



**EXTRÉMOFILNÁ  
ARCHITEKTÚRA**

Bc. Vanessa Ščepková

# EXTRÉMOFILNÁ ARCHITEKTÚRA / KLIMATICKÍ MUTANTI

predmet: Ateliér navrhovania III  
VA: Out of the Box  
študent: Bc. Vanessa Ščepková



akad. rok: 2024/2025  
vedúci projektu: doc. Ing. arch. Ján Legény, PhD.  
garant predmetu: doc. Ing. arch. Michal Czafík, PhD.

•••• STU  
•••• FAD

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ  
UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ARCHITEKTÚRY A DIZAJNU

# OBSAH

Info	01
Obsah	02
Abstrakt	03
Slovník	04

## 01 Slovník Extrémofilno–Architektonický

Výskumné otázky	05
Zámer	05
Metodika	05
Obmedzenia	05

### Fáza 01 Rešerš extrémofilov

Rešerš extrémofilov	06
Základné kategórie extrémofilov	06
Význam pre vedu a priemysel	07
Inšpirácia pre architektúru a urbanizmus	07
Extrémofily medzi živočíchmi	08

### Fáza 02 Systém výskumu

Okrajové podmienky	10
Život ako ho poznáme	10
Pohyb je život	11
Nastavenie systému	12
Semiotický trojuholník	12
Extrémofilný trojuholník	12
+ Trojuholníkový model	12
architektonických vzťahov	14

### Fáza 03 Hľadanie vzťahov

Hľadanie vzťahov	15
Tabuľky vzťahov	16

3D zobrazenie	19
Vzťahové zhody	20
Záver	21

## 02 Onkaľo 2120

Abstrakt	22
Lokalita	23
Základné informácie	24
Zachovanie odkazu	25
Zámer práce	26
Metóda	27
Vrstvy nebezpečenstva	28
Situácia širšie okolie	29
Situácia hlavného pozemku	30
Vrstvy zmyslov	31
Čerenkovovo žiarenie	32
Pôdorys sluch	33
Rez A	34
Rez B	35
Pohľad zhora	36
Pohľad 1	37
Pohľad 2	38
Pohľad 3	39
Pohľad 4	40
Vizualizácie	41–45
Poster	46

## Ostatné

Zdroje	47
Textové	47
Grafické	48
Príloha 1	49
Príloha 2	51
Appendix	52

# ABSTRAKT

Klimatický mutant je stavba navrhnutá s využitím inovatívnych materiálov, technológií alebo dizajnerských stratégií, ktoré umožňujú efektívne fungovanie v reakcii na meniace sa klimatické podmienky. Tento prístup sa odkláňa od tradičných architektonických praktík a predstavuje odpoveď na výzvy, ktoré prináša klimatická zmena.

Geologická epocha, ktorá označuje obdobie, kedy ľudská činnosť začala mať výrazný vplyv na geológiu našej planéty a ekosystémy, sa nazýva antropocén. Táto epocha naznačuje, že ľudia sa stali dominantným druhom na planéte a majú čoraz väčší vplyv na jej budúcnosť. S rastúcimi dôsledkami tohto vývoja, ktoré sa čoraz častejšie prejavujú v podobe globálnych klimatických zmien, rastie aj potreba architektonickej adaptácie na meniace sa prostredie.

Extrémne prostredia sa dajú definovať ako geografické oblasti, ktoré presahujú optimálny rozsah podmienok pre rozvoj živých organizmov. Avšak to neznamená, že život nemôže v takýchto podmienkach existovať. Organizmami, ktoré sa dokážu prispôbiť a prežiť v extrémnych prostrediach, sú známe ako extremofily.

Tento projekt pozostáva z dvoch častí:

**01 Slovník Extrémofilno-Archiektonický**

**02 Onkalo 2120**

Slovník Extrémofilno-Archiektonický je teoretická výskumná práca zaoberajúca sa hľadaním vzťahov medzi extrémofilnými organizmami a architektúrou, a ich následnou aplikáciou.

Onkalo 2120 sa ponára do novodobej výzvy bezpečného uskladnenia vyhoreného jadrového paliva na tisíce-státisíce rokov.

Obe témy existujú v kontexte extrémov, či už fyzických, kultúrnych alebo extrémov času.



*Autorský obrázok produkovaný pomocou Midjourney, 2024*

# SLOVNÍK

BIOREMEDIÁCIA	Proces, v ktorom sú pôsobením živých organizmov či enzýmov premieňané toxické či rizikové látky na netoxické a nerizikové látky.
BIOSIGNATÚRA	Akákoľvek charakteristika, prvok, molekula, látka alebo vlastnosť, ktorú možno použiť ako dôkaz minulého alebo súčasného života.
DNA POLYMERÁZA	Enzým schopný syntetizovať nové vlákno DNA na základe predlohy vo forme komplementárneho vlákna.
ELEMENTY	Fyzikálne alebo chemické veličiny, ktoré pôsobia ako elementy, ktorým musia extrémofily čeliť (teplota, tlak, radiácia...)
CHAPERÓNY	Molekuly (proteinového pôvodu)
INTERPRETANT	Komponent semiotického trojuholníka. Porozumenie alebo význam odvodený od znaku; je to mentálny koncept, ktorý vzniká v mysli tlmočníka.
KOMPONENT	Jeden z troch vrcholov semiotického trojuholníka a súčasť semiotického procesu (Objekt, Representamen, Interpretant)
NEKOVALENTNÉ INTER.	Sily, ktoré držia atómy alebo molekuly pohromade bez vytvárania klasických chemických väzieb, ako sú iónové, kovalentné alebo kovové väzby.
OBJEKT	Komponent semiotického trojuholníka. Skutočná entita alebo koncept, ktorý znak predstavuje.
ONKALO	Fínske slovo, v preklade: Dutina (angl. Cavity).
OSMOLYT	Malá, osmoticky aktívna molekula, ktorá sa akumuluje v bunkách za účelom regulácie vnútrobunkového osmotického tlaku.
PROMPT	Otázka, príkaz alebo tvrdenie, ktoré vkladáte do AI modelu s cieľom iniciovať odpoveď alebo akciu s využitím technológie spracovania prirodzeného jazyka.

PUFOVACIE SYST.	Sústavy látok, ktoré udržiavajú stabilné pH v roztoku či prostredí aj pri pridaní kyselín alebo zásad.
REPRESENTAMEN	Komponent semiotického trojuholníka. Forma, ktorú znak má; je to vnímateľný prvok, ako je slovo, obraz alebo zvuk.
SEMIOTIKA	Semiotika (z gr. sémeiōtiké = určenie znaku) alebo semiológia je všeobecná teória/náuka o znaku.
SEMIÓZA	Semióza je proces, pri ktorom niečo funguje ako znak organizmu, čo uľahčuje vytváranie a interpretáciu významu. To zahŕňa akúkoľvek činnosť alebo proces, ktorý zahŕňa znaky, vrátane vytvárania významu.
ZNAK	Znakom je čokoľvek, čo pre niekoho v určitej funkcii znamená niečo iné. Význam znaku nie je pevný, ale môže sa vyvíjať prostredníctvom interpretácie, ktorá môže generovať nové znaky (prebiehajúci proces nazývaný neobmedzená semióza).

01

**Slovník**  
Extrémofilno-Architektonický

# VÝSKUMNÉ OTÁZKY

Ako môžu extrémofilné organizmy pomôcť s tvorbou architektúry pri:

- a) radikálnych/rýchlych zmenách podnebia?
- b) pri osídľovaní miest s extrémnymi podmienkami v budúcnosti?

# ZÁMER

Zámerom tejto práce je pochopenie súvislostí medzi extrémofilnými organizmami a architektúrou, čeliacimi extrémnym podmienkam a elementom pre efektívnu aplikáciu extrémofilných vlastností do architektonickej tvorby.

Práca ma slúžiť ako teoretický základ diplomovej práce, ktorá sa bude venovať tvorbe konkrétnej extrémofilnej architektúry.

# METODIKA

## Fáza 01

Počiatočná fáza pozostáva z rešeršu extrémofilných organizmov a ich kategorizácie.

## Fáza 02

Táto fáza sa venuje nastaveniu systému výskumu na základe existujúcich výskumných alebo teoretických prístupov. Navyše to zahŕňa definovanie okrajových podmienok, v ktorých medziach sa bude výskum pohybovať. Cieľom je nastavenie pevných základov pre tvorbu novej teórie.

## Fáza 03

Hľadanie vzťahov medzi fyzikálnymi alebo chemickými veličinami (ako reprezentujúcimi vzorkami extrémnych prostredí) a určenými komponentmi skúmaných znakov. Tieto vzťahy sú následne transformované do 3D zobrazenia pre lepšiu vizualizáciu. Súčasťou tejto fázy je aj interpretácia vyskúmaných súvislostí.

## Fáza 04

Na základe vyskúmaných súvislostí z fázy 3 je navrhnutý systém tvorby prototypov extrémofilných architektúr s pomocou AI (model Midjourney 6.1), ktoré budú slúžiť ako teoretická a vizuálna inšpirácia diplomového projektu.

# OBMEDZENIA

## Áno

Architektúra a ľudské biotopy v extrémnych prostrediach.

## Nie

Neboli zohľadnené žiadne súčasné slovenské alebo zahraničné stavebné normy a predpisy a ústredným bodom bola funkčnosť a tektonika materiálov vo svete, ktorý sa líši od toho čo vidíme dnes.

Výskum sa nesnaží odpovedať na otázky súvisiace s architektonickou estetikou.

Fáza 01

**REŠERŠ EXTRÉMOFILOV**



# REŠERŠ EXTRÉMFILOV

Extrémofily predstavujú skupinu organizmov, ktoré sa dokážu adaptovať a prežiť v nehostinných alebo až „extrémnych“ podmienkach prostredia. Medzi takéto prostredia patria napríklad mimoriadne vysoké či nízke teploty, extrémna salinita, kyslosť či zásaditosť, vysoký tlak alebo intenzívne žiarenie. Tieto organizmy si postupom evolúcie vyvinuli biochemické, fyziologické a genetické mechanizmy, ktoré im umožňujú tolerovať extrémne faktory, a tým otvárajú dvere k lepšiemu pochopeniu adaptácií života na Zemi a potenciálne aj mimo nej. Vo vede a v priemysle sa extrémofily stávajú atraktívnymi modelmi pre vývoj nových biotechnologických aplikácií, ako sú enzýmy odolné voči teplu či proteíny schopné fungovať v neobvyklých pH alebo pri vysokej salinite.

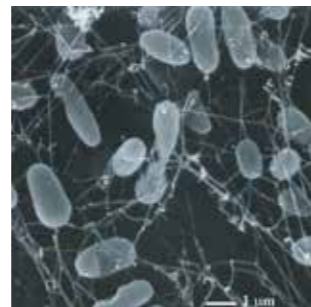
## Základné kategórie extrémofilov

### Termofily a hypertermofily:

Termofily žijú pri teplotách okolo 45 – 80 °C (napr. *Thermus aquaticus*<sup>o1</sup>, známy pre enzým Taq polymerázu), zatiaľ čo hypertermofily prežívajú pri teplotách nad 80 °C (napr. *Pyrolobus fumarii*<sup>o2</sup>, ktorý toleruje teploty až do 113 °C).



o1



o2

Mechanizmy adaptácie zahŕňajú proteíny s vyššou tepelnou stabilitou, upravenú štruktúru bunkových membrán a špecifické chaperóny na zachovanie funkčnosti bielkovín.

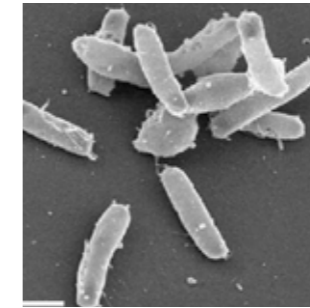
### Psychrofilny:

Prežívajú pri teplotách od -20 °C do 10 °C (typicky vo vysokohorských oblastiach (napr. *Xanthoria elegans*<sup>o3</sup>) polárnych oblastiach a v hlbokých vrstvách oceánov).

Ich biomembrány vykazujú vyšší obsah nenasýtených mastných kyselín, ktoré zabezpečujú tekutosť membrán pri nízkych teplotách. Enzýmy psychrofilov bývajú flexibilnejšie a aktívne aj pri nízkych teplotách.



o3



o4

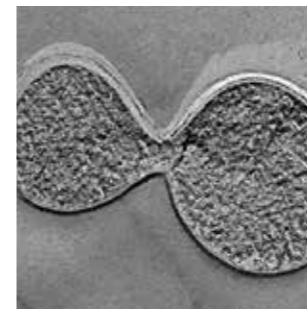
### Halofily:

Obývajú prostredia s extrémne vysokou koncentráciou soli, napríklad soľné jazerá či moria (napr. rod *Halobacterium*<sup>o4</sup>).

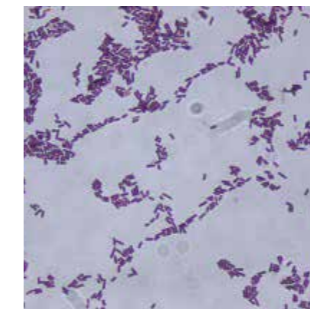
Mechanizmy adaptácie zahŕňajú udržiavanie vysokých intracelulárnych koncentrácií solí alebo špecifických organických osmolytov na kompenzáciu vonkajšej salinity.

### Acidofily a alkalifily:

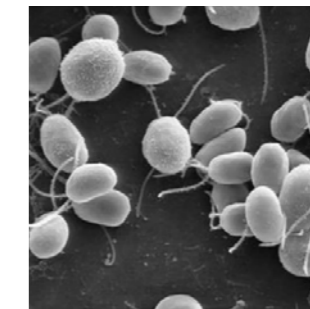
Acidofily znášajú extrémne kyslé prostredie (pH pod 3), napr. *Sulfolobus acidocaldarius*<sup>o5</sup> v horúcich kyslých prameňoch. Alkalifily prežívajú v pH nad 9, napr. rody *Bacillus*<sup>o6</sup> či *Natronomonas*<sup>o7</sup> v zásaditých jazerách.



o5



o6



o7

Prispôsobenie zahŕňa zmeny v štruktúre bunkových stien a membrán, ako aj pufrovacie systémy, ktoré udržiavajú stabilné vnútrobunkové pH.

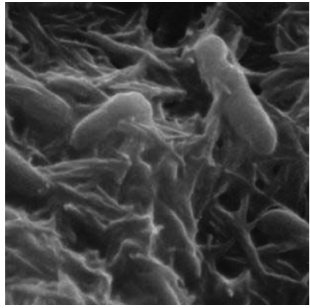
### Barofily (piezofily):

Vyskytujú sa v extrémnych tlakových podmienkach hlbokomorských priekop, kde môže tlak presahovať 1000 atmosfér (napr. niektoré druhy rodu *Shewanella*<sup>o8</sup>).

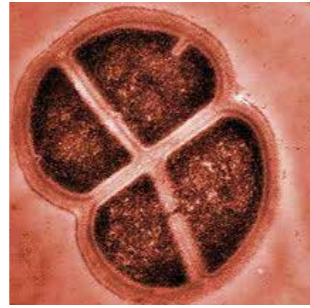
Tlakovo stabilné proteíny a špecifické úpravy membrán sú kľúčové pre ich prežitie.

### Rádiorezistentné mikroorganizmy:

Dokážu znášať vysoké dávky ionizujúceho žiarenia. Medzi najznámejšie patrí *Deinococcus radiodurans*<sup>o9</sup>, označovaný aj ako „Conan the Bacterium“ (inšpirované postavou neporaziteľného hrdinu Conan the Barbarian)



o8



o9

Môžu obnovovať poškodenú DNA a majú efektívne opravné mechanizmy pre poškodenia bunkových štruktúr.

## Význam pre vedu a priemysel

### Astrobiológia:

Extrémofily slúžia ako modely pri hľadaní života vo vesmíre. Napríklad existencia psychrofilov zvyšuje naše povedomie o možnosti života na mesiacoch ako Enceladus či Europa, kde sú veľmi nízke teploty, no potenciálne prítomnosť tekutej vody.

### Biotechnológia:

Enzýmy z extrémofilov (napr. termostabilné DNA polymerázy) nachádzajú široké uplatnenie v laboratórnych technikách (napr. PCR), pri čistení odpadových vôd, v potravinárstve a farmaceutike.

### Ekologický význam:

Vďaka schopnosti metabolizovať rôzne substráty v extrémnych prostrediach (napr. oxidácia železa v kyslých roztokoch), extrémofily môžu prispievať k environmentálnym procesom ako biologická sanácia ťažkých kovov.

## Inšpirácia pre architektúru a urbanizmus

Aj keď sa to môže na prvý pohľad zdať netradičné, existuje viacero spôsobov, ako výskum extrémofilov môže ovplyvniť budúci vývoj architektúry a urbanizmu.

### Biomimetika (bioinšpirovaný dizajn)

#### Odoľnosť voči extrémom:

Mnohé prvky, ktoré si extrémofily vyvinuli (napr. ochranné obaly, špeciálne membrány), môžu inšpirovať konštrukčné riešenia budov či ich materiálov v náročných klimatických podmienkach (púšte, polárne oblasti).

#### Dlhodobá udržateľnosť:

Schopnosť efektívne hospodáriť so zdrojmi (napr. voda, energia) môže byť pre urbanistické koncepty veľmi podnetná.

## Inovácie v stavebníctve a materiáloch

#### Samoregeneračné betóny:

Využitie mikroorganizmov (niekedy i halofilných či alkalifilných baktérií) ako súčasť „živých“ materiálov, ktoré dokážu zaceliť vzniknuté trhliny pomocou tvorby uhličitanu vápenatého.

#### Povrchové úpravy a izolácie:

Určité modelové proteíny alebo exopolyméry extrémofilov by mohli inšpirovať vývoj vrstvomých systémov odolných voči poveternostným extrémom, UV žiareniu či vysokej vlhkosti.

## Uzavreté ekosystémy a vesmírna architektúra

#### Kolonizácia Marsu a iných planét:

Schopnosť extrémofilov prežiť v podmienkach, ktoré sú blízke tým na iných planétach (napr. nízke teploty, vysoká radiácia), je zdrojom poznatkov pre projekty vesmírneho bývania.

#### Biosféry či vertikálne farmy:

V budúcich „uzavretých mestách“ by mohli extrémofilné riasy alebo baktérie zabezpečovať recykláciu živín a vody, prípadne produkciu kyslíka v prostredí s extrémnymi výkyvmi teploty či tlaku.

## Zelená infraštruktúra a environmentálne projekty

#### Bioremediácia v mestách:

Niektoré extrémofily môžu byť nasadené na čistenie znečistených mestských území (ťažké kovy, ropné kontaminácie) alebo na znižovanie zasolenia pôdy.

#### Ekologická rovnováha:

Inovatívne prístupy v urbanizme môžu rátať s využitím mikroorganizmov, ktoré zlepšujú kvalitu vody alebo pôdy v extrémne zaťažených častiach mesta (napr. priemyselné zóny).

## Extrémofily medzi živočíchmi

Pojem „extrémofil“ sa síce najčastejšie spája s mikroorganizmami (baktériami, archeónmi a niektorými jednobunkovými eukaryotickými organizmami), no v širšom zmysle slova je možné hovoriť o extrémofilných vlastnostiach aj u niektorých mnohobunkových živočíchov. Hoci sa tento výraz v zoológii nepoužíva až tak často, nájdeme živočíchov, ktoré preukazujú extrémnu odolnosť či schopnosť žiť v podmienkach, ktoré by boli pre väčšinu druhov smrteľné.

### Tardigrady (machovky)<sup>o10</sup>

#### Príklad živočicha, ktorý znesie extrémny:

Tardigrady (lat. Tardigrada), niekedy ľudovo nazývané „vodné medvedíky“ alebo „machovky“, sú známe svojou mimoriadnou schopnosťou prežiť:

**Vysoké aj nízke teploty:** Vyše 150 °C či takmer absolútnu nulu (-273 °C) v tzv. hibernovanom stave.

**Vysoké dávky žiarenia:** Rádiorezistentné mechanizmy im pomáhajú chrániť DNA.

**Vákuum či nedostatok kyslíka:** Dokážu prežiť vo vákuu (napr. v otvorenom vesmíre) a zvládajú anoxické (bezokyslíkové) prostredie.

#### Prechod do kryptobiotického stavu:

Keď sú podmienky nepriaznivé (napr. silné vysušenie), tardigrady sa dokážu stiahnuť do formy tzv. tun<sup>o11</sup>. V tomto stave znížia metabolizmus takmer na nulu. Tardigrady môžu zostať v stave tun od niekoľkých dní až po celé roky (sú zaznamenané prípady, keď sa tardigrady úspešne „oživilí“ aj po vyše 10 rokoch v takomto stave). Keď sa životné podmienky vrátia do normálu – najčastejšie opätovný kontakt s vodou alebo vhodná teplota – tardigrada postupne opustí tun, znovu absorbuje vodu a jej metabolizmus sa vráti na pôvodnú úroveň.



o10



o11

## Hlbokomorské živočíchov

#### Organizmy z hydrotermálnych prieduchov:

Napríklad červ *Alvinella pompejana*<sup>o12</sup> (tzv. „pompejský červ“) žije pri teplotách blízky 80 – 100 °C a pri extrémnom tlaku v hlbokom oceáne. Je považovaný za jeden z tepelne najodolnejších morských živočíchov.

#### Metabolické prispôsobenie:

Tieto živočíchov žijú v oblastiach s vysokou koncentráciou toxických látok (sírovodík, ťažké kovy) a využívajú symbiotické baktérie, ktoré im pomáhajú spracovať inak toxické zlúčeniny.



o12



o13

## Život v polárnych oblastiach

#### Antarktické ryby:

Niektoré antarktické ryby, tzv. ľadové ryby (napríklad z čeľade Channichthyidae<sup>o13</sup>), nemajú hemoglobín (červené krvinky) a prežívajú pri teplotách pod bodom mrazu. Vyvinuli si špecifické proteíny, ktoré zabraňujú zamrznutiu (antifreeze proteíny).

#### Iné organizmy v ľade:

V horských ľadovcoch či polárnych oblastiach nachádzame hmyz a kôrovce, ktoré dokážu prežiť dlhodobé zamrznutie tak, že v tele vytvárajú špecifické kryoprotektanty (napr. glycerol).

## Vysokohorské živočíchov a púštne prostredie

#### Hypoxia a nízke teploty:

Vysokohorské druhy (napr. niektoré hľodavce či antilopy) znášajú nízky atmosférický tlak, riedky vzduch a chlad. Rozvinuli si efektívnejšie formy hemoglobínu a schopnosť znižovať energetický výdaj.

#### Nedostatok vody a extrémne teplotné výkyvy:

Púštne živočíchov (napr. ťavy, rôzni hľodavce) sú odolné voči dehydratácii a extrémnym teplotám – môžu vydržať dlhé obdobia bez vody a regulovať telesnú teplotu, keďže teplotné výkyvy v púšťach môžu presahovať 50 °C počas dňa a výrazne klesnúť v noci.

## Prečo sa „extrémofília“ viac spája s mikroorganizmami?

### Rozdiel v škále a evolúcii:

Mikroorganizmy majú často krátke generačné intervaly, čo im umožňuje rýchlo sa adaptovať na veľmi náročné podmienky.

### Ohraničenosť zdrojov u väčších živočíchov:

Pre väčšie mnohobunkové organizmy je metabolicky náročnejšie dlhodobo prežívať v naozaj extrémnych prostrediach, a preto si vyvinuli špecifické (niekedy až extrémne) ochranné či regulačné stratégie.

### Terminológia:

Pojem „extrémofil“ bol vytvorený najmä pre mikroorganizmy, ktoré dokonale presúvajú hranice života. U živočíchov sa obvykle hovorí skôr o „extrémnej odolnosti“, adaptácii alebo rezistencii. Nejde síce o exaktný zafinovaný pojem, no pre potreby tohto výskumu budeme hovoriť o **extrémofiloch vs. extrémotolerantoch**.

## Extrémofil vs. „Extrémotolerant“

V odbornej literatúre sa pojem extrémofil pôvodne udomácnil predovšetkým v súvislosti s mikroorganizmami, najmä baktériami a archeónmi, ktoré nielenže dokážu prežiť v extrémnych podmienkach (vysoká teplota, silne kyslé či zásadité pH, vysoká salinita, ionizujúce žiarenie a pod.), ale zároveň aktívne prosperujú a vykazujú optimálnu rastovú krivku práve v takomto prostredí. Dôležitým rysom extrémofilných mikroorganizmov je teda nielen holé prežitie, ale aj optimálna aktivita a možnosť rozmnožovania sa vo výnimočne nehostinných podmienkach.

Na druhej strane, keď sa pozrieme na živočíchy, ktoré preukazujú vysokú mieru odolnosti voči extrémom (napríklad tardigrady, polárne ryby s „antifreeze“ proteínmi, púštne ťavy, hlbokomorské bezstavovce z hydrotermálnych prieduchov či niektoré veľryby potápajúce sa do veľkých hĺbok), v mnohých prípadoch hovoríme skôr o **stratégii tolerancie**. Tieto organizmy:

**Nežijú permanentne na samotnej hranici extrému**, alebo aspoň nie vo všetkých fázach svojho života. Napríklad tardigrada v tzv. tun stave utlmuje metabolické funkcie, no svoje „aktívne optimálne prežívanie“ spája skôr s priaznivejšími podmienkami (dostupnosť vody, bežnejšia teplota).

Majú **špecifické obdobia či stavy „hibernácie“ alebo „kryptobiózy“**, počas ktorých ich životné funkcie bežia na nevyhnutnom minime (alebo sú takmer zastavené). Toto sa líši od mikroorganizmu, ktorý je schopný v extrémnom prostredí dlhodobo rásť, deliť sa a aktívne vykonávať metabolické pocho-

Niekedy využívajú **únikové alebo zmierňovacie stratégie** (napr. migráciu, vytváranie úkrytov) – to znamená, že extrémnym podmienkam sa vyhýbajú alebo sa voči nim pasívne chránia, pokiaľ je to možné.

Z tohto vyplýva, že kým u mikroorganizmov hovoríme o **extrémofilii** (teda o „láske“ k extrémnemu prostrediu, kde sa im výborne darí), u živočíchov ide v mnohých prípadoch skôr o **extrémnu toleranciu** – prežitie, ktoré však neznamená, že by organizmus v daných podmienkach dlhodobo a primárne žil v plnohodnotnej aktivite. Samozrejme, aj tu existujú výnimky, najmä medzi niektorými hlbokomorskými alebo polárnymi živočíchmi, kde hranica medzi „optimálnym fungovaním“ a „iba toleranciou“ môže byť dosť nejasná.

