

A klímaváltozás egyes hatásai jobban érzékelhetők a városokban, mint vidéken. Hőhullámok, egyre magasabb napi átlaghőmérsékletek és a hirtelen lezúduló eső következményeként villámárvizek alakulnak ki. Erre a nagy mennyiségű csapadékra a vízelvezető-rendszerek nem mindig vannak felkészülve.

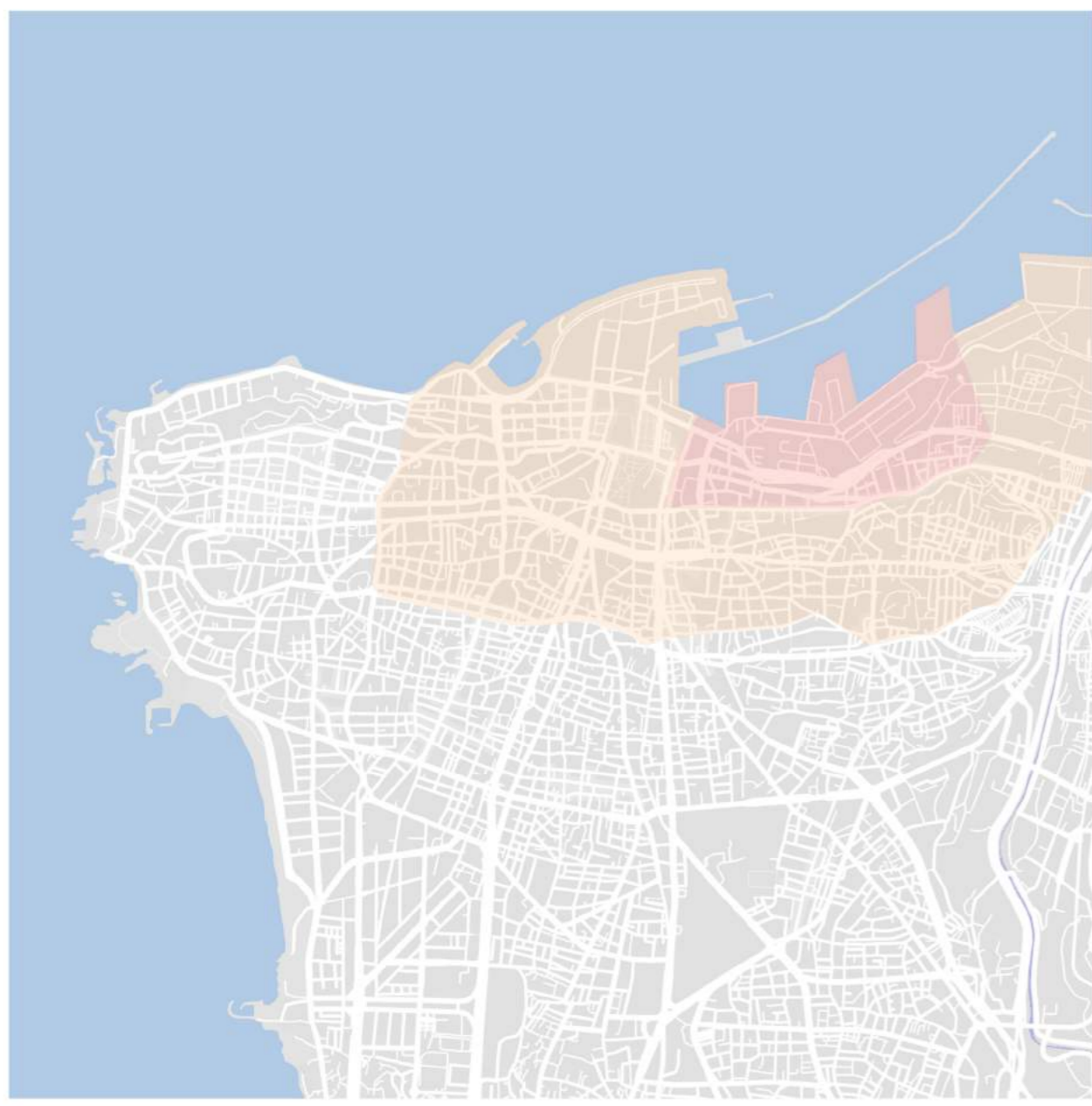
Nyáron az egész világot megrázó bejrúti robbanás következményeként több száz épület semmisült, vagy rongálódott meg, és közel 300 000 ember vesztette el otthonát. A hidegebb évszakok közeledtével egyre sürgősebb a lökéshullám okozta károk és épületek helyreállítása. A téli hónapokban (december-február) az évi csapadékmennyiség több mint fele zúdul Bejrút városára, sokszor rövid időn belül, nagy mennyiségben. A nyári időszak ezzel ellentétben szinte csapadékmentes, nagy a szárazság, miközben a páratartalom igen magas.

Dolgozatunk célja a megsemmisült tetőszerkezetek olyan helyreállítása, amely reflektál a vízhiányra, arra építészeti megoldást keres, ezáltal a városkép és a "tetőtáj" is változik, új kialakítást kap. Az épületek tetejére telepített ültető közeg és növényzet megtisztítja a szennyezett városi levegőt, szűri a csapadékot, valamint hűvösen tartja az alatta lévő helyiségeket a nyári melegben. Az esővizet a természetes körforgásba visszajuttatja, valamint a páratartalom növelésével és a káros sugárzások elnyelésével javítja a közvetlen mikroklímát. A hirtelen lezúduló csapadékot a koncepció szerint összegyűjtjük és elraktározzuk, amely a nyári szárazság alatt felhasználható, illetve a zöldtetők telepítésével megakadályozható a csatornák túlterhelése, ezzel is csökkenthető a villámárvizek kockázata.

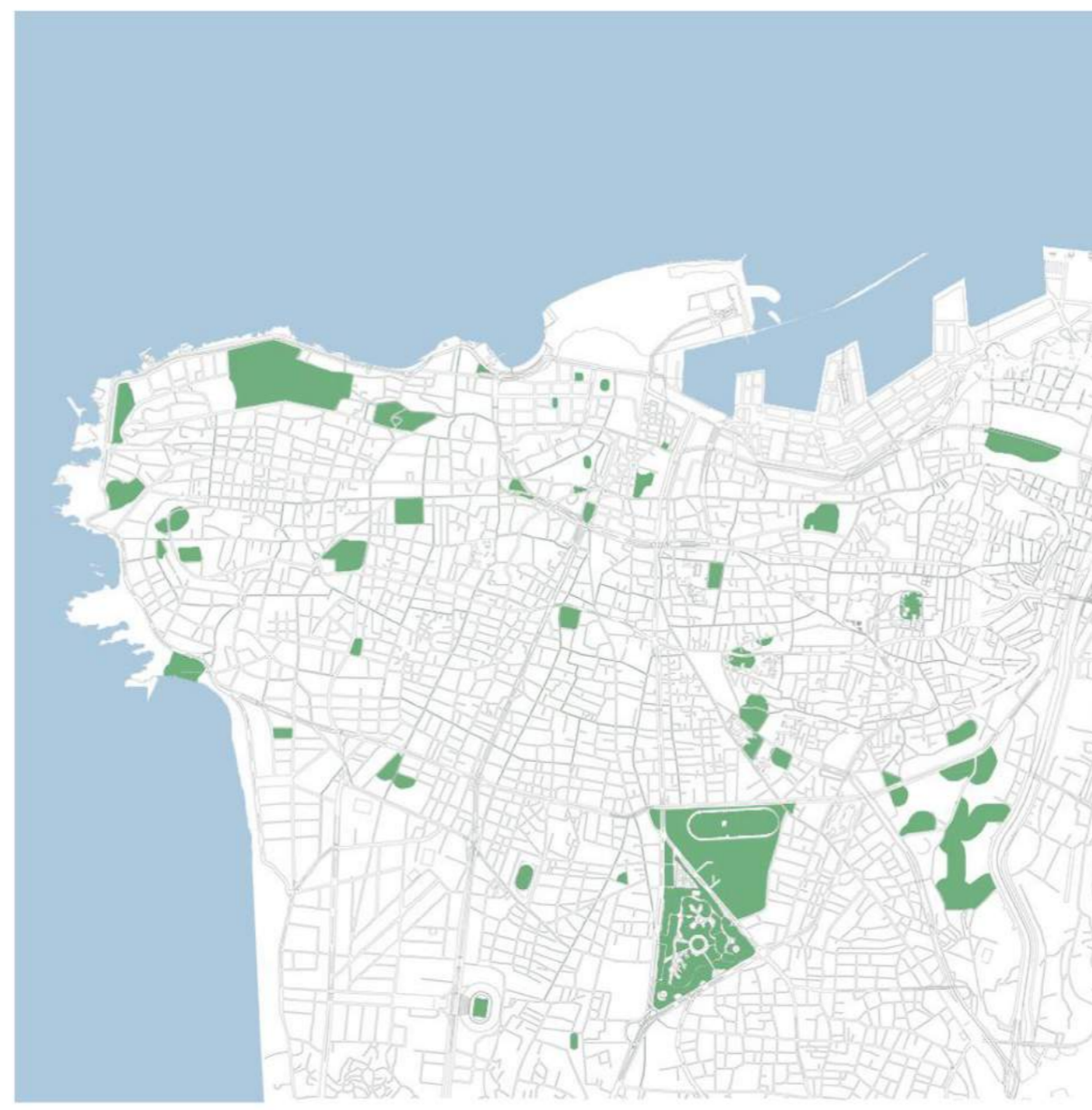


## Bejrút - Tetőtáj újragondolva

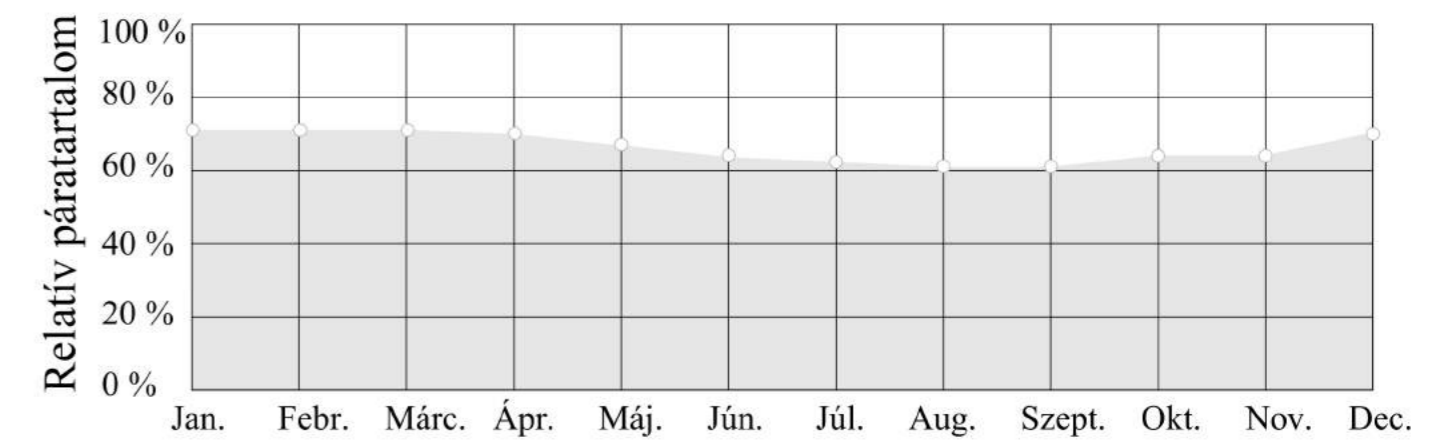
szervezők: Laczó Eszter, Papp Alexandra  
konzulensek: Vasáros Zsolt DLA



