1. irudia. Ikerketaren prozedura analitikoaren urratsez urrats.

Lanaren helburua lortzeko lau pauso eman dira:

1. Pausoa: *Datuak lortu eta bilaketa egokitu*: Lehenengo jardueraren argitalpen zientifikoaren datu-basea sortzea da. Horretarako, Web Of Science™ (WoS) Core Collection datu-basetik ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen erregistro bibliografikoen datuak lortu dira bilaketa-galdera bat erabiliz. Bestalde, WoS datu-basea edozein jakintzagaitako argitalpen zientifiko nagusien erreferentziak jasotzen dituen Web teknologian oinarritutako plataforma da. Mundu-mailan, WoS Core Collection argitalpen zientifikoaren datu-basearen buru bihurtu da, eragin handiko 20.000 aldizkari baino gehiago dituen [8]. WoS datu-basean bilaketa arrakastatsua izan dadin, oso garrantzitsua da bilaketa-galdera ondo definitzea; izan ere, horri esker bilaketa gure interesen arabera mugatzea lortuko da. Literatura azterketa hori egiteko terminologia aukeratzeko garaian, kontuan izan behar da kontzeptu bera adierazteko termino ezberdinak era-

bil daitezkeela. Halaber, galderan erabiltzen den izartxo (*) hitzek izan ditzaketen aldaerak bilaketan barne hartzeko ipintzen da: adibidez, «low energy building» eta «low energy buldings» bezalako aldaera posibleak kontuan izateko. 1. taulan ikus daitekeen moduan, galderarekin bat datorren erregistroa 1981. urtean argitaratu zen, eta orduz geroztik 823 argitalpen izan dira.

1. taula. Ia zero energia kontsumitzen duten eraikinei buruzko artikuluak bilatzeko galdera, Web Of Science (WoS) datu-basera egokituta.

Gaia	Datuak
Ekuazioa edo galdera	TS = (passivhaus OR «passivehouse» OR NZEB or «nearly zero energy building*») OR «low energy building*»)
Iturria	WoS
Datu-basea	Bilduma nagusia (<i>Core Collection</i>)
Denbora tartea	1981etik 2018ko maiatzera
Hizkuntza	Ingelesa
Dokumentu mota	Artikuluak
Bilaketa data	2018ko apirilaren 30a
Emaitzak	823

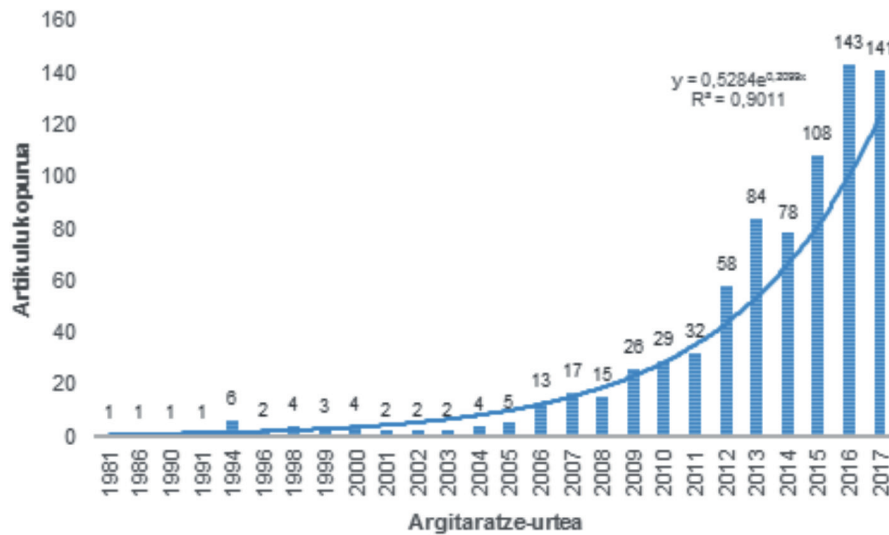
2. Pausoa: *Egokitutako datu-basearen garbiketa*. Urrats hau gauzatzeko, *data-mining* tresnak behar ditugu. Egokitutako argitalpen zientifikoaren datu-basea *VantagePoint* (VP) softwarea inportatu da. Horren bitartez, landu gabeko datuetatik alorrak identifikatu ahal izango ditugu eta emaitzak aurkeztuko dira estatistika-konbinazio bat bezala. Egile, herrialde, erakunde, aldizkari eta gako-hitz alorretan *fuzzy matching* (bat datorren lausoa) teknika erabiltzen da garbiketa egiteko, hitzen aldaerak (sinonimoak, pluralak eta antzeko esanahiak, besteak beste) taldekatzeko helburuarekin.
3. Pausoa: *Profilaren sorkuntza*. Zientzia-ikerketaren profila bibliografia eta ikerketa komunitatearen profilean oinarritzen da. Ikerketa-jarduera deskribatu egiten da, argitalpen kopuruaren joera, herrialde, erakunde, aldizkari nagusiak eta gehien aipatzen diren artikuluak identifikatuz.
4. Pausoa: *Kontzeptu- eta Erlazio-mapak*. Urrats honen sarrera egokitutako datu-basea izango da. VP software tresna erabiliz, bat-etortze matrizeak definituko dira, eta R software eta VOSviewer bistaratze eta clustering software erabiliz Kontzeptu-mapak eta Erlazio-mapak sortzen dira [9-11].