## Prečo je táto terminologická odlišnosť dôležitá?

### Ekologické a evolučné hľadisko:

Mikroorganizmy, ktoré prosperujú pri 100 °C, 3 pH či 30 % salinite, sa adaptovali tak, že je to ich prirodzený biotop (napr. v solných jazerách, horúcich prameňoch). U živočíchov sa oveľa častejšie stretávame s kompromisným stavom: extrémne podmienky buď prečkajú, alebo si vyvinú dočasné prispôsobenia.

### Biotechnologické využitie:

Od extrémofilných mikroorganizmov získavame enzýmy, ktoré pracujú v extrémnych teplotách, pH atď. Pri živočíchoch (napr. rybách s antifreeze proteínmi) síce môžu byť zaujímavé určité molekulárne mechanizmy, no často sa nejedná o taký široký potenciál industrializácie ako pri baktériách a archeónoch (hoci sú výnimky, napr. antifreeze proteíny v potravinárskom priemysle).

## Zhrnutie myšlienky

**Mikroorganizmy** označujeme ako **extrémofily**, pretože dokážu v extrémoch nielen prežiť, ale aj aktívne fungovať a množiť sa.

**Živočíchy** radšej nazývame ako **extrémotoleranty**, keďže väčšinou ide o prekonávanie nepriaznivých podmienok (hibernácia, kryptobióza, migrácia) či prispôsobenie špecifickým faktorom (napr. vysoký tlak, nízke teploty), avšak ich biologické optimum leží neraz v menej extrémnych hodnotách, než kam až siaha ich tolerancia.

Fáza 02

**SYSTÉM VÝSKUMU**

## OKRAJOVÉ PODMIENKY

Extrémofily sa dajú vnímať v rôznych kontextoch. Môžeme s nimi pracovať v spojitosti so súčasnými podmienkami na zemi, pod povrchom zeme alebo v širokom vesmíre. Okrem súčasnosti sa dá polemizovať aj o budúcich scenároch, či už realistických alebo utopistických. Pre potreby tohto výskumu však budeme pracovať s podmienkami potrebnými pre život ako ho poznáme v súčasnej podobe.

### Život ako ho poznáme

Pre zadefinovanie primárnych požiadaviek sme čerpali z článku od NASA<sup>2</sup>, ktorý opisuje základné požiadavky na život, vrátane potreby energie, základných chemických prvkov, vhodného rozpúšťadla a stabilných fyzikálnych podmienok. Tieto faktory poskytujú rámec pre hodnotenie obývateľnosti prostredí mimo Zeme a v pátraní po mimozemskom živote. V kontexte našej práce môžeme tieto požiadavky brať ako rámec pre výber relevantných extrémov.

### Zdroj energie:

Život potrebuje zdroj energie na podporu molekulárnej zložitosti a procesov. Na Zemi túto potrebu naplňa svetelná energia (zo spektra viditeľného až po blízke infračervené žiarenie) a chemická energia (z oxidačno-redukčných reakcií). Závislosť života na termodynamicknej nerovnováhe pre tok energie sa považuje za univerzálnu.

### Základné suroviny:

Základné prvky ako uhlík, vodík, kyslík, dusík, fosfor a síra – často označované ako „biogénne prvky“ – tvoria základ biochémie a sú nevyhnutné na tvorbu molekúl, ktoré sú potrebné pre štruktúru a funkciu života. Tieto prvky sú kľúčové pre molekuly, ktoré umožňujú reakcie a vytvárajú štruktúrne komponenty života.

### Rozpúšťadlo:

Kvapalné médium, na Zemi typicky voda, je zásadné pre podporu biochemických reakcií. Voda je obzvlášť dôležitá vďaka svojim rozpúšťacím vlastnostiam, vysokej tepelnej kapacite a úlohe pri podpore nekovalentných molekulárnych interakcií, ktoré sú pre život nevyhnutné. Alternatívne rozpúšťadlá, ako napríklad metán na Titane, by teoreticky mohli podporovať život, hoci voda má jedinečné vlastnosti, ktoré ju robia obzvlášť vhodnou pre pozemský život.

## Fyzikálno-chemické podmienky prostredia:

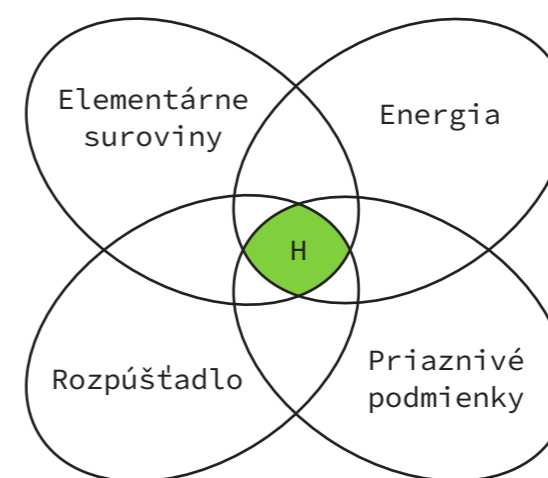
Život vyžaduje stabilné podmienky v určitom rozsahu, vrátane teploty, pH, tlaku, salinity a úrovni žiarenia. Extrémne podmienky sú pre určité pozemské formy života (extrémofily) znesiteľné, ale predstavujú významné výzvy pre udržanie stability a funkcie molekúl.

Premenná	Aktivita pozorovaná pri
Teplota (max.)	122 °C
Teplota (min.)	-15 °C
Kyselina (pH)	0
Zásada (pH)	13
Aktivita vody (aw)	0,6
Radiácia (gamma)	10.000-11.000 gray
Tlak*	200-1.200 MPa

\*Pri tlaku oceánskej priekopy 110 MPa sa darí rôznym organizmom. Sharma a kol.<sup>3</sup> uvádzajú metabolickú aktivitu organizmov v bunkách diamantových nákov pri tlakoch do 1200 MPa. Iné pozorovania však naznačujú, že oligoméne proteíny začínajú disociovať pri tlakoch v rozsahu 200 MPa a že monoméne proteíny denaturujú pri tlakoch v rozsahu 400 – 800 MPa.

### Fotosyntéza a detekovateľnosť života:

Pre biosféry je fotosyntéza obzvlášť relevantná, pretože vytvára detekovateľné biosignatúry, ako je kyslík. Fotosyntéza závisí od stabilného toku fotónov, ktorý sa môže líšiť v závislosti od spektra svetla hviezdy a atmosféry planéty. Tento proces nielenže podporuje tvorbu biomasy, ale tiež ovplyvňuje detekovateľnosť života produkovaním výrazných atmosférických znakov.



Znázornenie prieniku podmienok z článku *Life's Requirements*<sup>2</sup> (H – podmienky pre habitáciu)

## Pohyb je život

Pohyb môžeme chápať ako najhlbšiu definíciu živej existencie. Tento koncept sa zhoduje s viacerými filozofickými, vedeckými a literárnymi mysliteľmi, ktorí skúmali vzťah medzi pohybom a životom.

### Aristoteles<sup>3</sup>:

Táto myšlienka rezonuje s Aristotelom, ktorý tvrdil, že všetky živé bytosti majú vrodenný potenciál pre pohyb alebo zmenu. Pre Aristotela je pohyb (kinēsis) základom života, pretože zahŕňa rast, zmenu a dokonca aj dosahovanie cieľov (alebo „telos“). Veril, že život sám o sebe zahŕňa dynamickú kvalitu, pričom živé bytosti vyjadrujú svoju podstatu prostredníctvom pohybu a rozvoja.

### Henri Bergson<sup>4</sup>:

V diele Tvorivá evolúcia (1907) Bergson predstavil koncept „élan vital“ (životný impulz), ktorý považoval za základnú silu posúvajúcu život vpred v neustálej evolúcii a transformácii. Bergson veril, že život sám je definovaný týmto pohybom smerom vpred a tvorivou prispôsobivosťou, pričom zdôraznil, že pohyb alebo zmena sú hlboko prepojené s podstatou živých bytostí.

### Charles Darwin<sup>5</sup>:

Darwinovo dielo o evolúcii prostredníctvom prírodného výberu tiež podporuje toto tvrdenie. Hoci ho nevyjadril filozoficky, Darwinove pozorovania ukazujú, že život je definovaný adaptáciou, evolúciou a prežitím – všetko procesy, ktoré zahŕňajú pohyb v dynamickom a meniacom sa prostredí.

### Albert Einstein<sup>6</sup>:

Vedeckejším pohľadom Einsteinova teória relativity zaviedla myšlienku, že čas a priestor sú vzájomne prepojené a neustále v pohybe. Hoci sa zameriaval na fyziku, filozofické dôsledky naznačujú, že aj samotná existencia je prepletená s pohybom.

### Janina Wellmann<sup>7</sup>:

Vyzdvihuje ústredný význam pohybu a rytmu pri definovaní života. Prostredníctvom svojej historickej štúdie embryológie tvrdí, že život je chápaný prostredníctvom dynamických procesov rastu a transformácie,

pričom život sám vníma ako rozvíjajúci sa rytmus stávania sa. Wellmannova perspektíva potvrdzuje, že pohyb nie je len aspektom života, ale základnou charakteristikou, ktorá definuje dočasnú a vývojovú povahu živých organizmov.

Táto fráza naznačuje, že pohyb nie je len charakteristikou života; skôr ide o určujúcu kvalitu, ktorá odlišuje život od neživých vecí. Život je vo svojej podstate neustále sa vyvíjajúci, prispôsobujúci a interagujúci so svojím prostredím – to všetko zahŕňa rôzne formy pohybu, od mikroskopických pohybov v bunkách až po širšie pohyby organizmov a ekosystémov. Táto myšlienka pohybu ako základu existencie naznačuje širšie chápanie, že život nemožno oddeliť od procesov zmeny, rastu a adaptácie, ktoré sú všetky formami pohybu.

Nakoľko je našim cieľom vytvoriť architektúru, ktorá je životaschopná v extrémnych podmienkach, budeme pre účely tohto výskumu vybrané elementy vnímať v kontexte pohybu, a teda pri ich znižovaní alebo náraste (napr. teplota), alebo pri ich uberaní alebo pridávaní (napr. NaCl).

# NASTAVENIE SYSTÉMU

V počiatkovej fáze skúmania ma inšpiroval pojem „Biomimetika“.

## Biomimetika

*Biomimetika je odbor vedy (najmä biológie), ktorý skúma zaujímavé konštrukčné riešenia v prírode u živých organizmov a snaží sa ich napodobniť a využiť na vývoj nových vynálezov, technických riešení a ich široké využitie na pokrok<sup>8</sup>.*

Podľa tejto definície môžeme teda povedať, že táto technika sa zaoberá najmä vonkajšími prejavmi skúmaných organizmov. Mojim cieľom však bolo hlbšie pochopenie extrémofilných organizmov a využitie nie len ich vonkajších znakov ale aj ich vnútorných procesov a interakcií s prostredím. Z tohto dôvodu Biomimetika nebola postačujúcim systémom pre môj výskum a bolo potrebné nastaviť si nový systém inšpirovaný existujúcimi teóriami.

Nakoľko som si zadefinovala, že by malo ísť o skúmanie a aplikáciu znakov, Semiotika sa ponúkla ako možný teoretický základ.

## Semiotika

*Semiotika (z gr. sémeiōtiké = určenie znaku) alebo semiológia je všeobecná teória/náuka o znaku. Je to filozofická a jazykovedná disciplína, ktorá skúma znaky a znakové systémy počnúc signalizačnými systémami, až po prirodzené jazyky a formalizované jazyky<sup>9</sup>.*

Dôležitou súčasťou semiotiky je proces nazývaný semióza.

## Semióza

*Semióza je proces, pri ktorom niečo funguje ako znak organizmu, čo uľahčuje vytváranie a interpretáciu významu. To zahŕňa akúkoľvek činnosť alebo proces, ktorý zahŕňa znaky, vrátane vytvárania významu<sup>10</sup>.*

Sebeok<sup>5</sup> rozšíril semiotiku za antropocentrické hranice, aby zahŕňala všetky formy života. Tvrdil, že semióza nie je obmedzená na ľudskú komunikáciu, ale je kritickým atribútom života samotného. Tento prístup, nazývaný „globálna semiotika“, zahŕňa zoosemiotiku, biosemiotiku a endosemiotiku, pričom skúma procesy znakov vo všetkých živých bytostiach.

Podľa Sebeoka sú semióza a život neoddeliteľné. Tvrdil, že semióza sa začala objavením života a je neoddeliteľnou súčasťou prežitia a vývoja

organizmov. Táto perspektíva spája semiotiku s biologickými, psychologickými a kultúrnymi systémami a interpretuje ju ako vedu o živote.

**Spojením extrémofilných organizmov a architektúry prostredníctvom sémiotických princípov teda môžeme dosiahnuť architektúru, ktorá je živá a najmä životaschopná v extrémnych podmienkach.**

## Semiotický trojuholník

*Semiotický trojuholník, tiež známy ako trojuholník významu, je konceptuálny model, ktorý ilustruje vzťah medzi tromi komponentmi zapojenými do procesu vytvárania významu<sup>11</sup>.*

**Komponenty trojuholníka (Peirce 1931)<sup>12</sup>:**

**Objekt:**

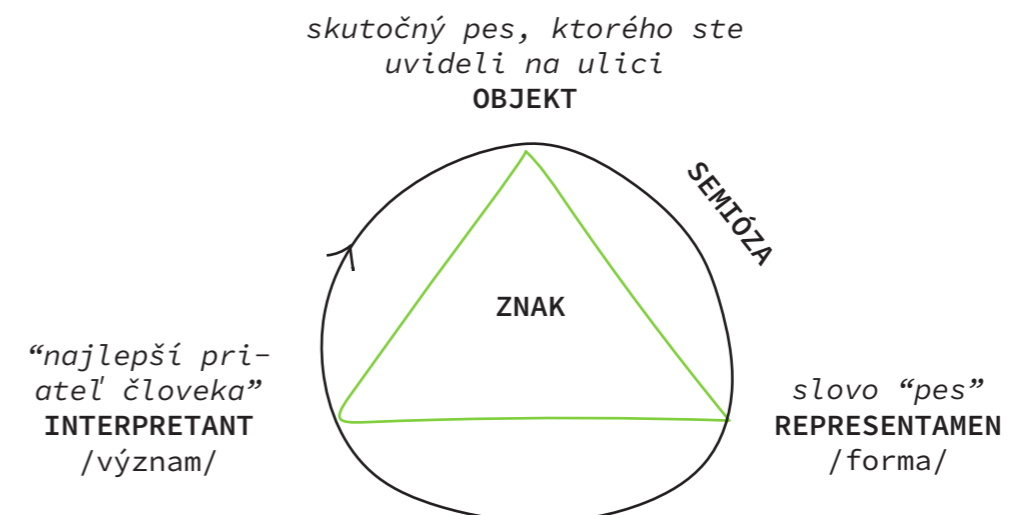
Skutočná entita alebo koncept, ktorý znak predstavuje.

**Representamen:**

Forma, ktorú znak má; je to vnímateľný prvok, ako je slovo, obraz alebo zvuk.

**Interpretant:**

Porozumenie alebo význam odvodený od znaku; je to mentálny koncept, ktorý vzniká v mysli tlmočníka.

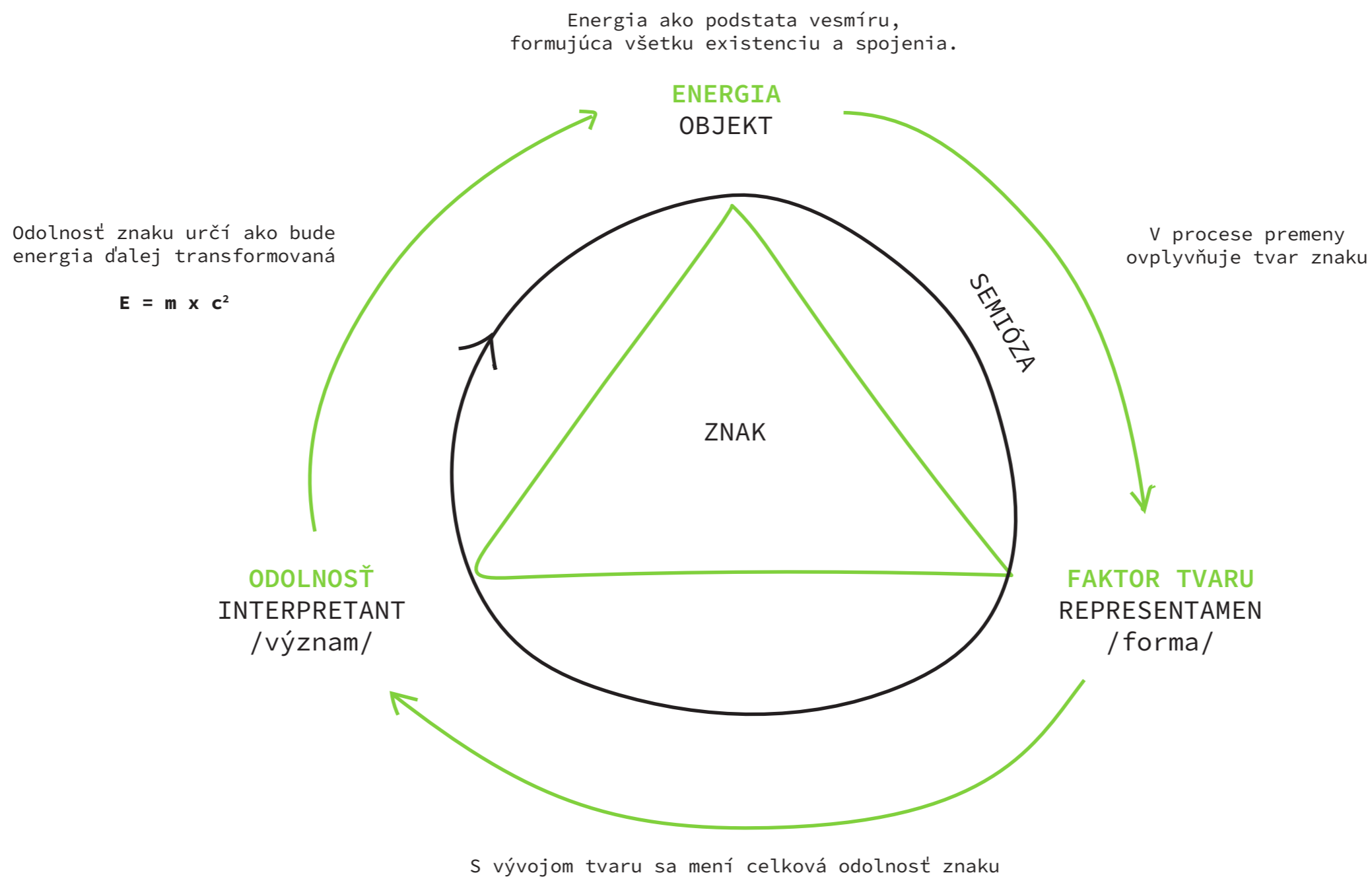


Semiotický trojuholník Peirce 1931



Tento triadický vzťah zdôrazňuje, že význam je konštruovaný prostredníctvom interakcie týchto troch zložiek, a nie prostredníctvom priamej asociácie medzi znakom a jeho objektom. Tlmočník sprostredkúva vzťah, umožňuje dynamický a interpretačný charakter tvorby významu.

Peirceov model sa líši od dyadických modelov navrhnutých inými semiotikmi, ako je Ferdinand de Saussure, tým, že zdôrazňuje podstatnú úlohu interpretácie v procese semiózy - pôsobenie znaku. Táto perspektíva podčiarkuje zložitosť a hĺbku ľudskej komunikácie a poznania.



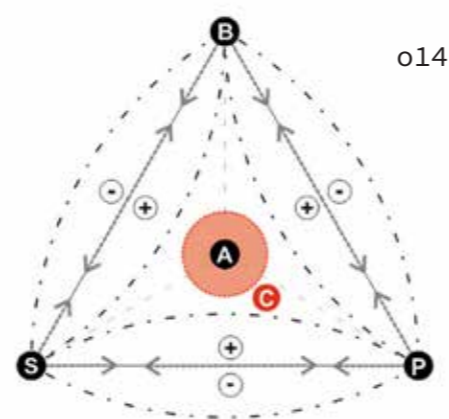
### EXTRÉMOFILNÝ TROJUHOĽNÍK

*Semiotický trojuholník s bližšie zadanými komponentmi pre potreby hľadania vzťahu medzi extrémofilmi a architektúrou.*

V tretej fáze výskumu sa venujem hľadaniu jednotlivých vzťahov a ich interpretácií. Vďaka semiotike sme si určili komponenty, ktoré budú predmetom skúmania, na pochopenie ich súvislostí je ale potrebné si zadefinovať ešte dodatočný systém. Táto časť je inšpirovaná Trojuholníkovým modelom architektonických vzťahov (Ján Legény a kol. 2024<sup>13</sup>)

Štúdia skúma trojuholníkový vzťah medzi tromi základnými pojmami - udržateľnosťou, krásou a mocou - v kontexte architektúry. Predstavuje model, ktorý skúma, ako tieto faktory vzájomne pôsobia, a zohľadňuje ich vplyv na architektonický dizajn. Autori navrhujú, že tieto tri prvky sú prepojené a formujú architektonické prostredie rôznymi spôsobmi, pozitívnymi aj negatívnymi, v závislosti od toho, ako sa riadia ich napätia. Štúdia tiež predstavuje rôzne hranicové modely, ktoré ilustrujú dynamiku medzi udržateľnosťou, krásou a mocou, pomocou myšlienkových experimentov a teoretických rámcov. Okrem toho zdôrazňuje úlohu etiky ako spoločného menovateľa v týchto interakciách a podporuje jej integráciu do architektonického vzdelávania a praxe. Nakoniec štúdia naznačuje, že tieto vzťahy môžu pomôcť predpovedať architektonické výsledky a zlepšiť rozhodovacie procesy v odbore.

„Základný trojuholníkový model so skúmanými parametrami udržateľnosti (S), krásy (B) a sily (P), ktoré ovplyvňujú architektúru (A). Prerušovaný červený kruh (C) znázorňuje mieru koncentrácie architektúry a predstavuje vplyv vzájomných vzťahov medzi S, B a P prostredníctvom širokých šedých prerušovaných čiar. Kladné (+)/záporné (-) napätie je označené čiernymi prerušovanými bodkovanými čiarami.“



## Extrémofilný trojuholník + Trojuholníkový model architektonických vzťahov

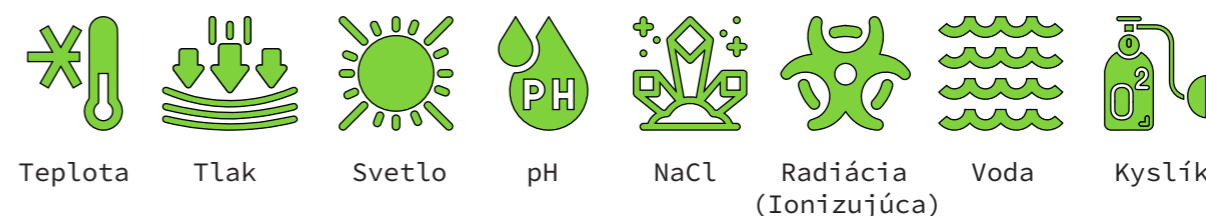
Ako môžeme vidieť, oba modely majú podobný výraz, ktorému sa dá pripísať pôvod v semiotike. Na modeli od Jána Legény a kol. je obzvlášť zaujímavé zahrnutie pozitívnych alebo negatívnych vzťahov jednotlivých komponentov (vrcholov trojuholníka). Nakoľko sme si v našom extrémofilnom trojuholníku už zadefinovali vzťahy medzi jednotlivými komponentmi, ktoré sú konštantne pozitívne (cyklicky sa navzájom ovplyvňujú), nevieme tieto pozitívne alebo negatívne náboje využiť v 2D priestore.

Zámerom tejto práce je pochopenie súvislostí medzi extrémofilnými organizmami a architektúrou, čeliacimi extrémnym podmienkam a elementom. Doposiaľ sme si zadefinovali komponenty, ktoré slúžia ako skúmané prvky

či už extrémofilov alebo architektúry. Ďalším krokom je definovanie elementov, s ktorými budeme pracovať.

## Elementy

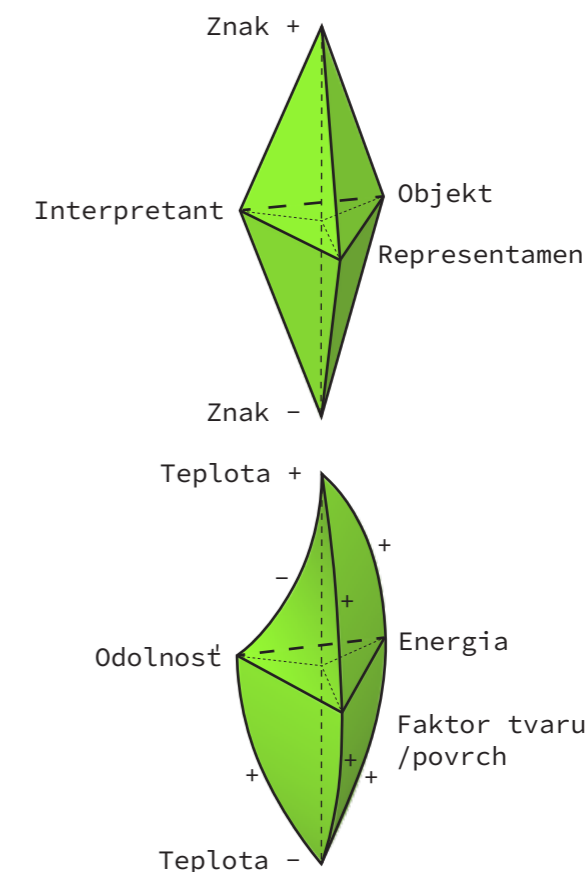
Na základe rešeršu extrémofilných organizmov vieme zadefinovať hlavné elementy, ktoré budú predmetom skúmania.



Tieto fyzikálne a chemické veličiny (ďalej elementy) budú v našom extrémofilnom trojuholníku zastávať úlohu znaku v jazyku semiotického trojuholníka.

Ako som spomenula v predchádzajúcom bode, pozitívne alebo negatívne náboje z trojuholníkového modelu nemožno v našom prípade použiť v 2D priestore. Keď si však do tejto „rovnice“ pridáme novo získané elementy v úlohe znaku (stred trojuholníka) a zadefinujeme si, že každý z nich sa dá vyjadriť kladnou aj zápornou hodnotou, získame 3D model.

3D zobrazenie pozostáva z komponentov ako troch bodov podstavy a z elementu v negatívnom a pozitívnom kvadrante. Ako sme si definovali v okrajových podmienkach, jednou zo základných princípov pre túto teóriu je pohyb. Preto o týchto elementoch uvažujeme v súvislosti s javmi dynamickými nie statickými (napr. vzťah odolnosti a teploty je posudzovaný v prípadoch kedy teplota aktívne stúpa a aktívne klesá od pomyselného ekvilibria). Na hornom obrázku vidíme základný model, kde komponenty sú v neutrálnom vzťahu ku elementu a teda hrana šesťstena, ktorá ich spája je priama. Na spodnom obrázku vidíme modelový príklad pre teplotu, na ktorom vidíme, že pozitívny vzťah premení hranu na krivku vypuklú smerom von a negatívny vzťah na krivku prepadnutú dnu.



