



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



AGENCY FOR  
MOBILITY AND  
EU PROGRAMMES

## UGASIMO SVJETLA, UPALIMO ZVIJEZDE"

IO2: Priručnik za strukovne škole o primjeni novih metoda u sprječavanju  
svjetlosnog onečišćenja u svakodnevnoj nastavi



**Poziv 2020. 1. krug KA2 - Suradnja za inovacije i razmjenu dobrih praksi  
KA202 – Strateška partnerstva za strukovno obrazovanje i osposobljavanje  
KA2-2020-1-HR01-KA202-077757**

Ovaj projekt financiran je uz potporu Europske komisije, programa Erasmus+ i Hrvatske nacionalne agencije za Erasmus+ Agencija za mobilnost i program Europske unije. Ova publikacija odražava "Ugasi svjetla, upali zvijezde" IO1 prikazuje samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu uporabu informacija sadržanih u njoj.



Erasmus+



## SADRŽAJ

1. UČINCI SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA.....	4
1.1. Pregled i učinci svjetlosnog onečišćenja .....	4
Definicija svjetlosnog onečišćenja .....	4
Uzroci svjetlosnog onečišćenja .....	5
Učinci na divlje životinje.....	7
Učinci na insekte .....	9
Vodeni život .....	11
Studije slučaja koje ilustriraju ekološke posljedice .....	13
Učinci na prirodne sustave.....	17
Astronomski učinci i učinci na ljudsko zdravlje.....	18
Zabrinutost za ljudsko zdravlje .....	20
Društvene i kulturne implikacije .....	21
1.2. Mjerenje i procjena svjetlosnog onečišćenja.....	23
Instrumenti poput Sky Quality Meters .....	23
Tehnike daljinskog istraživanja .....	25
Uloga građanske znanosti .....	27
1.3. Ublažavanje svjetlosnog onečišćenja.....	29
Zaštita i pravilan dizajn učvršćenja .....	29
Potencijal LED rasvjete.....	29
Važnost zakonodavstva i javne svijesti .....	30
Primjerni slučajevi odgovorne rasvjete.....	31
1.4. Napori očuvanja .....	33
Strategije za minimiziranje utjecaja svjetlosnog onečišćenja.....	33
Obrazovanje .....	34
Programi očuvanja .....	34
1.5. Zaključak.....	36
Hitnost rješavanja problema svjetlosnog onečišćenja.....	36
Poziv na akciju.....	37
2. SMJERNICE ZA ŠKOLSKJE NASTAVNIKE ZA RAD NA SVJETLOSNOJ ONEČIŠĆENJU .....	38





2.1.	Vježbe svjetlosnog onečišćenja za učenike na otvorenom.....	38
2.2.	Svjetlosno onečišćenje u obrazovanju o okolišu – usporedba svjetlosnih zamki.....	43
2.3.	Zvezdani brojač kao mjerac kvalitete neba - zvijezde koje vidimo. ....	47
2.4.	Korištenje malog medvjeda (ili malih kola) kao mjerača svjetlosnog onečišćenja. ....	50
2.5.	Plava svjetla, crvena svjetla. ....	52
2.6.	Implementacija rasvjetnih tijela na razini klase.....	54
2.7.	ZADATAK UČENIKA TEHNIČKE ŠKOLE.....	58
2.8.	Uvođenje svjetlosnog onečišćenja u razred.....	62
2.9.	Praktični projekt: spektrometar.....	64
2.10.	Studentski projekti za poboljšanje svjetlosnog onečišćenja na svom području.....	64
2.11.	Cijeli razredni projekt: interaktivna karta.....	66
2.12.	Online dostupan VR obrazovni softver u svakodnevnoj nastavi.....	67
2.13.	Širenje.....	68
2.14.	Završne napomene.....	69
3.	VODIČ ZA VR MODULE I UPUTE ZA UPORABU.....	70
3.1.	Pripremite svoj Oculus uređaj.....	70
	.....	70
3.2.	Korištenje SideQuest-a za instalaciju naše aplikacije na VR slušalice.....	72
3.3.	Pokretanje aplikacije nakon instalacije.....	75
3.4.	Igra.....	77
3.5.	Astronomska igra.....	78
3.6.	Igranje igre.....	79
3.7.	Rezultati.....	82





# 1. UČINCI SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA

## 1.1. Pregled i učinci svjetlosnog onečišćenja

### Definicija svjetlosnog onečišćenja

U posljednja dva stoljeća došlo je do široke i nagle promjene u načinu života u svijetu. Činjenica da su mnoge ljudske aktivnosti sada centralizirane u jezgrama stanovništva donijela je potrebu za standardom potrošnje i korištenja energije, posebno kada je riječ o korištenju svjetla tijekom noći. Moramo krenuti takvim okruženjima bez rizika svojstvenog tami. Naše oči ne mogu pružiti detalje koji su nam potrebni u tim uvjetima i moramo smisliti rješenja za rasvjetu. Nedostatak razumijevanja o utjecaju takvih uređaja i općenito korištenja svjetlosti donio nam je mnogo problema koje možemo kategorizirati pod temom svjetlosno onečišćenje.

Svjetlosno onečišćenje može se definirati kao pretjerano, pogrešno usmjereno ili nametljivo umjetno svjetlo koje proizvode ljudske aktivnosti, koje osvjetljava noćno nebo i narušava prirodnu tamu. To se događa kada umjetni izvori svjetlosti, poput uličnih svjetiljki, zgrada, vanjskog oglašavanja, vozila u pokretu itd. emitiraju svjetlost koja se raspršuje i širi daleko izvan planiranog cilja, stvarajući svjetlosnu izmaglicu u noćnom okruženju.

Daleko od toga da su manji, takvi učinci uzrokuju teške poremećaje u našem suživotu s prirodnim okolišem, stvarajući nepovoljne i neželjene situacije koje utječu i na ljude i na ekološku ravnotežu.

