

Кућа на обали Тихог океана у Чилеу

House on the Pacific Coast in Chile

Ива Сирета, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТОНСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ

Кратак садржај – Истраживање концепта самоодрживе куће у суровом поднебљу пустиње Атакама, кроз интеграцију савремених система коришћења обновљиве енергије и природних ресурса, архитектонско обликовање и естетику. Испитивање архитектуре будућности ослањајући се на њен традиционални манир.

Кључне речи (три до пет): самоодрживост, екстремни услови, природни ресурси, обликовање, обновљиви извори енергије.

Abstract – Research on the concept of a self-sustainable house in the harsh climate of the Atacama Desert through the integration of modern systems for utilizing renewable energy and natural resources, expressed through architectural form and aesthetics. Examination of the architecture of the future, drawing upon its traditional manner.

Keywords: (three to five): Sustainability, extreme conditions, natural resources, form-giving, renewable energy sources.

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Мишкељин, ред. проф.

1. УВОД

Стални изазови које доноси будућност захтевају од архитекте интеграцију форме и функције са савременим технолошким иновацијама уз очување основних начела пројектовања.

Кроз футуристички приступ, овај рад анализира начине на које природа и грађена структура могу коегзистирати, начин на који нове технологије утичу на обликовање објекта као и у којој мери објекат може бити самосталан.

Рад полази од тезе да архитектура мора да превазиђе своју традиционалну историјску улогу и да постане активни учесник у стварању одрживог окружења. Предложени концепт куће која производи, користи и рециклира представља покушај да се ова теза оствари кроз конкретан архитектонски пројекат - структуру укопану у стени, чија платформа постаје носилац природног циклуса.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Када су извори енергије и природни ресурси доступни, њихова вредност остаје готово неопажена. Према истраживању Светске здравствене организације од 2000. до 2024. године, само четвртина светске популације (2.2 милијарде) има приступ пијаћој води, 685 милиона људи живи без електричне енергије, а 2.1 милијарда људи се ослања на штетна горива [1].

Фокус истраживања усмерен је на редеофинисање односа између корисника и простора кроз примену пасивних архитектонских принципа и активних технолошких система и креирање аутономног стамбеног простора који подиже квалитет живота у екстремним срединама, стварањем утопијског прототипа потпуно саживљеног са контекстом.

Развој концепта самоодрживе куће ослања се на употребу природних ресурса и материјала са знатно нижом емисијом CO₂ у поређењу са традиционалним панданима.

2. ПЛАТФОРМА

2.1. Концепт, контекст

Предмет разраде је структура укопана у стени – платформа која својом елиптичном формом подсећа на објекат из будућности, лагана је, лебди изнад литице и покушава да досегне хоризонт.

Објекат се налази на литици Тихог океана у чилеанској пустињи Атакама, на неколико десетина километара од града Сориаρό. Пустиња Атакама представља најсувљу област на свету [2], чинећи тло које је покрива потпуно стерилно, будући да количина падавина током целе године износи свега 1мм по метру квадратном [3].

Облик платформе потиче директно из географских карактеристика, климатских услова и духа места. Она функционише као самоодрживи организам чија је суштина да производи, користи и рециклира, трансформише неопипљиве природне ресурсе – маглу и сунчеву енергију – у конкретне материје, представљајући мост између природног потенцијала и људских потреба.

2.2. Архитектура под земљом

Концепт кућа укопаних у земљи налазимо од почетка постојања људске цивилизације: од Исланда, Кине, па све до Америчких континената. Током 70их година

прошлог века створио се покрет „Back to the Land“ чији је основни постулат био самоодрживост и аутономија, како у изграђеној структури, тако и у маниру живљења, а огледао се кроз основу човекову потребу за преживљавањем и коришћењем ресурса у минималној мери. Malcolm Wells, архитекта који је веровао да архитектура у тлу не само да не ремети природно окружење него је и “сунчана, сува и пријатна” и “нуди огромну уштеду горива и тиху, еколошки прихватљиву алтернативу друштву заснованом на асфалту.” [4]. Бенефити оваквог начина живота су добре термо и звуко-изолационе карактеристике, заштита од земљотреса, природних непогода, па чак и последица изазваних људским дејством, попут разарања услед оружаних сукоба [5].

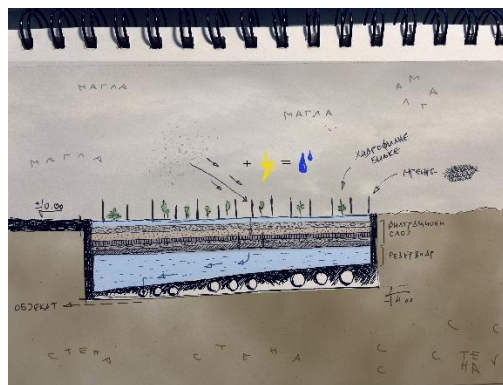
2.3. Архитектонско решење и начин функционисања

Објект је намењен вишепородичном становању. Функционалном поделом на три неодвојиве целине, он је сам по себи *power house*.