3. EMAITZAK

Atal honetan, aurretik azaldutako metodologiari jarraituz lortu diren emaitzak aurkeztuko dira.

3.1. Zientzia-ikerketaren profila ia zero energia kontsumitzen duten eraikinetan

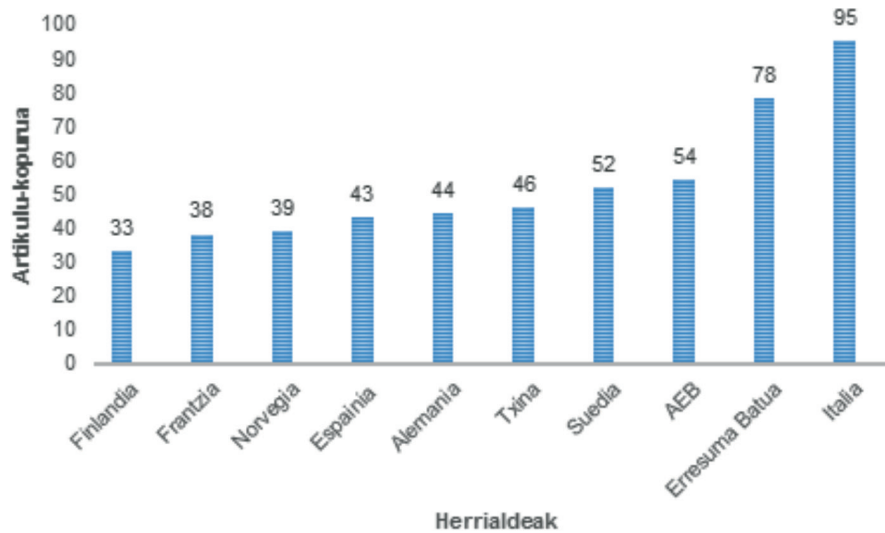
1981etik 2017ra ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen ezagutza zientifikoaren produkzioa aztertzeko, WOSen egin den analisisan lortutako emaitzak 2-5 irudietan erakusten dira. Emaitza orokorretan ikus daiteke, azken urteetan, energia-kontsumo baxuko eraikinak azkar ari direla arreta berenganatzen zientziaren ekoizpenari dagokionez, eta horrek zuzenean eragiten du arlo horren I+Gn. 2. irudian ikusten den bezala, 2000. urtean 4 argitalpen zientifiko soilik zeuden, eta 2017. urterako, aldiz, zifra hori 141era igo zen, % 3.525eko igoera esan nahi duena. Gainera, argitaratutako 823 dokumentu zientifikoek % 67,31 azken 5 urteetan argitaratu dira (2013-2017 bitartean): zifra horiek energia-kontsumo baxuko eraikinen berrietasunaren eta interesaren isla dira. Bestalde, datuen joera-lerroak erregresio esponentzial bat jarraitzen du, non zehaztapen koefizientea 0,9011koa denetz.