Fáza 03

**HĽADANIE VZŤAHOV**

# HĽADANIE VZŤAHOV

Pre nájdenie vzťahov medzi jednotlivými elementmi a komponentmi si potrebujeme zdefinovať aké javy vyberieme ako porovnávanú vzorku a vybrať dostatočný počet javov pre dôveryhodnú vzorku.

Pre potreby tohto výskumu budeme hľadať vzťahy v troch skupinách javov:

1. Všeobecné **fyzikálno-biologicko-chemické** javy
2. Javy a zákonitosti spojené s **architektúrou**
3. Reakcie **extrémofilných organizmov**

S rešeršom jednotlivých javov si pomôžeme použitím AI ChatGPT, využitím ktorého získame jednotlivé javy, ich slovný popis a matematické vyjadrenie vzťahu pre lepšiu vizualizáciu (napr. lineárna, exponenciálna funkcia atď.) a percentuálne vyjadrenie prevládajúceho vzťahu daného komponentu a elementu. Za prevládajúci vzťah považujeme ten, ktorý sa objaví v aspoň 60% javov. Ak je tento pomer vzťahov menší ako 60% hovoríme o vzťahu neurčitom.

## Použité prompty:

### Fyzika/biológia/chémia

Mínusové hodnoty:

„I am looking for the relation between decreasing temperature going to negative values and (components) 1. energy, 2. shape factor/size, 3. resilience for physical phenomena connected to motion (motion as the most profound definition of living existence). Give me 30 examples for each factor. The examples should be mix of physics, chemistry and biology. Choose various examples. Firstly write the descriptions in whole sentences explaining the relation based on mathematical functions and increasing decreasing trend. Then make table stating what is the major relationship for each factor (state what percentage the major relation is).“

Plusové hodnoty:

„I am looking for the relation between increasing temperature going to positive values and (components) 1. energy, 2. shape factor/size, 3. resilience for physical phenomena connected to motion (motion as the most profound definition of living existence). Give me 30 examples for each factor. The examples should be mix of physics, chemistry and biology. Choose various examples. Firstly write the descriptions in whole sentences explaining the relation based on mathematical functions and

increasing decreasing trend. Then make table stating what is the major relationship for each factor (state what percentage the major relation is).“

### Architektúra

Mínusové hodnoty:

„I am looking for the relationships between decreasing temperature and (components) 1. energy, 2. shape factor/size, 3. resilience for phenomena connected to architectural structures and materials. Give me 30 examples for each component. Choose various examples. Firstly write the descriptions of the relationships in whole sentences explaining the relationships. Then make a table stating the major relationship for each component= is it inversely proportional (component increases as temperature decreases) or directly proportional (component decreases as temperature decreases). State what percentage the major relation is. “

Plusové hodnoty:

„I am looking for the relationships between increasing temperature and (components) 1. energy, 2. shape factor/size, 3. resilience for phenomena connected to architectural structures and materials. Give me 30 examples for each component. Choose various examples. Firstly write the descriptions of the relationships in whole sentences explaining the relationships. Then make a table stating the major relationship for each component= is it inversely proportional (component decreases as temperature increases) or directly proportional (component increases as temperature decreases). State what percentage the major relation is.“

### Extrémofily

Mínusové hodnoty:

„I am looking for relationships between decreasing temperature (element) and (components) 1. energy, 2. shape/size factor, 3. resistance for phenomena associated with Psychrophiles and low temperature tolerant extremophiles. Give 30 examples for each component. First, write descriptions of the relationships in complete sentences and indicate whether the relationship between decreasing temperature and the given example component is directly proportional (element decreases and component decreases) or inversely proportional (element decreases but component increases). Then make a table showing the main relationship for each component = is inversely proportional or directly proportional. Give the percentage share of the predominant relationship for each component. Give me examples of extremophiles for the majore relationships.“

Plusové hodnoty:

„I am looking for relationships between increasing temperature (element) and (components) 1. energy, 2. shape/size factor, 3. resistance for phenomena associated with Hyperthermophiles and high temperature tolerant extremophiles. Give 30 examples for each component. First, write descriptions of the relationships in complete sentences and indicate whether the relationship between decreasing temperature and the given example component is directly proportional (element increases and component increases) or inversely proportional (element increases but component decreases). Then make a table showing the main relationship for each component = is inversely proportional or directly proportional. Give the percentage share of the predominant relationship for each component. Give me examples of extremophiles for the majore relationships.“

Tieto prompty boli následne zopakované pre všetky porovnávané elementy. Je nutné podotknúť, že ChatGPT malo miestami problém správne identifikovať čo je priamo a čo nepriamo úmerný vzťah, čo znamená, že bola nutná veľká miera overovania faktov a teda výsledné vzťahy nie sú na 100% zhodné s tým, čo bolo vyprodukované pomocou priložených promptov.

V prílohe 1 sú odpovede ChatGPT ohľadom fyzikálno-biologicko-chemických javov vo vzťahu ku teplote v negatívnych hodnotách.

## Tabuľky vzťahov:

V nasledujúcich tabuľkách sú zhrnuté vzťahy pre jednotlivé rešeršované javy. Vzťahy sú znázornené grafickými skratkami. Prvá šípka vždy znázorňuje pohyb elementu, druhá znázorňuje pohyb komponentu.

- ↑↑ Priamy (napr. so stúpajúcou teplotou stúpa energia)
- ↑↓ Nepriamy (napr. so stúpajúcou teplotou klesá energia)
- ↑X Neurčitý (napr. pri stúpajúcej teplote je menej ako 60% javov stúpajúcich)

### Interpretácia vzťahových kombinácií:

Pre lepšie prvotné pochopenie jednotlivých vzťahových kombinácií (- a +) v tabuľkách, prikladám všeobecnú interpretáciu možných vzťahov. Tie budú následne hlbšie rozvinuté pre každú tabuľku samostatne aj s konkrétnymi príkladmi javov pre vybraný element (príklady pre prevládajúcu kombináciu).

- ↓↓ ↑↑ **Obojstranne priamy**  
Keď je komponent obojsmerne priamo úmerne ovplyvňovaný elementom znamená to, že pozitívny vývoj komponentu je naviazaný na prítomnosť daného elementu.
- ↓↑ ↑↓ **Obojstranne nepriamy**  
Keď je komponent obojsmerne nepriamo úmerne ovplyvňovaný elementom znamená to, že pozitívny vývoj komponentu je naviazaný na neprítomnosť daného elementu
- ↓↓ ↑↓ **Negatívne striedavý**  
Komponent má vlastné ekvilibrium, ktoré sa pri strete s elementom vychýli do negatívnych hodnôt.
- ↓↑ ↑↑ **Pozitívne striedavý**  
Komponent má vlastné ekvilibrium, ktoré sa pri strete s elementom vychýli do kladných hodnôt.
- ↓↓ ↑X **Priamo negatívny**  
Komponent je negatívne ovplyvnený absenciou elementu, no jeho prítomnosť na komponent nemá vplyv.
- ↓X ↑↑ **Priamo pozitívny**  
Komponent je pozitívne ovplyvnený prítomnosťou elementu, no jeho absencia na komponent nemá vplyv.
- ↓↑ ↑X **Nepriamo pozitívny**  
Komponent je pozitívne ovplyvnený absenciou elementu, no jeho prítomnosť na komponent nemá vplyv.
- ↓X ↑↓ **Nepriamo negatívny**  
Komponent je negatívne ovplyvnený prítomnosťou elementu, no jeho absencia na komponent nemá vplyv.
- ↓X ↑X **Obojstranne neurčitý**  
Vývoj komponentu sa neviaže na prítomnosť ani na absenciu elementu. Ak sa tento jav objavuje opakovane, treba zvážiť relevantnosť zadaných komponentov/elementov.

Je treba podotknúť, že keď hovoríme napríklad o „negatívnom“ ovplyvnení komponentu elementom, je to myslené čisto ako posun do záporných hodnôt, čo ale v konečnom dôsledku pre daný komponent nemusí byť negatívnym javom.

## Fyzikálno-biologicko-chemické vzťahy

V prvej kategórii vzťahov vidíme, že prevláda obojstranne priamy vzťah.

**Energia** je pri väčšine elementov obojstranne priamo ovplyvňovaná, čo znamená, že väčšina týchto elementov môžu plniť funkciu zdroju energie/katalyzátoru pre rôzne procesy. S výnimkou pH, kde vidíme, že pre väčšinu javov je potrebné skôr neutrálna hodnota pH.

- *Príklad (Tlak):* Zníženie bodu varu vyžaduje menej tepelnej energie na fázový prechod pri poklese tlaku.
- + *Príklad (Tlak):* Energia spaľovania sa zvyšuje, keď vyšší parciálny tlak kyslíka zvyšuje rýchlosť reakcie.

Vzťahy **Faktoru tvaru/povrchu** sú rozmanitejšie. Teplota, Svetlo, Voda a Kyslík priamo ovplyvňujú tento komponent v oboch smeroch. Tento výsledok je veľmi logický, keď si uvedomíme, že pozitívne hodnoty týchto elementov sú do istej miery esenciálne pre život a teda buď priamo podporujú „rast“ alebo je „rast“ výsledkom ich prítomnosti.

- *Príklad (Svetlo):* Veľkosť kolónie rias sa znižuje, pretože menej svetla obmedzuje rast a dostupnosť energie.
- + *Príklad (Svetlo):* Sadenice rozvíjajú širšie štruktúry v jasnom svetle na optimalizáciu fotosyntézy.

Čo sa **Odolnosti** týka, podobne ako pri Energii vidíme priame naviazanie na elementy, okrem Teploty a pH, pri ktorých javy preferujú skôr vlastné neutrálné podmienky.

- *Príklad (NaCl):* Odolnosť nervových signálov sa oslabuje, pretože znížený obsah Na<sup>+</sup> ovplyvňuje šírenie akčného potenciálu.
- + *Príklad (NaCl):* Odolnosť pôdných mikroorganizmov sa posilňuje v optimálnej slanosti a napomáha kolobehu živín.

Komponent →	Energia		Faktor tvaru /povrch		Odolnosť	
	-	+	-	+	-	+
Element ↓						
Teplota (Te)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓	↑↓
Tlak (TL)	↓↓	↑↑	↓↑	↑↓	↓↓	↑↑
Svetlo (S)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑
pH	↓↓	↑↓	↓↓	↑↓	↓↓	↑↓
NaCl	↓↓	↑↑	↓↑	↑X	↓↓	↑↑
Radiácia (R)	↓↓	↑↑	↓↓	↑X	↓↓	↑↑
Voda (V)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑
Kyslík (K)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑

Pri troch elementoch sú dokonca vzťahy len čisto obojstranne priame. Ide o Svetlo, Vodu a Kyslík. Keď sa vrátíme k definícii tohto vzťahu „Komponent je obojsmerne priamo úmerne ovplyvňovaný elementom, a teda pozitívny vývoj komponentu je naviazaný na prítomnosť daného elementu“. To znamená, že v tomto prípade sú Energia, Faktor tvaru/povrch aj Odolnosť priamo závislé od týchto troch elementov, v prípade všeobecných prírodných zákonitostí. Môžeme teda povedať, že tieto elementy sú súčasťou základných podmienok pre život a teda nám tento výsledok potvrdzuje správne nastavenie systému (výber komponentov).

## Architektonické vzťahy

Pri architektonických štruktúrach vidíme väčšiu rozmanitosť ako pri všeobecných prírodných javoch.

**Energia** vo veľkej miere závisí od vývoju elementov, no v prípade zvyšovania pH (zásada) a množstva vody je výsledok neurčitý.

- *Príklad (Teplota):* Tepelná energia betónu sa znižuje, čo si vyžaduje vonkajšie zahrievanie na vytvrdenie v chladných podmienkach.
- + *Príklad (Teplota):* Tepelná energia v budovách sa zvyšuje, keď sa teplo akumuluje vo vnútri konštrukcii

**Faktor tvaru/povrch** je v tomto prípade ustálenejší ako pri prírodných javoch. Zaujal ma však výsledok pre radiáciu, pri ktorom bola moja prvotná úvaha, že faktor tvaru sa znižuje s pribúdajúcou radiáciou a vice versa (kompaktné tvary, menšia plocha vystavená žiareniu). Tento výsledok však skôr poukazuje na nutnosť využitia robustnejších materiálov/systémov na ochranu pred radiáciou.

- *Príklad (Voda):* Nižšia miera vody v prostredí znižuje nároky na zelenú infraštruktúru pre manažment dažďovej vody.
- + *Príklad (Voda):* Zvýšená deformácia v pôdných vrstvách s vysokým obsahom vody.

Komponent →	Energia		Faktor tvaru /povrch		Odolnosť	
	-	+	-	+	-	+
Element ↓						
Teplota (Te)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓	↑↓
Tlak (TL)	↓↓	↑↑	↓↑	↑↓	↓↓	↑↑
Svetlo (S)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↑	↑↓
pH	↓↓	↑X	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑
NaCl	↓↓	↑↑	↓X	↑↑	↓↑	↑↓
Radiácia (R)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↑	↑↓
Voda (V)	↓↓	↑X	↓↓	↑↑	↓↑	↑↓
Kyslík (K)	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↑	↑↓

**Odolnosť** je vo väčšej miere závislá od pomyselných ideálnych podmienok, a prítomnosť extrémnych elementov túto rovnováhu narúša. Toto je logický výsledok, nakoľko väčšina dát je založených na v súčasnosti používaných štruktúrach, ktoré zatiaľ nie sú prispôbené prehnaným extrémom. Zaujímavý vzťah ku Odolnosti majú Tlak a pH, ktoré pôsobia naopak pozitívne na rôzne materiály a štruktúry.

- *Príklad (Radiácia):* Znížené ionizujúce žiarenie znižuje rýchlosť opotrebenia skla a keramiky v radiačných prostrediach.
- + *Príklad (Radiácia):* Zvyšujúce sa ionizujúce žiarenie urýchľuje rozpad hydroizolačných membrán.

Najpočetnejšiu skupinu podobnosti tvorí trio Svetlo, Radiácia a Kyslík. Čo sa Svetla a Radiácie týka, ide o logické spojenie nakoľko obe sú formy elektromagnetického žiarenia, ktoré sa šíria ako vlny alebo častice, prenášajú energiu a interagujú s hmotou.

#### Extrémofilné vzťahy\*

Tretia kategória je už na prvý pohľad „najfarebnejšia“. Celkovo prevláda pozitívne striedavý vzťah, ktorý naznačuje, že komponenty odpovedajú pozitívne na akúkoľvek interakciu s extrémami.

Pri tejto skupine bolo potrebné viac rozlišovať medzi - a + interakciami. Preto si najprv tieto skupiny zdefinujeme:

<b>Teplota</b>	- Psychrofilny + Termofily	<b>NaCl</b>	- X + Halofily
<b>Tlak</b>	- X + Barofily	<b>Radiácia</b>	- X + Rádiofilny
<b>Svetlo</b>	- Chemosyntetické organizmy + X	<b>Voda</b>	- Xerofily + X
<b>pH</b>	- Acidofily + Alkalofily	<b>Kyslík</b>	- Mikroaerofily + X

Vidíme tu tri kategórie extrémov. **Pravý extrém**, ktorý ide oboma smermi (Teplota, pH), **Extrém prebytku** (Tlak, NaCl, Radiácia) a **Extrém nedostatku** (Svetlo, Voda, Kyslík), ktorý ako sme zhodnotili pri prvej tabuľke, označuje elementy potrebné pre život bežných živočíchov.

**Energia** ma pozitívne vyvíjajúci sa trend vo všetkých elementov, okrem úbytku NaCl. Čo je zaujímavý výsledok keď vezmeme v úvahu, že pre mínusovú hodnotu NaCl neexistuje skupina extrémofilov. Toto si vieme čiastočne vysvetliť skutočnosťou, že nedostatok NaCl pri organizmoch je skôr spojená s vnútornými procesmi na bunkovej úrovni ako s interakciami s prostredím.

- *Príklad (pH):* Zvýšený metabolizmus mastných kyselín u extrémofilov s nízkym pH.
- + *Príklad (pH):* Zvýšené rýchlosti fotosyntézy v alkalických cyanobaktériách.

**Faktor tvaru/povrch** nemá tak jednoznačnú prevládajúcu kombináciu. Vidíme aj, že sa tu objavuje vo väčšej miere neurčitý vzťah.

- *Príklad (Kyslík):* Zhrubnuté bunkové steny u Geobacter pod nízkym obsahom kyslíka.
- + *Príklad (Kyslík):* Zväčšené organely u Thermococcus pod vysokým obsahom kyslíka.

Trend **Odolnosti** nám zhrňa podstatu extrémofilov. Nezáleží na stave elementu, vždy existuje extrémofil, ktorý vie z danej situácie ťažiť, alebo ju aspoň prekonať.

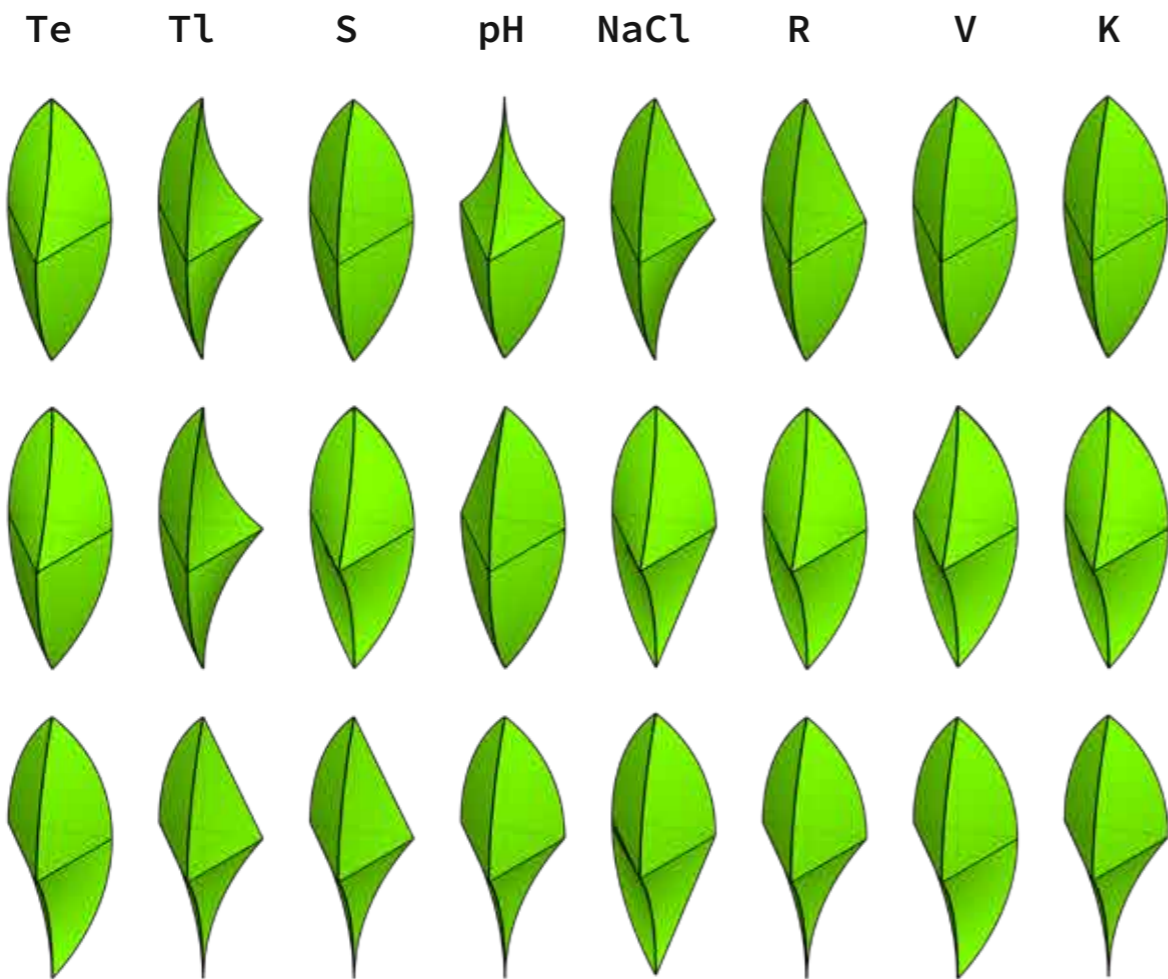
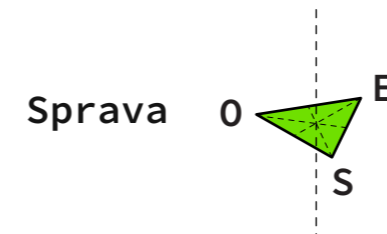
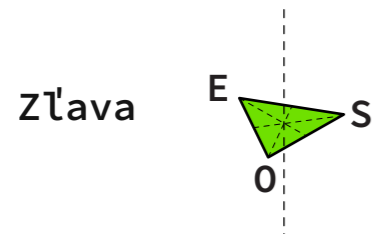
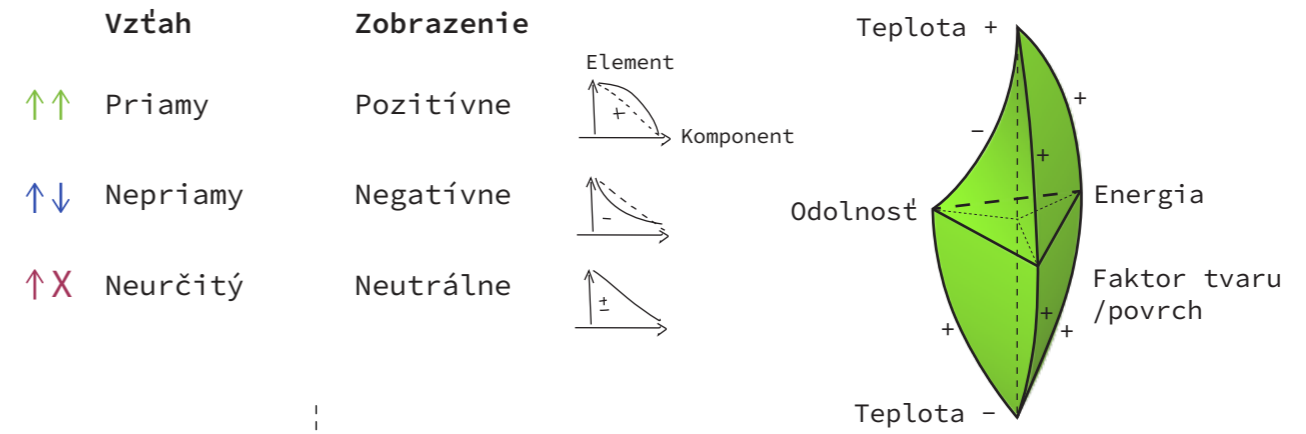
- *Príklad (Kyslík):* Zvýšená stabilita DNA v Geobacter metallireducens pri nízkom kyslíku.
- + *Príklad (Kyslík):* Zvýšená tvorba biofilmu u Pseudomonas pod vysokým obsahom kyslíka.

Pre túto tabuľku tvorí najpočetnejšiu zhodnú skupinu pH, Radiácia a Kyslík.

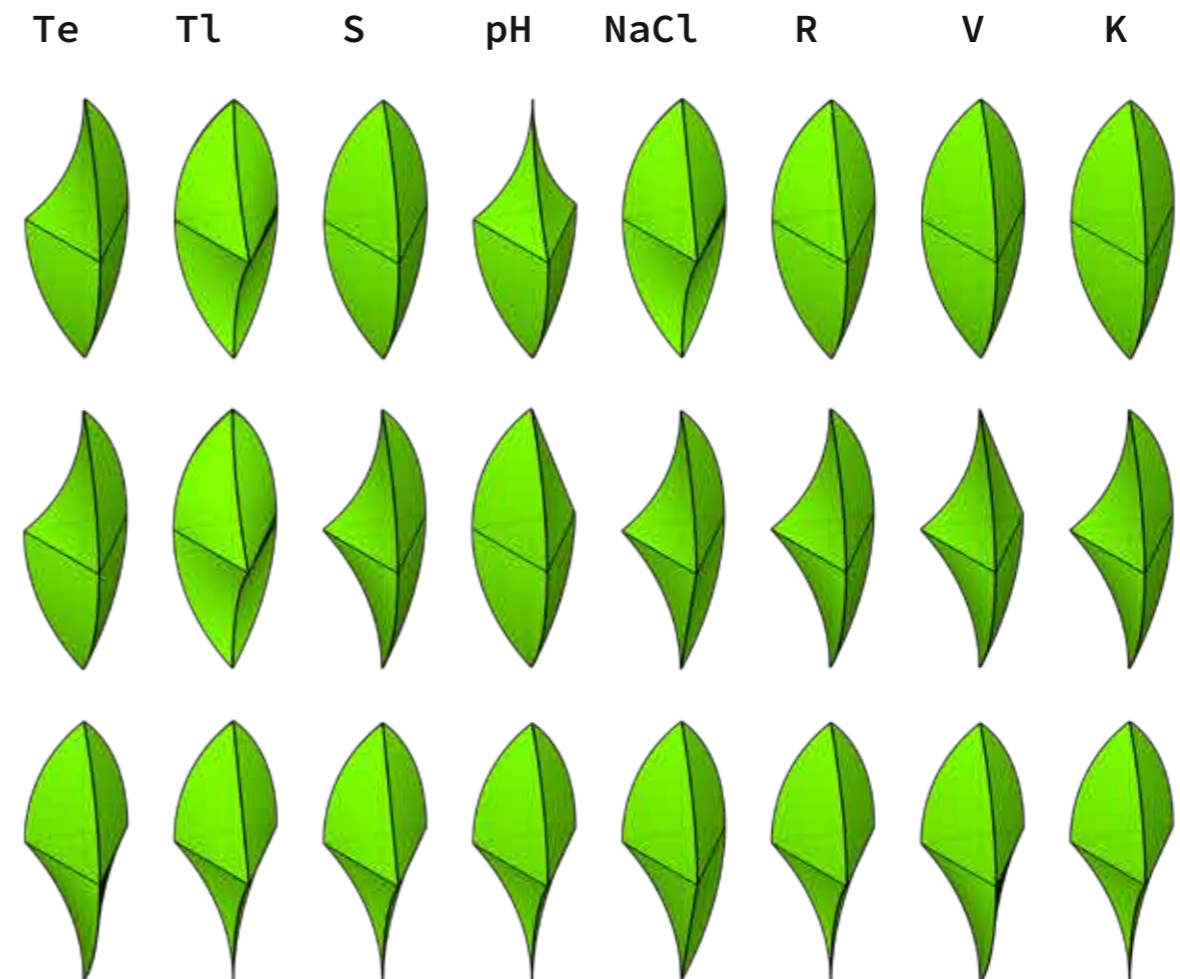
Komponent →	Energia		Faktor tvaru /povrch		Odolnosť	
	-	+	-	+	-	+
Element ↓						
Teplota (Te)	↓↑	↑↑	↓↓	↑↑	↓↑	↑↑
Tlak (TL)	↓↑	↑↑	↓↑	↑X	↓↑	↑↑
Svetlo (S)	↓↑	↑↑	↓↑	↑X	↓↑	↑↑
pH	↓↑	↑↑	↓↑	↑↑	↓↑	↑↑
NaCl	↓↓	↑↑	↓X	↑↑	↓↑	↑↑
Radiácia (R)	↓↑	↑↑	↓↑	↑↑	↓↑	↑↑
Voda (V)	↓↑	↑↑	↓↓	↑↑	↓↑	↑↑
Kyslík (K)	↓↑	↑↑	↓↑	↑↑	↓↑	↑↑

\*Príklady extrémofilných organizmov pre prevažné vzťahy v prílohe 2

# 3D ZOBRAZENIE



FYZ-BIO-CHEM



ARCH

EXTR



## VZŤAHOVÉ ZHODY:

Fyz-Bio-Chem vs. Arch		Fyz-Bio-Chem vs. Extr.		Arch. vs. Extr.	
Teplota	6/6	Teplota	3/6	Teplota	3/6
Tlak	6/6	Tlak	3/6	Tlak	3/6
Svetlo	4/6	Svetlo	2/6	Svetlo	2/6
pH	3/6	pH	0/6	pH	2/6
NaCl	2/6	NaCl	3/6	NaCl	5/6
Radiácia	3/6	Radiácia	3/6	Radiácia	3/6
Voda	3/6	Voda	4/6	Voda	3/6
Kyslík	4/6	Kyslík	3/6	Kyslík	3/6
= 64,6%		= 43,8%		= 50,0%	

Najväčšie percento zhody majú vzťahy Fyzikálno-Biologicko-Chemické a Architektonické. Táto zhoda vychádza z povahy architektúry, ktorá je stále vo veľkej miere odvodená od všeobecných prírodných princípov. Fyz-Bio-Chem vzťahy nám tu však plnili skôr úlohu kontrolky systému.