Neki od najizraavnijih učinaka svjetlosnog onečišćenja, koji imaju izravan vizualni utjecaj, mogu se klasificirati kao:

1. **Skyglow:** Osvjetljavanje noćnog neba nad naseljenim područjima, zaklanjajući pogled na zvijezde i nebeske objekte. Njegov učinak može se primijetiti na općem broju zvijezda koje se mogu vidjeti u određenom okruženju promatranja.
2. **Lagani prijestup:** neželjeno ili nametljivo osvjetljenje vanjskih prostora ili područja u kojima nije potrebno ili namijenjeno, kao što su stambena područja ili prirodni rezervati. Mnoga industrijska područja i sredstva mobilnosti (autoceste, ceste visokog tranzita,...) opravdavaju potrebu za 24-satnom rasvjetom iz sigurnosnih razloga, uzrokujući velik utjecaj na njihovo izravno okruženje.
3. **Odsjaj:** Prekomjerna svjetlina koja uzrokuje nelagodu u vidu i smanjuje vidljivost, često uzrokovana nezaštićenim ili pretjerano intenzivnim izvorima svjetlosti. U ovom slučaju





može se cijeniti neka vrsta izmaglice zbog raspršenja svjetlosti koja se događa kada svjetlost iz izvora pronađe suspendirane čestice u našoj atmosferi.

4. **Nered:** Prekomjerno grupiranje svijetlih, konkurentnih izvora svjetlosti, poput brojnih znakova i reklama, što može pridonijeti vizualnoj zbunjenosti i nelagodi. Uobičajenije u urbanim aktivnim sredinama.

Svjetlosno onečišćenje ima štetne učinke na različite aspekte okoliša, uključujući ometanje ekosustava, utjecaj na ljudsko zdravlje i dobrobit, ometanje astronomskih promatranja, rasipanje energije i smanjenje ljepote prirodnog noćnog neba. Napori u borbi protiv svjetlosnog onečišćenja uključuju korištenje zaštićenih rasvjetnih tijela, provedbu uredbi i propisa o rasvjeti, usvajanje energetski učinkovitih tehnologija rasvjete i promicanje javne svijesti i obrazovanja.

U ovom dokumentu pružit ćemo kratak pregled takvih tema kako bi se široka linija pitanja mogla razumjeti na opći način.

### **Značaj proučavanja njegovog utjecaja na biljni i životinjski svijet i prirodu**

Razrađujemo važnost proučavanja svjetlosnog onečišćenja u kontekstu njegovog utjecaja na biljni i životinjski svijet, ekosustave i prirodni svijet. Naglašavamo ekološke, ekološke i kulturne posljedice nekontroliranog umjetnog svjetla.

### **Pregled strukture dokumenta**

Ovaj dio nudi kratak pregled strukture dokumenta, detaljno opisujući što će svaki odjeljak obuhvatiti. Djeluje kao putokaz za čitatelje, omogućujući im da se kreću kroz sveobuhvatnu analizu.

## **Uzroci svjetlosnog onečišćenja**

### **Urbanizacija i rast stanovništva**

Urbanizacija i rast stanovništva značajni su pokretači povećanja umjetnih izvora svjetlosti i, posljedično, svjetlosnog onečišćenja. Evo kako ti čimbenici doprinose problemu:

1. **Širenje urbanih područja:** Kako urbano stanovništvo raste, gradovi se šire i horizontalno i vertikalno. Nove zgrade, ceste i infrastruktura zahtijevaju vanjsku rasvjetu radi sigurnosti i funkcionalnosti. Ovo širenje dovodi do ugradnje više uličnih svjetiljki, komercijalne rasvjete i stambene rasvjete, povećavajući ukupni intenzitet umjetnog svjetla u urbanim sredinama.
2. **Povećana potrošnja energije:** Urbanizacija često odgovara većoj potrošnji energije. Kako se sve više ljudi seli u urbana područja, veća je potražnja za energijom, što može dovesti





do povećane uporabe rasvjete. To ne samo da doprinosi svjetlosnom onečišćenju, već i opterećuje energetske resurse i povećava emisije stakleničkih plinova.

3. **Komercijalne i industrijske zone:** Urbanizacija obično koncentrira komercijalne i industrijske aktivnosti u određenim zonama. Ta su područja osvijetljena snažnom rasvjetom za učinkovit rad, uključujući tvornice, skladišta i komercijalne centre. Koncentracija tih zona pogoršava svjetlosno onečišćenje.
4. **Stambena rasvjeta:** Rast urbanog i prigradskog stanovništva rezultira većim brojem stambenih područja koja zahtijevaju vanjsku rasvjetu radi sigurnosti i zaštite. Vlasnici kuća i tvrtke često instaliraju svijetle i slabo zaštićene uređaje, što može pridonijeti svjetlosnom onečišćenju usmjeravanjem svjetla prema gore i prema van.
5. **Oglašavanje i signalizacija:** Urbanizacija i rast stanovništva dovode do povećanog oglašavanja i signalizacije u komercijalnim područjima. Svijetli, veliki i neregulirani znakovi mogu emitirati prekomjernu svjetlost koja doprinosi neredu i odsjaju, dva oblika svjetlosnog onečišćenja.
6. **Prometne mreže:** Širenje urbanih područja često zahtijeva opsežnije prometne mreže, uključujući autoceste, zračne luke i sustave javnog prijevoza. Ove infrastrukture zahtijevaju opsežnu rasvjetu za sigurnost, navigaciju i vidljivost, povećavajući prisutnost umjetnog svjetla u noćnom okruženju.
7. **Visoke zgrade:** Izgradnja visokih zgrada u urbanim područjima često uključuje opsežnu arhitektonsku rasvjetu u estetske svrhe. Ove visoke strukture mogu bacati svjetlost na široko područje, doprinoseći neboderu i svjetlosnom prijestupu.
8. **Prostori za rekreaciju i zabavu:** Rastuće urbano stanovništvo često rezultira većim brojem rekreacijskih i zabavnih sadržaja kao što su stadioni, arene i zabavni parkovi. Ova mjesta zahtijevaju značajnu rasvjetu za noćne događaje, doprinoseći lokaliziranom svjetlosnom onečišćenju.
9. **Vanjsko oglašavanje:** Oglašavanje na jumbo plakatima prevladava u urbanim područjima, a ti su znakovi često osvijetljeni svijetlom i nekontroliranom rasvjetom. Proliferacija oglašavanja doprinosi neredu i odsjaju, posebno u komercijalnim četvrtima.
10. **Tehnološki napredak:** Kako se gradovi moderniziraju, često usvajaju novije tehnologije rasvjete, poput LED rasvjete. Iako su LED diode energetske učinkovitije, mogu proizvesti oštro svjetlo hladnih tonova, što može povećati svjetlosno onečišćenje ako nije pravilno dizajnirano i kontrolirano.

Kako bi se ublažio doprinos urbanizacije i rasta stanovništva svjetlosnom onečišćenju, urbanisti i kreatori politika moraju razmotriti odgovorne prakse vanjske rasvjete, kao što su korištenje





zaštićenih uređaja, provedba uredbi o rasvjeti i podizanje svijesti javnosti. Uravnoteženje potrebe za vanjskom rasvjetom s naporima za smanjenje svjetlosnog onečišćenja ključno je za očuvanje prirodnog noćnog okoliša i ublažavanje štetnih učinaka na ekosustave i ljudsko zdravlje.