2. irudia. Urtero argitaratutako artikuluko kopurua WoS-en, 1981etik 2017ra.

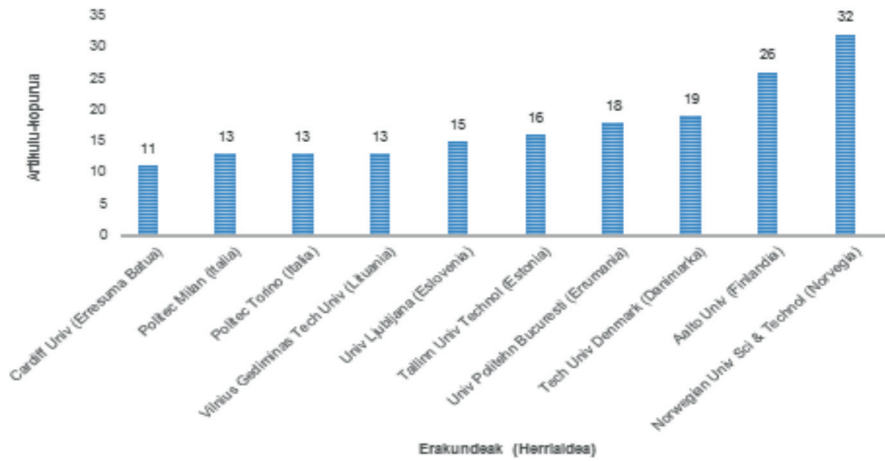
Gai honen inguruko argitalpenei dagokienez, argitaratzen emankorrenak diren 10 herrialdeak ez daude geografikoki kontzentratuta (3. irudia).

Nabarmen gailentzen den herrialdea, argitalpen zifra handienarekin, Italia da, hangoak baitira argitalpen guztien % 11 (95 dokumentu). Erresuma Batua, 78 artikulurekin, bigarren kokatzen da. Halaber, Erresuma Batuaren ondoren datozen AEB, Suedia eta Txina ez dira Erresuma Batuaren argitalpen kopurutik asko aldentzen, hau da, nahikoa hurbiletik jarraitzen diote: 54 argitalpenekin AEBen kasuan, eta 52rekin Suediaren kasuan. Lehenengo 10 herrialdeen arteko gainerako herrialdeek 46 eta 33 dokumentu birtartean dituzte argitaratuta, eta denak Mendebaldeko Europan, Amerikan edo Asiako ekialdean kokatzen dira.



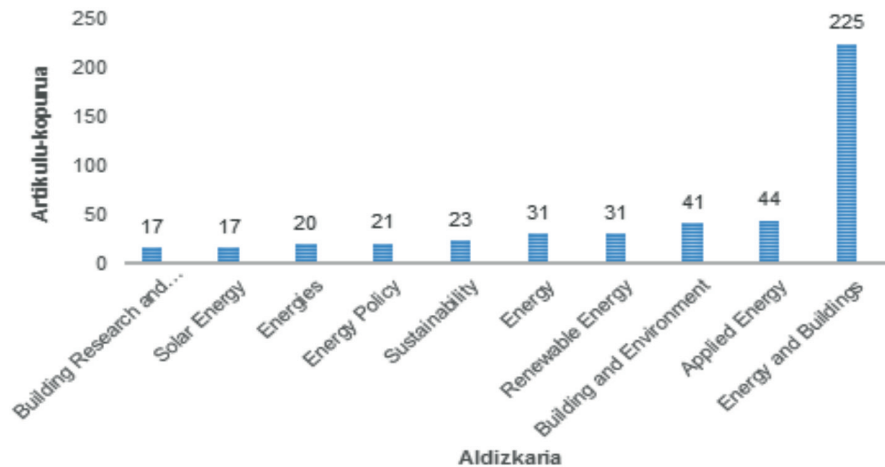
3. irudia. WoSen artikulua gehien publikatutako 10 herrialdeak.