Najdôležitejším spojením bolo práve duo s najmenším percentom zhody, Architektúra a Extrémofily. Poukazuje to na priestor pre zlepšenie architektonickej adaptability na extrémne podmienky. Elementom s **najnižšou zhodou** v tejto kombinácii bolo **Svetlo** a **pH**. **Najväčšiu mieru zhody malo NaCl.**

Najzaujímavejším vzťahom pre ďalší výskum je práve ten s nízkou mierou zhody. Otvára to priestor na skúmanie ďalších súvislostí a hľadanie možných metód zlepšenia pre architektúru. Pre potreby ďalších krokov som si na spracovanie vybrala Svetlo

## Svetlo

### Extrémofilná odpoveď

#### Fotosyntetické a chemosyntetické stratégie:

Niektoré extrémofily (napr. cyanobaktérie) závisia od svetla pre fotosyntézu, čo z nich robí závislé na dostupnosti svetla.

Iné extrémofily (napr. baktérie žijúce v hlbokom oceáne) sú úplne nezávislé od svetla a využívajú chemosyntézu ako zdroj energie, čo im umožňuje prežiť v úplnej tme.

#### Flexibilná reakcia na intenzitu svetla:

Extrémofily môžu prispôbovať svoje bunkové mechanizmy podľa intenzity svetla. Napríklad v silnom svetle produkujú ochranné pigmenty (napr. karotenoidy), aby zabránili poškodeniu UV žiarením.

Naopak, v prostredí s nízkym osvetlením maximalizujú využitie dostupného svetla, napríklad prostredníctvom špecifických chlorofylov s rozšíreným absorpčným spektrom.

### Architektonická odpoveď

#### Využitie svetla ako zdroja energie:

Architektúra je vo veľkej miere závislá od pasívnych a aktívnych stratégií využitia svetla, napríklad:

**Pasívne systémy:** orientácia budov, veľkosť a umiestnenie okien, clony a svetlovody.

**Aktívne systémy:** solárne panely pre výrobu elektriny alebo ohrev vody.

#### Ochrana pred nadmerným svetlom:

Silné svetlo (napr. v púštnych oblastiach) môže spôsobiť prehrievanie budov. Architektúra reaguje stratégiami ako tepelné izolácie a reflexné povrchy alebo tieniace systémy (napr. slnolamy, vegetačné kryty).

#### Estetické aspekty:

Svetlo má kľúčovú úlohu v estetike architektúry (napr. hra svetla a tieňa, osvetlenie interiérov a fasád). Tento aspekt je pre extrémofily irelevantný.

## Kľúčový rozdiel

#### Funkcia svetla:

Pre extrémofily je svetlo buď primárny zdroj energie (fotosyntéza) alebo sú od neho úplne nezávislé (chemosyntéza).

Pre architektúru je vo väčšine prípadov svetlo dôležité ako zdroj energie a regulácie tepla.

#### Reakcia na variabilitu:

Extrémofily sú schopné flexibilnej adaptácie na vysokú aj nízku intenzitu svetla.

Architektúra disponuje pasívnou a aktívnou stratégiou pre kontrolu oslnenia.

#### **Závislosť:**

Medzi extrémofilmi sú niektoré druhy úplne nezávislé od svetla (chemo-syntéza).

Architektúra je do istej miery od svetla závislá.

#### **Estetická hodnota:**

Pre extrémofilov žiadna.

V architektúre zohráva z estetického hľadiska svetlo kľúčovú úlohu.

### **Postrehy**

Pred spracovaním tohto porovnania mi nenapadlo vnímať estetickú funkciu ako relevantnú. V mojej predstave bolo toto porovnanie najmä o stratégiách a metódach prežitia až prosperity. Avšak práve estetická funkcia môže byť jedným z hlavných faktorov ovplyvňujúcich túto nezhodu.

Treba ale podotknúť, že takéto porovnanie je do veľkej miery zjednodušením skutočnosti. Závislosť architektúry na svetle (jeho zisku alebo eliminácií) je podmienená kontextom ako je napríklad zemepisná šírka. Taktiež nadmerné zameranie sa na estetiku svetla môže spôsobiť nepraktickosť pri bežnom používaní.

## **ZÁVER**

Bohužiaľ sa mi v mojom výskume doposiaľ nepodarilo naplniť pôvodne stanovený zámer. Vo fáze 4 - tvorba prototypov som narazila na značné problémy pri hľadaní spôsobu ako pretaviť získané poznatky z fáz 1-3 do použiteľného a logického promptu pre AI model Midjourney. V appendixe prikladám aspoň čiastočné myšlienky z tohto procesu pre možné budúce použitie.

#### **Možné dôvody nesplnenia cieľu:**

- Nedostatočné nastavenie systému pre kolekciu dát a hľadanie vzťahov
- Nedostatočné pochopenie a interpretácia vzťahov
- Nastavenie nerealistického cieľu vzhľadom na daný timeline

02

**Onkaľo 2120**  
Dutina Ćasu

## ABSTRAKT

Onkalo je hlbinné úložisko jadrového odpadu nachádzajúce sa vo Fínsku, ktoré je navrhnuté na bezpečné uskladnenie vysoko rádioaktívneho odpadu na desiatky tisíc rokov. Je súčasťou širšieho projektu, ktorý má za cieľ minimalizovať riziko úniku radiácie do životného prostredia aj v prípade extrémnych prírodných alebo ľudských katastrof. Úložisko je umiestnené vo vrstvách stabilnej kryštalickej horniny, čo zabezpečuje jeho odolnosť voči erózii, seizmickým pohybom a iným dlhodobým geologickým procesom.

Rádioaktívny odpad uložený v Onkale predstavuje riziko pre zdravie živých organizmov, ak by došlo k jeho uvoľneniu do okolia. Tento odpad obsahuje izotopy, ktoré produkujú ionizujúce žiarenie, schopné poškodiť biologické tkanivá a spôsobiť genetické mutácie. Preto je nutné zabezpečiť, aby úložisko zostalo neporušené a jeho obsah neprístupný pre budúce generácie, ktoré by mohli nevedomky narušiť jeho integritu. Tento cieľ zahŕňa nielen technické zabezpečenie, ale aj vytvorenie systému varovania, ktorý bude zrozumiteľný aj pre civilizácie s odlišnými jazykmi a kultúrami, aby ich odradil od preniknutia do tejto oblasti.

V mojom návrhu sa vyberám cestou negatívneho zážitku/monumentu, ktorý mieri na univerzálne zmysli vlastné väčšine organizmov ako ich v súčasnosti poznáme. Nakoľko rátame s prerušením sociálneho kontinua a teda aj zániku jazykov, cieľom je navodiť pocity strachu, nechute, aby prípadný narušiteľ prijali informáciu možného nebezpečenstva.



o15\_ Výstavba úložiska Onkalo

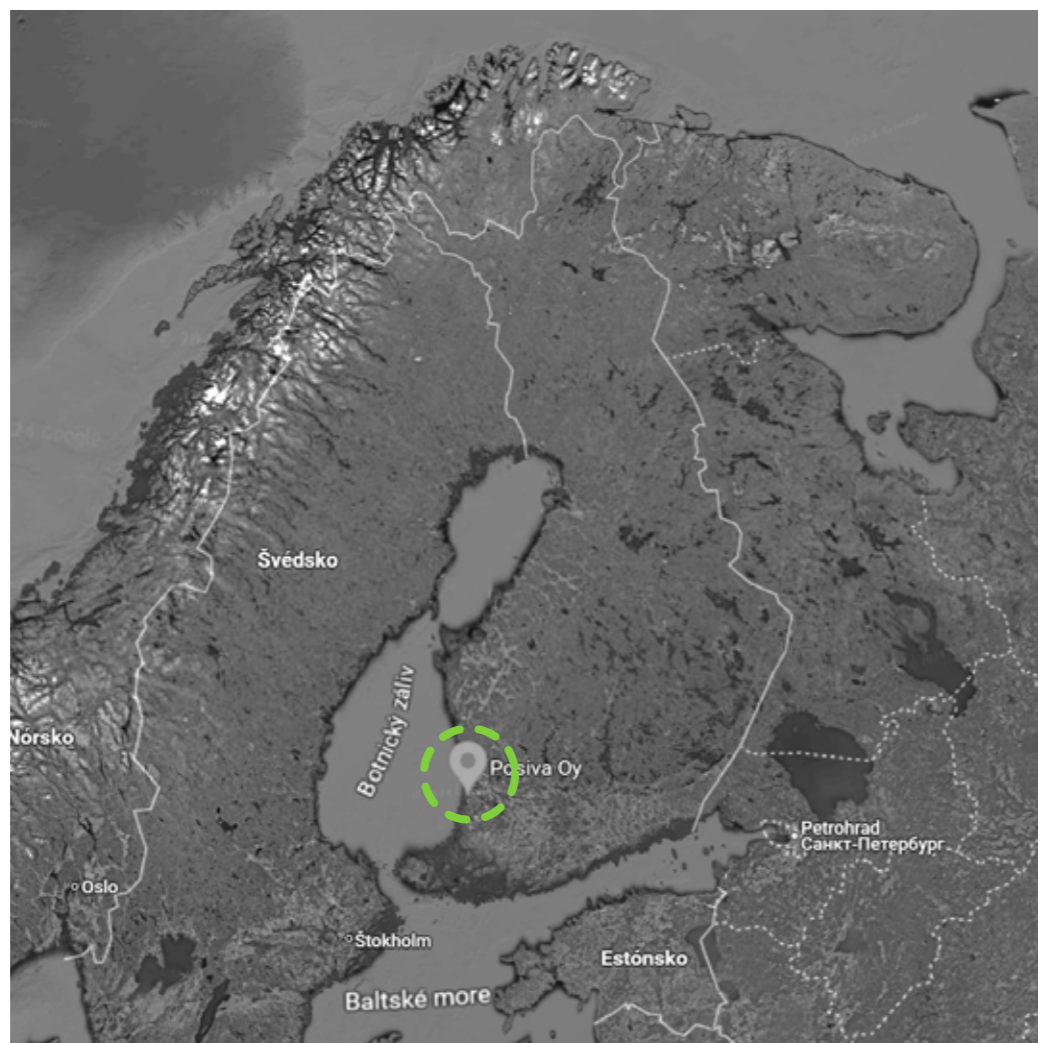
## LOKALITA

Onkalo, ktoré znamená „diera“ alebo „dutina“ vo fínčine, je hlbinné úložisko jadrového odpadu nachádzajúce sa v blízkosti mesta Eurajoki v juhozápadnom Fínsku. Toto miesto je svetovým unikátom, pretože ide o prvé permanentné hlbinné úložisko vybudované pre bezpečné uloženie vysoko rádioaktívneho odpadu. Onkalo je súčasťou jadrovej elektrárne Olkiluoto, kde sa už roky vyrába energia. Samotné úložisko je spravované spoločnosťou Posiva Oy, ktorá bola zriadená na plánovanie a realizáciu tohto projektu.

Geograficky sa Onkalo nachádza na polostrove v Baltskom mori, v regióne Satakunta, ktorý je známy svojimi geologicky stabilnými podmienkami.

Táto lokalita bola vybraná po rozsiahlych štúdiách, ktoré sa zaoberali seizmickou aktivitou, stabilitou horninového masívu a hydrogeológiou oblasti. Oblasť Eurajoki je jednou z najstabilnejších geologických lokalít v celej Európe, čo hrá kľúčovú úlohu pri zabezpečení dlhodobej bezpečnosti úložiska.

Z geologického hľadiska je Onkalo situované v prekambrickom kryštalickej podloží, ktoré je tvorené prevažne žulami a rulou. Tieto horniny vznikli pred viac ako 1,8 miliardy rokov a sú známe svojou tvrdosťou a stabilitou. Hĺbka úložiska, ktorá dosahuje približne 400 – 450 metrov pod povrchom, bola starostlivo zvolená tak, aby sa minimalizovalo riziko kontaminácie podzemných vôd a aby bolo úložisko izolované od povrchových procesov, ako je erózia či zmena klímy. V hĺbke, kde sa úložisko nachádza, sú podmienky hydrogeologicky stabilné, čo znamená, že pohyb podzemných vôd je minimálny a neohrozuje uložený odpad.



Poloha Onkala vo vzťahu k Fínsku



Polostrov Olkiluoto

# ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE

Technológie použité v Onkale sú na vrchole súčasného vývoja v oblasti jadrovej bezpečnosti. Rádioaktívny odpad je najprv uzavretý v špeciálnych medených kontajneroch, ktoré sú navrhnuté tak, aby odolávali korózii a mechanickému poškodeniu počas tisícročí. Tieto kontajnery sú následne obalené bentonitovým ílom, ktorý plní ochrannú funkciu. Bentonitový íl má unikátnu schopnosť absorbovať vodu a vytvárať nepriepustnú bariéru, ktorá bráni pohybu potenciálne kontaminovaných látok. Ďalšou vrstvou ochrany je samotné horninové podložie, ktoré svojou stabilitou a nepriepustnosťou zabezpečuje izoláciu odpadu od vonkajšieho prostredia.

## Uloženie odpadu

Proces uloženia odpadu zahŕňa umiestnenie každého kontajnera do samostatných úložísk, ktoré sú vytesané v masíve horniny. Tieto úložiská sú navrhnuté tak, aby sa minimalizovalo riziko šírenia rádioaktívnych látok aj v prípade porušenia kontajnera. Po umiestnení odpadu sú priestory postupne zasypávané, čím sa zabezpečí ich trvalé uzavretie. Predpokladá sa, že v Onkale bude umiestnených až 6 500 ton odpadu. Okrem technických opatrení sa kladie dôraz aj na monitorovanie a zabezpečenie úložiska počas jeho prevádzky.

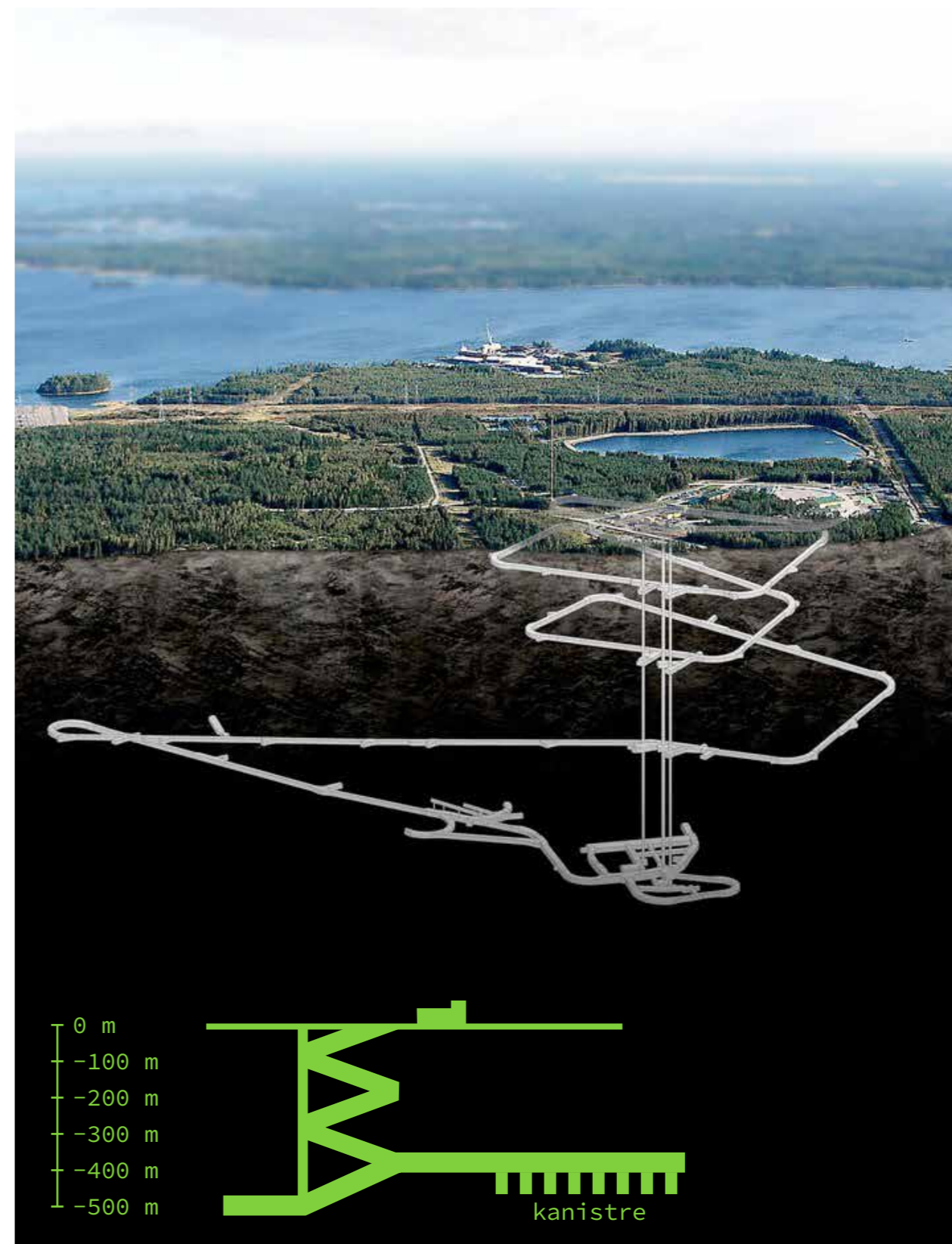
## Časová os

Časové hľadisko projektu Onkalo je mimoriadne významné. Úložisko je navrhnuté tak, aby poskytlo bezpečné uloženie odpadu na obdobie najmenej 100 000 rokov. Počas tohto času sa rádioaktivita odpadu zníži na bezpečnú úroveň. Práce na Onkale začali v roku 2004. Úložisko začalo svoju oficiálnu prevádzku v roku 2020. Po naplnení jeho kapacity sa Onkalo definitívne uzavrie, všetky tunely a šachty budú naspäť zasypané. Uzavretie sa predpokladá do 100 rokov od začiatku prevádzky, čiže okolo roku 2120, pričom úložisko nebude vyžadovať žiadne aktívne zásahy na svoju údržbu.

## Zachovanie odkazu

Onkalo zároveň bojuje s otázkou medziľudskej zodpovednosti a komunikácie s budúcimi generáciami. Keďže projekt zahŕňa časové obdobie, ktoré presahuje dĺžku všetkých známych civilizácií, vyvstávajú otázky, ako informovať budúce generácie o prítomnosti úložiska a jeho nebezpečenstve. Aktuálny návrh pracuje s verziou „zabudnutej krajiny“.

Celkovo je Onkalo považované za prelomové riešenie problémov spojených s dlhodobým skladovaním vysoko rádioaktívneho odpadu. Kombinuje špičkové technológie, dôkladný geologický výskum a etický prístup k ochrane budúcich generácií. Táto lokalita sa stala medzinárodným modelom, ktorý ukazuje, ako možno bezpečne a zodpovedne riešiť výzvy spojené s jadrovou energiou.



o16\_ Schéma úložiska Onkalo

## ZACHOVANIE ODKAZU

Pri hľadaní vhodného riešenia pre úspešné zachovanie odkazu som pracovala najmä s textom „Ako si zapamätať miesto na zabudnutie?“ od Francesco Mazzucchelli. Tento text skúma semiotiku jadrových úložísk, konkrétne otázku, ako efektívne označiť miesta hlbokého geologického úložiska tak, aby sa ich prítomnosť a potenciálne riziká komunikovali budúcim generáciám na tisícky rokov.

### Priestorová dlhodobá pamäť

Kapacita úložiska na prenos informácií je spojená s tromi kľúčovými vlastnosťami markerov: ich odolnosťou, čitateľnosťou a dôveryhodnosťou. Akýkoľvek systém označovania musí nielen vydržať tisíce rokov, ale aj byť rozpoznateľný ako človekom (umelo) vytvorený a prenášať posolstvo, ktoré bude považované za spoľahlivé. Pritom sa ukazuje rozdiel medzi prijatím a skutočným prijatím komunikácie – ľudia (alebo iné bytosti) môžu správu pochopiť, no nebrať ju vážne, ako to ukazujú japonské „tsunami kamene“, ktoré varujú pred výstavbou domov pod určitým bodom, no ich varovania boli často ignorované, a teda obydľia pod ich úrovňou opakovaně zničené vodným živlom.

### Naratívne stratégie označovania

V texte kladie Mazzucchelli dôraz na viacero možných stratégií priestorového označovania, pričom rozlišuje odlišné typy miest na základe ich prístupu k návštevníkom a spôsobu komunikácie. Tieto stratégie vychádzajú z rôznych semiotických a naratívnych modelov, ktoré sa líšia v snahe buď odradiť ľudí od vstupu na miesto, alebo ich zahrnúť do kontrolovaných interakcií s týmto priestorom. Každý z týchto typov miest má špecifické funkcie, ciele a komunikačné štýly.

#### Negatívny monument

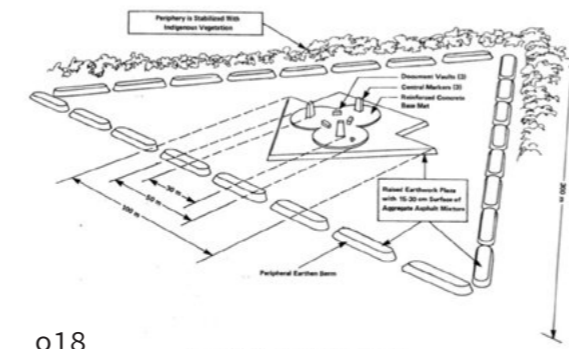


o17

Jedným z modelov je koncept „negatívneho monumentu“. Takéto miesta sú navrhnuté tak, aby vyvolávali pocit nebezpečenstva a strachu, čím sa odrádza potenciálny návštevník. Architektúra a dizajn týchto miest zahŕňajú hrozivé, až nepriateľské prvky, ktoré majú za cieľ emocionálne manipulovať návštevníkov. Príkladom je „Landscape of Thorns“ – návrh povrchového označenia úložiska, kde obrovské, ostnaté

štruktúry vytvárajú atmosféru nehostinnosti a varujú pred možným rizikom. Cieľom je, aby si návštevník automaticky spájal miesto s nebezpečenstvom, a tak sa mu vyhýbal. Tieto „negatívne monumenty“ však čelia výzve: ich jedinečnosť a nezvyčajnosť môžu paradoxne prilákať ľudí, čo by mohlo viesť k presnému opaku ich zamýšľaného účinku.

#### Informačný monument



o18

FIGURE 3-7. TYPICAL CENTRAL MONUMENT PLAZA

Na druhej strane, „informačné monumenty“ využívajú stratégiu, ktorá sa spolieha na kognitívnu manipuláciu. Tieto miesta sú navrhnuté ako komplexy, ktoré distribuujú informácie o lokalite postupne a na rôznych úrovniach komplexnosti. Návštevníkom poskytujú detaily o povahe úložiska, o nebezpečenstve jadrového odpadu a o tom, prečo by sa miesto nemalo narúšať.

Informačné monumenty často využívajú kombináciu jazykových, obrazových a symbolických systémov na zvýšenie redundancie a zníženie rizika nesprávneho pochopenia. Jedným z príkladov je plánovaný návrh pre Yucca Mountain, ktorý obsahoval centrálnu „monumentálnu plazu“ s monolitom obklopeným ďalšími markermi. Tento model však závisí od toho, či informácie na mieste zostanú čitateľné a interpretovateľné počas tisícov rokov.

#### Miesto nazývanej krajiny

Tento model integruje úložisko do prirodzenej krajiny, čím umožňuje jeho povrch využívať ako pobytový priestor alebo miesto, ktoré môže spájať ľudské a prírodné prvky.



o19

Príkladom je návrh, kde by prírodné procesy a ľudská činnosť koexistovali na povrchu, pričom nezasahujú do podzemného úložiska. Umelecké návrhy, ako napríklad „Forest“ od Pierra Laurenta, sa snažia prepojiť prírodné a antropogénne prvky, pričom povrch je transformovaný na esteticky príjemnú krajinu. Cieľom je vytvoriť priestor, ktorý komunikuje so súčasťou kultúrou, pričom ponecháva otvorenú možnosť jeho využitia v budúcnosti.

### Inštitucionálne miesto

Model „inštitucionálneho miesta“ stavia na aktívnej prítomnosti inštitúcie, ktorá zabezpečuje dozor nad lokalitou a súčasne zapája verejnosť do procesu pamätavej ochrany. Tento model predpokladá existenciu správcovskej organizácie, ktorá udržiava miesto nielen ako pamätník, ale aj ako miesto kultúrnej a vedeckej hodnoty.