## Učinci na divlje životinje

### Utjecaj na ptice

Svjetlosno onečišćenje ima značajan utjecaj na ptice, narušavajući njihovo prirodno ponašanje, migracijske obrasce i opću dobrobit. Učinci svjetlosnog onečišćenja na ptice mogu se široko kategorizirati na sljedeći način:

#### 1. Poremećaj noćnog ponašanja:

- **Promijenjeno traganje** za hranom: Noćno svjetlosno onečišćenje može poremetiti ponašanje ptice u hranjenju. Mnoge vrste ptica, osobito one insekti, oslanjaju se na tamu kako bi lovile plijen. Prekomjerno umjetno svjetlo može ometati njihovu sposobnost pronalaženja hrane, što utječe na njihov uspjeh hranjenja.
- **Poremećeni obrasci spavanja:** Ptice, kao i mnoge druge životinje, imaju cirkadijalni ritam reguliran svjetlošću i tamom. Svjetlosno onečišćenje može poremetiti te ritmove, što dovodi do promijenjenih obrazaca spavanja i skraćenog vremena odmora. To može imati štetne učinke na njihovo cjelokupno zdravlje i kondiciju.

#### 2. Promijenjeni obrasci migracije:

- **Privlačnost prema izvorima svjetlosti:** Umjetno svjetlo može privući ptice selice, uzrokujući da postanu dezorijentirane i kruže oko osvijetljenih struktura poput visokih zgrada i komunikacijskih tornjeva. Ova dezorijentacija može dovesti do iscrpljenosti i sudara, što rezultira smrtnim slučajevima ptica.
- **Odgođena migracija:** svjetlosno onečišćenje može odgoditi ili poremetiti vrijeme migracije, što može utjecati na obrasce uzgoja i gniježđenja. Na primjer, ptice koje se oslanjaju na određene ekološke znakove, kao što su lunarni ciklus ili zvjezdani uzorci, mogu postati zbunjene umjetnim svjetlom.

#### 3. Povećana ranjivost na predaciju:

- **Povećana vidljivost predatora:** Višak svjetla može učiniti ptice vidljivijima predatorima, kako na tlu tako i u zraku, povećavajući rizik od grabežljivaca. Predatori mogu lakše uočiti plijen pod umjetnim svjetlom, što dovodi do veće stope smrtnosti.





#### 4. Utjecaj na uzgoj i gniježđenje:

- **Poremećeno udvaranje i ponašanje** gniježđenja: Svjetlosno onečišćenje može poremetiti prikaze udvaranja i ometati aktivnosti uzgoja i gniježđenja. To može smanjiti reproduktivni uspjeh ptičjih vrsta koje se razmnožavaju u urbanim ili dobro osvijetljenim područjima.

#### 5. Promjene u korištenju staništa:

- **Izbjegavanje dobro osvijetljenih područja:** Neke vrste ptica mogu u potpunosti izbjeći dobro osvijetljena područja, što dovodi do promjena u njihovoj uporabi staništa. To može dovesti do smanjenja dostupnih mjesta traganja i gniježđenja, što utječe na raspodjelu stanovništva.

#### 6. Privlačnost antropogenih izvora svjetlosti:

- **Sudari sa zgradama:** Ptice često privlače osvijetljene zgrade tijekom migracije, što može dovesti do sudara s prozorima i konstrukcijama, uzrokujući ozljede ili smrtnost. Ti su sudari značajna briga u urbanim područjima.

#### 7. Poremećaj ekosustava:

- **Utjecaj na prehrambene lance:** Svjetlosno onečišćenje može poremetiti noćne ekosustave promjenom ponašanja vrsta plijena, što zauzvrat može utjecati na vrste koje ih vrebaju, uključujući ptice. Ti poremećaji mogu se probijati kroz prehrambene lance i utjecati na čitave ekosustave.

Napori za ublažavanje utjecaja svjetlosnog onečišćenja na ptice uključuju:

- **Zaštićena rasvjeta:** Korištenje pravilno zaštićenih vanjskih rasvjetnih tijela koja usmjeravaju svjetlo prema dolje i minimiziraju izlivanje svjetla prema gore i prema van.
- **Policijski sat za rasvjetu:** Uvođenje policijskog sata rasvjete tijekom kritičnih razdoblja migracije ptica kako bi se smanjila vjerojatnost dezorijentacije.
- **Edukativne kampanje:** Podizanje svijesti javnosti o važnosti smanjenja svjetlosnog onečišćenja i usvajanje praksi rasvjete prilagođene pticama.
- **Očuvanje područja tamnog neba:** Uspostavljanje i zaštita područja tamnog neba, kao što su Međunarodni parkovi tamnog neba, gdje je rasvjeta minimizirana kako bi se očuvala prirodna tama.

Rješavanje problema svjetlosnog onečišćenja ključno je za dobrobit i očuvanje vrsta ptica, kao i za cjelokupno zdravlje ekosustava. Za to je potrebna kombinacija praksi odgovorne rasvjete, mjera politike i osviještenosti javnosti.







## Učinci na insekte

Svjetlosno onečišćenje ima značajne i često štetne učinke na insekte, narušavajući njihovo prirodno ponašanje, životne cikluse i ekološke uloge. Evo nekoliko ključnih utjecaja svjetlosnog onečišćenja na insekte:

### 1. Privlačnost prema izvorima svjetlosti:

- **Dezorijentacija:** Mnoge noćne insekte, uključujući moljce i kukce, privlače umjetni izvori svjetlosti. Mogu postati dezorijentirani i provesti prekomjerne količine vremena kružeći umjetnim svjetlima, što može dovesti do iscrpljenosti i grabežljivosti.
- **Izmijenjene putanje leta:** Insekti koji su privučeni umjetnom svjetlošću mogu odstupati od svojih prirodnih putova leta. To može poremetiti njihovu sposobnost lociranja prikladnih staništa, izvora hrane i partnera za parenje.

### 2. Poremećaj reproduktivnog ponašanja:

- **Ponašanje parenja:** Svjetlosno onečišćenje može ometati ponašanje parenja noćnih insekata. Muški moljci, na primjer, mogu se odvući od ženki zbog umjetnih svjetala, smanjujući njihove šanse za reprodukciju.
- **Polaganje jaja:** Svjetlosno onečišćenje može utjecati na vrijeme i mjesto polaganja jaja za insekte. Neke vrste polažu jaja na biljke, a poremećaj prirodnih svjetlosnih znakova može dovesti do neoptimalnog izbora ovih pozicijskih mjesta.