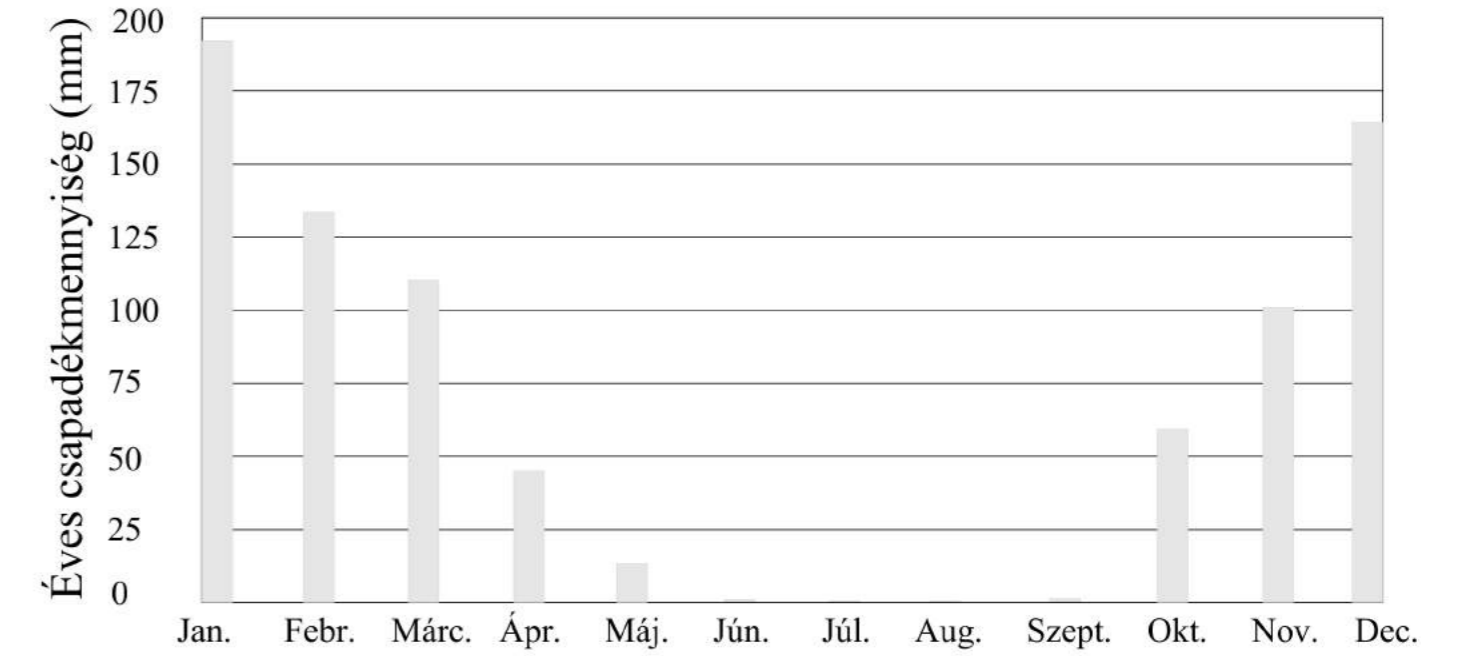
Bejrútban a 2020 augusztus 4-ei robbanás következményeként közel 300 ezer ember vesztette el otthonát. A térképen a lakhatatlanná vált (rózsaszín) és a megromlódtott épületek (sárga) területi elhelyezkedése látható. A téli hónapok közeledtével egyre sürgetőbbé válik az épületek és tetőszerkezetek helyreállítása.



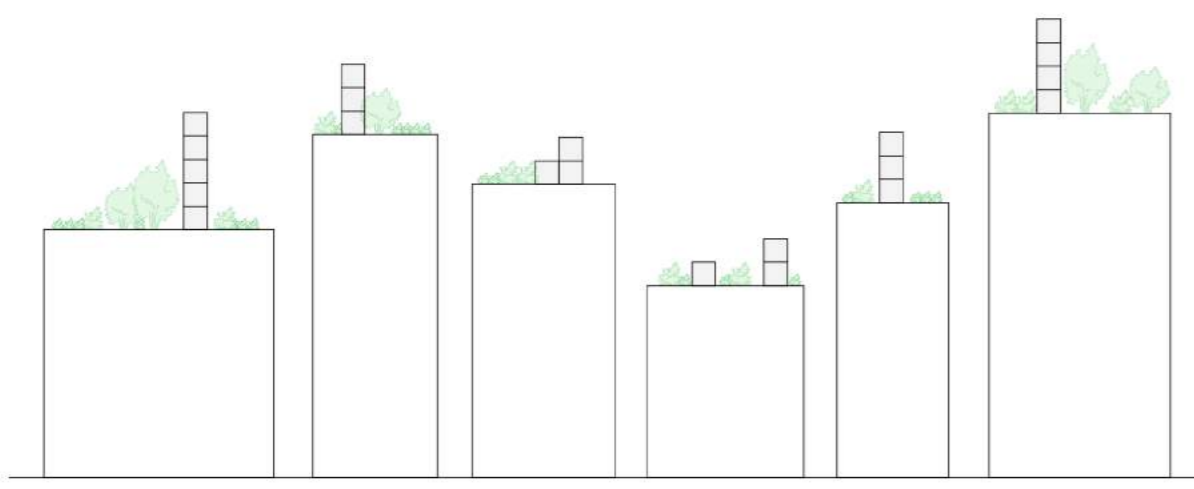
A városra a túlzott beépítés, a művi elemek túlsúlya és a kevés zöldterület jellemző. A koncepciónk egyik fő szempontja, hogy a sérült épületek új tetőszerkezete zöldtető legyen, ezáltal növelve a városban a zöldfelületek arányát, emellett kihasználva azok multifunkcionális előnyeit.



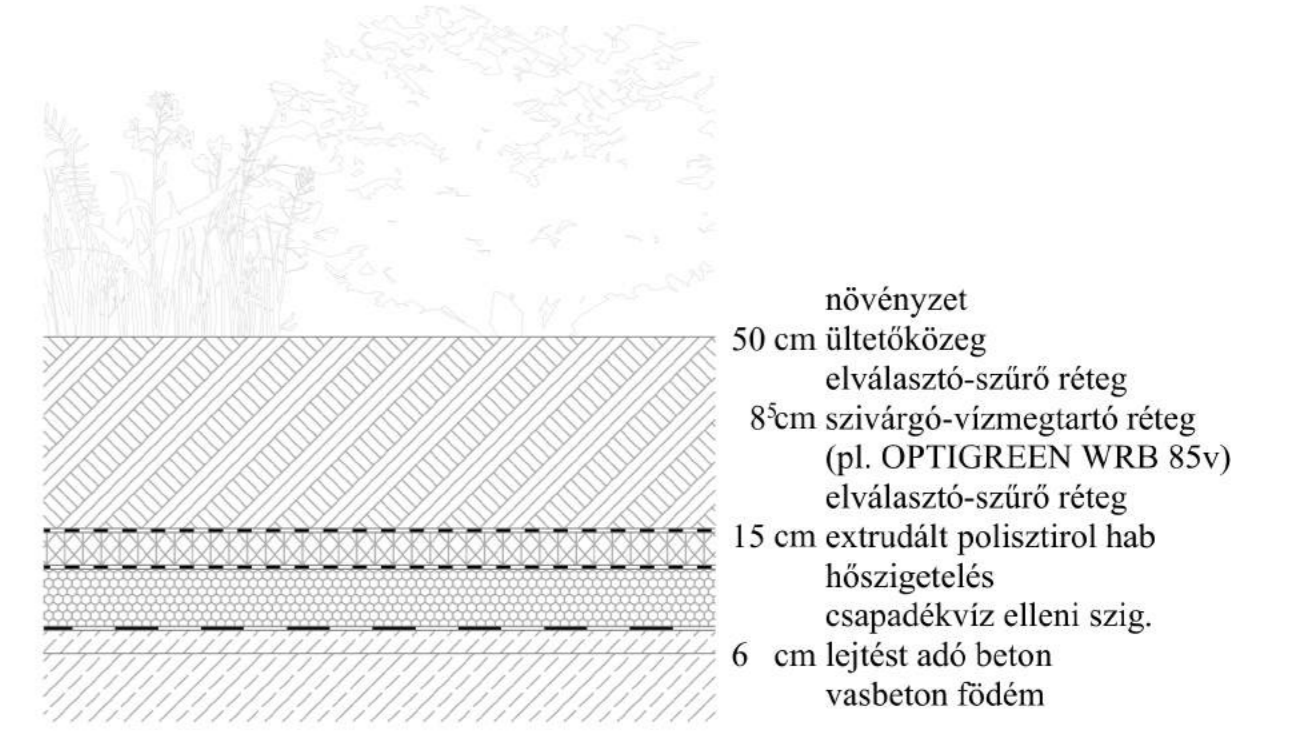
Az átlagos éves páratartalom: 66.0%  
Az egész évben egyenletesen magas páratartalmat kihasználva gyűjtjük össze az ebből nyerhető ivóvizet.