4. irudian agertzen diren 10 erakundeak, energia-kontsumo baxuko eraikinen inguruko argitalpen kopuruei dagokienez gailentzen diren erakundeak dira, eta horien jatorriak zerikusia du aurretik azaldutako 10 herrialde nagusiekin. Esate baterako, erakunde hauek gehien publikatzen duten herrialdeetan daude, hau da, Italia (2), Norvegia, Finlandia eta Erresuma Batua. Baina salbuespenak ere badira: adibidez, Danimarkan, Errumanian, Estonian, Eslovenian eta Lituanian dauden erakundeak. Hala ere, kasu honetan, artikulua-banaketa askoz ere orekatuagoa da; beraz, ezagutzaren erakunde-jatorria nahikoa sakabanatuta dago, eta ez erakunde gutxitan bakarrik kontzentratua. Lau erakunde nagusiak hauek dira: *Norwegian Univ Sci & Technol* (Norvegia, 32 artikulua), *Aalto Univ* (Finlandia, 26 artikulua), *Tech Univ Denmark* (Danimarka, 19 artikulua) eta *Univ Politehn Bucuresti* (Errumania, 18 artikulua). Gainerako erakundeen argitalpen kopuruek oso gertutik jarraitzen diete 4 erakunde nagusiekin.



4. irudia. WoSen artikulu gehien publikatutako 10 erakundeak.

Energia-kontsumo baxuko eraikinen inguruan emankorrenak diren aldizkariak aztertu dira. 10 aldizkari garrantzitsuenak 5. irudian ikus daitezke. *Energy and Buildings*, 225 artikulurekin, aldizkari garrantzitsuenak da, zehazki artikulu zientifikoaren % 27,33 argitaratzen ditu. Gainera, aldizkari horiek *Clarivate Analytics-en Journal Citation Report-en* indexatuta daude inpaktu-faktore handiekin.



5. irudia. WoSen artikulu gehien publikatutako 10 aldizkariak.

Zientzia ikerketaren profila burutzeko, gehien aipatzen diren artikulua identifikatu dira (ikus 2.taula).

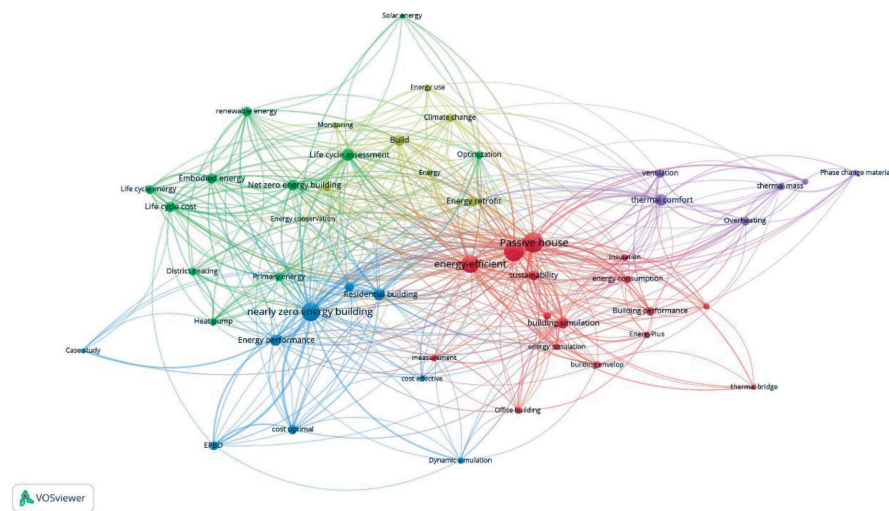
2. taula. Gehien aipatzen diren artikulatuak.