### 3. Smanjena učinkovitost hranjenja:

- **Rizik od predacije:** Insekti koje privlače umjetna svjetla imaju povećan rizik od grabežljivaca od strane noćnih grabežljivaca, kao što su šišmiši i ptice. To može dovesti do smanjenja populacija insekata, što može imati kaskadne učinke na ekosustave.
- **Ometanje oprašivanja:** Noćni oprašivači, kao što su moljci i određeni kornjaši, mogu biti manje učinkoviti u svojoj ulozi zbog ometanja umjetnih svjetala, što može utjecati na reproduktivni uspjeh cvjetnica.

### 4. Poremećaj cirkadijanskog ritma:

- **Promijenjeni obrasci aktivnosti:** Svjetlosno onečišćenje može poremetiti cirkadijalni ritam insekata, utječući na njihove obrasce aktivnosti i dnevne cikluse. To može dovesti do promjena u vremenu hranjenja, parenja i odmora.





#### 5. Promjene u korištenju staništa:

- **Izbjegavanje osvijetljenih područja:** Neki insekti mogu u potpunosti izbjeći dobro osvijetljena područja, mijenjajući uporabu staništa i potencijalno dovodeći do promjena stanovništva.

#### 6. Ekološke posljedice:

- **Utjecaj na prehrambene lance:** Promjene u ponašanju i obilju insekata zbog svjetlosnog onečišćenja mogu poremetiti prehrambene lance i utjecati na grabežljivce koji se oslanjaju na insekte kao primarni izvor hrane.

#### 7. Utjecaj na biološku raznolikost insekata:

- **Smanjena raznolikost:** Svjetlosno onečišćenje može dovesti do smanjenja raznolikosti vrsta insekata u urbanim i prigradskim područjima, jer su neke vrste osjetljivije na umjetno svjetlo od drugih.

Napori za ublažavanje utjecaja svjetlosnog onečišćenja na insekte uključuju:

- **Smanjenje intenziteta svjetla:** Korištenje vanjske rasvjete manjeg intenziteta ili ugradnja svjetala aktiviranih pokretom koja se aktiviraju samo kada je to potrebno može pomoći u smanjenju svjetlosnog onečišćenja.
- **Zaštićena rasvjeta:** Korištenje pravilno zaštićenih rasvjetnih tijela koja usmjeravaju svjetlost prema dolje i smanjuju izlivanje svjetlosti u okolinu.
- **Selektivno osvijetljenje:** Korištenje rasvjete sa specifičnim spektralnim karakteristikama (npr. Toplije temperature boja) koje su manje privlačne insektima može smanjiti njihovu privlačnost umjetnim svjetlima.
- **Policijski sat i zatamnjenje:** uvođenje policijskog sata ili mjera zatamnjenja tijekom ključnih razdoblja aktivnosti insekata, primjerice tijekom sezona migracija ili parenja.
- **Obrazovne inicijative:** Podizanje svijesti javnosti o negativnim učincima svjetlosnog onečišćenja na insekte i važnosti odgovornih praksi vanjske rasvjete.

Rješavanje problema svjetlosnog onečišćenja ključno je ne samo za dobrobit insekata, već i za održavanje ekološke ravnoteže i funkcioniranja ekosustava jer insekti imaju ključnu ulogu u oprašivanju, razgradnji i prehrambenim mrežama.





## Vodeni život

Svjetlosno onečišćenje može imati znatan utjecaj na vodeni život, posebno u slatkovodnim i morskim ekosustavima. Umjetno svjetlo može poremetiti cikluse prirodnog svjetla u vodenim okolišima, utječući na širok raspon organizama, od fitoplanktona do riba, pa čak i morskih sisavaca. Evo nekoliko ključnih učinaka svjetlosnog onečišćenja na vodeni život:

### 1. Poremećaj prirodnog ponašanja:

- **Noćno ponašanje:** Mnogi vodeni organizmi, poput riba i rakova, evoluirali su kako bi se oslanjali na prirodne svjetlosne znakove kako bi regulirali svoje svakodnevne aktivnosti, uključujući hranjenje, parenje i izbjegavanje grabežljivaca. Svjetlosno onečišćenje može poremetiti takva ponašanja mijenjajući njihovu percepciju dana i noći.

### 2. Ekološke posljedice:

- **Predacija:** Predatori koji se oslanjaju na uvjete slabog osvjetljenja za lov mogu postati manje učinkoviti pod umjetnim svjetlom, dopuštajući vrstama plijena da napreduju. Suprotno tome, vrste plijena mogu postati osjetljivije na grabežljivce pod umjetnim svjetlom.
- **Promjene u reproduktivnim obrascima:** Neki vodeni organizmi, poput morskih kornjača, oslanjaju se na prirodnu tamu za gniježđenje. Svjetlosno onečišćenje može odvratiti ženke od dolaska na obalu kako bi položile jaja ili dezorijentirale mladunce, što dovodi do smanjenog reproduktivnog uspjeha.

### 3. Promjene u korištenju staništa:

- **Izbjegavanje dobro osvijetljenih područja:** Neke vodene vrste mogu izbjeći dobro osvijetljena područja, što dovodi do promjena u korištenju staništa. To izbjegavanje može ograničiti dostupno stanište i promijeniti dinamiku ekosustava.

### 4. Poremećaj planktonskih organizama:

- **Fitoplankton i Zooplankton:** Fitoplankton, temelj morskih prehrambenih lanaca, oslanja se na prirodne svjetlosne obrasce za fotosintezu. Svjetlosno onečišćenje može poremetiti njihov rast i distribuciju, utječući na zooplankton i druge vrste više u prehrambenom lancu.





#### 5. Promjene u migraciji i navigaciji:

- **Migracije mora:** Neke morske vrste poduzimaju migracije na velike udaljenosti, vođene prirodnim svjetlosnim znakovima, poput Mjeseca i zvijezda. Svjetlosno onečišćenje može dezorijentirati ove životinje, što dovodi do navigacijskih pogrešaka.

#### 6. Utjecaj na koraljne grebene:

- **Zdravlje koralja:** Koraljni grebeni osjetljivi su na svjetlosno onečišćenje, što može poremetiti njihove prirodne svjetlosne cikluse i ponašanje organizama koji obitavaju u grebenima. To može imati kaskadne učinke na zdravlje i opstanak koraljnih ekosustava.