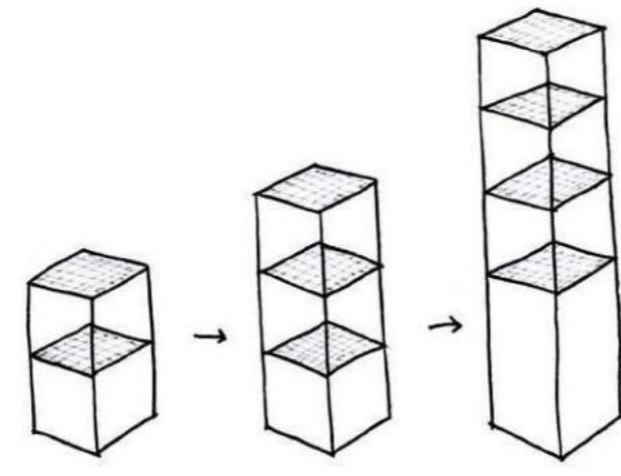
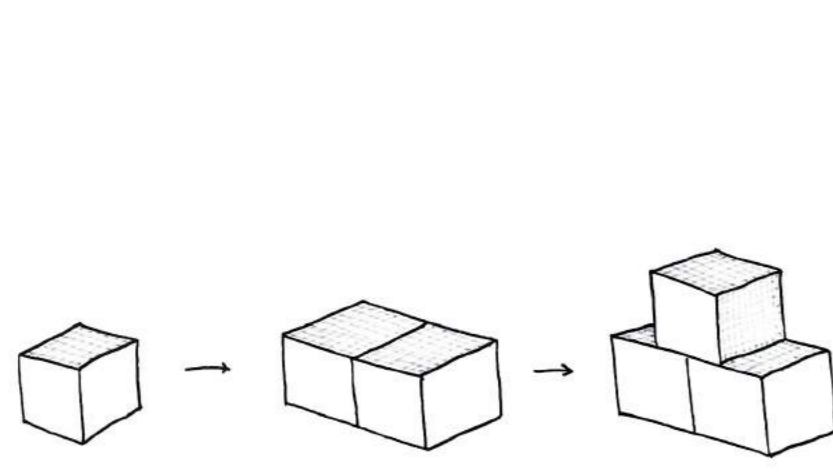
A libanoni éghajlatot a forró, száraz és szinte csapadéktelen nyár és a hűvös, esős tél jellemzi. Az éves csapadékmennyiség közel 80%-a november és március között esik le. A hirtelen jövő, nagymennyiségű esőzések villámárvizeket okoznak Bejrút szerte, megbénítva ezzel a város mindennapjait.



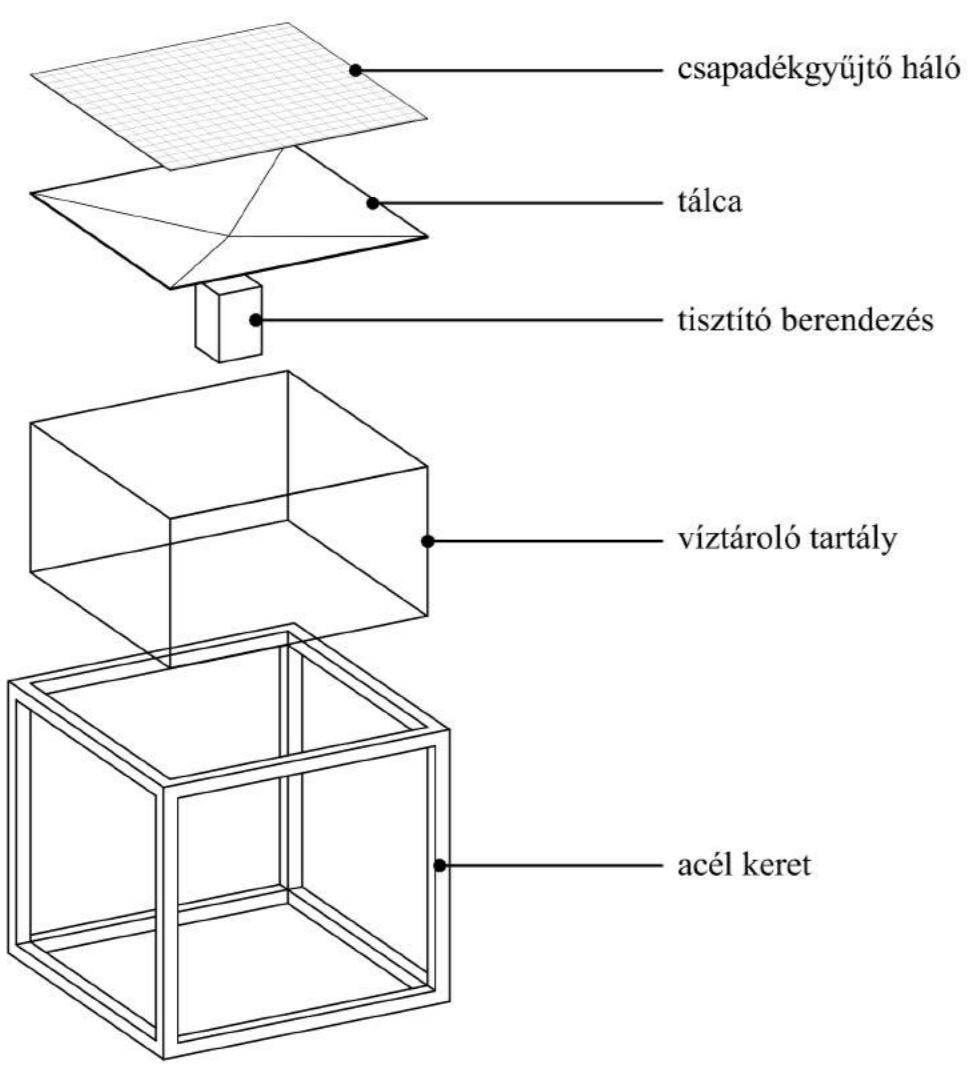
Bejrútban nagy probléma az ivóvízhiány, a csapvíz nem megfelelő tisztaságú, ezért a lakosok kénytelenek palackozott vizet venni és inni, ami ennek következtében nagyon drága (4800 LBP/liter  $\approx$  1000 HUF/liter). Tervünk másik fő célja ezen probléma megoldása egy olyan szerkezettel, amely a lehulló és a levegőben lévő csapadékot összegyűjti, megtisztítja és tárolja is egyben. Ezek a különböző méretű vizesítő és gyűjtő modulok elsősorban a zöldtetőkön kapnak helyet, de el lehet helyezni még az utcán, köztereken, valamint a menekültábrók területén is, ahonnan közvetlenül lehetne ivóvizet tölteni palackokba/üvegekbe. Ezáltal a vízhiány problémája mellett a nagymértékű műanyag szennyezés is csökkenne.



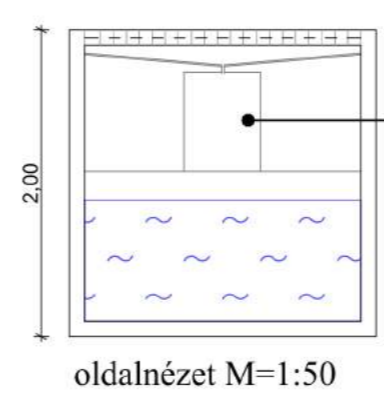
A zöldtetőket megfelelően kiépítve és hasznosítva jelentős mennyiségű csapadék tartható vissza, csökkentve a városi csatornahálózat leterheltségét. A legtöbb épületre intenzív zöldtetőt tervezünk. Tartályokban kerülne gyűjtésre a gyökérszónán átfolyó csapadék, amit a száraz időszak alatt lehetne felhasználni (pl.: öntözés, wc öblítés stb.). Az eső gyors lefolyását gátolva speciális vízvisszatartó elemek (drénlemezek) építhetők be, melyek a dombornyomás mélységétől függően több, illetve kevesebb vizet tudnak visszatartani. Létezik olyan szerkezet, mely az éves csapadékmennyiség 70-95%-át képes visszatartani, illetve 110-160 l/m<sup>2</sup> vizet tud tárolni.