Први део тиче се становања. Ова целина је потпуно укопана у земљи и до ње се стиже са површине стене, степеништем. Улази за две одвојене стамбене јединице су симетрично постављени на супротним крајевима платформе. Условљен морфологијом, стамбени део постаје својеврсни лавиринт подземних простора и комуникација, где је свака просторија засебна и свака повезана ходницима. Заједничке просторије обе стамбене целине су техничке собе за управљање интегрисаном технологијом, нанизане уз главни ходник, односно примарну комуникацију која се протеже целим пречником платформе. Конструктивни зидови имају првенствено улогу усидрења у стену, потпоре платформе и воденог резервоара, односно улогу спречавања клизања, обрушавања или ротације конструкције. Оба стамбена дела имају евакуациони излаз до површине платформе. Скоро свака просторија је окренута ка океану зид завесом, пружајући довољну количину светлости. Додатни правоугаони отвори на површини платформе позиционирани су да омогуће директан продор сунчеве светлости у укопане делове.

Други део је сама платформа, односно једна равна лебдећа структура пречника 90 метара. Величина ове структуре условљена је инсталацијом опсежног система мрежа за прикупљање воде, који захтева значајну површину како би се постигла оптимална ефикасност у хватању честица воде из магле са једне стране, а са друге њена димензија омогућава постављање довољно соларних панела да се обезбеди потпуна енергетска аутономија за обе стамбене јединице и техничке системе. Она је заштита укопаног стамбеног дела од топлоте и директног сунчевог зрачења и постаје носач соларних панела. Соларним панелима се по утемељеном принципу прикупља и после складишти енергија, која се користи у стамбеним јединицама. Осим носача соларних панела, друга половина хвата и прерађује велику количину воде из водене паре системом мрежа изнад платформе.

Трећи део је посвећен складиштењу прикупљене воде – резервоар. Резервоар је укопан четири метра у стеновито тло, подељен на два дела по хоризонтали. Први, горњи слој чини природни филтрациони систем из географског подручја у ком се цео објект налази: облуди, камен, песак и угљ. У првом слоју набројаних природних материјала који константно пропуштају и филтрирају воду расту хидрофилне биљке између мрежастих структура које су на међусобном растојању од 3.7 метара. Након проласка кроз природни филтер, пречишћена вода се складишти у доњем, затвореном делу резервоара. Даљим пречишћавањем у техничким просторијама које су део стамбене целине, чиста вода стиже до остатка објекта где се користи. Круг се затвара кроз систем за третман „сивих“ вода и враћа воду природи путем пуштања контролисаним системом.



Слика 1. Ауторска скица

Платформа, као примарни носећи елемент, ослања се на робусне челичне конзоле учвршћене у стенску масу. Унутрашњи носећи и преградни зидови изведени су од геоплимерног бетона. Ободни зид резервоара је такође од истог бетона, а подела резервоара на горњи филтрациони и доњи складиштени део изведена је од челичних носача сличних мостовској конструкцији. Разлог ове примене челика на средини укопаног резервоара је потпора филтрационом слоју, који је изузетно тежак будући да се састоји од слојева природних материјала: облутака, песка, камења и угља.



Слика 2. Ауторски рад – кућа на обали

2.4. Естетичка функција објекта

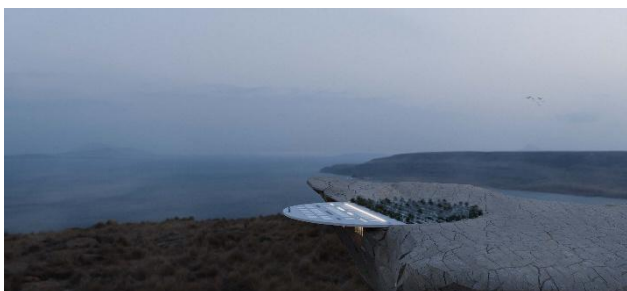
Архитектонски концепт овог пројекта заснива се на идеји технологије као медија између човека и природе, између рационалног и сензибилног. У екстремним условима пустиње, где је граница између живота и непостојања готово опипљива, архитектура постаје инструмент прилагођавања, али и контемплације.

Систем сакупљања воде, добија форму апстрактне скулптуре — „облака“ од мрежа и капљица. У том визуелном чину, процес се трансформише у *land art*, уметничку интервенцију која произлази из саме суштине простора.