#### 7. Promijenjeno ponašanje mrijesta:

- **Mrijest riba:** Neke vrste riba oslanjaju se na specifične svjetlosne uvjete za uspješno mriještenje. Svjetlosno onečišćenje može ometati takva ponašanja, potencijalno smanjujući zapošljavanje i veličinu populacije.

#### 8. Utjecaj na bioluminiscentne organizme:

- **Bioluminiscentne vrste:** Bioluminiscentni organizmi, kao što su određene vrste meduza i riba, koriste svoje prirodne svjetlosne emisije za komunikaciju, kamuflažu i predaciju. Umjetno svjetlo može ometati takva ponašanja.

Napori za ublažavanje utjecaja svjetlosnog onečišćenja na vodeni život uključuju:

- **Pravilan dizajn rasvjete:** Korištenje dobro dizajniranih i zaštićenih rasvjetnih tijela u blizini vodenih tijela kako bi se smanjilo izlivanje svjetlosti.
- **Programi gašenja svjetla:** Provedba programa gašenja svjetla u obalnim područjima tijekom sezona gniježđenja morskih kornjača kako bi se smanjila dezorijentacija mladunčadi.
- **Smanjenje obalnog razvoja:** ograničavanje prekomjernog obalnog razvoja i postavljanje jakih umjetnih svjetala u blizini osjetljivih vodenih staništa.
- **Edukativne kampanje:** Podizanje svijesti o negativnim učincima svjetlosnog onečišćenja na vodene ekosustave i poticanje odgovornih praksi rasvjete u blizini vodnih tijela.
- **Istraživanje i praćenje:** provođenje istraživanja radi boljeg razumijevanja specifičnih učinaka svjetlosnog onečišćenja na vodeni život i praćenje promjena u ekosustavima radi procjene učinkovitosti napora za ublažavanje.





Rješavanje problema svjetlosnog onečišćenja u vodenim okolišima ključno je za održavanje zdravlja i ravnoteže tih ekosustava, koji pružaju stanište širokom rasponu vrsta i podupiru ribarstvo i turističku industriju.

## Studije slučaja koje ilustriraju ekološke posljedice

Evo pet studija slučaja koje ističu utjecaj svjetlosnog onečišćenja na divlje životinje:

### Studija slučaja: Dezorijentacija mladunaca morskih kornjača

- **Lokacija:** Obalna područja širom svijeta.
- **Opis:** Poznato je da su mladunci morskih kornjača posebno osjetljivi na svjetlosno onečišćenje. Svjetla umjetna svjetla u blizini plaža za gniježđenje mogu dezorijentirati mladunce, odvođeći ih od oceana prema opasnosti, poput cesta i grabežljivaca. Mnogi naponi očuvanja usredotočili su se na smanjenje svjetlosnog onečišćenja u područjima gniježđenja morskih kornjača kako bi se poboljšala stopa preživljavanja mladunaca.
- **Učinak:** Svjetlosno onečišćenje dovelo je do smanjenja populacije morskih kornjača u nekim područjima, jer manje mladunaca sigurno stiže do oceana.

### Studija slučaja: Pad populacije noćnih insekata

- **Lokacija:** Razne urbane i prigradske sredine.
- **Opis:** Istraživači su proveli opsežne studije o učincima svjetlosnog onečišćenja na noćne insekte, kao što su moljci i krijesnice. Ta su istraživanja pokazala da umjetno svjetlo privlači i dezorijentira ove insekte, što dovodi do smanjene populacije. Pad populacija insekata može imati kaskadne učinke na ekosustave, utječući na ptice i šišmiše koji jedu insekte.





Krijesnice koje se roje u Nacionalnom parku Bükk (Park tamnog neba Bükk)

- **Učinak:** svjetlosno onečišćenje doprinosi smanjenju biološke raznolikosti insekata i može poremetiti ekološke interakcije u pogođenim područjima.

#### Studija slučaja: Poremećaj migracije ptica

- **Lokacija:** Urbana i prigradska područja duž migracijskih ruta ptica.
- **Opis:** Ptice selice često se oslanjaju na prirodne svjetlosne znakove, uključujući mjesec i zvijezde, za navigaciju tijekom svojih dugih putovanja. Svjetlosno onečišćenje može dezorijentirati ove ptice, uzrokujući njihovo sudar sa zgradama, tornjevima i drugim strukturama. Istraživanja su pokazala da svjetlosno onečišćenje može rezultirati povećanom stopom smrtnosti među pticama selicama.
- **Učinak:** svjetlosno onečišćenje predstavlja znatnu prijetnju populacijama ptica selica, posebno u urbaniziranim regijama.



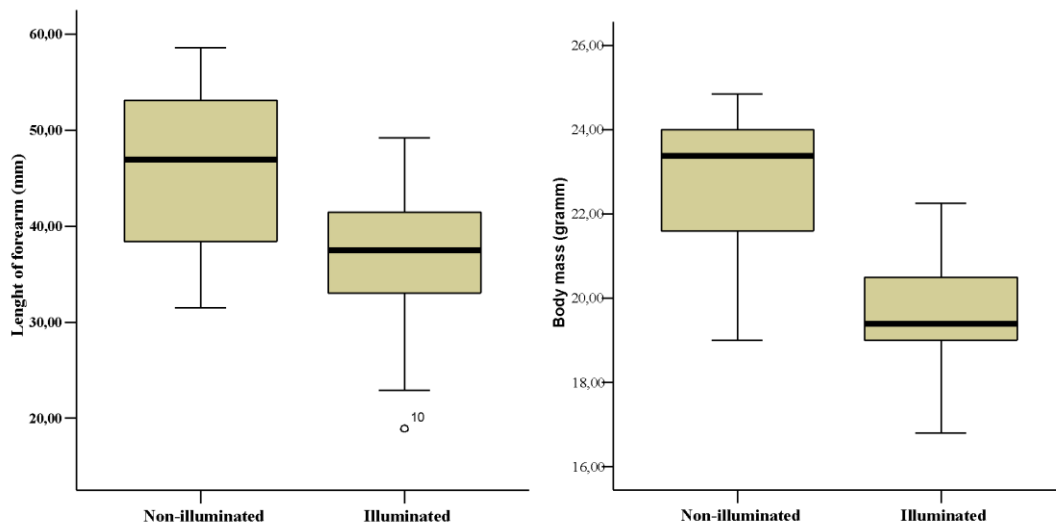


Štetna svjetla za ptice, izvor: <https://birdcast.info/science-to-action/lights-out/>

### Studija slučaja: Utjecaj na šišmiše i njihov plijen

- **Lokacija:** Područja s visokom razinom svjetlosnog onečišćenja u blizini staništa šišmiša.
- **Opis:** Šišmiši su noćna stvorenja koja se oslanjaju na tamu za lov insekata. Umjetno svjetlo može poremetiti njihovo ponašanje u hranidbi, smanjujući njihovu učinkovitost hranjenja. Osim toga, insekti koje šišmiši plijene mogu biti privučeni umjetnim svjetlima, što ih čini ranjivijima na grabežljivce šišmiša i drugih grabežljivaca.
- **Učinak:** svjetlosno onečišćenje može poremetiti osjetljivu ravnotežu interakcija šišmiša i insekata, što može dovesti do promjena u populaciji šišmiša i dinamici štetočina insekata.