Príkladom sú výstavné priestory a múzeá, ktoré môžu byť súčasťou úložiska. Tieto miesta fungujú nielen ako informačné centrá, ale aj ako zdroje kolektívnej pamäte, ktorá sa prenáša na ďalšie generácie.

Koncepty zdôrazňujú význam interakcie medzi miestom a jeho návštevníkom. Rôzne modely pracujú s odlišnými naratívnymi rolami: miesto môže vystupovať ako varovný hlas, ako správca historickej pamäte alebo ako katalyzátor pre diskusiu o jadrovej energii a jej následkoch.

Rozdiely medzi exkluzívnymi a inkluzívnymi miestami, medzi miestami odrádzajúcimi a miestami vzdelávajúcimi, vyjadrujú rôzne prístupy k tomu, ako by mala byť pamäť jadrového odpadu zakorenená do kultúrneho povedomia.

Tieto typológie ukazujú, že priestorové označovanie nie je len technickým problémom, ale aj hlbokou filozofickou otázkou o povahe ľudskej pamäte, jej trvácnosti a vzťahu k budúcim generáciám. Každý model má svoje silné a slabé stránky, a ich úspech závisí od schopnosti preklenúť medzeru medzi súčasnou kultúrou a neznámymi budúcimi civilizáciami.

### Stratégia vedomého zabudnutia

Je možné vedome si zvoliť zabudnutie? Rozhodnutie neoznačiť miesto nestačí – bolo by potrebné odstrániť všetky neúmyselné stopy, ktoré zostali po dlhom a náročnom procese úprav lokality, výrazne ovplyvnenej ľudskou činnosťou. Miesto bez úmyselných značiek teda nie je rovnaké ako miesto bez stôp, pretože antropogénne stopy môžu vzbudiť záujem budúcich návštevníkov, ktorí nebudú mať k dispozícii jasné posolstvo vysvetľujúce dôvody týchto aktivít. Otázka by sa preto mala preformulovať: je možné vytvoriť a presadiť zabudnutie?

#### „The place we should always remember to forget“

Tento problém bol rozsiahlo skúmaný a diskutovaný, najmä v kontexte „nariadeného zabudnutia“. Umberto Eco ukázal, že ars oblivionalis, teda metóda na aktívne vyvolanie zabudnutia, je teoreticky nemožná. Ars oblivionalis by bola protikladom ars memoriae, metódy na podporu pamäte, ktorá robí neprítomné „prítomným“ prostredníctvom symbolov a znakov. Eco

tvrdí, že anti-semiotická technika, ktorá by naopak robila prítomné „neprítomným“, nie je predstaviteľná. Zabúdanie nie je možné vedome vyprodukovať; funguje ako neosobný (a nekontrolovateľný) mechanizmus výberu a filtrácie, na ktorom je založený akýkoľvek kultúrny systém. Pre Eco vymazanie stôp nie je dôvodom na zabudnutie – zabúdanie je skôr charakterizované stavom latencie, v ktorom sú niektoré informácie dočasne zabudnuté, no môžu byť kedykoľvek znovu aktivované.

Lokalita Onkalo však ponúka iný pohľad. Podľa riaditeľa spoločnosti, ktorý bol citovaný v dokumentárnom filme „Into Eternity“, je riešením považovať toto miesto za „miesto, na ktoré by sme mali vždy pamätať, aby sme naň zabudli“. Nejde teda o obyčajné zabudnutie, ale o aktívne úsilie, „prácu zabúdania“, podobnú „práci pamätania“, ktorú opisuje Paul Ricoeur. Táto práca má za cieľ medzi generačnú transmisiu akéhosi „paktu zabúdania“.

#### Kritika a otázky

Model Onkalo čelí otázkam o jeho dlhodobej efektívite. Aj keď je zámerom zabudnutie, antropogénne stopy, ako sú podzemné štruktúry alebo zmeny v krajine, môžu stále priťahovať pozornosť budúcich generácií. Navyše, zabudnutie nemožno plne kontrolovať – môže byť narušené náhodnými objavmi alebo technologickými pokrokmi. Tento model tiež otvára etické otázky o zodpovednosti za prenos informácií o nebezpečenstve, keďže vedomé vymazanie pamäte môže byť vnímané ako zanedbanie povinnosti voči budúcim generáciám alebo civilizáciám.

Stratégia Onkalo teda stavia na myšlienke, že ticho a prirodzený proces zabúdania sú najlepšou obranou, no zároveň uznáva, že tento prístup obahuje inherentné riziká a paradoxy.

## ZÁMER PRÁCE

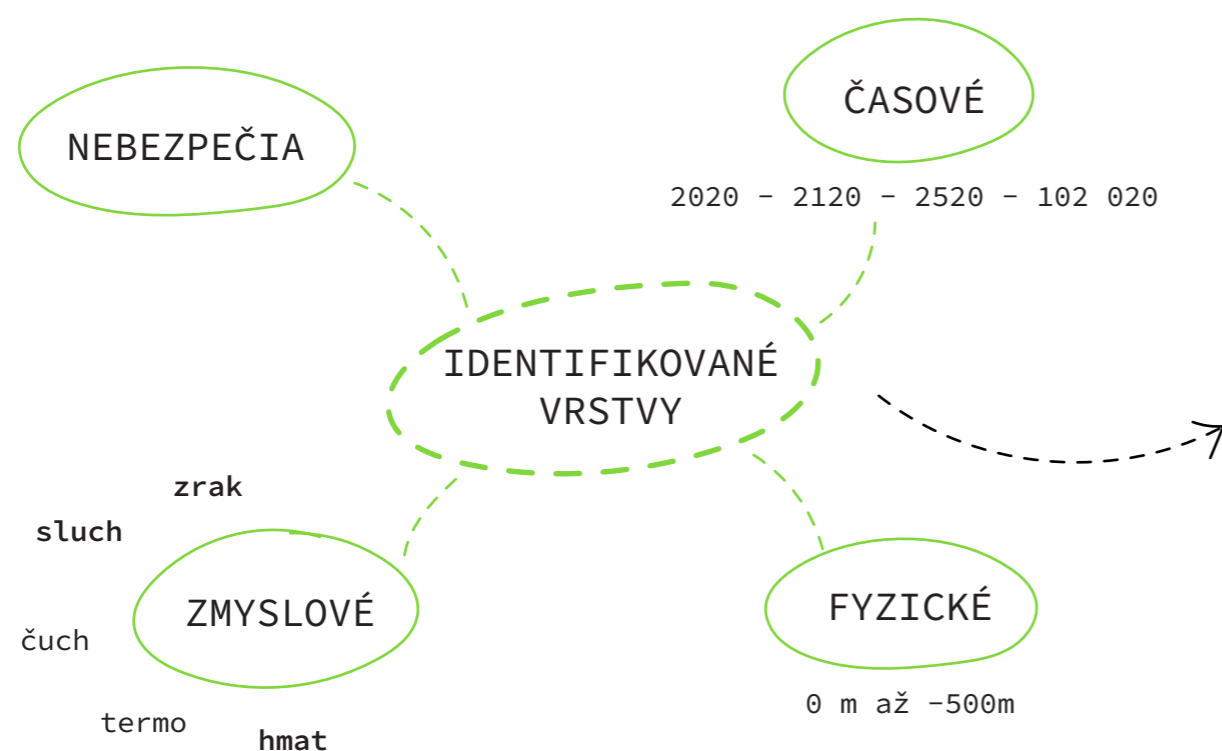
Môj návrh spočíva vo vyplnení týchto informačných štrbín. Návrh Onkala a aj publikácia Mazzucchelliho pracuje s premisou potreby ochrániť budúce generácie. Ak sa však bavíme o budúcich generáciach, hovoríme o svete so stále zachovanou kontinuitou kultúrneho prenosu. Skutočný problém však nastáva, keď bude toto kontinuum prerušené a tak sa stratia prvky kultúry ako ju poznáme spolu s jazykmi, symbolmi atď. Zámerom tejto práce je teda preklenúť toto diskontinuum spôsobmi, ktoré sú univerzálnejšie pre živočíchy ako kultúrne prvky.



# METÓDA

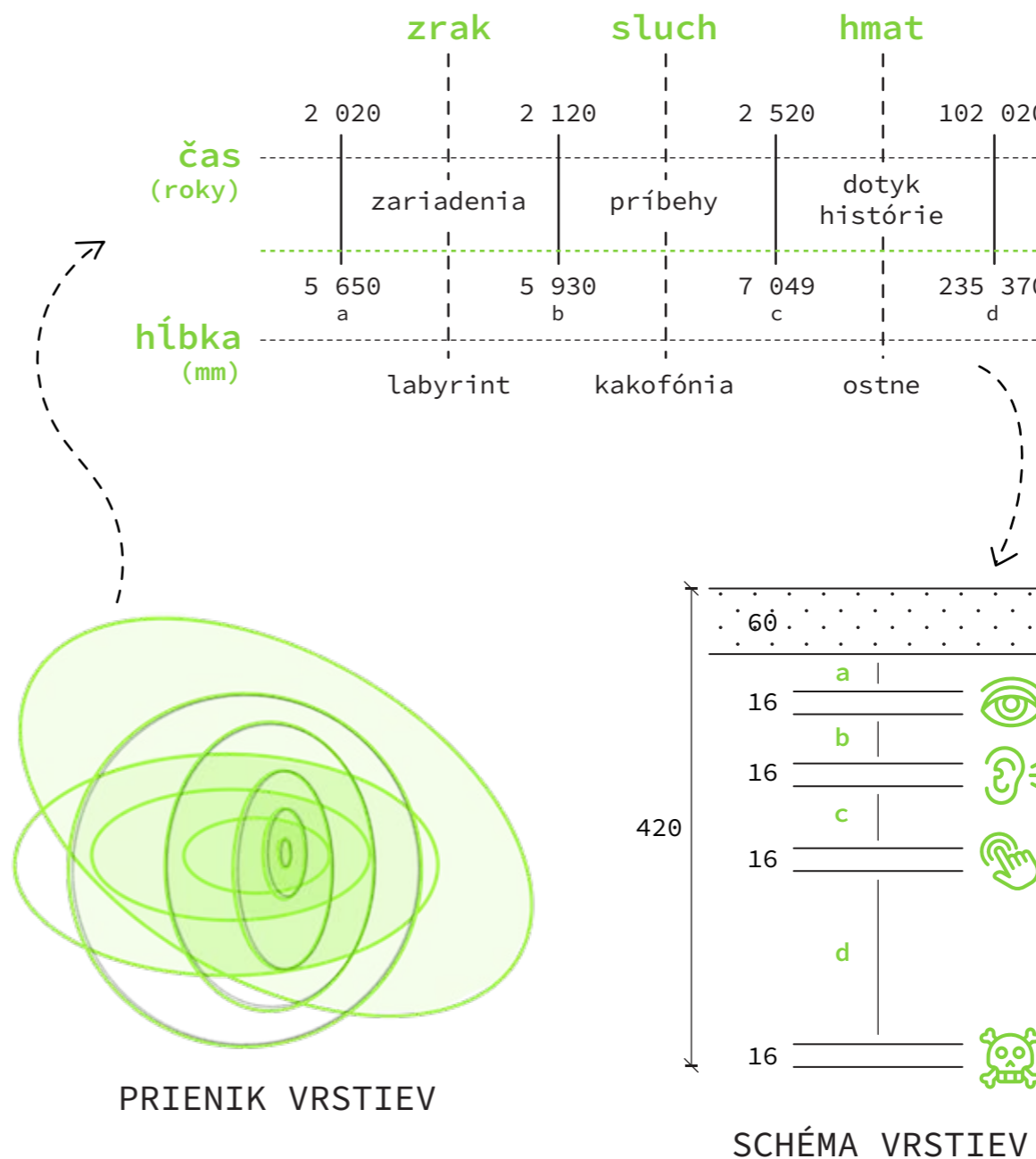
Súhlasím s názorom Onkala využiť na povrchu metódu „zabúdania“. Nie je nepriestrelná ale naozaj sa javí, že taktika snahy nepritiahnúť pozornosť je z povahy ľudskej (prípadne inej) náтуры najúčinnějšía. Aspoň navonok.

V prípade prelomenia tohto povrchového „zabudnutia“ je potrebné poskytnúť ďalšie vrstvy zabezpečenia. Nakoľko počítam s potrebou širšie pochopteľného odkazu v dôsledku prerušeného socio-kultúrneho kontinua, vybrala som si ako ďalšiu stratégiu označovania spojenie negatívneho monumentu (sekundárna správa cez zmysli) s informačným monumentom (terciárna správa zakódovaných informácií).



# Prienik vrstiev

Vidíme teda, že sa v tomto kontexte objavujú rôzne Vrstvy. Môj návrh je preto postavený na zadefinovaní jednotlivých prítomných vrstiev, nájdení ich prieniku a transformovaní do architektonickej/monumentálnej podoby.



# VRSTVY NEBEZPEČENSTVA

**VRSTVA 3**  
nebezpečenstvo v hĺbke  
400 - 500 m

**VRSTVA 2**  
nebezpečenstvo odhalenia -  
diskontinuita biosféry

**VRSTVA 1**  
priame spojenie s úložiskom -  
tunel a šachty



# SITUÁCIA ŠIRŠIE OKOLIE

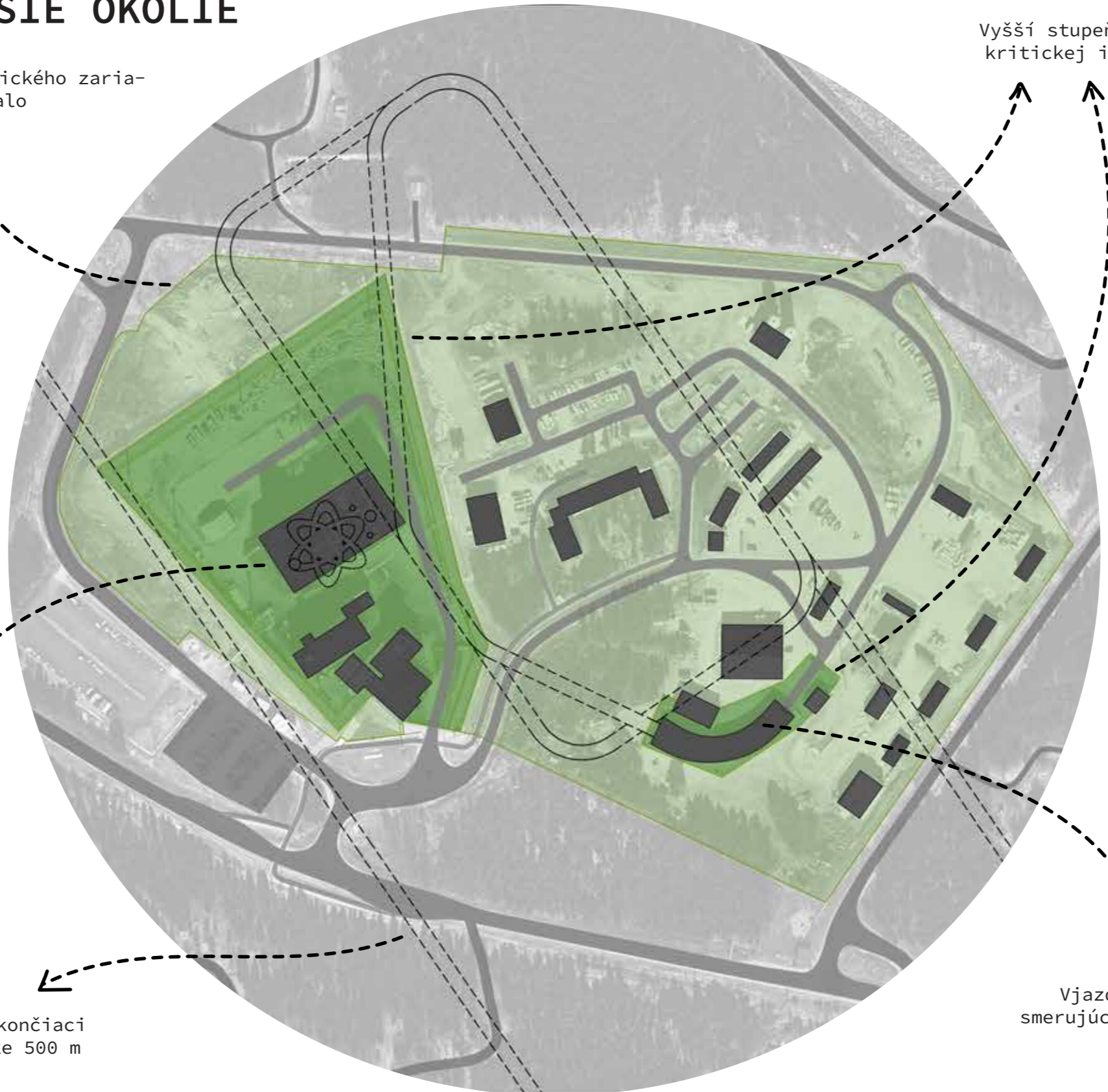
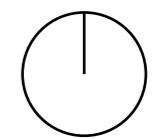
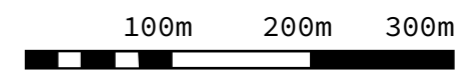
Hranica územia technického zariadenia Onkalo

Vyšší stupeň zabezpečenia  
kritickej infraštruktúry

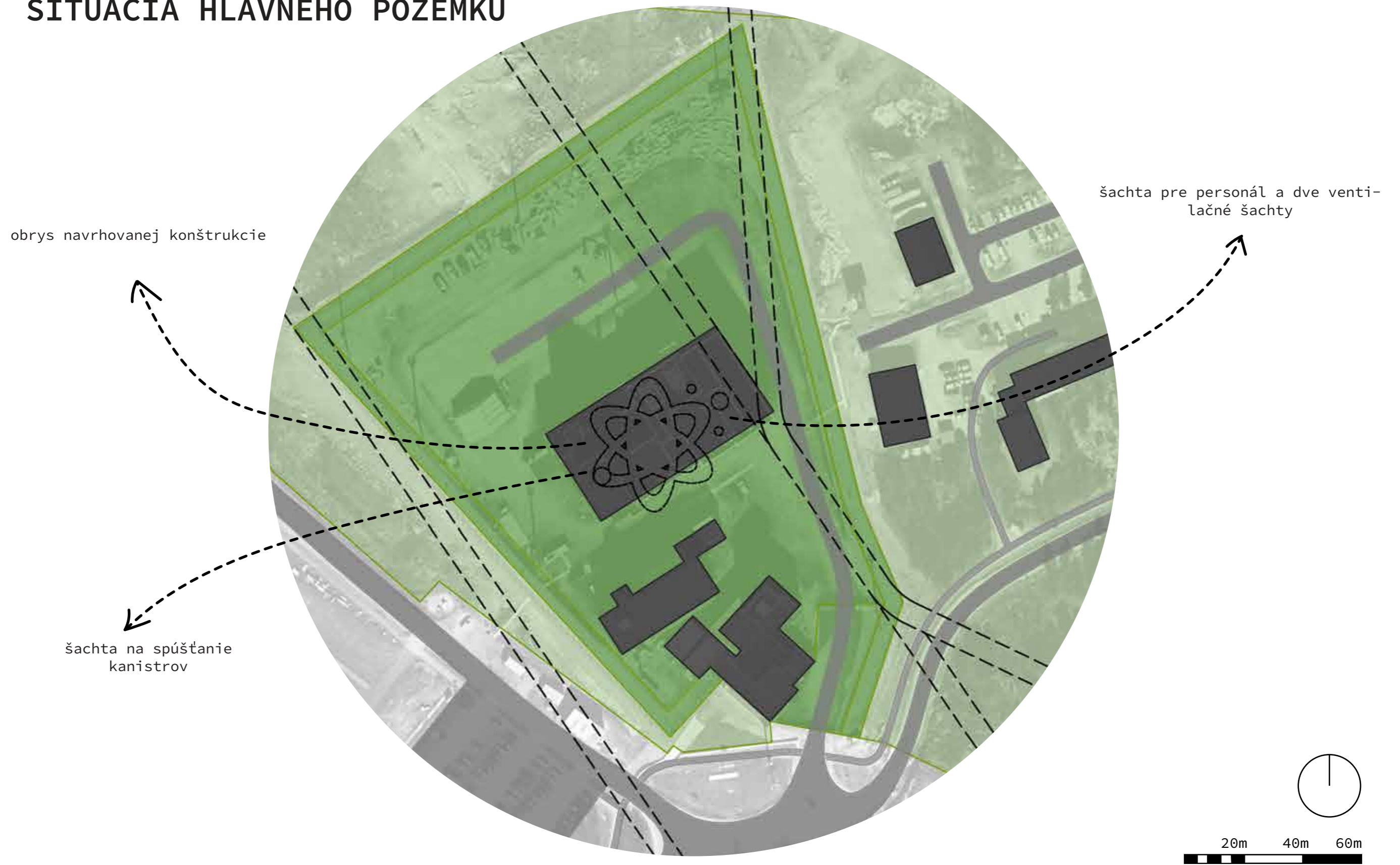
Hlavná budova  
plnenie kanistrov

Tunel končiaci  
v hĺbke 500 m

Vjazd do tunela  
smerujúceho k úložisku



# SITUÁCIA HLAVNÉHO POZEMKU





Zobrazenie  
reálneho pomeru  
vrstiev

## VRSTVY ZMYSLOV

### Zrak - labyrint

Labyrint chodieb má za úlohu dezorientovať narušiteľa. Celá plocha chodieb je natretá farbou Vantablack, najčiernejšou farbou aká v súčasnosti existuje (pohlcuje až 99,97% viditeľného svetla). V praxi to znamená, že keď si do tunela zasvietite akýmkoľvek silným zdrojom svetla, neuvidíte žiadne obrysy stien.

### Sluch - kakofónia

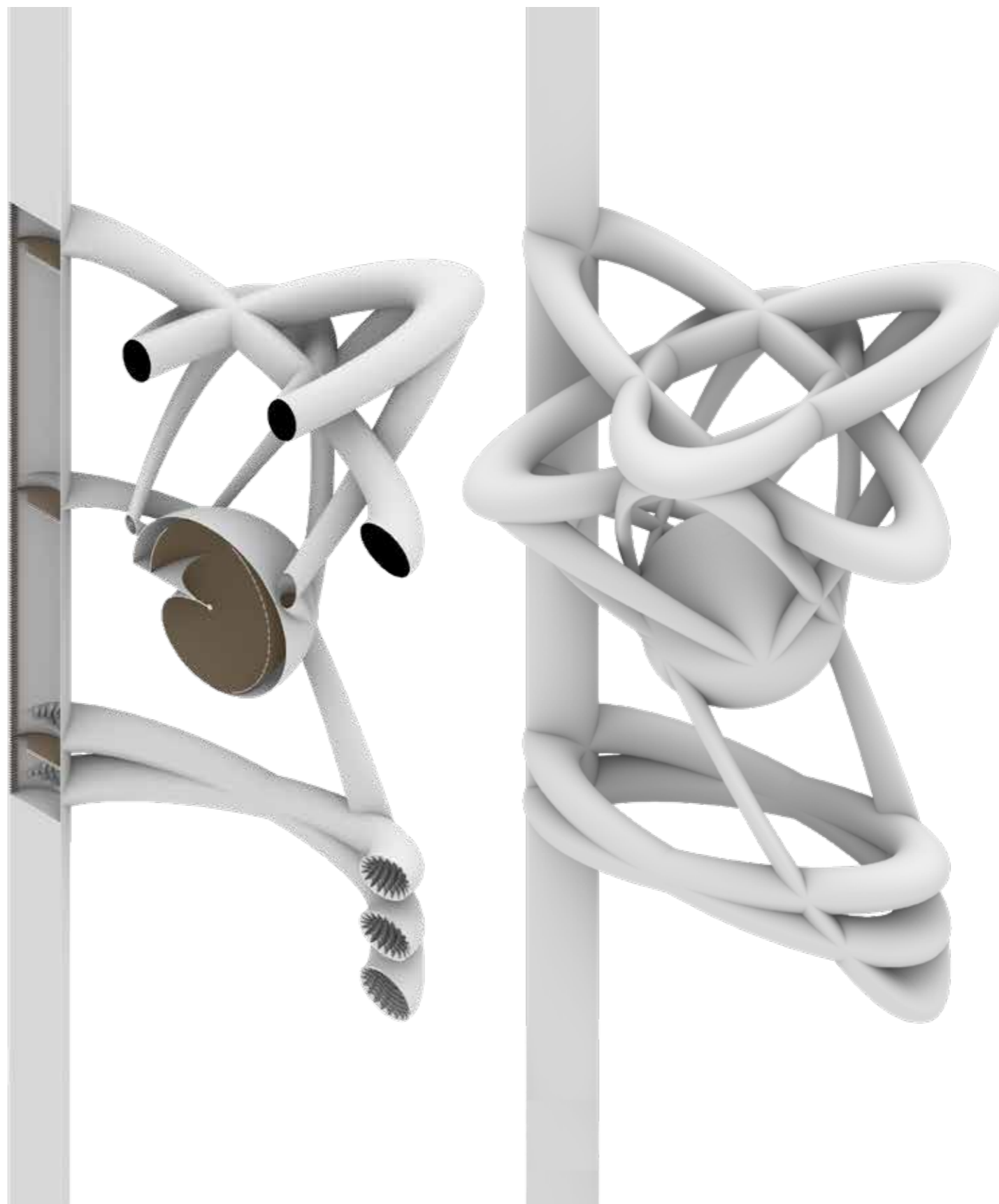
Sluchová vrstva pozostáva zo sály guľového tvaru. Vo vnútri kamennej guľovej dutiny, na zadnej stene je umiestnená polguľová rezonančná medená konštrukcia s otvormi na prenos zvuku (235 otvorov - U 235). Predná stena pozostáva z kamennej podesty a štvrtguľovej medenej konštrukcie, ktorá predeľuje prístupový kanál vstupným poloblúkom a zároveň slúži ako plocha na vyryté informačné grafiky<sup>(021)</sup>. V strede sály je umiestnená vzorka U 235<sup>(X)</sup>.

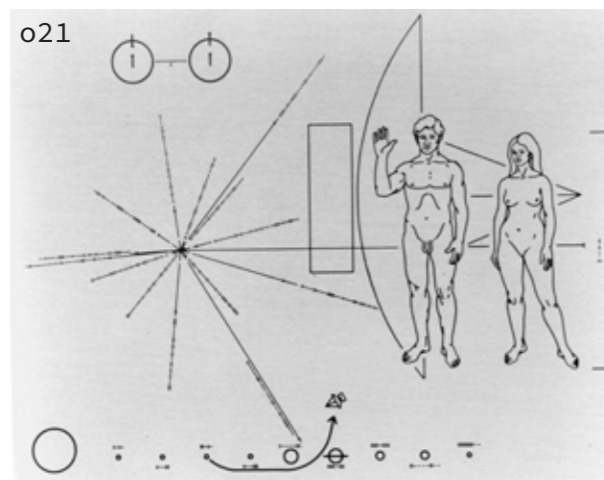
### Hmat - ostne

Posledná vrstva má za úlohu vyvolať nepríjemný taktilný zážitok. Tunel je po celom obvode pokrytý ostňami, ktoré su vysekané priamo do skaly. V polovici sa pretínajú dva tunely, kde vzniká vertikálny prechod, ktorý zabezpečí, že kontakt s ostňami nie je len cez nohy pri chôdzi, ale narušitelia budú nútení ostne použiť ako rebríky ak budú chcieť preskúmať zvyšok tunela. V zadnej časti sa do spleti kanálov pridáva aj zvukový kanál, ktorý sa tu zmení na pochôdzny.