Aipatutako aldiak	Argitalpen urtea	Herrialdeak	Egileak	Izenburua	Erakundea	Aldizkaria
492	2007	Norvegia	Sartori, I Hestnes, A. G	Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article	Norwegian Univ Sci & Technol	Energy Build
305	2002	Suedia	Thormark, C	A low energy building in a life cycle - its embodied energy, energy need for operation and recycling potential	Lund Inst Technol	Build. Environ
263	2011	Txekiar Errepublikak	Cigler, Jiri	Experimental analysis of model predictive control for an energy efficient building heating system	Swiss Fed Inst Technol	Appl. Energy
		Suitza	Oldewurtel, Frauke Privara, Samuel		Czech Tech Univ	
			Siroky, Jan		Univ W Bohemia	
196	2010	Txina	Guan, Xiaohong	Energy-Efficient Buildings Facilitated by Microgrid	Tsinghua Univ	IEEE Trans. Smart Grid
			Jia, Qing-Shan		Xi An Jiao Tong Univ	
			Xu, Zhanbo			
183	2010	Suedia	Joelsson, Anna	Life cycle primary energy analysis of residential buildings	Mid Sweden Univ	Energy Build
			Gustavsson, Leif			

Artikulu horiek ahalbidetzen dute aztertzen ari den jakintza-arloaren ezagutza iturri garrantzitsuenen identifikazioa. *Energy and Building* aldizkaria argitalpen gehien dituen aldizkaria izateaz gain, gehien aipatzen den artikularen argitalpen-aldizkaria da ere. Horrekin batera, gehien aipatzen diren artikuluen jatorria nagusiki unibertsitateak dira, eta Europako herrialdeetan daukate abiaburua.

3.2. Bistaratze-sareak

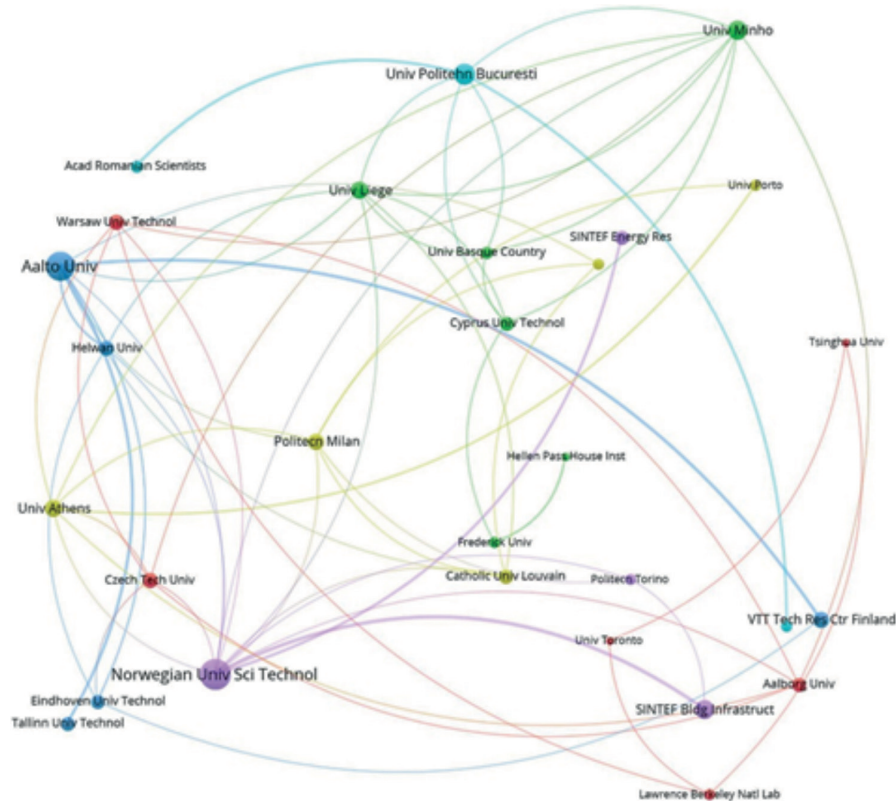
Aurreko ataletan lortutako emaitzen osagarri bezala, gako-hitzen taldekatzea egin da, zientzia-mailan garatzen ari diren kontsumo baxuko eraikinen ezagutza alorrak identifikatzeko asmoz. Gako-hitzen bat-etortze altua partekatzen dutenean, terminoen klusterizazioa suertatzen da, eta kluster bakoitzak ia zero energia kontsumitzen duten eraikinekin erlazionaturik da- goen kontzeptu berezi bat adieraziko du.