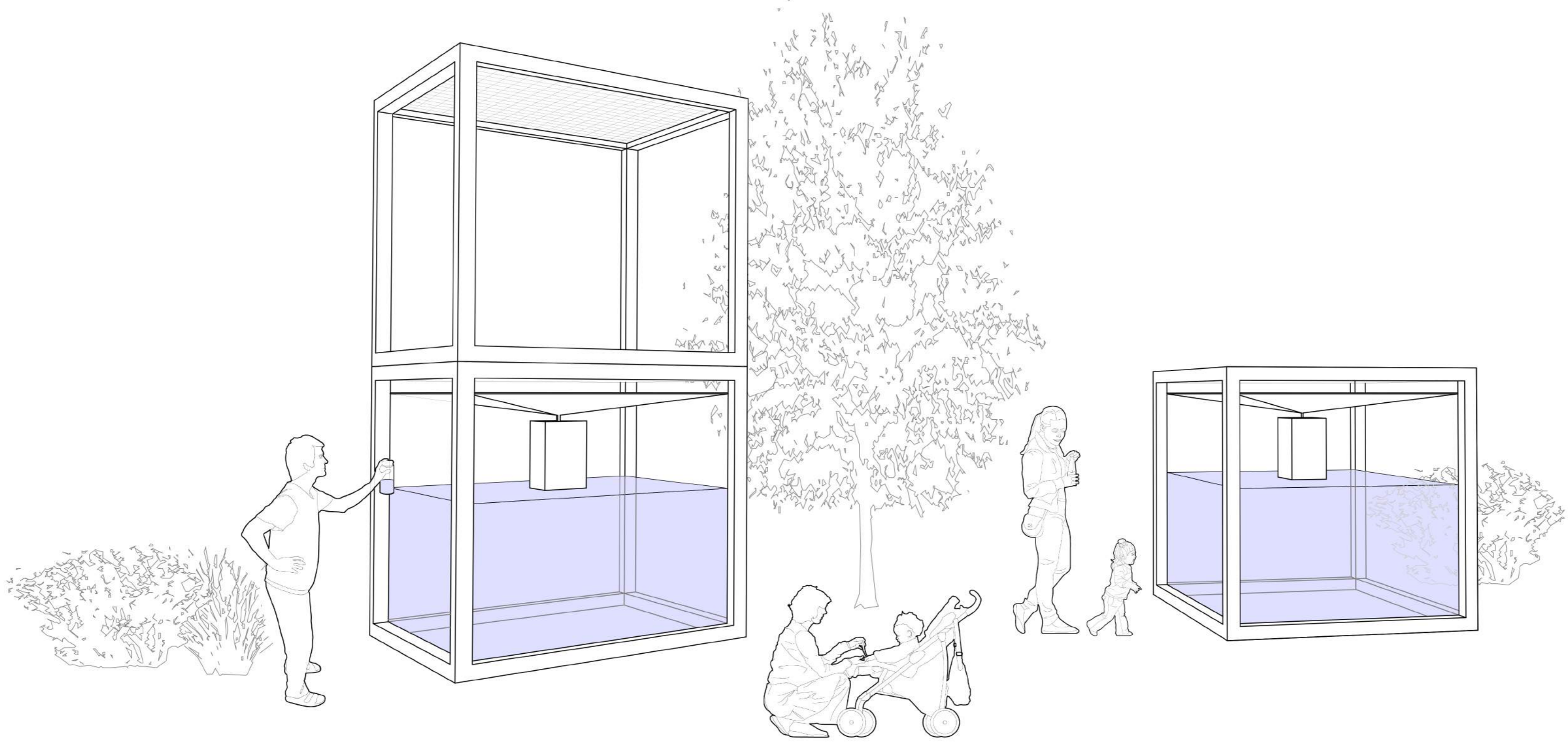
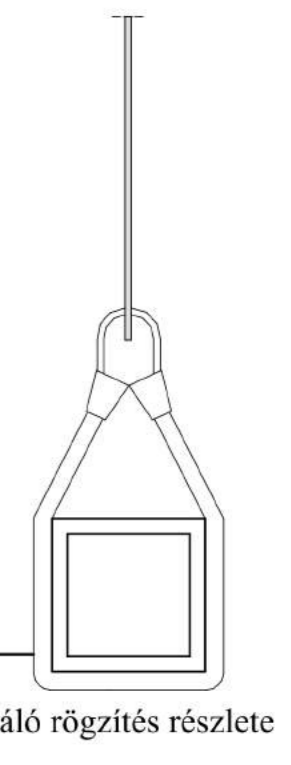
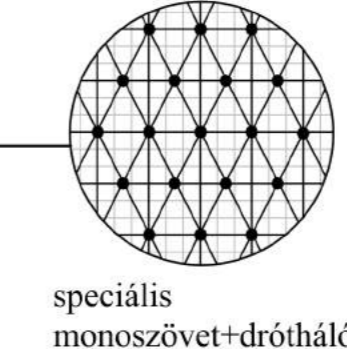
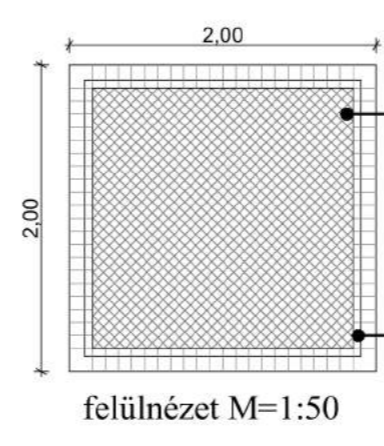
A tervezett építményünk 2x2 méteres modulokból áll, amelyek könnyen szét- és összeszerelhetők, bővíthetők, a különböző méretű, kapacitású épületekhez és eltérő igényekhez igazítva. Megfelelő bővítés esetén a vízgyűjtő háló vertikálisan is elhelyezhető, valamint a tartályméret is növelhető.



A tartószerkezete acél keret, amely merevítve van és rögzítve a tetőkre. A vízgyűjtő háló anyaga rugalmas poliészter, amely speciális távtartó dróthálóval van erősítve és gumitágitókkal csatlakozik a kerethez. A hálóról a víz egy csatornán és szűrő/tisztító berendezésen keresztül a tartályba folyik. Opcionálisan burkolattal fedhetőek az oldalak.



Működési elv: a csapadék a gyűjtőtálca tetejére esik, onnan lefolyik a tisztító berendezésbe, amely 70% -kal csökkenti a víz szennyeződését. Ezután egy szűrőn keresztül áramlik a víztároló tartályba, ahol egy lebegő klórardagoló és más alkatrészek segítségével fertőtlenítik és ülepítik.



# Bejrút - Tetőtáj újragondolva

szervezők: Laczó Eszter, Papp Alexandra  
konzulensek: Vasáros Zsolt DLA



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építészmérnöki Kar  
Ipari és Mezőgazdasági Épülettervezési Tanszék

## Bejrút – Tetőtáj újragondolva

Beirut – Roofscape reloaded

Készítette:

Laczó Eszter

Papp Alexandra

Konzulens:

Vasáros Zsolt DLA

2020

# Tartalomjegyzék

Absztrakt	2
Abstract	3
Bevezetés	4
Problémafelvetés	4
Bejrút időjárása	5
Zöldtetők történeti áttekintése	6
Zöldtetőkről általánosságban	8
Növények szerepe a városban	9
Víztisztítás növények segítségével	10
Gyökérszónás víztisztítás	10
Extenzív és intenzív zöldtetők	11
Víztározás - víz visszatartás	12
Koncepció	13
Előképek	14
Warka Water Tower	14
Chaac ha water collector	16
Orient Occident Atelier - Waterfall project	17
CloudFisher	18
Terv	19
Mellékletek	22
Felhasznált irodalom	22

# Absztrakt

A klímaváltozás egyes hatásai jobban érzékelhetők a városokban, mint vidéken. Hőhullámok, egyre magasabb napi átlaghőmérsékletek és a hirtelen lezúduló eső következményeként villámárvizek alakulnak ki. Erre a nagy mennyiségű csapadékra a vízvezető-rendszerek nem mindig vannak felkészülve.

Nyáron az egész világot megrázó bejrúti robbanás következményeként több száz épület semmisült, vagy rongálódott meg, és közel 300 000 ember vesztette el otthonát. A hidegebb évszakok közeledtével egyre sürgősebb a lökéshullám okozta károk és épületek helyreállítása. A téli hónapokban (december-február) az évi csapadékmennyiség több mint fele zúdul Bejrút városára, sokszor rövid időn belül, nagy mennyiségben. A nyári időszak ezzel ellentétben szinte csapadékmentes, nagy a szárazság, miközben a páratartalom igen magas.

Dolgozatunk célja a megsemmisült tetőszerkezetek olyan helyreállítása, amely reflektál a vízhiányra, arra építészeti megoldást keres, ezáltal a városkép és a “tetőtáj” is változik, új kialakítást kap. Az épületek tetejére telepített ültető közeg és növényzet megtisztítja a szennyezett városi levegőt, szűri a csapadékot, valamint hűvösen tartja az alatta lévő helyiségeket a nyári melegben. Az esővizet a természetes körforgásba visszajuttatja, valamint a páratartalom növelésével és a káros sugárzások elnyelésével javítja a közvetlen mikroklímát. A hirtelen lezúduló csapadékot a koncepció szerint összegyűjtjük és elraktározzuk, amely a nyári szárazság alatt felhasználható, illetve a zöldtetők telepítésével megakadályozható a csatornák túlterhelése, ezzel is csökkenthető a villámárvizek kockázata.



1. ábra <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Bejrút az augusztus 4-i robbanás után (forrás: internet) <https://dronedj.com/2020/08/07/drone-video-shows-devastation-following-beirut-explosion/#jp-carousel-33570>

# Abstract

Some effects of climate change are more perceptible in cities than in the countryside. There are more and more floods because of sudden downpours, heatwaves and increasing the global average temperatures. Unfortunately, most of the drainage systems are not constructed for these heavy rainfalls.

This summer, hundreds of buildings are destroyed or damaged and approximately 300 000 people lost their homes in result of the huge explosion in Beirut. As the coming of winter the repairing of damaged buildings are getting more urgent not only because of the cold temperatures but also half of the annual rainfall falls on Beirut during the winter months. The summer period is almost precipitation free, with a high drought while the humidity is very high.

The aim of our dissertation is to find an architectural solution for the repairment of the roofing in a way of solving the problem of the lack of water and with also the urban and roofscape gets a new design. The planting medium and vegetation installed on the roofs of the buildings cleans the polluted city air, filters the precipitation, and keeps the rooms below cool in the summer heat. It returns rainwater to the natural cycle, improving the direct microclimate by absorbing harmful radiation and increasing humidity. According to our concept, the sudden precipitation is collected and stored, which can be used during the summer drought, and the installation of green roofs can prevent the overloading of the canals, thus reducing the risk of lightning floods.

# Bevezetés

Libanon egy kis ország, mely a Földközi-tenger keleti partvidékén található. A legfrissebb adatok szerint (2020) a világ egyik leginkább urbanizálódott országa. Jelenleg lakosságának közel 88%-a él városokban<sup>2</sup>, ebből 64% Bejrútban, Tripoliban és vonzáskörzeteikben. Ennek a helyzetnek az egyik fő oka a polgárháború volt, amely 1975-ben kezdődött. 1990-ben, a háború befejezése után, nagy építkezési hullám indult el, ami új munkahelyeket és jobb fizetést biztosított, ezért a vidéki területekről sokan Bejrútba költöztek a jobb megélhetés reményében. A 2011 óta tartó szíriai polgárháborúnak is súlyos humanitárius következményei vannak, amely elsősorban Szíria közvetlen szomszédait érinti leginkább, Libanonban 1,5 millió szír<sup>3</sup> és 300 ezer körüli palesztin menekült él. Az ország lakosainak arányát tekintve Libanon a legtöbb menekültet befogadó ország.<sup>4</sup>

## Problémafelvetés

Annak ellenére, hogy Libanon a polgárháború (1975-1990) befejezése óta dollármilliárdokat költött az infrastruktúra fejlesztésére, a lakosokat továbbra is rendszeres áramkimaradások és az ivóvízhiány sújtja. Az egyre gyakrabban jelentkező heves esőzések megbénítják a főváros utcáit. A kevés zöldterület és a nem megfelelő csapadék- és szennyvízelvezető-hálózat miatt a nagy mennyiségben leesett eső a csatornákból előtörő szennyvízzel keveredve elárasztja Bejrút utcáit. Az augusztus 4-ei robbanás következményeként közel 300 ezer ember vesztette el otthonát. A téli hónapok közeledtével fontossá válik a megrongálódott épületek és tetőszerkezetek helyreállítása. Kutatásunkban arra próbálunk választ találni, hogy az újjáépítendő, illetve felújítandó épületek a felújítás során alkalmazott technológiákkal hogyan tudnának ezekre a problémákra is reflektálni, azaz a krízishelyzet kezelése mellett előremutató fejlesztéseket is létrehozni.