„Облак“ стоји као апстрактна скулптура, као метафора сталне промене и пролазности, док етажа испод делује супротно — укопана, масивна, готово архетипска. Тај дијалог између тешког и лаког, чврстог и пролазног, формира равнотежу унутар композиције.

Доња етажа, усечена у стену, носи карактер уточишта. Архитектура је овде замишљена као продужетак терена, а не као његова супротност. Укопане просторије су окренуте ка океану, где се хоризонт јавља као покретна сцена на прозорима станова.

Камен, као елемент терена и бетон, у својој сировој монолитности, посредују између природног и вештачког; стакло, као најделикатнији материјал, служи као елемент који не раздваја, већ спаја — таму стене и светлост пејзажа. Метална мрежа која контрира хоризонталности представља супротан пол тој масивности — лагана и полупрозрачна.



Слика 2. Ауторски рад

2.5. Примена материјала и технологија

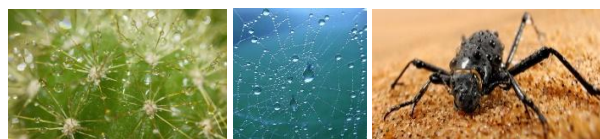
Како влажан ваздух Атлантског океана не може да пређе Анде, Хумболт струја са Пацифика ствара идеалне услове за формирање магле. Кретањем Тихог океана до Екватора, настаје одвајање воде услед густине, где хладна вода остаје на површини океана [6]. Ваздух при површини се хлади и тако долази до снажне термичке инверзије [7]. Термичка инверзија је обрнуто понашање температуре у тропосфери — најнижем слоју земљине атмосфере у којој се налази скоро сва атмосферска вода, при чему је слој хладног ваздуха при површини прекривен слојем топлијег ваздуха [8].

Захваљујући управо овој појави, у подручју пустиње Атакама долази до формирања обилне и густе магле, познате локално као "samanchasa". Ова магла представља кључни ресурс у најсувљој пустињи света, јер носи значајне количине воде у облику суспендованих капљица које се никад не претварају у кишу зато што влажност која чини овај облак има

честице величине између 1 и 40 микрона, што је превише ситно да би формирало кишне капи [9]. Кроз специфичне атмосферске услове, природни феномен се трансформише у витални извор воде, чинећи га доступним за прикупљање путем специјализованих технологија.

Технологија која одговара захтевима локације, огледа се у примени система мрежа које „хватају“ честице воде из водене паре, односно метода названа Fog harvesting.

Овај метод у природи постоји дуго, а пример за то је паукова мрежа; кактус пореклом из Мексика који користи своје бодље да прикупља капљице воде из магле; буба из Намибијске пустиње која користи црну испупчену структуру свог оклопа да кондензује водену пару и неки бриопхити (маховине, јетрењаче).



Слике 2, 3 и 4. Примери из природе – сакупљање воде из водене паре [10]

Ову структуру чине једноставне вертикалне мреже, структуре сличне „расел“ мрежама, специјално дизајниране, отпорне на влагу и корозију, направљене од метала, које су причвршћене на лагану конструкцију. Систем функционише тако да се честите воде из водене паре заустављају на мрежи и нагомилавањем молекула воде стварају се капљице које се гравитационо спуштају у систем канала до природног филтера изнад резервоара.



Слика 5. Пример различитих врста расел мрежа од полимера [11]

Истраживањем МИТ-а из 2018 године (Electrostatically driven fog collection using space charge injection, 2018), установљено је да главни механизми који ограничавају ефикасност колектора магле заснованог на мрежи су брзина отклањања капљица и аеродинамичко одступање капљица магле. Сходно томе, брзина отклањања капљица се може смањити на два начина: вода може зачепити мреже и услед ветра може доћи до поновног подизања капљица ка горе. До решења ова два проблема истраживачи МИТ-а су дошли увођењем додатне електричне енергије која ће усмерити капљице воде према колектору [12]. Активном контролом капљица помоћу електромагнетног поља остварује се до 20 пута брже прикупљање воде из водене паре у односу на традиционалне пасивне системе [13]. Ово решење посебно је pogodно за примену у аридним подручјима где је свака капљица воде од критичног значаја, а ветар често достиже велике брзине.

Како би се овај принцип применио и на објекту, инсталирани су системи прикључени на електричну мрежу, чија енергија је добијена путем соларних панела – колектора, “off-grid” системом који је погодан за напајање тамо где је немогуће или јако тешко допремити дистрибутивни систем који током дана пуни батеријску банку, а ноћу се из ње црпи акумулирана енергија [14]. Оба система, и систем сакупљача воде и соларни колектори позиционирани су на платформи, изнад тла. По претходно објашњеном принципу, сакупљена вода слива се у филтер направљен од природних материјала, а потом се филтрирана вода депонује у резервоар под земљом. Из тог резервоара даљом дистрибуцијом и додатном филтрацијом долази до крајњих корисника, а сива вода из објекта се рециклира и враћа свом првобитном извору – природи.