### Zvukové kanály

Tieto kanály prepájajú všetky tri vrstvy no vždy sa zužujú smerom k zvukovej vrstve. Je to práve preto aby zachýtavali nepríjemné a dunivé nízke frekvencie zo zvyšných dvoch vrstiev, ktoré budú vznikať pri pohybe, demoláciach, rozprave atď. V miestach kde sa stretáva zvukový tunel s podlahou pochôdzneho tunela, je vložená perforovaná medená platňa.





Na obrázku 21 vidíme Pioneer Plaque. Je to kovová doska, ktorá bola umiestnená na dvoch sondách NASA, Pioneer 10 a Pioneer 11, ktoré boli vypustené v 70. rokoch 20. storočia. Tieto sondy boli určené na cestu do medzihviezdného priestoru, a pionierska tabuľa na nich obsahuje informácie o Zemi a ľudskej civilizácii, ktoré by mohli byť nájdené prípadnými mimozemskými civilizáciami. Tabuľa zobrazuje zjednodušené znaky, ktoré predstavujú polohu našej slnečnej sústavy a informácie o ľudskom druhu.

Tabuľu navrhol tím pod vedením astronóma Franka Druikena a umelca Carla Sagana.

## ČERENKOVVO ŽIARENIE (X)

Veľkou súčasťou návrhu je práve uloženie vzorky U-235 vo vrstve sluchu. Nakoľko je to centrálna vrstva je príznačné, že je využitá ako hlavná informačná.

V návrhu som uvažovala s dvomi variantmi. Jedným konzervatívnejším, istejším a jedným experimentálnejším. Ak by sme chceli staviť na istotu, mohli by sme vzorku uránu uložiť do kanistru podobného zo spodného úložiska. No využitie Čerenkovovho žiarenia nám umožňuje vytvoriť vizuálny vňem, ktorý bude ďalšou vrstvou informačného kódu.

### Čo to je

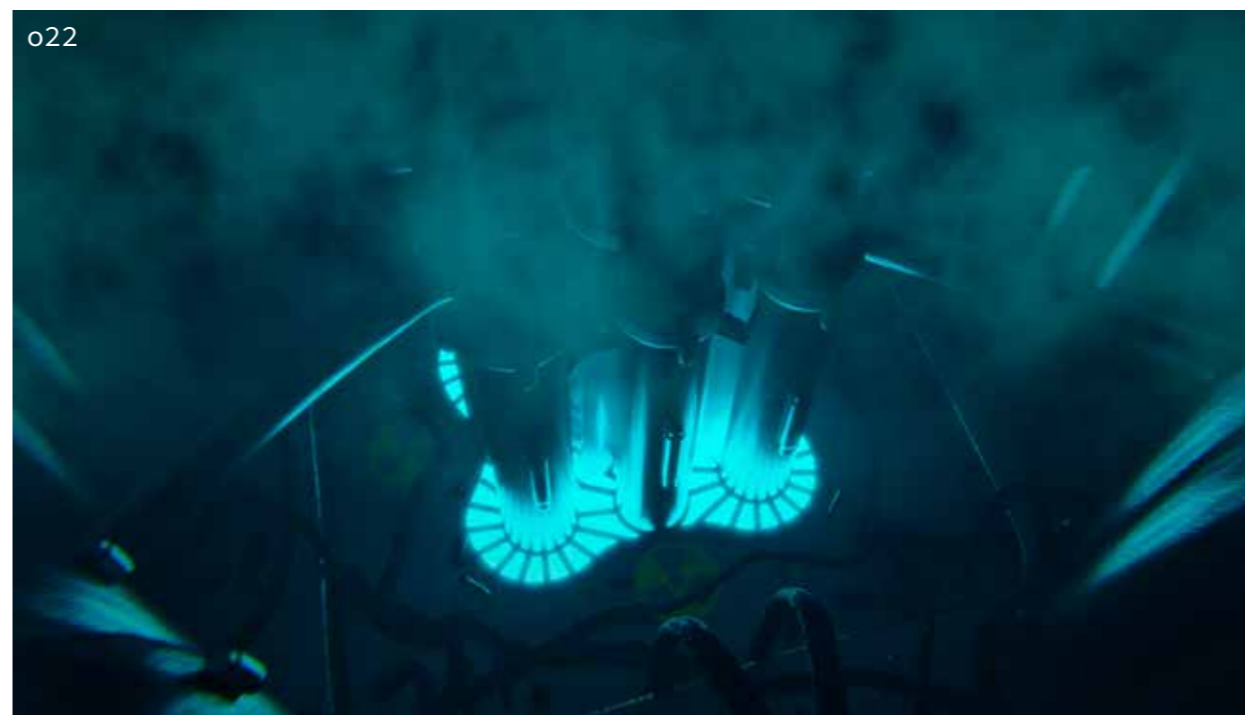
Čerenkovovo žiarenie je špeciálny druh elektromagnetického žiarenia, ktoré vzniká, keď sa nabitá častica (napríklad elektrón) pohybuje v priehľadnom prostredí (napr. vo vode, v špeciálnom skle alebo kryštáli) rýchlosťou vyššou, než je fázová rýchlosť svetla v danom prostredí.

#### V praxi to znamená:

**Nabitá častica** (väčšinou vysokoenergetický elektrón alebo pozitón) vstúpi do hmoty s veľmi veľkou rýchlosťou.

**Rýchlosť svetla v prostredí** je nižšia než rýchlosť svetla vo vákuu (kvôli indexu lomu). Ak sa častica pohybuje rýchlejšie než svetlo v danom prostredí, „rozvlní“ elektrické pole atómov a vyžiari energiu vo forme žiarenia.

**Viditeľný efekt** je typicky bledomodrá žiara, nazývaná Čerenkovovo žiarenie (niekedy sa mu hovorí aj „Čerenkovova žiara“).



Najznámejším príkladom je modrá žiara v chladiacich bazénoch jadrových reaktorov. Čerenkovovo žiarenie sa využíva napríklad v detektoroch vo fyzike častíc (Čerenkovove počítače) a pri diagnostike rádioaktívnych látok.

### Ako vygenerovať žiarenie

Pre dosiahnutie tohto efektu by sme teda potrebovali zostrojiť mini reaktor, ktorý by žiarenie produkoval. Táto reakcia by časom vyhasínala a teda aj vyprodukované žiarenie. Jeho úplne zhasnutie by indikovalo uplynutie hranice 100 000 rokov, kedy bude uložený jadrový odpad neutralizovaný. Ide o pomerne ambiciózný plán, ktorý je v dnešných podmienkach takmer nemožný na realizáciu, no Onkalo bude uzavreté najskôr až v roku 2120 a teda rátame s postupným vývojom možných riešení.

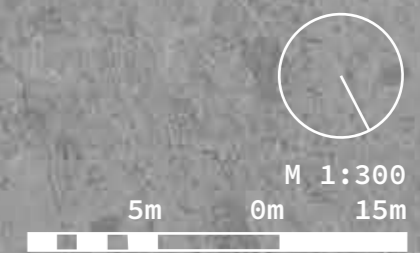
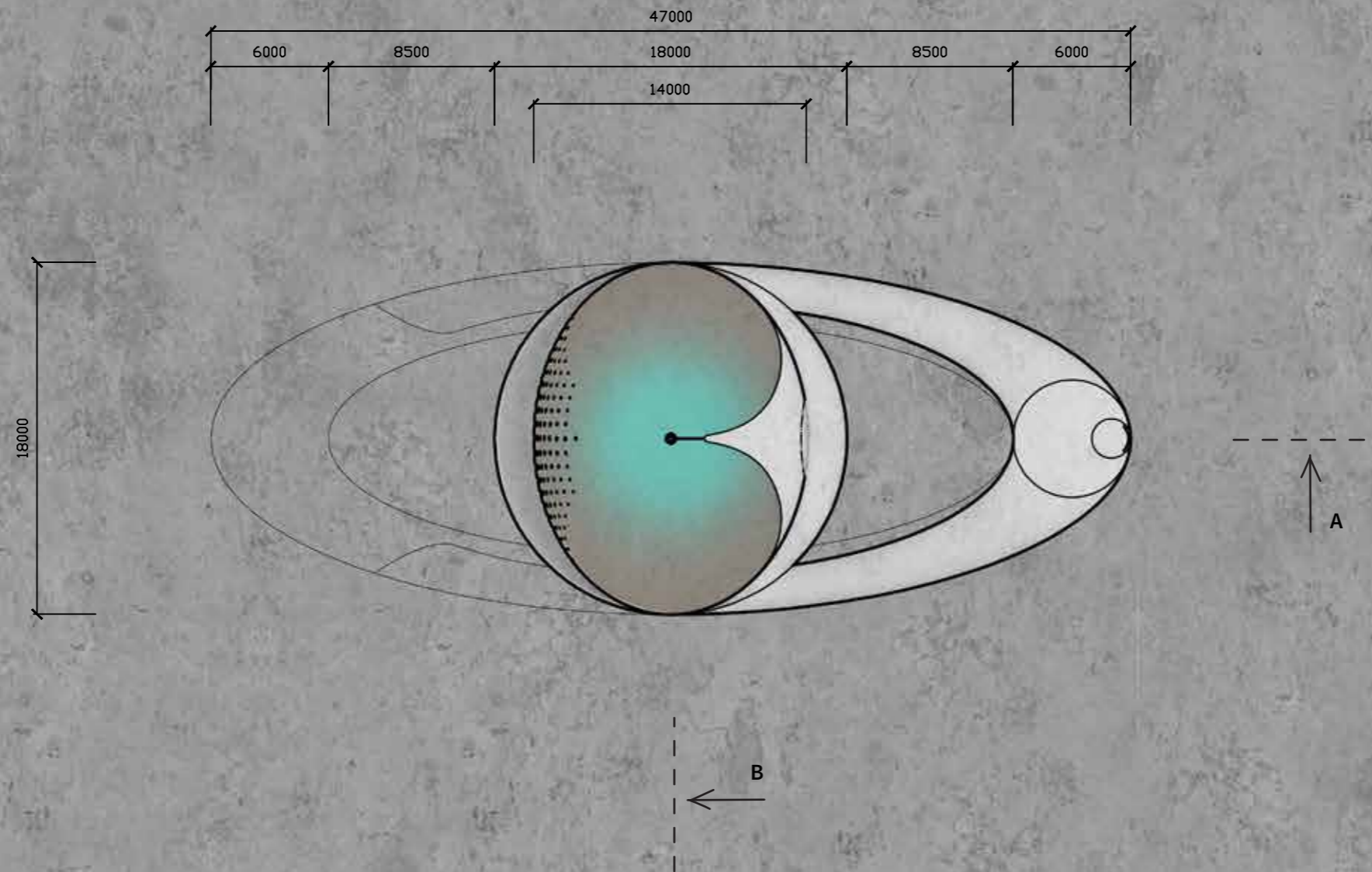
#### Štruktúra reaktora:

U-235 by mohol byť obklopený vhodným moderátorom a priehľadným médiom s vysokým indexom lomu (napríklad syntetický kryštál alebo špeciálne navrhnuté sklo).

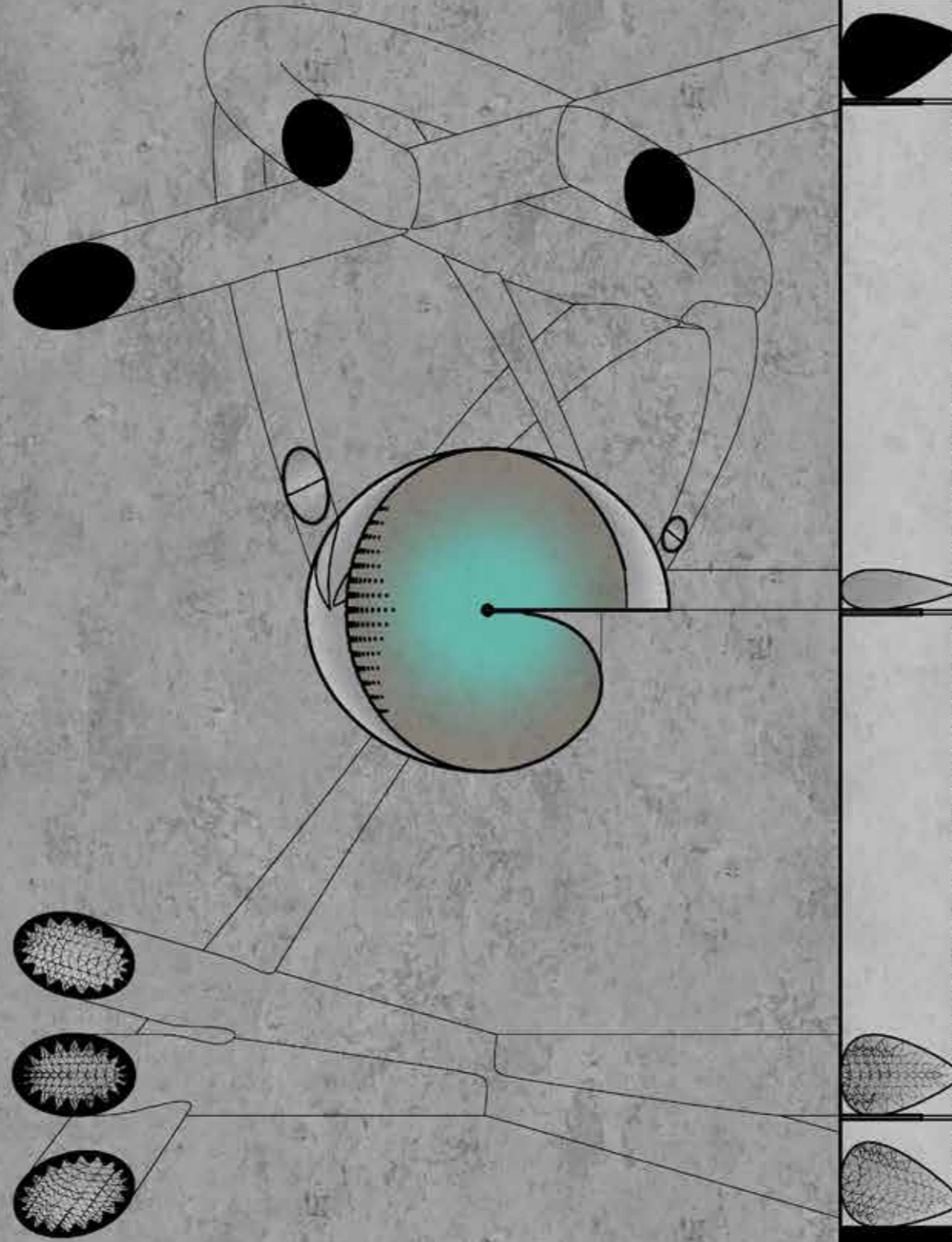
#### Materiálová báza:

V horizonte 100 rokov by mohli byť vyvinuté nové keramické alebo amorfne materiály odolné voči radiácii a degradácii. Pokročilé polyméry alebo štruktúry, ktoré by dokázali zahojiť mikrotrhliny spôsobené radiáciou alebo fyzikálnymi zmenami. Celý systém by bol hermeticky uzavretý a navrhnutý tak, aby sa rádioaktívny obsah nerozptýlil ani pri mechanickom poškodení.

# PÔDORYS „SLUCH“



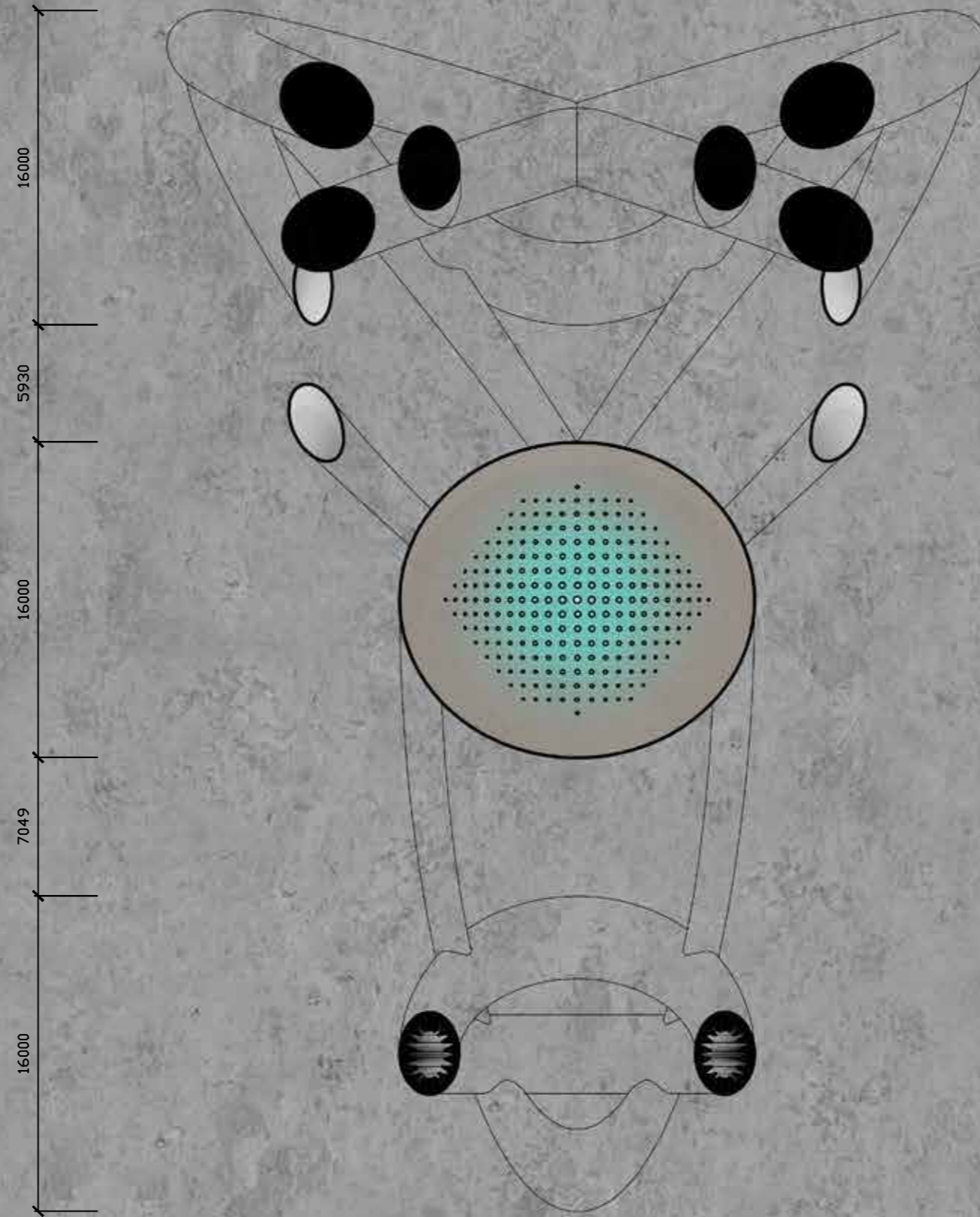
REZ A



M 1:300  
5m 0m 15m

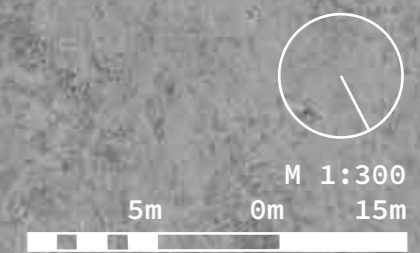
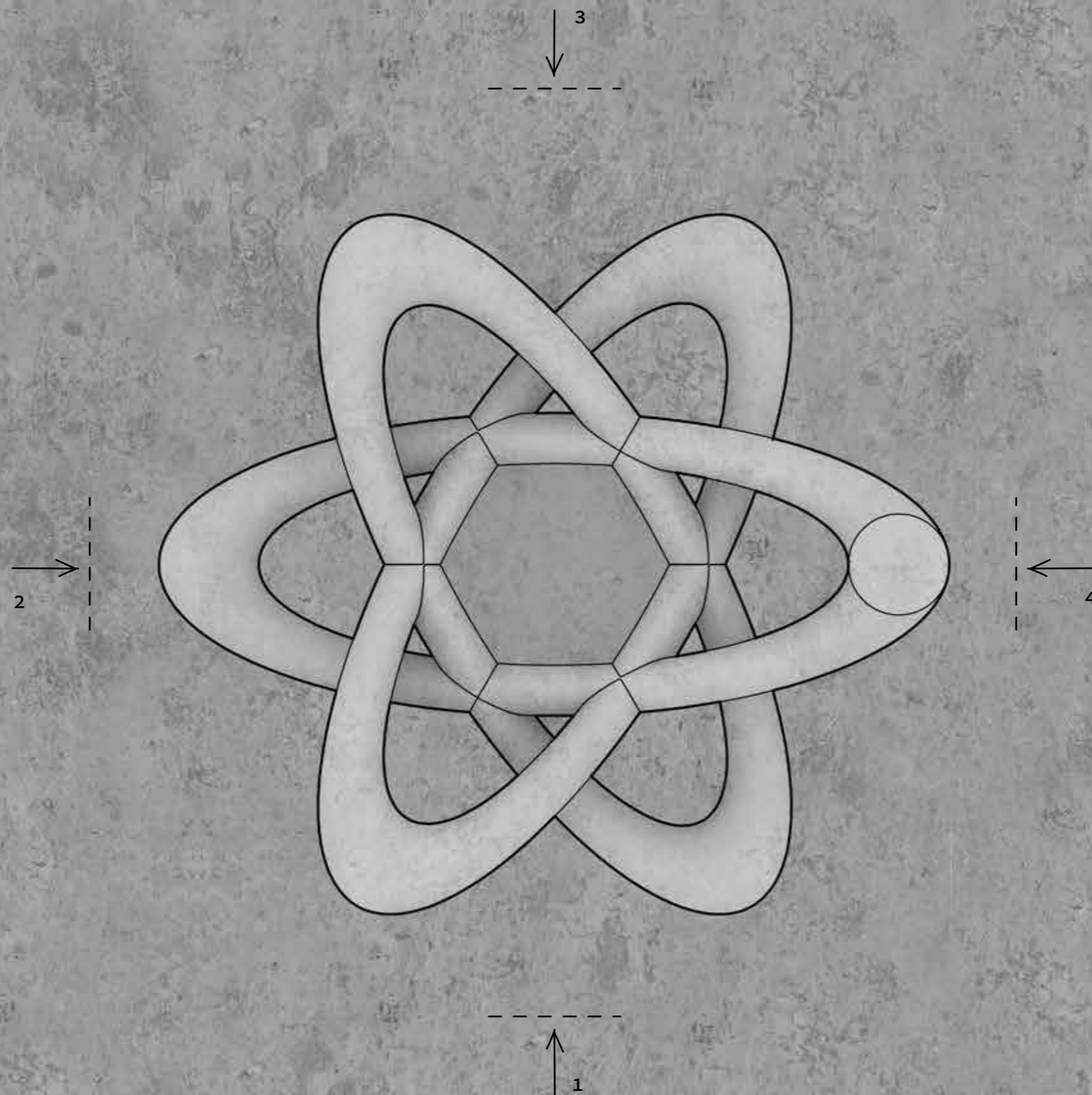