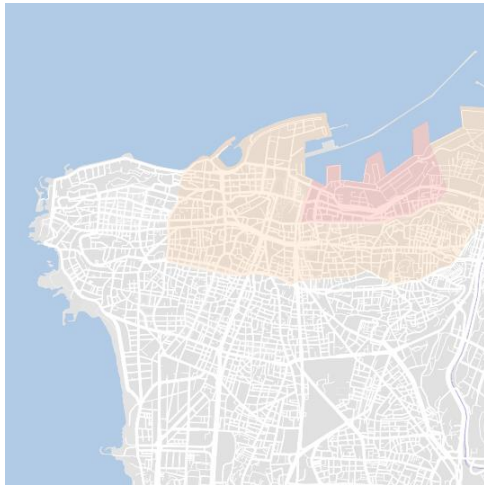
---

<sup>2</sup> (forrás: internet) <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/most-urbanized-countries>

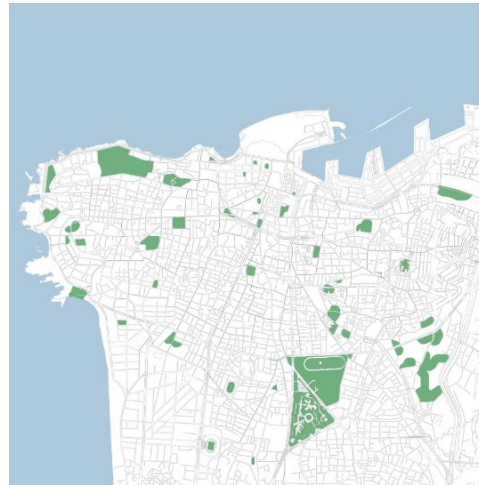
<sup>3</sup> Lebanon Fact Sheet, 2019

<https://www.unhcr.org/lb/wp-content/uploads/sites/16/2019/03/UNHCR-Lebanon-Operational-Fact-sheet-February-2019.pdf>

<sup>4</sup> Vulnerability Assessment of Syrian Refugees in Lebanon



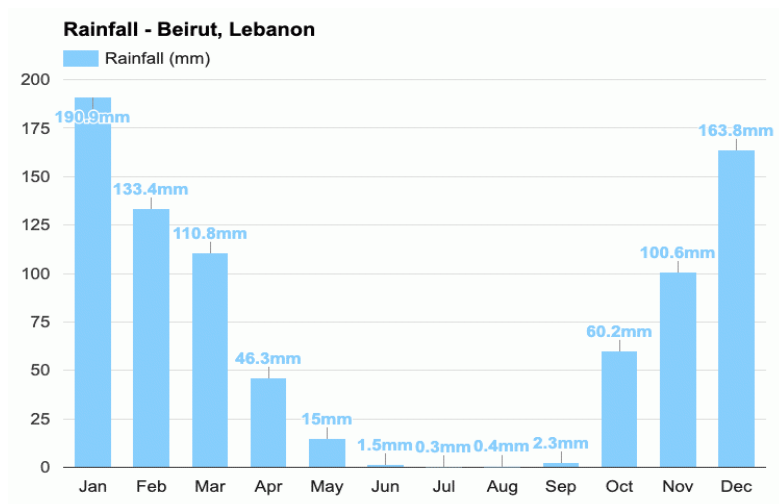
2. ábra Robbanás következtében megsérült épületek



3. ábra Bejrút zöldterületei

## Bejrút időjárása

A libanoni éghajlatot a forró, száraz és szinte csapadékmentes nyár és a hűvös, esős tél jellemzi. Az éves csapadékmennyiség közel 80%-a november és március között esik le. A hirtelen jövő, nagymennyiségű esőzések villámárvizeket okoznak Bejrút szerte, megbénítva ezzel a város mindennapjait.



3. ábra Bejrút éves csapadékmennyisége<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Bejrút éves csapadékmennyisége (forrás: internet) <https://www.weather-atlas.com/en/lebanon/beirut-climate#rainfall>



# Zöldtetők történeti áttekintése

A zöldtetők története az ókorig nyúlik vissza. A következőkben a téma gazdag történetéből csak néhány jellegzetes példát emelünk ki. Az első általunk is ismert tetőkert a babiloni függőkert. Írásos emlékek szerint a világ hét csodája között is számontartott függőkertet II. Nabú-kudurriuszur építette feleségének. Az Eufrátesz partján épült teraszokra a folyóból emelték ki a vizet az erre kijelölt emberek.



4. ábra. Szemiramisz függőkertje<sup>6</sup>

Az ókori római nemesek, uralkodó osztály tagjai is gyakran díszítették tetőiket növényekkel. Augustus császár mauzóleumát fákkal és virágokkal, teraszait ciprusokkal ültették be.

Az ezt követő évszázadokban tetőkert építésének gondolata feledésbe merült. A reneszánsz alatt éledt fel újra a zöldtetők építésének kultúrája. Számos itáliai városban (pl. Velence, Firenze) jelentek meg tetőkerttel díszített villák.

Zöldtetőkkel az izlandi népi építészetben is találkozhatunk. A házakat több száz évig földdel fedték a kevés építőanyagnak köszönhetően. Ez a hatásos építkezési mód gyorsan elterjedt Skandináviában, ugyanis az ágakból kialakított alsó rétegre fektetett tőzeges talaj, melyet élő fűvel borítottak, télen is lakhatóvá tette a házakat hőszigetelő képessége miatt.

---

<sup>6</sup> Szemiramisz függőkertje (forrás: internet)  
[https://hu.wikipedia.org/wiki/Szemiramisz\\_f%C3%BCgg%C5%91kertje#/media/F%C3%A1jl:Hanging\\_Gardens\\_of\\_Babylon.jpg](https://hu.wikipedia.org/wiki/Szemiramisz_f%C3%BCgg%C5%91kertje#/media/F%C3%A1jl:Hanging_Gardens_of_Babylon.jpg)



5. ábra. Gyepházak, Izland<sup>7</sup>

A második világháborút követő időszakban (1950-1970) Németországban rengeteg zöldtető épült, elsősorban mélygarázsok és aluljárók fedéseként alkalmazva. Ebben az időszakban azonban még nem álltak rendelkezésre olyan szigetelőanyagok, amelyek gyökérállóak lettek volna, így a keletkezett károk felújítási munkálatokat tettek szükségessé. Az 1980-as évektől fokozatosan elfogadottá váltak a zöldtetők, már komplexen foglalkoztak az alkalmazásával, mint rendszerrel. Később az építési irányelveket is kidolgozták, vizsgálták a klímabefolyásoló hatásait is. Így a zöldtetők alkalmazása terjedni kezdett, a beépíthető lapostetők aránya nőtt. Az utóbbi évtizedek építészetének egyik legérdekesebb ilyen épülete, a Bécsben található Hundertwasser ház, melyen 900 tonna földbe 250 fát és bokrot ültettek.



6. ábra Hundertwasser ház, Bécs<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Gyepházak, Izland (forrás: internet) <https://www.deviantart.com/surabayajohnny99/art/Seter-147478108>

<sup>8</sup> Hundertwasser ház, Bécs, Ausztria (forrás: internet) <https://www.solaripedia.com/images/large/4837.jpg>

## Zöldtetőről általánosságban

Általánosságban zöldtetőnek nevezzük a vízszigetelő réteggel ellátott lapos tetőket és enyhe lejtésű tetőket, melyre – különböző teherelosztó réteg közbeiktatásával – bizonyos vastagságú földréteget terítenek a telepítendő növények életfeltételeinek kialakítására.<sup>9</sup>

A tető használati szempontjai és a telepített növényzet alapján a zöldtetők két alapvető csoportba sorolhatók:

- extenzív zöldtetők
- intenzív zöldtetők

	<b>Extenzív</b>	<b>Extenzív (Biodiverz)</b>	<b>Intenzív</b>
Használat	nem járható ökológia védőréteg	nem járható ökológia védőréteg	emberi tartózkodásra alkalmas
Fenntartás	alacsony fenntartási költség	kezdetben sok ápolást igényel, később alacsonyabb fenntartást igényel	gondozást és ápolást igényel
Öntözés	általában nem alkalmazott	kezdetben gyakori öntözés, majd egyre kevesebb, a cél a száraz időszakokhoz való hozzászoktatás	öntözés nélkül nem telepíthető
Tömeg	1,6-24 kN/m <sup>2</sup> 100-150 kg/m <sup>2</sup>	1,6-2,0 kN/m <sup>2</sup> 100-300 kg/m <sup>2</sup>	2,0-15,0 kN/m <sup>2</sup> 300-1500 kg/m <sup>2</sup>
Szerkezeti vastagság	10-15 cm	10-25 cm	25-100 cm
Alkalmazott növények	varjúháj és vadvirágok, fűfélék	cserjék, évelők, lágyszárúak, vegyes magkeverékek	évelő disznőnövények, lágyszárúak és fásszárúak
Kiültetés jellege	vegyesen vagy egynemű foltokat kialakítva	kiültetési terv nélkül, a növény igényeihez alkalmazkodva	kiültetési tervnek megfelelően
Telepítés módja	magvetés, sarjvetés, palánta	magvetés, palánta, konténer	palánta, kontér, földlabda
Közegkeverék alkotók	vulkáni tufa, téglarölemény, ásványi anyagok, humusz	tufa, téglarölemény, ásványi anyagok, humusz, csíramentes komposzt, kohósalak	humuszban gazdag talaj, vulkáni tufa, ásványi anyagok
Szerves anyag tartalom	15-20%	15-20%	30-60%
Tetőlejtés	0-25°	0-15°	<10°

7. ábra<sup>10</sup>

Az ember számára fontos, hogy kapcsolatban legyen a természettel. Főleg a sűrű beépítésű nagyvárosokban a természetes környezet látványa még jelentősebb lélektani hatással bír. Napjainkban a lapostetős lakóházak, irodaházak építésénél általános igényé vált a tetőkert

<sup>9</sup> Hidy et al., 1995

<sup>10</sup> forrás: Leczovics, P., Zöldítés – Alapok és természetes felületek, Budapest, 2018

kialakítása, mivel így növelni lehet az épített környezet zöldfelületeinek arányát. Ezen kívül a jó zöldtető jelentősen növelheti az ingatlan értékét is.