Indeksi tjelesne mase šišmiša u osvijetljenim i neosvijetljenim okruženjima (Izvor: Uprava nacionalnog parka Aggteleki, Boldogh i dr.)

### Studija slučaja: Utjecaj na morske ekosustave

- **Lokacija:** Obalni i morski okoliš s visokom razinom svjetlosnog onečišćenja.
- **Opis:** Na koraljne grebene i druge morske ekosustave može utjecati svjetlosno onečišćenje koje može poremetiti ponašanje noćnih morskih vrsta. Na primjer, neke vrste riba i koralja oslanjaju se na prirodne svjetlosne znakove kako bi koordinirale svoje aktivnosti. Svjetlosno onečišćenje može ometati takva ponašanja i poremetiti zdravlje i ekologiju tih ekosustava.
- **Učinak:** svjetlosno onečišćenje može doprinijeti smanjenju koraljnih grebena i poremećaju morskih prehrambenih lanaca i ekoloških procesa.

Ove studije slučaja ilustriraju različite i dalekosežne učinke svjetlosnog onečišćenja na divlje životinje u različitim ekosustavima. Napori za ublažavanje tih učinaka često uključuju smanjenje razine umjetnog svjetla, provedbu propisa o rasvjeti i podizanje svijesti javnosti o važnosti minimiziranja svjetlosnog onečišćenja.





## Učinci na prirodne sustave

### Utjecaj svjetlosnog onečišćenja na biljni svijet

Svjetlosno onečišćenje također može imati značajne učinke na biljni svijet, iako su ti učinci često manje proučeni i shvaćeni u usporedbi s njegovim učincima na životinje i ekosustave. Evo nekoliko načina na koje svjetlosno onečišćenje može utjecati na biljni svijet:

#### 1. Promijenjeni obrasci rasta:

- **Prošireni fotoperiodi:** Umjetno svjetlo noću može stvoriti produžene fotoperiode (dnevno svjetlo) za biljke. Neke biljke mogu reagirati na ovo dugotrajno izlaganje svjetlu mijenjajući svoje obrasce rasta. Na primjer, određene vrste mogu nastaviti fotosintezirati tijekom noći, što može utjecati na njihov razvoj i reprodukciju.
- **Cvjetanje i plodonošenje:** Svjetlosno onečišćenje može poremetiti prirodno vrijeme cvatnje i plodonošenja kod nekih biljnih vrsta. Promjene u duljini noćnih razdoblja mogu dovesti do nepravilnih ciklusa cvjetanja i plodonošenja.

#### 2. Utjecaj na oprašivanje:

- **Poremećeno ponašanje** oprašivača: Mnoge se biljke oslanjaju na noćne oprašivače, kao što su moljci i šišmiši, za uspješnu reprodukciju. Svjetlosno onečišćenje može poremetiti ponašanje ovih oprašivača, utječući na oprašivanje biljnih vrsta koje ovise o njima.

#### 3. Promijenjene interakcije biljaka i insekata:

- **Ponašanje biljojeda:** Insekti koje privlači umjetno svjetlo mogu nehotice oštetiti obližnje biljke biljojedima. To može utjecati na zdravlje biljaka i promijeniti dinamiku interakcija biljaka i insekata.

#### 4. Utjecaji na raspršivanje sjemena:

- **Promjene u raspršivanju sjemena:** Noćne životinje, uključujući šišmiše i neke glodavce, igraju važnu ulogu u raspršivanju sjemena. Svjetlosno onečišćenje može poremetiti njihovo prirodno ponašanje, potencijalno utječući na raspršivanje sjemena i distribuciju biljnih vrsta.

#### 5. Utjecaj na biološku raznolikost biljaka:

- **Promijenjeni konkurentski odnosi:** Promjene u obrascima rasta, vremenu cvatnje i dinamici oprašivanja mogu dovesti do promijenjenih natjecateljskih odnosa među biljnim vrstama. Neke vrste mogu steći konkurentsku prednost u uvjetima koji su onečišćeni svjetlom, dok druge mogu opadati.





## 6. Neizravni učinci na ekosustave:

- **Promjene u dostupnosti hrane:** Svjetlosno onečišćenje može utjecati na obilje i ponašanje insekata, koji su ključni izvor hrane za mnoge životinje. Te promjene u populacijama kukaca mogu imati kaskadne učinke na ekosustave, što može utjecati na interakcije biljaka i oprašivača i dinamiku prehrambenih mreža.

Važno je napomenuti da učinci svjetlosnog onečišćenja na biljni svijet mogu varirati ovisno o biljnim vrstama, intenzitetu i trajanju izloženosti umjetnoj svjetlosti i specifičnom ekološkom kontekstu. Iako su neke studije istaknule te potencijalne učinke, potrebna su daljnja istraživanja kako bi se u potpunosti razumjeli opseg i nijanse učinaka svjetlosnog onečišćenja na biljne zajednice i ekosustave.

## Astronomski učinci i učinci na ljudsko zdravlje

### Izazovi s kojima se suočavaju astronomi

Astronomi su prva stranka kada je u pitanju uočavanje stvarnih učinaka svjetlosnog onečišćenja. Budući da provode izravna promatranja, podložni su njegovim najvizualnijim učincima.

Cijeli ovaj novi niz izazova utječe na nekoliko redovitih linija rada s kojima se astronomi svakodnevno suočavaju:

#### 1. Poteškoće u promatranju slabih objekata:

Intenzivna svjetlina neba može uzrokovati gubitak detalja pri promatranju kroz teleskop. Nedostatak dobre količine kontrasta između "tamnih" dijelova slike i njezinih detalja pogoršava kvalitetu procjena na takvim opažanjima.