6. irudia. Argitalpenen hitz-gakoen bat-etortze bistaratze-mapa.

6. irudiak erakusten du gehien aipatu diren WoSen argitalpenen gako-hitzen bat-etortze sarea; VOSviewer tresna erabili da sarea sortzeko. Kontzeptu-mapak erakusten du gako-hitz garrantzitsuenak direla «nearly zero energy building», «passive house», «low energy building», «net zero energy building», «life cycle assessment», «energy performance», «energy-efficient», «residential building», «thermal comfort» eta «energy retrofit», zeinak kontsumo-baxuko eraikinen ezagutza zientifikoaren ikerketa-gai nagusiak islatzen baitituzte. Klusterizazio teknikak 5 talde hauek

definitu ditu: Passivhaus estandarra eta kontsumo baxuko eraikinak, net Zero Energy Building etxebizitzak eta kostua, bizitza-zikloa eta berokuntza-energia, konfort termikoa, eta energia eta klima-aldaketa.



7. irudia. Erakundeen ko-gertaeren eta erlazioen bistaratze-mapa.

Zientzia-transferentziari dagokionez, erakundeen arteko erlazioak aztertu dira ezagutzaren elkarlana erakusteko. Horretarako, ikerketa erakundeen bat-etortzeaz baliatu gara, eta taldekatze bakoitzak erakundeen erlazioen sendotasuna adierazten du. Horrela izanda, taldekatzeak edo klusterizazioak «Norwegian University», «Aalto University», «Politechnica University of Bucarest», «SINTEF building in frastructure», «Minho University» definitzen ditu erlazio-lotura sendoenekin (ikusi 7. irudia). Aipatzekoa da batera azaltze honetan daukan sendotasun-erlazioak Euskal Herriko Unibertsitatea 22. lekuan kokatzen duela.

4. ONDORIOAK

Emaitza orokorrek azaltzen dute, zientzia ikuspegiaren aldetik, ia zero energia kontsumitzen duten etxebizitzak zientzia ekoizpenean azkar eskuratzeko dagoela aditasuna, eta honek eragina dauka I+Dn. Azken urteetan, ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen inguruko artikuluko zientifikoen % 67,31 argitaratu da. Argitalpen horiei dagokienez, argitaratzen emankorrenak diren herrialdeak ez daude geografikoki kontzentratuta, eta Italia da argitalpen zifra handiena duen herrialdea (% 11). Bigarren, Erresuma Batua da, eta nahikoa hurbiletik jarraitzen diote Suediak eta AEBk. Hala ere, WoS-en gehien argitaratu duten herrialdeen artean, denak europarrak dira, AEB eta Txina izan ezik. Gainera, artikuluko gehien dituzten erakundeei dagokienez gailentzen diren erakundeen jatorria nahikoa sakabanatuta dago, eta ez datoz bat gehien argitaratzen duten herrialdeekin; Norvegiar (*Norwegian University*), Finlandiar (*Aalto University*) eta Danimarkar (*Denmark Tech. University*) finkatuta daude. Gai horretan emankorra den aldizkaria *Energy and Buildings* izenekoa da, zeinak artikuluko zientifikoen % 27,33 argitaratzen baititu. Gehien aipatzen den artikulua ere aldizkari horretan argitaratu da. Ezagutzera emate handiena garatzen duten herrialde gehienak europarrak dira, eta nagusiki unibertsitate erakundeak.