## **Növények szerepe a városban**

Az urbanizáció számos ökológiai problémát hordoz, amelyet többféle megközelítésben próbál az emberiség megoldani. Ezek a különböző irányzatok egy közös pontban megegyeznek, a növényzet előnyös hatásainak elismerésében a városi környezetben egyaránt. Pozitív tulajdonságai között van a mikroklíma javítása, mivel a növények szabályozzák a levegő hőmérsékletét és páratartalmát, ezáltal csökkentik a városi hőszigeteket (Urban Heat Island), klimatizáló hatásuk befolyásolja a légmozgást. A növények köztudottan fotoszintetizálnak, kiszűrik és megkötik a különböző por és szennyezőanyagokat, gázokat. Fontos előnyük még, hogy télen csökkentik az épületszerkezetek hőveszteségét, nyáron pedig a túlzott felmelegedést (hőcsillapítás). Az időjárás káros hatásaitól megóvják a szerkezeteket, valamint akusztikai védelmet is nyújtanak. A növények csökkentik a csatornahálózat terhelését, víztisztításra és öntözővíz biztosítására is alkalmasak, emellett szabályozzák a talaj vízháztartását. Nem elhanyagolható előnyük még a pszichológiai hatásuk, kellemes közérzetet és esztétikai élményt nyújtanak, valamint segítenek a biodiverzitás fenntartásában.

Összefoglalva elmondható, hogy a telepített növényzet igen sok előnnyel jár, hogy ebből egyszerre mennyi érvényesül, már a beépítéstől függ. Van olyan típus, amelynél egyes ökológiai előnyök előtérbe kerülnek, míg mások háttérbe szorulnak. A következő táblázatból látható, hogy a legtöbb előnnyel a növényzettel telepített tetők esetében lehet számolni.

	<b>Funkció</b>	<b>Zöld- tető</b>	<b>Zöld- falak, homlok- zatok</b>	<b>Kerti tavak, tófürdők</b>	<b>Eső- kertek</b>	<b>Természet- közeli szennyvíz- tisztítás</b>
<b>Mikroklíma</b>	A levegő páratartalmának, hőmérsékletének szabályozása.	x	x	x	x	x
	Por, szennyező anyagok megkötése.	x	x	x	x	
<b>Fotoszintézis</b>	CO <sub>2</sub> elnyelés, O <sub>2</sub> termelés	x	x		x	
<b>Épületfizika (Hőtechnika)</b>	Téli időszakban csökkenti az ép.szerkezetek hővesztését, nyári időszakban csökkenti a túlzott felmelegedést.	x	x			
	Védik az időjárás hatásaitól,	x	x			
<b>Akusztika</b>	Zajártalmak csökkentése.	x	x			
<b>Vízgyűjtés</b>	Csatornahálózat terhelésének csökkentése.	x			x	
	Víz tisztítás, öntözővíz biztosítása.				x	x
	A talaj vízháztartásának biztosítása, szabályozása.				x	
<b>Biodiverzitás</b>		x	x	x	x	x
<b>Rekreáció</b>	Pszichológiai hatások (kellemes környezet, esztétikai élmény, csökken a civilizációs ártalmak veszélye).	x	x	x	x	

8. ábra<sup>11</sup>

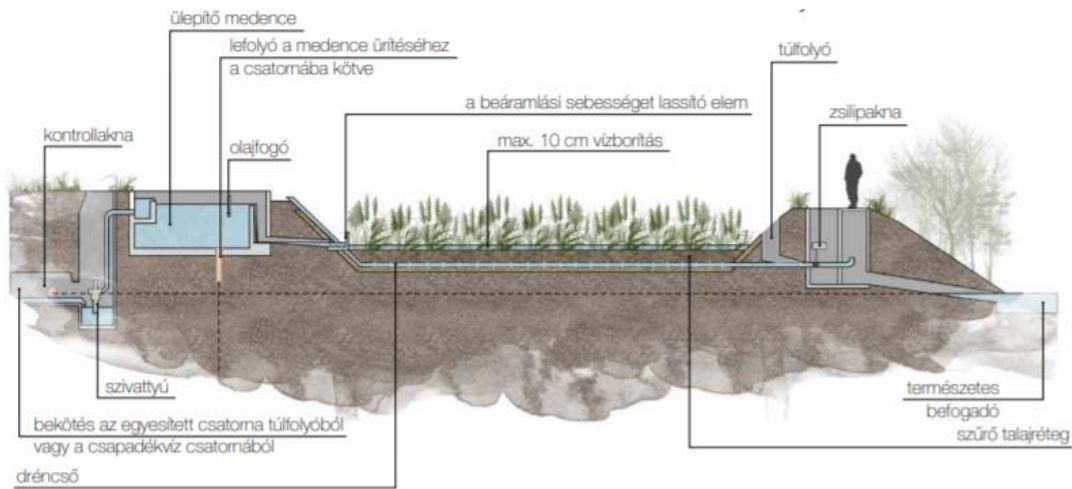
## Víz tisztítás növények segítségével

### Gyökérszűrő víz tisztítás

A gyökérszűrő víz tisztító egy olyan rendszer, mely a talaj és a növényzet segítségével tisztítja meg a vizet, emellett tározó szerepe is van. A csapadék előtisztítás után lassan átszűrődik a talajrétegen, majd a gyökérszűrő alatt lévő dréncszűrőken keresztül távozik. A növényzet gyökereinek, és az azon jelenlévő hártyának köszönhetően történik meg a biológiai tisztítás, mivel a különböző szennyeződések a mikroorganizmusok segítségével a növényekbe épülnek bele. A talajvíz védelme miatt vízzáró fólia kerül elhelyezésre a tisztító és a talaj között. A fóliára elhelyeznek egy finom kavicsréteget, amire fektetik a merev, műanyag csöveket, végezetül geotextília csíkokkal takarják le, a gyökerek benövésének megakadályozása érdekében. Az ilyen tisztítók a növényzet beálltától, ami körülbelül 3 év fejtik ki teljes

<sup>11</sup> forrás: Leczovics, P., Zöldépítés – Alapok és természetes felületek, Budapest, 2018

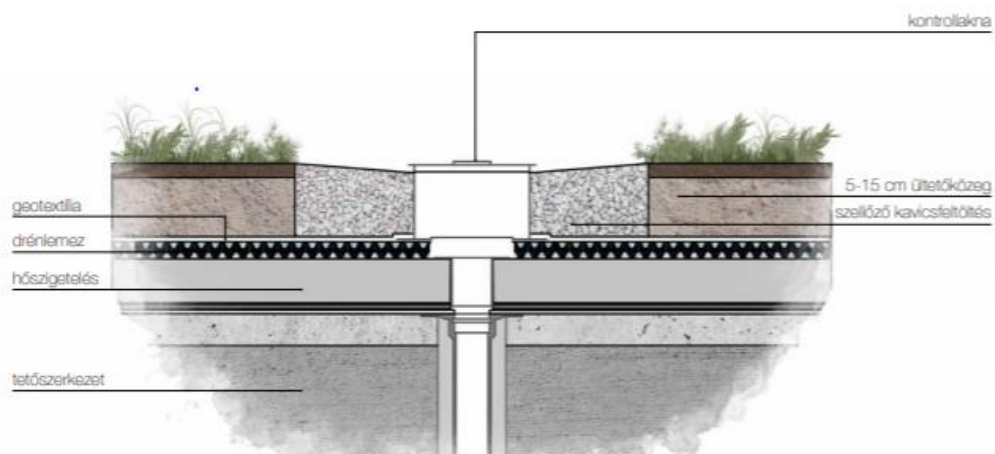
tisztítóhatásukat. A gyökérszűrés víztisztítás előnyei a magas ökológiai érték, természetes megjelenés és nagy tisztítóképesség, hátránya a nagy helyigény és a rendszeres ellenőrzés szükségessége.



9. ábra Gyökérszűrés víztisztító, Szingapúr

## Extenzív és intenzív zöldtetők

Az előző példához hasonlóan a zöldtetőkön is lehet a növények és közegkeverék segítségével tisztítani a vizet. Növények közül általában olyan alapfajokat telepítenek a tetőkre, amelyeknek nagy az ellenálló- és alkalmazkodóképességük, mivel itt még inkább ki vannak téve az időjárás és városi klíma különböző hatásainak (konkrét víztisztító növények például: szittyófélek, sárga nőszirm, törpe kálmos, stb.). A tetőre hulló csapadékot az ültetőközeg túlnyomórészt szűri, de fontos annak a vastagsága, mert vastagabb közegréteg esetében a megszűrt elemek mennyisége, valamint a vízvisszatartási hányad is jóval nagyobb. Összességében elmondható, hogy a zöldtető hatékonyan csökkenti a szennyezőanyag terhelést és a csapadékvíz lefolyást.



10. ábra Extenzív zöldtető metszet

## Víztározás - vízvisszatartás

A sűrűn lakott városi környezetben lehet nagy jelentősége a lapostetők víztározó kapacitásának. A zöldtetőket megfelelően kiépítve és hasznosítva jelentős mennyiségű csapadék tartható vissza, csökkentve a városi csatornahálózat leterheltségét.

Az eső gyors lefolyását gátolva speciális vízvisszatartó elemek (drénlemezek) építhetők be, melyek a dombornyomás mélységétől függően több, illetve kevesebb vizet tudnak visszatartani.

Létezik olyan szerkezet, mely az éves csapadékmennyiség 70-95%-át képes visszatartani, illetve 110-160 l/m<sup>2</sup> vizet tud tárolni.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> forrás: internet, <https://www.optigruen.com/system-solutions/garden-roof/system-build-up/>

# Koncepció

A városokban a túlzott beépítés, a művi elemek túlsúlya és a városi klíma negatív hatásai miatt a zöldfelületek szerepe felértékelődött. A 3. ábra (5. oldal) alapján látható, hogy Bejrútban ebből igen kevés van. A koncepciónk egyik fő szempontja, hogy a sérült épületek új tetőszerkezete zöldtető legyen, ezáltal növelve a városban a zöldfelületek arányát, emellett kihasználva azok multifunkcionális előnyeit, pl.: az itt telepített növények tisztítják a szennyezett levegőt és csapadékot. Így csökkenthetjük a csatornahálózat leterheltségét, aminek következtében a gyakori villámárvizek kockázata is csökken.