Платформа, као и унутрашњи носећи и преградни зидови су, за разлику од традиционалног направљени од геополимерног бетона. Геополимер је неоргански полимер који настаје као резултат поликондензационе реакције одређених отпадних материјала (пепео, отпад из производње целика, метакаолин, силица прасина, пепео из љуски пиринца...) који садрже алуминосиликате (основне компоненте земљине коре и налазе се у глинама и камењу, пепелу...), у реакцији са алкалијама (базне супстанце са високом рН вредношћу) [15].

Према истраживању Департамента за грађевинарство, универзитета у Делхију и универзитета у Саудијској Арабији, геополимерни бетон има боља физичка, механичка својства и постојаност у односу на бетон од Портланд цемента и изузетно је отпоран на дејство киселина, сулфата и соли [16], чије честице се услед близине океана налазе у ваздуху [17].

Иако овај бетон још увек није применљив, постоји велики потенцијал у његовој експлоатацији будући да га одликује редуција уграђеног угљеника (CO₂) за 80%, као и смањење карбон отиска за 9% у односу на бетон какав данас познајемо [18].

3. ЗАКЉУЧАК

Пројекат самоодрживе куће у пустињи Атакама представља синтезу природних процеса, технолошких иновација, архитектонског решења и естетике. Применом анализираних утицаја, престаје да буде само структура у простору у смислу склоништа и постаје механизам који активно учествује у природним циклусима.

Самоодржива кућа није само експериментални концепт, она је визија могућег правца развоја архитектуре у будућности. Оваквом анализом архитектура излази из конвенционалног оквира пројектовања и постаје део ширих научних области и система. На постављено питање да ли је живот у суровим условима могућ, одговор лежи у паралелном постојању неукротиве природе и контролисаног управљања грађеном средином.

Кретањем ка будућности пре него што нас она стигне отвара се ново поглавље: постојање архитектуре која живи у складу са природом, а не на њен рачун.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Environment, Climate Change and Health (ECH), Water, Sanitation, Hygiene and Health (WSH), “Progress on household drinking-water, sanitation and hygiene 2000-2024: Special focus on inequalities,” WHO, 2025.
- [2] The Editors of Encyclopaedia Britannica, “Atacama Desert,” Britannica, 13 10 2025.
- [3] T. Williams, “10 Facts About The Atacama Desert,” Quasarex, 21.03.2016.
- [4] M. M. M. Madsen, “Earth-sheltered construction,” EBSCO Knowledge Advantage, 2024.
- [5] S. Edward, “Do people still live in caves?,” 14 07 2023.
- [6] Patrn, “Meet the Fog Farmers of the Atacama Desert,” 2024.
- [7] F. L.-R. I. A. C. M. C. d. R. K. Keim-Vera, Fog types frequency and their collectable water potential in the Atacama Desert, Atmospheric Research, vol. 312, 2024.
- [8] The Editors of Encyclopaedia Britannica, “temperature inversion,” 21 05 2020.
- [9] N. Lavars, “How Chile's fogcatchers are bringing water to the driest desert on Earth,” New Atlas, 25 08 2015.
- [10] Google Images. [Accessed 09 2025].
- [11] R. S. S. A. L. Otto Klemm, “Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives,” Research Gate, 02 2012.
- [12] K. K. V. Maher Damak, “Electrostatically driven fog collection using space charge injection,” Sci.Adv., no. 4, 08 06 2018.
- [13] P. Channel, “Solving Desert Water Shortages Using 20,000 Volts,” 2025.
- [14] Green Energy Solution, “Solarni paneli - princip rada,” Green Energy Solution.
- [15] M. K. S. R. N.B. Singh, Geopolymer cement and concrete: Properties, Materials Today: Proceedings, vol. 29, 2020, pp. 743-748.
- [16] N. D. I. R. Manvendra Verma, “Geopolymer Concrete: A Material for Sustainable Development in Indian Construction Industries,” Research Gate, 04 2022.
- [17] Unknown, “Atacama Desert: On the trail of fog trapping and the air plant,” Thies Clima, 19 10 2024.
- [18] R. b. S. C. M. Nidhi Dhull, “Geopolymer Concrete: A Sustainable Alternative to Portland Cement,” AzoBuild, 10 07 2024.

Кратка биографија:



Ива Сирета рођена је у Кикинди 1997. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектуре – Архитектонско пројектовање одбранила је 2025. год.
Контакт: ivasireta@yahoo.com