Aipagarria da Europako zientzialariek eman dioten bultzada ia zero energia kontsumitzen duten eraikinen ikerketa arloari. Azken urteetan efizientzia energetikoa erronka garrantzitsua bihurtu da, eta horrek eragina izan du zientziaren munduan ezagutza berriak landuz etxebizitzaren kontsumo energetikoaren eremuan, besteak beste honako ezagutza-arlo hauek: isolamendua eta efizientzia; etxebizitzaren kostua, energia berriztagarria eta bizi-zikloaren azterketa, eta konfort-termikoa.

5. ESKER ONAK

TFM research group taldeari.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] RICCIU, R., BESALDUCH, L. A., GALATIOTO, A., CIULLA, G. 2018. «Thermal characterization of insulating materials». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **82**, 1765-1773.
- [2] DODOO, A., GUSTAVSSON, L., SATHRE, R. 2011. «Building energy-efficiency standards in a life cycle primary energy perspective». *Energy and Buildings*, **43**, 1589-1597.

- [3] BRAMBILLA, A., SALVALAI, G., IMPERADORI, M., SESANA, M. M. 2018. «Nearly zero energy building renovation: From energy efficiency to environmental efficiency, a pilot case study». *Energy and Buildings*, **166**, 271-283.
- [4] COMMISSION, E. Buildings | Energy, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/> (last time accessed: February 13, 2019).
- [5] EUROPEAN COMMISSION, EU Energy Poverty Observatory | EU Energy Poverty Observatory, <https://www.energypoverty.eu/> (last time accessed: March 4, 2019).
- [6] TOPRISKA, E., KOLOKOTRONI, M., MELANDRI, D., MCGUINNESS, S., CECLAN, A., CHRISTOFORIDIS, G., FAZIO, V., HADJIPANAYI, M., HENDRICK, P., KACARSKA, M., PEÑALVO LÓPEZ, E., PETERSEN, K., STEINBRECHER, J. 2018. «The Social, Educational, and Market Scenario for nZEB in Europe». *Buildings*, **8**, 51.
- [7] WELLS, L., RISMANCHI, B., AYE, L. 2018. «A review of Net Zero Energy Buildings with reflections on the Australian context». *Energy and Buildings*, **158**, 616-628.
- [8] CLARIVATE ANALYTICS, Web of Science Core Collection - Clarivate, <https://clarivate.com/products/web-of-science/web-science-form/web-science-core-collection/> (last time accessed: March 6, 2019).
- [9] GARECHANA, G., RIO-BELVER, R., CILLERUELO, E., LARRUSCAIN SARASOLA, J. 2015. «Clusterization and mapping of waste recycling science. Evolution of research from 2002 to 2012». *Journal of the Association for Information Science and Technology*, **66**, 1431-1446.
- [10] ECK, N. J. VAN, WALTMAN, L., VAN ECK, N. J., WALTMAN, L., ECK, N. J. VAN, WALTMAN, L. 2011. «Text mining and visualization using VOSviewer». *ISSI Newsletter*, DOI: 10.1371/journal.pone.0054847.
- [11] WALTMAN, L., VAN ECK, N. J., NOYONS, E. C. M. 2010. «A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks». *Journal of Informetrics*, **4**, 629-635.