Továbbá Bejrútban nagy probléma az ivóvízhiány, a csapvíz nem megfelelő tisztaságú, ezért a lakosok kénytelenek palackozott vizet venni és inni, ami ennek következtében nagyon drága (4800 LBP/liter  $\approx$  1000 HUF/liter). Koncepciónk másik fő célja ezen probléma megoldása egy olyan szerkezettel, amely a lehulló és a levegőben lévő csapadékot összegyűjti, megtisztítja és tárolja is egyben.



# Előképek

## Warka Water Tower

A Warka-tornyot úgy tervezték, hogy a légkörből származó vizet (eső, köd, harmat) összegyűjtse, alternatív vízforrást biztosítva azoknak a vidéki lakosságnak, akiknek nehézségekkel kell szembenézniük az ivóvízhez való hozzáférés terén.

A Warka Tower természetes, biológiailag lebomló és 100% -ban újrahasznosítható anyagokkal valósult meg. Tervezési filozófiájuk és egyben kihívásuk az, hogy csak helyi anyagokat használjanak. A tornyot úgy is tervezték, hogy egyszerű eszközökkel könnyen megépíthető legyen, és a helyi falusiak karbantarthassák állványok vagy elektromos szerszámok nélkül.

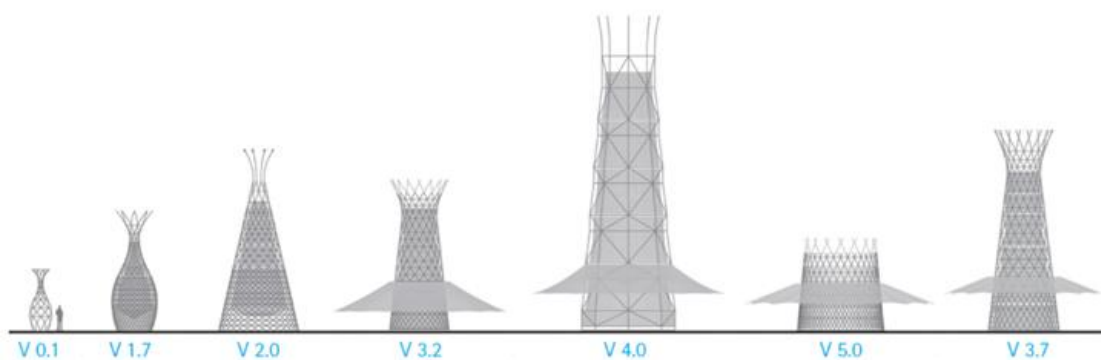
A szerkezet csak természetes jelenségek, például a gravitáció, a páralecsapódás és a párolgás által működik, és nem igényel elektromos energiát. A torony nemcsak alapvető forrást jelent az élet számára - a vizet, hanem társadalmi helyet is teremt a közösség számára, ahol az emberek a lombkorona árnyékában gyűlhetnek össze oktatásra és nyilvános találkozókra.



11. ábra<sup>13</sup>

<sup>13</sup> forrás: internet, <https://www.warkawater.org/warkatower/>

## EVOLUTION



12. ábra<sup>14</sup>

2012 óta számos koncepciót dolgoztak ki és 12 teljes méretű prototípust készítettek annak érdekében, hogy különböző anyagokat teszteljenek, különböző környezeti körülmények között. A tervezéshez és a szimulációkhoz a legfejlettebb eszközöket, valamint a fizikai prototípusokat használják az anyagok tartósságának tesztelésére. A levegő mindig tartalmaz bizonyos mennyiségű vízgőzt, függetlenül a helyi környezeti hőmérséklettől és a páratartalom körülményeitől. Ez lehetővé teszi a víz levegőből történő előállítását a világon szinte bárhol, azonban a magas köd- vagy páratartalmú helyek a legjobbak a Warka-torony felszereléséhez. A vízgyűjtő kapacitás szigorúan a meteorológiai viszonyoktól függ.<sup>15</sup>

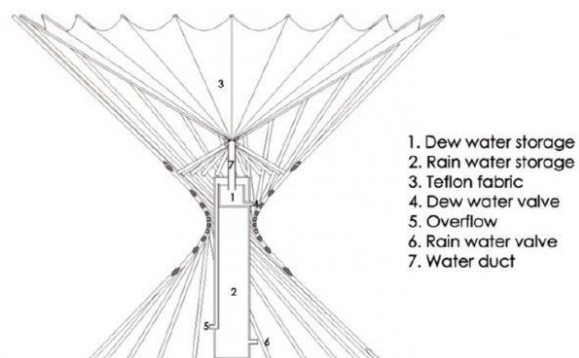
<sup>14</sup> forrás: internet, <https://www.warkawater.org/warkatower/>

<sup>15</sup> forrás: internet, <https://www.warkawater.org/warkatower/>

## Chaac ha water collector

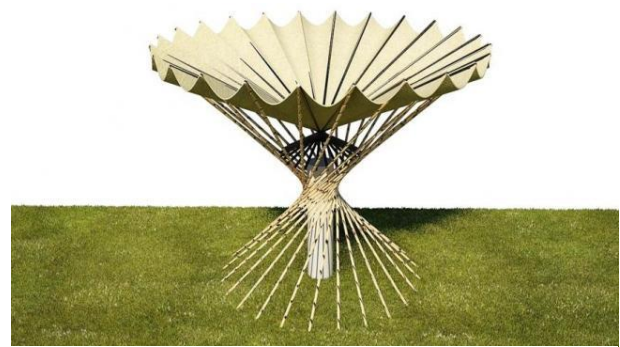
A Chaac Ha vízgyűjtőt diákok tervezték a mexikói déli Yucatan régióban. Ez a hordozható vízkivételi szerkezet mind harmatot, mind esőt képes összegyűjteni, és csak harmatból minden este 2,5 liter vizet halmoz fel. A tervezett építmény célja az, hogy tiszta vizet biztosítson a mexikói vidéki közösségek számára, ahol a hozzáférés korlátozott.

A vizet megfogó membrán formája és anyaga tükrözi azt a módot, ahogyan a broméliák nedvességet és tápanyagokat nyernek a levegőből. Mivel a broméliás levelek hidrofóbak, mikroszkopikus egyenetlenségeik arra ösztönzik a vizet, hogy egyetlen tározóba áramoljon. A Chaac Ha kialakításában a teflont használják ugyanazon hatás létrehozására. A szerkezet felépítése egy pókhálóból merít ihletet és összecsuksukható a teljes hordozhatóság érdekében.



13. ábra<sup>16</sup>

1. Dew water storage
2. Rain water storage
3. Teflon fabric
4. Dew water valve
5. Overflow
6. Rain water valve
7. Water duct



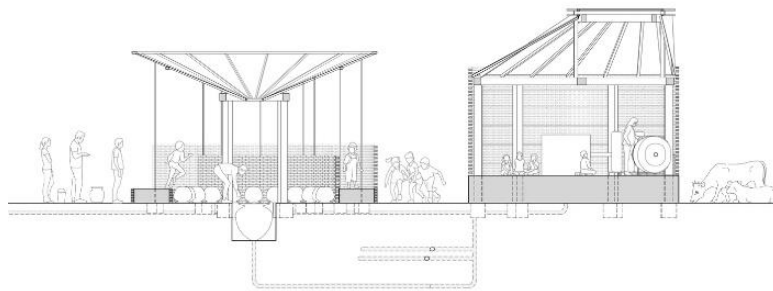
14. ábra<sup>16</sup>

<sup>16</sup> forrás: internet, <https://inhabitat.com/student-designed-chaac-ha-water-collector-can-harvest-2-5-liters-of-drinking-water-from-dew-each-night/>

## Orient Occident Atelier - Waterfall project

A kambodzsai Battambang Sneung faluban található WaterHall Project szivattyúval és szűrőrendszerrel rendelkezik, amely tiszta vizet állít elő a helyiek számára.

A WaterHall Project fenntartható módon biztosítja az ivóvizet a hátrányos helyzetű közösségek számára, miközben központot hoz létre a társadalmi összejövetelek és közösségi ünnepek számára. A vizet a természetes csapadékból és a közeli tóból is összegyűjtik, amelyet ezután a rendszeren keresztül szűrnék. Mivel a falusiak helyben gyártott kerámia edényeket használhatnak a szűrt víz szállítására, így a műanyag palack szemétszennyezési problémája enyhül.



15. ábra<sup>17</sup>



16. ábra<sup>17</sup>

<sup>17</sup> forrás: internet, [https://www.archdaily.com/941560/waterhall-project-orient-occidentatelier?ad\\_medium=office\\_landing&ad\\_name=article](https://www.archdaily.com/941560/waterhall-project-orient-occidentatelier?ad_medium=office_landing&ad_name=article)

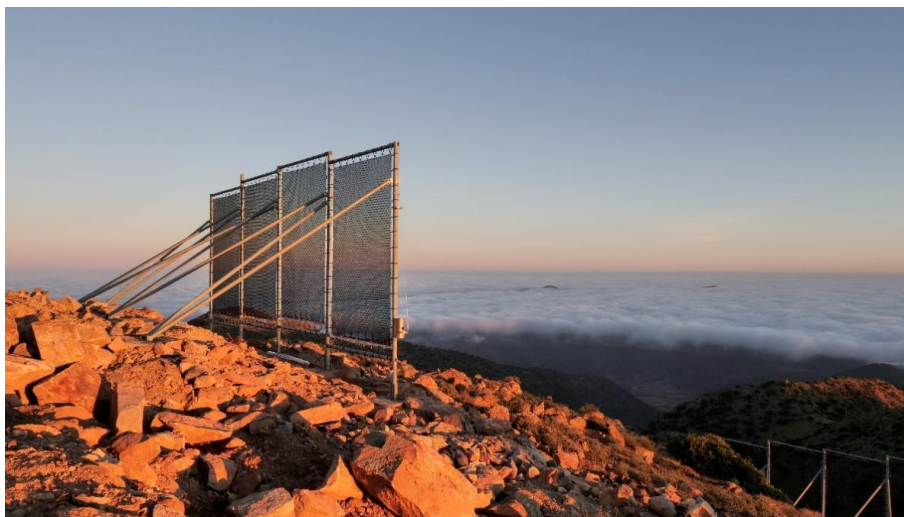
## CloudFisher

Az Aqualonis CloudFisher egy egyszerű és könnyen karbantartható rendszer, amely ködöt gyűjt a levegőből. A speciális hálón kicsapódik a levegő nedvességtartalma, ez vízcseppek formájában gyűlik össze az alatta lévő vályúban. A termék három különböző méretben kapható a különböző vízgyűjtési igények kielégítésére. A ködnapra jutó mennyiség régióként és évszakonként eltér. Marokkóban például egy átlagos napon 22 litert gyűjtenek négyzetméterenként. A ködgyűjtő szintén nagyon jó eső, pára és harmat gyűjtésére is.