REZ B

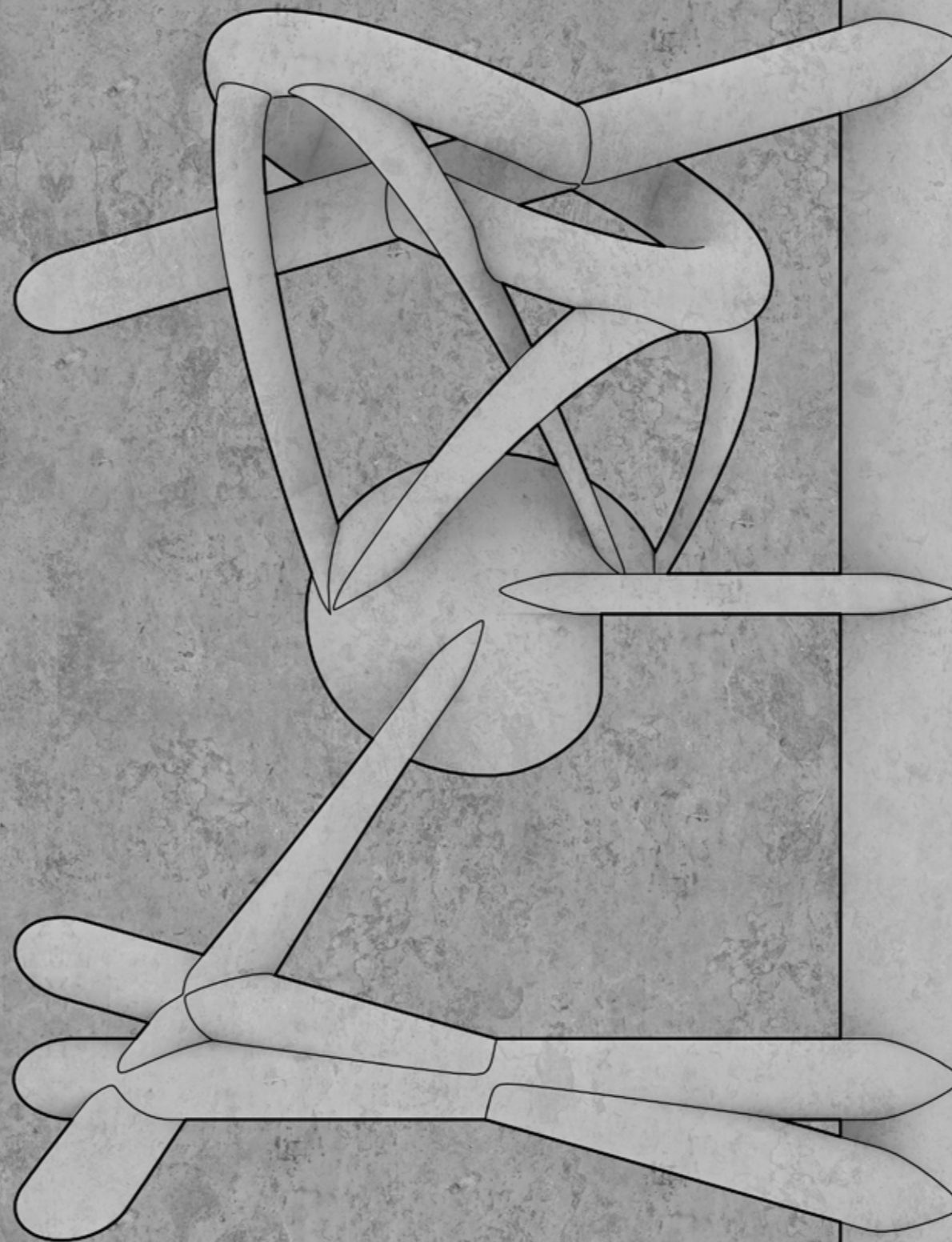


# POHL'AD ZHORA

symbolizujúci atóm

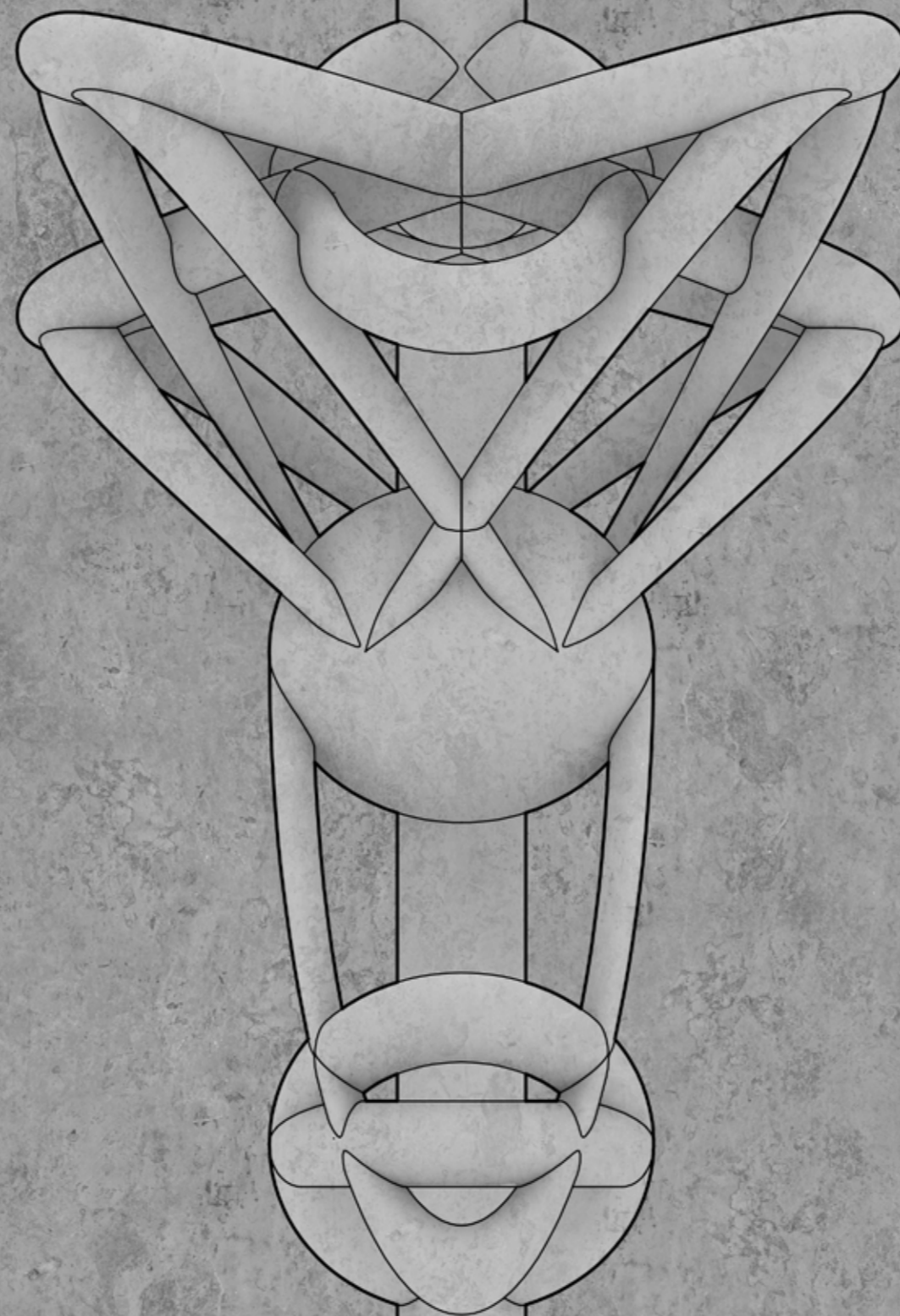


POHLAD 1



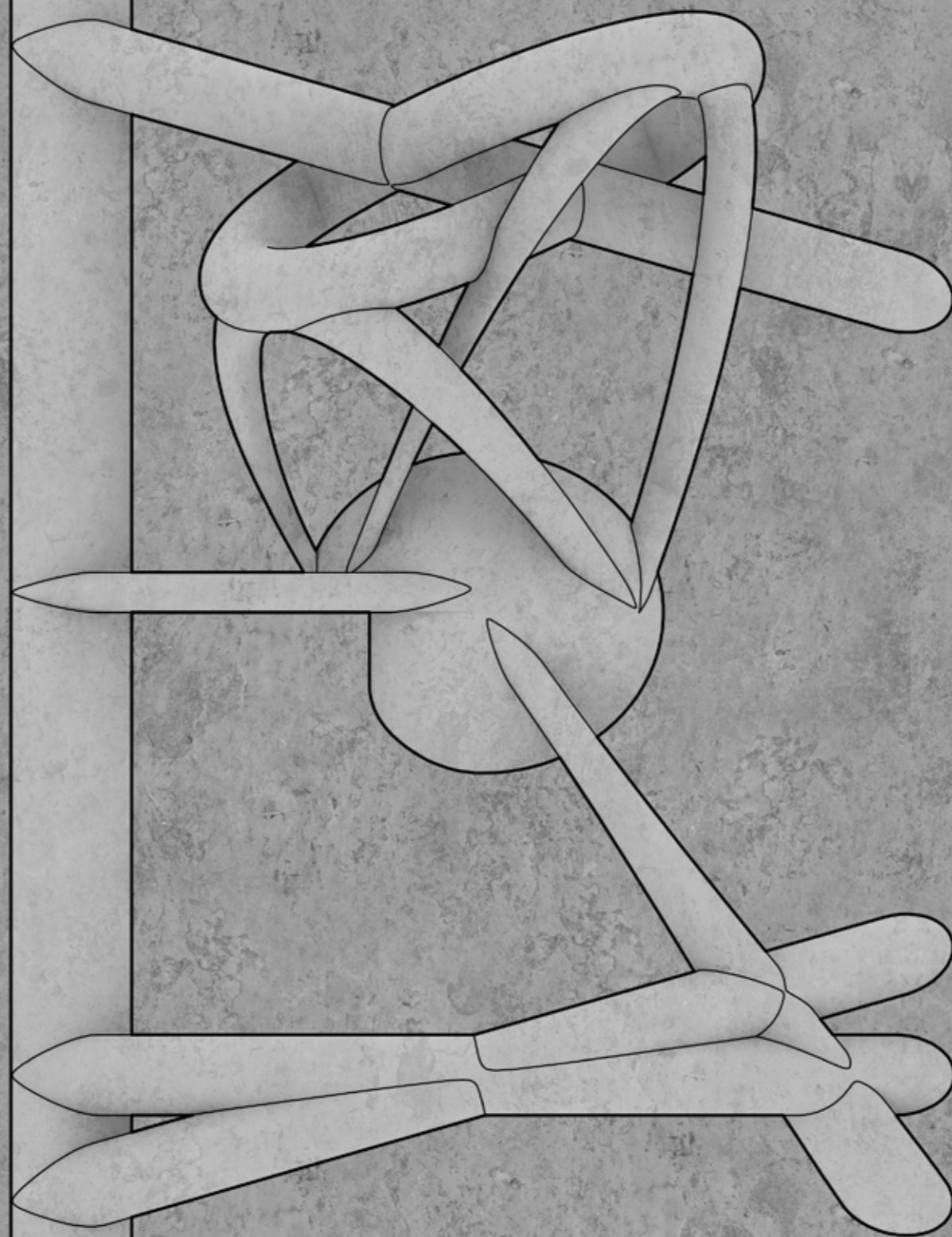
M 1:300  
5m 0m 15m

POHLAD 2



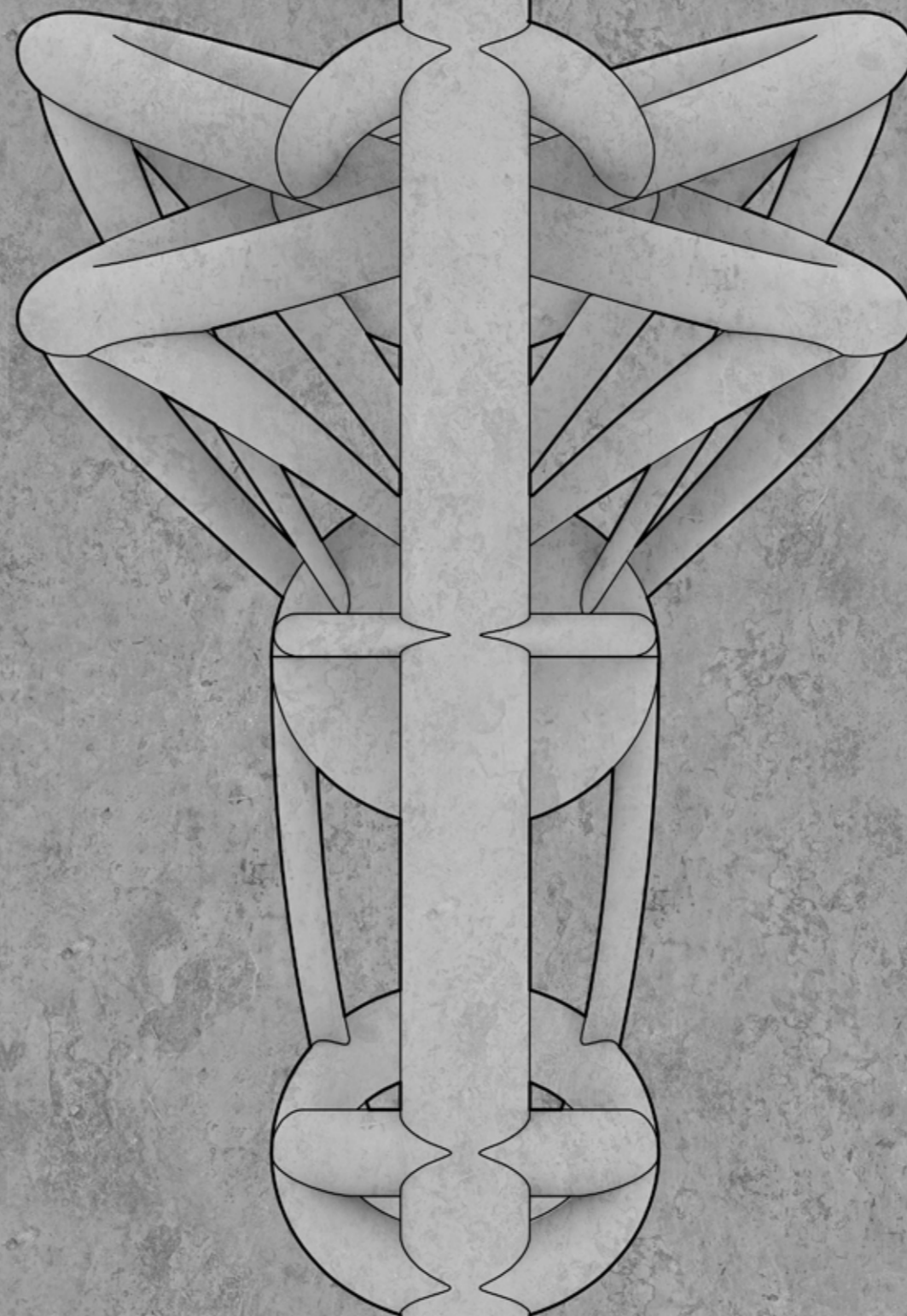
M 1:300  
5m 0m 15m

POHLAD 3

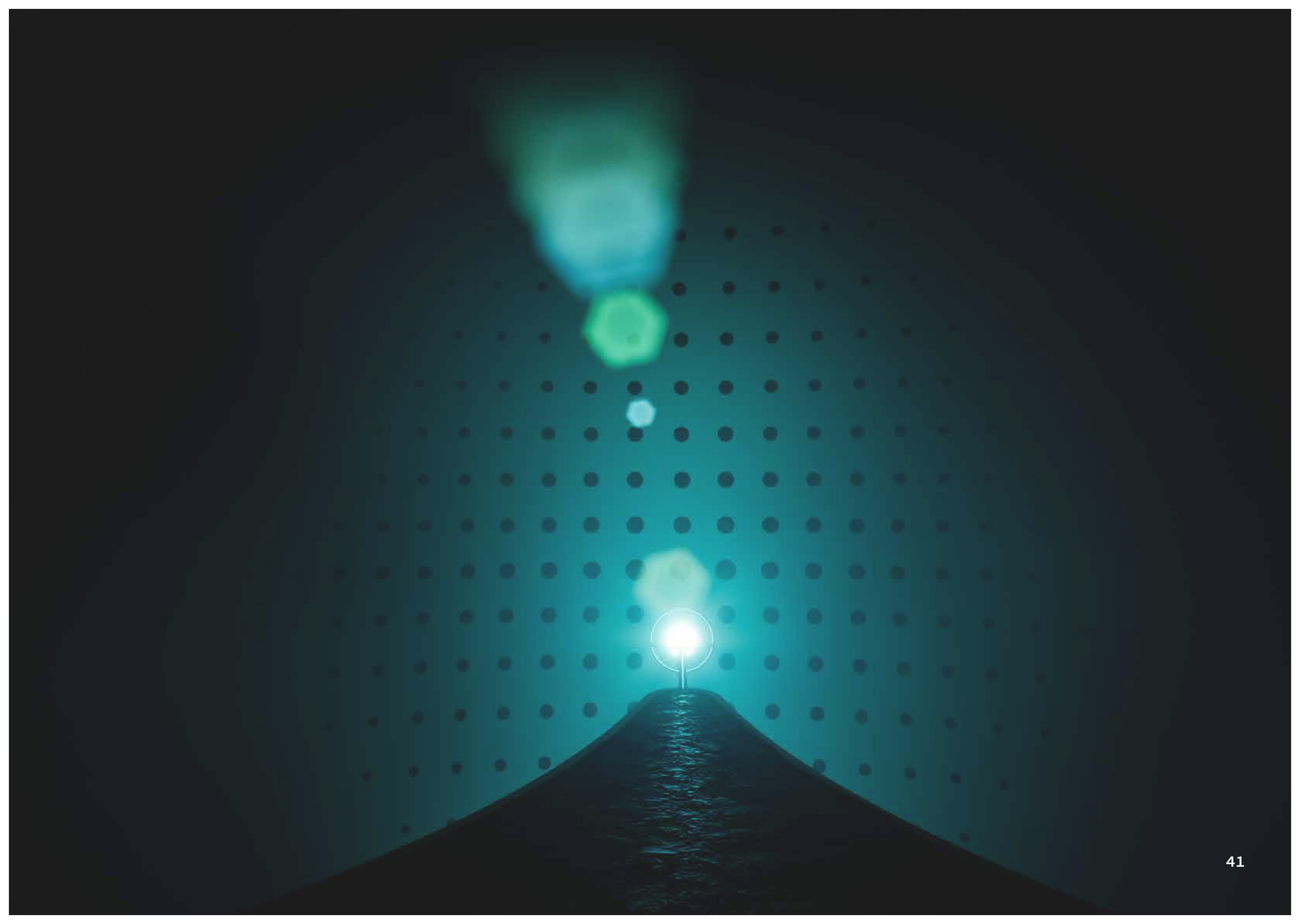


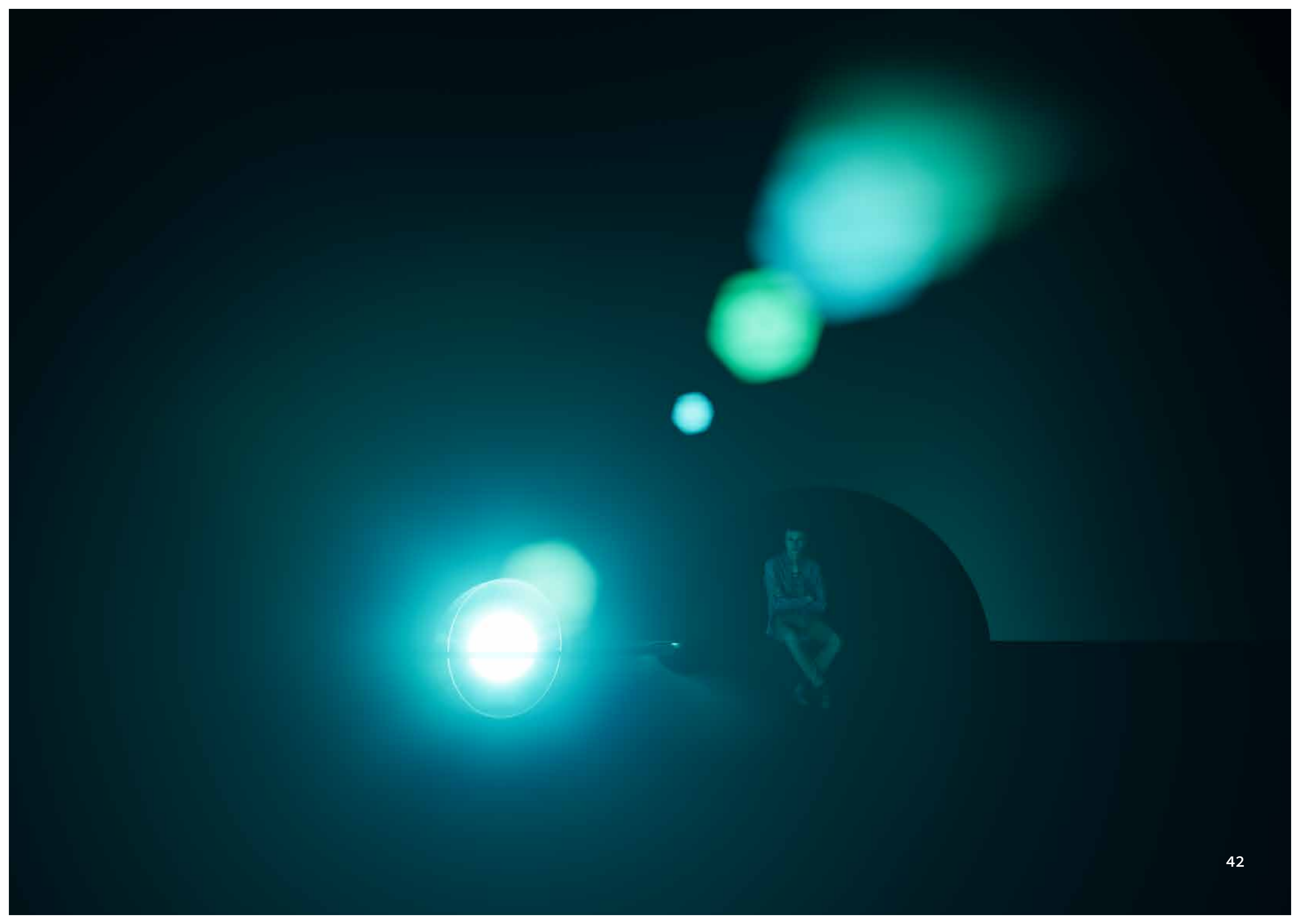
M 1:300  
5m 0m 15m

POHLAD 4



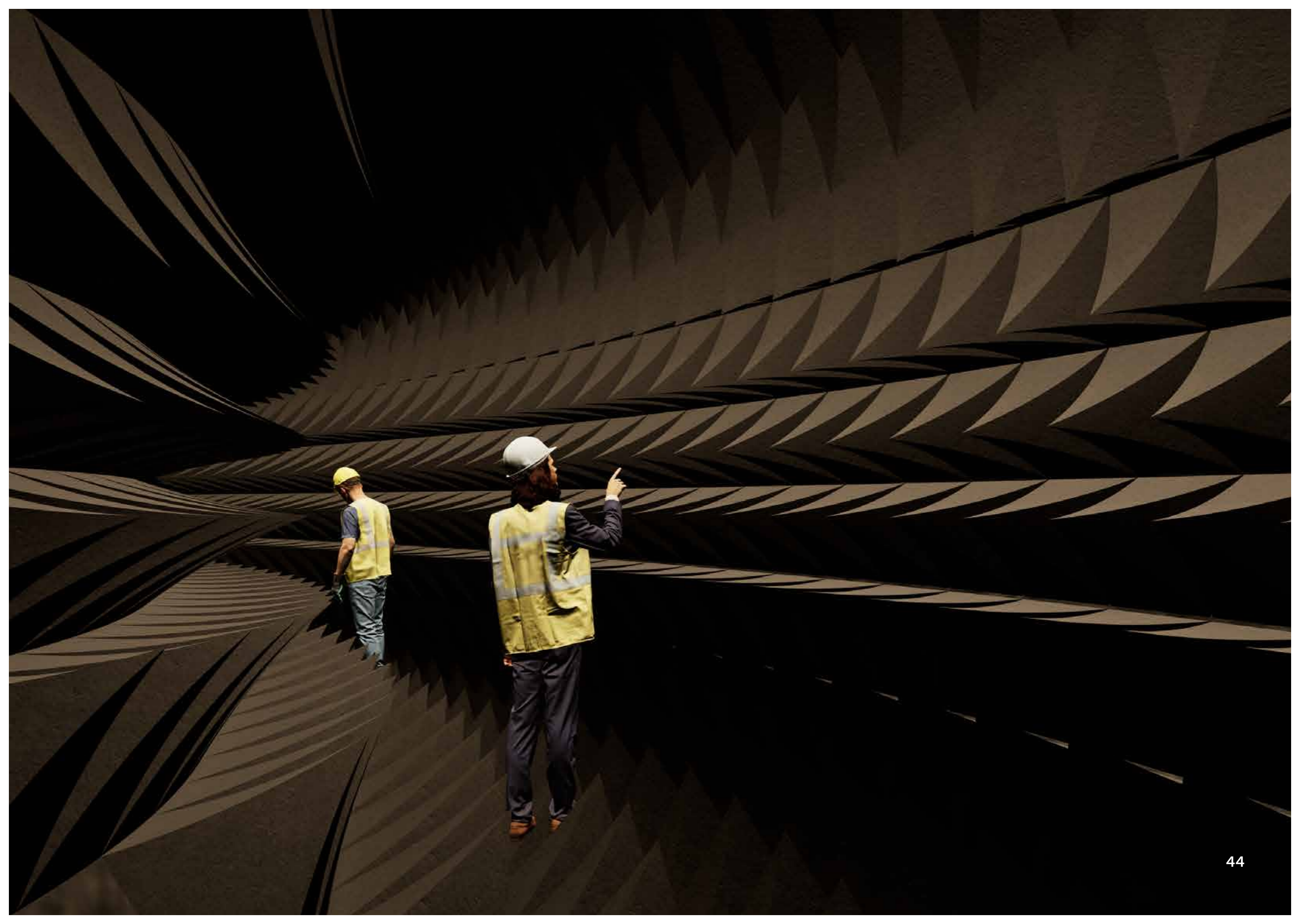
M 1:300  
5m 0m 15m



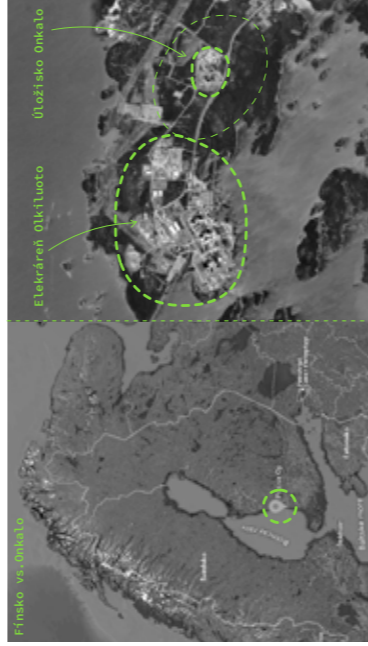












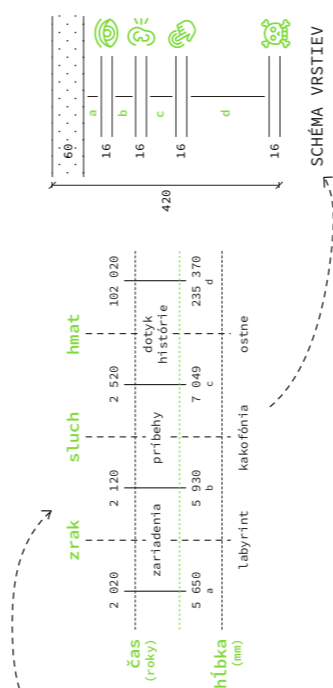
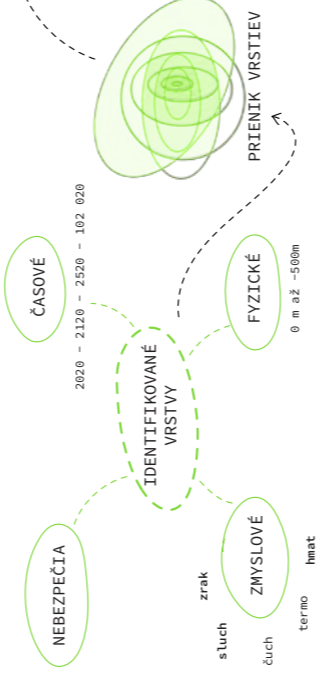
LOWALITA



VIZUALIZÁCIA „HMA“ cca. 2120



VIZUALIZÁCIA „SLUCH“ cca. 2120



## ONKALO

Onkalo je hlbinné ťložisko nachádzajúce sa vo Fínsku, ktoré je navrhnuté na bezpečné uskladnenie vysoko rádioaktívneho odpadu na desiatky tisíc rokov. Ťložisko je umiestnené vo vrstvách stabilnej kryštalickej horniny, čo zabezpečuje jeho odolnosť voči erózii, seizmickým pohybom a iným dlhodobým geologickým procesom.

### Uloženie odpadu

Proces uloženia odpadu zahŕňa umiestnenie každého kontajnera do samostatných ťložísk, ktoré sú vytesané v masive horniny. Tieto ťložiská sú navrhnuté tak, aby sa minimalizovalo riziko šírenia rádioaktívnych látok aj v prípade porušenia kontajnera. Po umiestnení odpadu sú priestory postupne zasypávané, čím sa zabezpečí ich trvalé uzavretie. Predpokladá sa, že v Onkale bude umiestnených až 6 500 ton odpadu.