Ovaj fenomen može se kvantificirati putem koncepta ograničavajuće veličine: najslabijeg objekta koji određeni instrument može promatrati. Svi teleskopi imaju teoretsku granicu koja ovisi samo o njihovom otvoru blende i može se izračunati putem:

$$m_{lim} = 2 + 5 \log(D_0)$$

Gdje  $m$  predstavlja graničnu magnitudu i  $D$  promjer otvora teleskopa.

Teško da je ikada moguće doći do takvih vrijednosti zbog vanjskih čimbenika, kao što je svjetlosno onečišćenje. Možemo reći da smo u jako zagađenom okruženju kada je razlika između teoretske i stvarne ograničavajuće veličine velika.

#### 2. Ograničen pristup promatračnicama i teški uvjeti promatranja:

Postojanje jako zagađenih okruženja u blizini najnaseljenijih jezgri našeg društva čini činjenično prakticiranje astronomske tehnike nemogućom za takva mjesta. U tom scenariju, oni





Ijudi koji žele nastaviti s tim opažanjima osjećaju se prisiljeni preseliti se na udaljena mjesta koja imaju razumnu kvalitetu tamnog neba za obavljanje svog posla.

U većini slučajeva to uključuje prijevoz do mjesta udaljenih nekoliko sati od gradova i izgradnju opservatorija u manje snalažljivim okruženjima, što također povećava troškove aktivnosti. Pronalaženje mračnog mjesta danas je vrlo zahtjevan izazov, ali neke organizacije kao što su International Dark Sky Association (IDA) ili Starlight Foundation pružaju određenu pomoć kada je riječ o tome.

### 3. Prekid rasporeda promatranja:

Većina astronomskih opažanja ovisi o vremenu. To znači da je njihovo promatranje izvedivo samo tijekom određenog vremenskog razdoblja (što se može odnositi na optimalne uvjete promatranja ili fizičke događaje koji se događaju u određenom vremenskom razdoblju).

Takva vremena mogu biti jako prekinuta ili poremećena svjetlosnim onečišćenjem, sprječavajući astronome da izvrše promatranja u pravo vrijeme.

### 4. Utjecaj na informiranje javnosti i obrazovanje:

Udar koji stvara prvi pogled na *pravo* tamno nebo nešto je što ostavlja trag na promatraču. Taj osjećaj je nešto što astronomski komunikatori koriste kao alat za stvaranje emocija u svojoj publici i stvaranje osjećaja odgovornosti i zaštite prema njoj.

Svakodnevno je teže pronaći nebo koje ispunjava ta očekivanja, tako da posao komunikatora postaje teži. Svjetlosno onečišćenje umanjuje učinak poruke koju komunikatori pokušavaju razviti.

### 5. Znanstveni utjecaj:

I promatranja na Zemlji i svemirska opažanja snažno su pod utjecajem svjetlosnog onečišćenja. Zlouporaba svjetala u populacijskim jezgrama je nešto štetno što je utjecalo izvan Zemlje. Čak i teleskopi poput Hubblea osjećaju poremećaj uzrokovan tim svjetlima.

Znanstveni utjecaj je nešto što je teško izmjeriti, ali u konačnici može biti povezano s publikacijama koje je izradio određeni tim i njihovim utjecajem na društvo. Ako se teleskopu smanji izlaz zbog nekog vanjskog uzroka, to nam već može reći da takav učinak igra ključnu ulogu u znanstvenom utjecaju instrumenta.

### 6. Potrošnja energije i utjecaj na okoliš:

Iako to možda neće izravno utjecati na astronomska promatranja, prekomjerna upotreba pogrešno usmjerene svjetlosti postaje problem za potrošnju energije, budući da se dobit uzeta iz





takve energije smanjuje zlouporabom. To ima ekonomski utjecaj na društvo, kao i postaje prirodni problem.

Rješavanje tih izazova zahtijeva zajedničke napore za smanjenje svjetlosnog onečišćenja odgovornim praksama vanjske rasvjete, usvajanjem uredbi i propisa o rasvjeti, kampanjama javnog obrazovanja i podizanja svijesti te očuvanjem područja tamnog neba. Ti su napori ključni kako bi se osiguralo da astronomi mogu nastaviti davati značajan doprinos našem razumijevanju svemira.

## Zabrinutost za ljudsko zdravlje

Svjetlosno onečišćenje može imati nekoliko problema s ljudskim zdravljem, prvenstveno povezanih s poremećajima u obrascima spavanja, cirkadijalnim ritmovima i općom dobrobiti. Evo nekoliko ključnih zdravstvenih problema povezanih s svjetlosnim onečišćenjem:

### 1. Poremećaji spavanja:

Količina i temperatura svjetlosti koju ljudsko oko percipira igra ključnu ulogu u ciklusu spavanja. Kada se intenzitet i temperatura svjetlosti smanje, naša tijela mogu generirati melatonin, hormon povezan s pospanošću.

To može dovesti do poremećaja spavanja povezanih sa spavanjem, spavanjem ili "učinkom noćne smjene", koji uzrokuje opći umor i pospanost zbog loše kvalitete spavanja.

### 2. Poremećaj cirkadijanskog ritma:

Ljudska tijela uvelike se oslanjaju na cikličke obrasce kako bi regulirala svoje procese, a svjetlost je nešto ključno u tom aspektu. U nedostatku promjene na svjetlu koje se percipira postoje cirkadijalne promjene, gdje metabolizam i opće zdravlje osjećaju učinke poremećaja na prirodne hormonalne obrasce.

Pokazalo se da su te promjene vrlo štetne za ljudska bića što u konačnici dovodi do promjena raspoloženja i promjena osobnosti, debljanja i kardiovaskularnih problema.

### 3. Oslabljene kognitivne funkcije:

Nedostatak sna i cirkadijalni poremećaj uzrokovan svjetlosnim onečišćenjem mogu narušiti kognitivne funkcije kao što su pažnja, pamćenje i donošenje odluka. To može utjecati na produktivnost i sigurnost u društvenim okruženjima.

### 4. Poremećaj hormonske regulacije:

Svjetlosno onečišćenje može poremetiti regulaciju hormona kao što su kortizol, inzulin i hormoni štitnjače, potencijalno doprinoseći metaboličkim i endokrinim poremećajima.





#### 5. **Povećan rizik od određenih vrsta raka:**

Neke studije sugeriraju vezu između izloženosti svjetlu noću i povećanog rizika od raka dojke. Poremećaj proizvodnje melatonina, koji ima antikancerogena svojstva, može igrati ulogu u ovoj udruzi.