A CloudFischer stabilitásának kulcsa a szövet mögött lévő tartó rácsban rejlik, amely így képes ellenállni a szélesebbeségnek akár 120 km / h-ig. Maga a tartószerkezet csövekből és bilincsekből áll és műszakilag nagyon egyszerű. A hálók 3D szőtt távtartó szövetek, amelyek speciális monoszálból készülnek. Ezek a hálók négyzetméterenként körülbelül 200 USD-be (kb. 63 000 HUF) kerülnek.

Kiegészítő műszaki rendszerek: Tartály, ülepítő tartály vagy medence és csővezetékek a telepítéstől a közösségig.

A megcélzott felhasználók közé tartoznak a vidéki közösségek, a háztartások és az olyan vállalkozások, mint a szeszfőzdék és a palackozóüzemek.



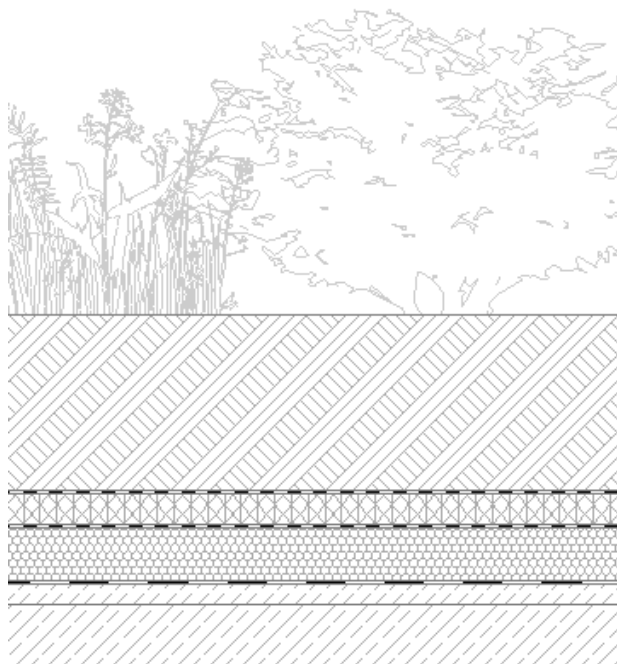
17. ábra<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> forrás: internet, <https://www.european-business.com/aqualonis-gmbh/aqualonis-converting-fog-into-drinking-water>

# Terv

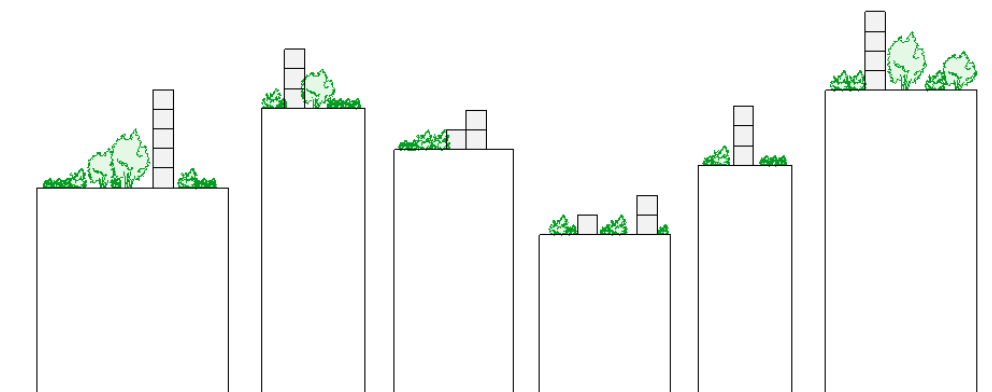
A legtöbb épületre intenzív zöldtetőt tervezünk. A gyökérszónán átfolyó csapadék tartályokban kerül gyűjtésre, amit a száraz időszak alatt lehetne felhasználni (pl.: öntözés, wc öblítés stb.).



18. ábra

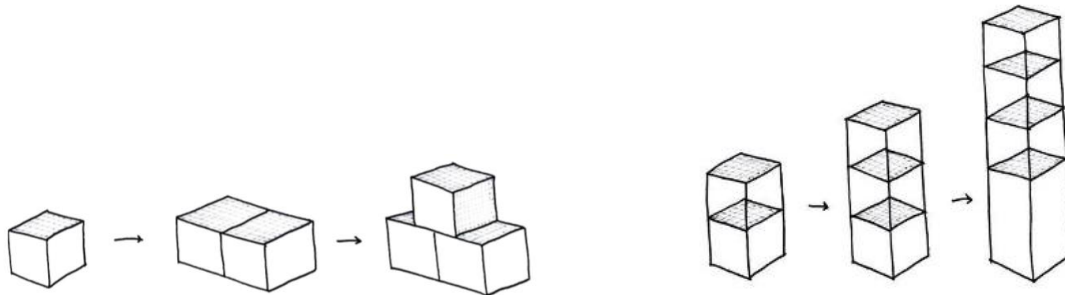
- növényzet
- 50 cm ültetőközeg
- elválasztó – szűrő réteg
- 8<sup>5</sup> cm szivárgó – vízmegtartó réteg  
(pl. OPTIGREEN WRB 85v)
- elválasztó – szűrő réteg
- 15 cm extrudált polisztirol hab hőszigetelés
- csapadékvíz elleni szigetelés
- 6 cm lejtést adó beton
- vasbeton födém

A tetőkre tervezünk még különböző méretű víztisztító és gyűjtő modulokat.



19. ábra

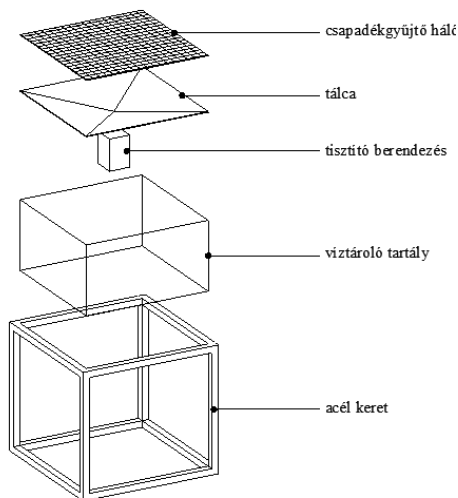
A tervezett építményünk 2x2x2 méteres modulokból áll, amelyek könnyen szét- és összeszerelhetők, bővíthetők, a különböző méretű, kapacitású épületekhez és eltérő igényekhez igazítva. Megfelelő bővítés esetén a vízgyűjtő háló vertikálisan is elhelyezhető, valamint a tartályméret is növelhető.



20. ábra

A tartószerkezete acél keret, amely merevítve van és rögzítve a tetőkre. A vízgyűjtő háló anyaga rugalmas poliészter, amely speciális távtartó dróthálóval van erősítve és gumitágítókkal csatlakozik a kerethez. A hálóról a víz egy csatornán és szűrő/tisztító berendezésen keresztül a tartályba folyik. Opcionálisan burkolattal fedhetőek az oldalak.

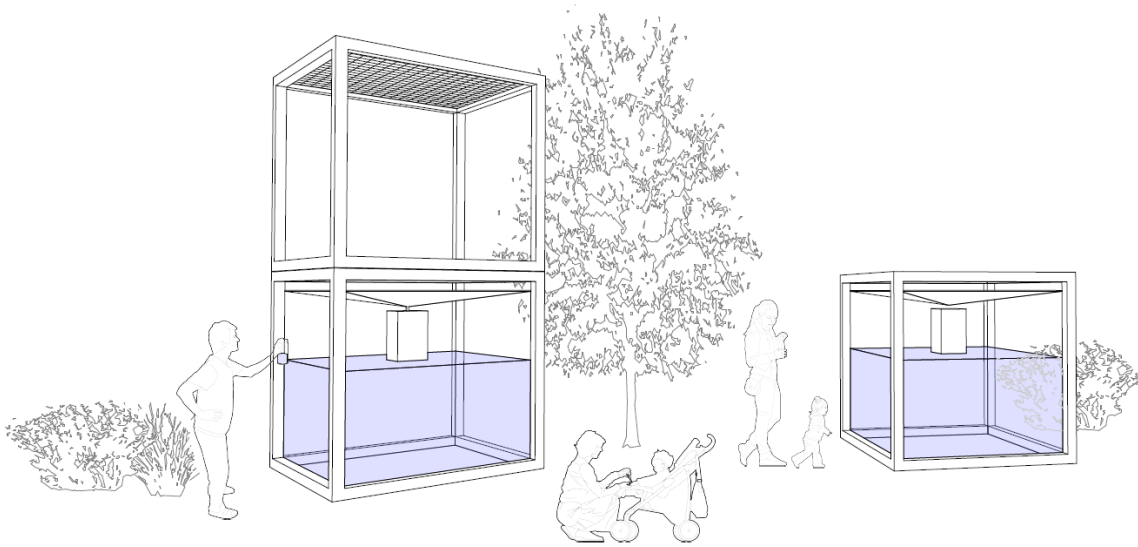
Ezeket az építményeket a tetőn kívül el lehet helyezni még az utcán, köztereken, valamint a menekülttáborok területén is, ahonnan közvetlenül lehetne ivóvizet tölteni palackokba/üvegekbe. Ezáltal a vízhiány problémája mellett a nagymértékű műanyag szennyezés is csökkenne.



21. ábra



22. ábra



22. ábra



# Mellékletek

## Felhasznált irodalom

Szóke, A., Extenzív zöldtetők, és azokon alkalmazott egyes Sedum fajok komplex értékelése. Budapest, 2015

Pál, J., Növényekkel borított épületek

Dahrouge, E., A szíriai menekültválság Libanonban, Nemzet és Biztonság 2020/1. szám

Csizmadia, D., Lépték-Terv Tájépítész Iroda, Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken, Budapest, 2018

Leczovics, P. Zöldítés – Alapok és természetes felületek, Budapest, 2018

Bársony I., Schiszler A., Walter, P., Magasépítéstan II., Pécs, 2008