Práce na Onkale začali v roku 2004. Ťložisko začalo svoju oficiálnu prevádzku v roku 2020. Práca v ťložisku pokračuje, Onkalo sa pripravuje na ďalšie roky, ktoré budú naspäť zasypávané. Uzavretie sa predpokladá do 100 rokov od začiatku prevádzky, čiže okolo roku 2120, pričom ťložisko nebude vyžadovať žiadne aktívne zásahy na svoju údržbu.

Rádioaktívny odpad uložený v Onkale predstavuje riziko pre zdravie živých organizmov, ak by došlo k jeho uvoľneniu do okolia. Preto je nutné zabezpečiť, aby ťložisko zostalo neporušené a jeho obsah neprišiel do rúk budúcej generácie, ktoré by mohli nevedomky narušiť túto varovnú líniu, ktorá bude zrazovateľná aj pre civilizácie s odlišnými jazykmi a kultúrami, aby ich odradil od preniknutia do tejto oblasti.

„The place we should always remember to forget“

Model Onkalo čelí otázkam o jeho dlhodobej efektívnosti. Aj keď je zámerom zabudnutie, anagorizácia a opoždenie, ktoré sú súčasťou navrhovania, zabudnutie nie je cieľom, ale prostriedkom. Budúci generácie budú musieť byť schopní kontrolovať, či sa v ťložisku narušenie náhodnými objavmi alebo technologickými pokrokom. Tento model tiež otvára etické otázky o zodpovednosti za prenos informácií o nebezpečenstve, keďže vedomé vymazanie pamäte môže byť vnímané ako zanedbanie povinnosti voči budúcej generácii alebo civilizáciám.

Stratégia Onkalo teda stavia na myšlienke, že ticho a prítomný proces zabudnutia sú najlepšími obrannými, no zároveň uzivými, že tento prístup obsahuje inherentné riziká a paradox.

### Návrh

Naš návrh spočíva vo vyplnení týchto informácií štrbin. Návrh Onkala a aj publikácia Rezonančného prúdu s premiou potreby ochrániť budúcu generáciu. Ak sa však bavíme o budúcom, musíme sa vrátiť k minulosti. V minulosti sme sa snažili o kontrolu, aby sme našu Skutočnosť objavili alebo technologickými pokrokom. Tento model tiež otvára etické problémy kultúry ako ju poznáme spolu s jazykmi, symbolmi atď. Zámerom tejto práce je teda preklenúť toto diskontinuum spôsobmi, ktoré sú univerzálnejšie pre živočíchy ako kultúrne prvky.

Súhlasím s názorom Onkala využiť na povrchu metódu „zabúdania“. Nie je nepríjemná ale iná, ktorá je ľahšie vnímaná a neprirodzene pozornost je z povahy ľudskej (prípadne inej) náture najmänejšej. Aspoň naopak.

V prípade pretonenia tohto povrchového „zabudnutia“ je potrebné poskytnúť ďalšie vrstvy zabezpečenia. Nakoľko počítam s potrebou širšie pochopiť teoretického odkazu v dôsledku prúdenia negatívneho momentu (sekundárna správa cez zmysly) s informáciami o známosti (ter-ri-tory) a o zmysle (ter-ri-tory) v rámci prítomnosti. Tento návrh je preto zostavený na zafixovanie jednotlivočlovečských vrstiev, následní ich prieniku a transformovaní do architektonickej/monumentálnej podoby.

Predmet: Ateliér navrhovania III.

Téma: EXTRÉMIFILNÁ ARCHITEKTÚRA  
Onkalo 2120

Autor: Bc. Vanessa Ščepková  
Vedúci ateliérovej práce: doc. Ing. arch. Ján Legény, PhD.  
Ústav: Ústav ekologickej a experimentálnej arch.  
Garant predmetu: doc. Ing. arch. Michal Czařík, PhD.  
Školský rok: 2024/2025

STU  
FAD

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ  
UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ARCHITEKTÚRY A DIZAJNU

POHLAD 1

POHLAD 2

POHĽAD ZHORA M 1:600

POHĽADY „SLUCH“ M 1:600

# ZDROJE

## Textové

- 1 Home. (n.d.). Biosphere 2. <https://biosphere2.org/>
- 2 Hoehler, T. M., Som, S. M., & Kiang, N. Y. (2018). Life's Requirements. In Springer eBooks (pp. 1-22). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-30648-3\\_74-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30648-3_74-1)
- 3 Sharma, A., Scott, J. H., Cody, G. D., Fogel, M. L., Hazen, R. M., Hemley, R. J., & Huntress, W. T. (2002). Microbial activity at gigapascal pressures. *Science (New York, N.Y.)*, 295(5559), 1514-1516. <https://doi.org/10.1126/science.1068018>
- 3 Aristotle: Motion and its Place in Nature | Internet Encyclopedia of Philosophy. (n.d.-b). <https://iep.utm.edu/aristotle-motion>
- 4 Bergson, H., & Bergson, H. (1922). *Creative evolution* / by Henri Bergson ; authorized translation by Arthur Mitchell. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.17594>
- 5 What is natural selection? (2019, March 18). [Video]. Natural History Museum. <https://www.nhm.ac.uk/discover/what-is-natural-selection>
- 6 McFadden, C. (2017, January 26). A simplified introduction to Einstein's theory of relativity. Interesting Engineering. <https://interestingengineering.com/science/simplified-introduction-einsteins-theory-relativity>
- 7 Janina Wellmann. (n.d.). Janina Wellmann. <https://janinawellmann.com/>
- 8 The Biomimicry Institute. (2024, September 20). What is biomimicry-The Biomimicry Institute. <https://biomimicry.org/inspiration/what-is-biomimicry/>
- 9 Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2024, December 19). semiotics. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/semiotics>
- 10 Watt, W. (2006). Semiosis. In Elsevier eBooks (pp. 193-194). <https://doi.org/10.1016/b0-08-044854-2/01449-8>
- 11 Cobley, P. (2011). *Semiotics Continues to Astonish: Thomas A. Sebeok and the Doctrine of Signs*. Walter de Gruyter.
- 12 Schulz, R., Wyeth, G., & Wiles, J. (2011). Lingodroids: socially grounding place names in privately grounded cognitive maps. *Adaptive Behavior*, 19(6), 409-424. <https://doi.org/10.1177/1059712311421437>
- 13 Legény, J., Špaček, R., Hubinský, T., & Benkovičová, L. (2024). A triangular architectural relation model among sustainability, beauty, and power. *Frontiers of Architectural Research*, 13(4), 699-711. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.02.011>

## Grafické

- o1 Wikipedia contributors. (2024, October 27). Thermus aquaticus. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermus\\_aquaticus](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermus_aquaticus)
- o2 Wikipedia contributors. (2024b, November 17). Pyrolobus fumarii. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrolobus\\_fumarii](https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrolobus_fumarii)
- o3 Wikipedia contributors. (2024c, November 23). Psychrophile. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Psychrophile#/media/File:Xanthoria\\_elegans\\_97571\\_wb1.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Psychrophile#/media/File:Xanthoria_elegans_97571_wb1.jpg)
- o4 Gruber, C., Legat, A., Pfaffenhüemer, M., Radax, C., Weidler, G., Busse, H., & Stan-Lotter, H. (2004). Halobacterium noricense sp. nov., an archaeal isolate from a bore core of an alpine Permian salt deposit, classification of Halobacterium sp. NRC-1 as a strain of H. salinarum and emended description of H. salinarum. *Extremophiles*, 8(6), 431-439. <https://doi.org/10.1007/s00792-004-0403-6>
- o5 Centorrino, F. (2021, May 1). Sulfolobus acidocaldarius. *Microbiologia Italia*. <https://www.microbiologiaitalia.it/archea/sulfolobus-acidocaldarius/>
- o6 Bacillus - Beneficial Microbes. (n.d.). Fertilizer New Zealand. <https://www.fertnz.co.nz/bacillus/>
- o7 Extreme Living | eportfolio. (n.d.). Eportfolio. <https://egraydon.wixsite.com/eportfolio/extreme-living>
- o8 Wikipedia contributors. (2024a, August 11). Shewanella. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Shewanella#/media/File:Shewanella\\_oneidensis.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Shewanella#/media/File:Shewanella_oneidensis.png)
- o9 Evans, K. (2015, November 7). Better Know a Microbe: Deinococcus. Labroots. <https://www.labroots.com/trending/microbiology/1889/better-know-a-microbe-deinococcus>
- o10 Marshall, M. (2021, March 22). Tardigrades: nature's great survivors. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/science/2021/mar/20/tardigrades-natures-great-survivors>
- o11 Tardigrades. (2018, February 2). *American Scientist*. <https://www.americanscientist.org/article/tardigrades>
- o12 Bris, N. L., & Gaill, F. (2006). How does the annelid *Alvinella pompejana* deal with an extreme hydrothermal environment? In Springer eBooks (pp. 315-339). [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6285-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6285-8_20)
- o13 Wikipedia contributors. (2024e, December 31). Channichthyidae. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Channichthyidae>
- o14 Legény, J., Špaček, R., Hubinský, T., & Benkovičová, L. (2024). A triangular architectural relation model among sustainability, beauty, and power. *Frontiers of Architectural Research*, 13(4), 699-711. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.02.011>
- o15 Onkalo Nuclear Waste Disposal Facility, Olkiluoto, Finland. (2020, March 3). NS Energy. <https://www.nsenergybusiness.com/projects/onkalo-nuclear-waste-disposal-facility/>
- o16 Lgala. (2022, October 27). Onkalo: World's First Geological Final Disposal - Rincón educativo. Rincón Educativo. <https://rinconeducativo.org/en/noticias/onkalo-world-first-geological-final-disposal/>
- o17-20 Mazzucchelli, F., & Paglianti, N. N. (2022). How to remember a place to forget? The semiotic design of deep geological nuclear repositories, from long-term communication to memory transmission. *Linguistic Frontiers*, 5(3), 22-36. <https://doi.org/10.2478/lf-2022-0026>
- o21 Pioneer Plaque - NASA Science. (n.d.). <https://science.nasa.gov/resource/pioneer-plaque/>

# PRÍLOHA 1

## Component 1: Energy

- 1. Kinetic Energy of Gas Molecules:** As temperature decreases, kinetic energy decreases linearly due to reduced molecular speed.
- 2. Thermal Energy of Solids:** At lower temperatures, thermal vibrations in a solid decrease, governed by the Boltzmann distribution
- 3. Chemical Reaction Rates:** Reaction rates decrease exponentially with temperature due to less thermal energy overcoming activation energy.
- 4. Enzyme Activity in Biology:** Enzyme catalytic energy drops sharply near freezing as molecular motion slows, following Arrhenius-like behavior.
- 5. Blackbody Radiation:** Emitted energy decreases as (Stefan-Boltzmann law), dropping rapidly with temperature.
- 6. Superconductivity:** Energy dissipation becomes zero below a critical temperature; explained by energy gap in Cooper pairs.
- 7. Lattice Energy of Ionic Crystals:** Lower temperatures reduce ion vibrations, increasing lattice stability.
- 8. Heat Capacity:** Diminishes linearly at low temperatures for metals due to decreased electronic contributions
- 9. Nuclear Fusion in Stars:** Below critical temperatures, energy from fusion decreases significantly.
- 10. Photosynthesis Efficiency:** Decreases as temperature drops below optimal range due to energy inefficiency in light absorption.
- 11. Metabolic Rates:** Decline exponentially with temperature, reducing cellular energy output in ectotherms.
- 12. Brownian Motion:** Slows down linearly with temperature as kinetic energy decreases.
- 13. Phase Transition Latent Heat:** At absolute zero, latent heat becomes zero, as no further energy exchange occurs during transitions.
- 14. Solar Panel Efficiency:** Decreases indirectly with temperature reduction due to losses in solar irradiation energy.
- 15. Magnetic Energy in Ferromagnets:** Energy alignment of magnetic dipoles diminishes below Curie temperature.
- 16. Quantum Harmonic Oscillators:** Zero-point energy remains constant; all thermal contributions diminish to zero.
- 17. Electrical Resistance:** Decreases, minimizing energy losses.
- 18. Energy Bands in Semiconductors:** Bandgap widens with reduced temperature, affecting electronic transitions.
- 19. Protein Folding Energies:** Thermal energy for folding weakens; proteins stabilize in specific configurations.
- 20. Plasma Energy in Stars:** Energy decreases with temperature as particles become neutralized.
- 21. Sound Energy Propagation:** Reduced thermal energy inhibits sound wave propagation in gases.

- 22. Nerve Impulse Energy:** Neurons transmit signals more slowly due to lower ion mobility.
- 23. Thermonuclear Reactions:** Require high energies; cooling inhibits reactions exponentially.
- 24. Combustion Energy:** Drops significantly as reactants fail to ignite under low-temperature conditions.
- 25. Energy Transfer in Ecosystems:** Reduces as lower temperatures slow metabolic and ecological processes.
- 26. Adsorption Energy on Surfaces:** Energy interactions are enhanced as thermal noise decreases.
- 27. Elastic Energy in Springs:** Unaffected at zero temperature but damping energy reduces to zero.
- 28. Surface Energy of Liquids:** Stabilizes, as molecular vibrations minimize at low temperatures.
- 29. X-ray Emissions in Space:** Diminishes in cooled celestial bodies as energy states drop.
- 30. Energy in Relativistic Particles:** Negligible temperature-induced kinetic energy impacts near rest.

## Component 2: Shape Factor/Size

- 1. Water Droplet Size:** Decreases as temperature lowers due to reduced evaporation rates, related to Clausius-Clapeyron relation.
- 2. Crystal Growth:** Larger crystals form at low temperatures as diffusion slows, allowing ordered lattice formation.
- 3. Protein Denaturation:** Proteins remain compact as lower temperatures prevent structural unfolding.
- 4. Cell Membrane Size:** Decreases with cooling, as lipid bilayers become more rigid, reducing flexibility.
- 5. Thermal Expansion of Solids:** Linear size contraction occurs with temperature decrease.
- 6. Ice Formation:** Water molecules rearrange into a hexagonal lattice, increasing overall solid size but decreasing density.
- 7. Bubbles in Liquids:** Bubble sizes shrink at lower temperatures due to decreased vapor pressure.
- 8. Metallic Alloys:** Exhibit reduced thermal expansion coefficients at low temperatures, leading to size stabilization.
- 9. DNA Compaction:** Cooler temperatures promote tighter nucleic acid packing due to reduced thermal motion.
- 10. Gas Volume:** Decreases linearly with temperature (Charles's Law).
- 11. Biological Cells:** Shrink due to osmotic effects as extracellular fluids freeze.
- 12. Glacier Ice Formation:** Shapes stabilize as ice movement slows under freezing conditions.
- 13. Viscosity Increase:** Fluid particles cluster together as thermal energy decreases, affecting flow size factors.
- 14. Soap Bubbles:** Diameter reduces due to condensation of gas inside the bubble at low temperatures.

- 15. **Snowflake Patterns:** Exhibit more intricate shapes as temperature decreases due to slower growth dynamics.
- 16. **Fiber Contraction:** Materials like wool contract as intermolecular forces dominate at low temperatures.
- 17. **Pore Size in Rocks:** Reduces with cooling due to thermal contraction.
- 18. **Liquid Drop Contact Angle:** Increases with reduced temperature due to surface tension enhancement.
- 19. **Plant Cell Walls:** Contract and stiffen as intracellular fluids freeze.
- 20. **Biological Tissue:** Shrinks during cryopreservation as water crystallizes.
- 21. **Nerve Fiber Shape:** Remains compact as lower temperatures stabilize lipid sheaths.
- 22. **Capillary Action:** Reduced at low temperatures, changing fluid column shapes in narrow tubes.
- 23. **Leaf Size:** Frost reduces cell volume, causing leaf curling.
- 24. **Animal Fur:** Contracts slightly as fibers lose flexibility.
- 25. **Mineral Structures:** Crystals become denser as lattice vibrations diminish.
- 26. **River Ice Formation:** Ice forms flat layers due to slow thermal gradients.
- 27. **Bacterial Cell Size:** Smaller, dormant forms emerge under cold stress.
- 28. **Thermal Buckling:** Reduced at low temperatures as expansion forces decrease.
- 29. **Cloud Droplet Growth:** Slows at low temperatures, limiting cloud particle size.
- 30. **Tree Trunk Contraction:** Shrinks slightly in cold climates due to thermal contraction.

### Component 3: Resilience

- 1. **Rubber Elasticity:** Reduces at low temperatures as molecular motion is restricted, following entropy-based elasticity models.
- 2. **Metals' Toughness:** Decreases with temperature; ductile-to-brittle transition observed.
- 3. **Biological Membrane Fluidity:** Reduces in cold conditions, affecting membrane resilience to mechanical stress.
- 4. **Bone Flexibility:** Resilience decreases as proteins in bone matrix become rigid under freezing conditions.
- 5. **Ice Resistance:** At low temperatures, ice becomes more brittle and less resilient to impact.
- 6. **Tree Bark:** Becomes less flexible under freezing, increasing susceptibility to fractures.
- 7. **Polymer Resilience:** Drops with temperature, as glass transition temperatures are reached.
- 8. **Cell Resilience to Freezing:** Cryoprotectants improve resilience by reducing ice crystal damage at low temperatures.

- 9. **River Ice Cracking:** Resilience decreases as frozen layers become more prone to shattering under stress.
- 10. **Lung Tissue:** Cold environments reduce tissue resilience, leading to reduced elastic recoil.
- 11. **Arctic Mammal Fur:** Retains resilience at extreme cold, protecting animals from physical stress.
- 12. **Concrete Structures:** Thermal contraction reduces resilience, increasing fracture risks.
- 13. **Cryogenic Materials:** Exhibit enhanced resilience to high-energy impacts, as molecular motion minimizes.
- 14. **Proteins in Tardigrades:** Enhanced resilience at low temperatures due to protective sugars like trehalose.
- 15. **Glass Resilience:** Increases as temperature lowers, making it less likely to deform and more brittle.
- 16. **Fish Cartilage:** Maintains resilience in cold water due to antifreeze proteins.
- 17. **Cellulose in Plants:** Becomes brittle, reducing resilience in frozen conditions.
- 18. **Elastic Bands:** Lose resilience at freezing temperatures as chains lock into rigid configurations.
- 19. **Magnetic Materials:** Exhibit reduced resilience to mechanical stresses near critical temperatures.
- 20. **Lipid Vesicles:** Lose resilience to osmotic pressure under freezing conditions.
- 21. **Silicon Wafer Flexibility:** Resilience decreases under cryogenic cooling during processing.
- 22. **Mountain Rock Stability:** Decreases due to thermal contraction, increasing cracking risks.
- 23. **Protein-DNA Interactions:** Reduced resilience under low temperatures disrupts biochemical stability.
- 24. **Human Skin:** Reduced resilience in cold weather leads to cracking and damage.
- 25. **Arctic Bird Feathers:** Retain resilience to bending despite extreme cold.
- 26. **Cryogenic Piping:** Gains resilience to fatigue stresses as internal energy dissipation minimizes.
- 27. **Elasticity of Snow:** Decreases, as snow compacts and becomes brittle.
- 28. **Spinal Discs in Animals:** Cold temperatures reduce disc resilience, leading to stiffness.
- 29. **Ice Sheets:** Lose resilience over time under thermal cycling.
- 30. **Carbon Fiber Composites:** Maintain resilience in cold due to intrinsic material strength.

Component	Major Relationship	Percentage of Examples
Energy	Decreases linearly or exponentially	75%
Shape Factor/Size	Decreases linearly	60%
Resilience	Decreases, often non-linearly	70%



# PRÍLOHA 2

## Temperature

- **Energy:** Psychrophiles (e.g., *Cryobacterium* spp.)
- **Shape Factor/Size:** Antarctic bacteria (e.g., *Polaribacter* spp.)
- **Resilience:** Psychrotrophic bacteria (e.g., *Pseudomonas* spp.)
- + **Energy:** Thermophiles (e.g., *Thermus aquaticus*)
- + **Shape Factor/Size:** X
- + **Resilience:** *Pyrococcus furiosus* (hyperthermophilic archaea)

## Pressure

- **Energy:** Psychrophilic bacteria in high-altitude lakes
- **Shape Factor/Size:** *Halomonas* spp. (low-pressure bacteria)
- **Resilience:** Polar cyanobacteria in low-pressure conditions
- + **Energy:** Barophilic bacteria (e.g., *Colwellia* spp.)
- + **Shape Factor/Size:** X
- + **Resilience:** *Piezobacter thermophilus* (deep-sea bacteria)

## Light

- **Energy:** Chemosynthetic bacteria (e.g., *Beggiatoa* spp.)
- **Shape Factor/Size:** Deep-sea algae with expanded chloroplasts (e.g., *Porphyra* spp.)
- **Resilience:** e.g., *Geobacter sulfurreducens*
- + **Energy:** Photosynthetic cyanobacteria (e.g., *Synechococcus* spp.)
- + **Shape Factor/Size:** X
- + **Resilience:** *Deinococcus radiodurans* (UV-resistant bacterium)

## pH

- **Energy:** *Acidithiobacillus ferrooxidans* (acidophilic bacteria)
- **Shape Factor/Size:** *Sulfolobus acidocaldarius* (archaea)
- **Resilience:** *Picrophilus torridus* (acidophilic archaea)
- + **Energy:** *Bacillus alcalophilus* (alkaliphilic bacteria)
- + **Shape Factor/Size:** *Natrialba* spp. (alkaliphilic archaea)
- + **Resilience:** *Halomonas campisalis* (alkaliphilic bacteria)

## NaCl

- **Energy:** *Halobacterium salinarum* (halophilic archaea)
- **Shape Factor/Size:** X

- **Resilience:** *Dunaliella salina* (low-salt algae)
- + **Energy:** *Halobacterium salinarum* (halophilic archaea)
- + **Shape Factor/Size:** *Haloferax volcanii* (halophilic archaea)
- + **Resilience:** *Dunaliella salina* (halophilic algae)

## Radiation

- **Energy:** *Deinococcus radiodurans* (radiation-resistant bacterium)
- **Shape Factor/Size:** *Rubrobacter* spp. (radiation-resistant bacteria)
- **Resilience:** *Deinococcus radiodurans* (radiation-resistant bacterium)
- + **Energy:** *Deinococcus radiodurans* (radiation-resistant bacterium)
- + **Shape Factor/Size:** *Rubrobacter* spp. (radiation-resistant bacteria)
- + **Resilience:** *Deinococcus radiodurans* (radiation-resistant bacterium)

## Water

- **Energy:** *Deinococcus radiodurans* (radiation and desiccation-resistant bacterium)
- **Shape Factor/Size:** *Aspergillus niger* (xerophilic fungus)
- **Resilience:** *Dunaliella salina* (halophilic and xerophilic algae)
- + **Energy:** *Halorhodospira halophila* (halophilic bacterium)
- + **Shape Factor/Size:** *Spirulina* spp. (cyanobacterium)
- + **Resilience:** Haloarchaea (salt-tolerant archaea)

## Oxygen

- **Energy:** *Methanococcus jannaschii* (anaerobic archaeon)
- **Shape Factor/Size:** *Desulfovibrio* spp. (sulfate-reducing bacteria)
- **Resilience:** *Geobacter metallireducens* (iron-reducing bacterium)
- + **Energy:** *Mycobacterium smegmatis* (high oxygen-tolerant bacterium)
- + **Shape Factor/Size:** *Pseudomonas aeruginosa* (oxygen-utilizing bacterium)
- + **Resilience:** *Deinococcus radiodurans* (resistant bacterium)

# APPENDIX

## Premena architektúry na extrémofila

Za pomoci zistení z predchádzajúcich bodov, sa teraz pokúsime vytvoriť prvotný prompt pre model Midjourney.

### Składanie promptu:

1. Všeobecné informácie
2. Funkcia a účel budovy
3. Vybraný extrém
4. Extrémofily vs. Komponenty
  - Energia
  - Faktor tvaru/veľkosť
  - Odolnosť
5. Úloha estetiky

#### 1. Všeobecné informácie

„Vytvor architektonický prototyp, ktorý bude funkčne a formálne odrážať povahu vybraných extrémofilov. Architektúra má na seba zobrať od extrémofilov schopnosť odolať vybranému extrému, adaptovať sa naň a prosperovať v ňom.“

#### 2. Funkcia a účel budovy

„Vytvor obytnú štruktúru so všetkými funkciami potrebnými na sebestačné prežitie“

#### 3. Vybraný extrém

„Vybraný extrém je prostredie s nedostatkom slnečného žiarenia“

#### 4. Extrémofily vs. Komponenty

Ako prvé si určíme, ktorých extrémofilov použijeme ako vzor. Budú to práve tí, ktorí prislúchajú k majoritnému vzťahu z extrémofilnej tabuľky, uvedení v prílohe 2. To nám dá jeden príklad extrémofila na každý komponent. Teraz si potrebujeme zdefinovať aké parametre budeme od extrémofilov čerpať na základe príslušného komponentu.

Light -

Energy: Chemosynthetic bacteria (e.g., Beggiatoa spp.)

Shape Factor/Size: Deep-sea algae with expanded chloroplasts (e.g., Porphyra spp.)

Resilience: e.g., Geobacter sulfurreducens

Energia:

- Z čoho energiu čerpá
- Čo robí v prípade nedostatku energie
- Príklad prostredia

Faktor tvaru/veľkosť:

- Všeobecný faktor tvaru (kompaktný, členitý...)
- Možná zmena veľkosti podľa vývoja elementu
- Tvorba kolónií

Odolnosť:

- Využitie špeciálnych biologických stratégií
- Vplyv na materialitu

„Využi pre prototyp spojenie týchto troch extrémofilov: 1. Beggiatoa alba pre procesy spojené s energiou. Zdroj energie pre Beggiatoa alba je sírovodík. Ak sú podmienky nepriaznivé (napríklad nedostatok sírovodíka, kyslíka či organických látok), Beggiatoa alba spomaľuje svoj metabolizmus, čo jej umožňuje prežiť v období nedostatku. Beggiatoa alba často nachádza v morských hydrotermálnych prameňoch, kde interaguje s chemickými zlúčeninami, ako je sírovodík, čo umožňuje život v extrémnych podmienkach 2. Porphyra umbilicalis pre formálne znaky. Farba: Tmavočervená, niekedy až purpurová, s tenkou a priesvitnou štruktúrou. Porphyra umbilicalis dokáže efektívne využívať slabšie svetlo vďaka svojmu červenému pigmentu fykoerytrínu, ktorý absorbuje svetlo s dlhšou vlnovou dĺžkou (napr. modrozelené spektrum, ktoré preniká hlbšie do vody) Tvar: Má jednoduché listovité telo (tallus), ktoré je jednovrstvové a často pripevnené k substrátu malým držiacim útvarom (holdfast). Porphyra umbilicalis zvyčajne rastie individuálne, netvorí kolónie.“

#### 5. Úloha estetiky

„Nepoužívaj svetlo v architektúre ako estetický prvok. Ber svetlo ako čisto pragmatický prvok, rovnako ako extrémofily“