Svjetlosno onečišćenje također je povezano s povećanim rizikom od raka prostate u nekim istraživanjima, posebno među radnicima u smjenama.

#### 6. **Zabrinutost za zdravlje očiju:**

Prekomjerna izloženost umjetnom svjetlu, posebno s digitalnih zaslona i svijetle unutarnje rasvjete, može dovesti do naprezanja očiju, nelagode i poremećaja vida.

Napori za ublažavanje problema s ljudskim zdravljem povezanih sa svjetlosnim onečišćenjem uključuju korištenje rasvjete tople boje niskog intenziteta noću, usvajanje odgovornih praksi osvjetljenja, smanjenje emisija svjetlosti iz elektroničkih uređaja prije spavanja i promicanje svijesti o važnosti prirodne tame za san i dobrobit. Javno obrazovanje i mjere politike mogu imati važnu ulogu u rješavanju tih zdravstvenih problema.

## **Društvene i kulturne implikacije**

Svjetlosno onečišćenje ima niz društvenih i kulturnih implikacija koje nadilaze njegove izravne učinke na okoliš i zdravlje. Ove implikacije dotiču se različitih aspekata društva, kulture i ljudskog ponašanja:

#### 1. **Prekid veze s noćnim nebom:**

Povijest čovječanstva bila je usko povezana s njegovim odnosom s noćnim nebom. Zapravo, interes za kozmologiju i kozmogoniju ima blisku vezu sa promatranjem zvijezda. Učinci svjetlosnog onečišćenja izravno se pretvaraju u gubitak povezanosti i razumijevanja za nešto u čemu više ne možemo uživati u potpunosti.

#### 2. **Utjecaj na rekreaciju na otvorenom:**

Prekomjerno umjetno svjetlo noću može obeshrabriti aktivnosti na otvorenom kao što su kampiranje, planinarenje i noćni sportovi. Ljudi mogu propustiti rekreativne i obrazovne prednosti doživljavanja prirodne tame.

Stroža kontrola svjetlosnog onečišćenja može zahtijevati ograničenja noćnih događaja, kao što su glazbeni festivali ili nastupi na otvorenom, koji utječu na kulturna i društvena okupljanja. Ipak, ovaj će utjecaj zasigurno biti manji od onog uzrokovanog nedostatkom svijesti.





### 3. Energetski otpad i utjecaj na okoliš:

Svjetlosno onečišćenje predstavlja neučinkovito korištenje energije i resursa, što dovodi do većih računa za energiju, povećanja emisija stakleničkih plinova i doprinosa klimatskim promjenama. Sve u svemu, luksuz koji si Zemlja ne može priuštiti i protiv kojeg se moramo temeljito boriti.

Prekomjerna umjetna rasvjeta može poremetiti lokalne ekosustave, utječući na ponašanje divljih životinja, migraciju i reprodukciju. Taj utjecaj na okoliš može imati dugoročne posljedice za biološku raznolikost i ekološku ravnotežu. Dodaje mnoge druge učinke koji već otežavaju suživot čovjeka i okoliša.

### 4. Zdravlje i dobrobit:

Poremećaj spavanja zbog svjetlosnog onečišćenja zdravstveni je problem koji može utjecati na mnoge aspekte ljudskog zdravlja, mentalnog i fizičkog. Takva zabrinutost trebala bi postati prioritet u borbi protiv svjetlosnog onečišćenja jer utječe na pojedince čije je ponašanje izravno povezano sa sigurnošću i produktivnošću njihovih okruženja.

### 5. Urbanizam i estetika:

Upravljanje svjetlosnim onečišćenjem može promijeniti naš način razumijevanja urbane estetike. Činjenica da možemo zamagliti prirodna okruženja može nas dovesti do smanjene ljepote u urbanim sredinama. Možda će biti potrebno uvesti novi način razumijevanja dizajna i arhitekture kako bi se bolje nosili s takvim događajima.

### 6. Ekonomske implikacije:

Svjetlosno onečišćenje nameće ekonomske troškove zajednicama povećanom potrošnjom energije, troškovima zdravstvene zaštite povezanim s poremećajima spavanja i smanjenim vrijednostima imovine u područjima pogođenim prekomjernom rasvjetom.

S druge strane, područja s minimalnim svjetlosnim onečišćenjem mogu privući turiste i astronome amatere, doprinoseći lokalnim gospodarstvima kroz turizam i događaje promatranja zvijezda. Također, cijela ova nova grana pod nazivom Astro turizam može biti naseljavanje novih gospodarskih aktivnosti temeljenih na tami neba.

### 7. Svijest javnosti i obrazovanje:

Podizanje svijesti javnosti o negativnim učincima svjetlosnog onečišćenja može dovesti do kulturnog pomaka prema odgovornijim praksama osvjetljenja i uvažavanja prirodne tame. To društvu može dati vodeću ulogu prema potrebnim promjenama.





Obrazovne inicijative koje promiču vrijednost tamnog neba i važnost njihovog očuvanja mogu imati dalekosežne kulturne posljedice poticanjem veće zahvalnosti za noćno okruženje, posebno među onom mladom javnošću koja će se o tome morati brinuti u bliskoj budućnosti.

Rješavanje svjetlosnog onečišćenja zahtijeva višeslojni pristup koji uključuje promjene u tehnologijama rasvjete, urbanističkom planiranju, javnoj politici i individualnom ponašanju. Kulturološki, to uključuje poticanje zahvalnosti za prirodno noćno nebo i prepoznavanje njegovog značaja u različitim kulturnim i znanstvenim kontekstima.

## 1.2. Mjerenje i procjena svjetlosnog onečišćenja

### Instrumenti poput Sky Quality Meters

Mjerači kvalitete neba (SQM) specijalizirani su instrumenti koji se koriste za mjerenje i kvantificiranje svjetlosnog onečišćenja i kvalitete noćnog neba. Ovi uređaji pružaju objektivna mjerenja svjetline neba, što je neophodno za procjenu utjecaja umjetnog svjetla na noćno okruženje. Evo ključnih značajki i funkcija mjerača kvalitete neba:

1. **Fotodetektor:** Srce mjerača kvalitete neba vrlo je osjetljiv fotodetektor, obično fotodioda ili fotomultiplikatorska cijev. Ova komponenta mjeri količinu svjetlosti koja pada na njezinu površinu.
2. **Spektralna osjetljivost:** Mjerači kvalitete neba često su dizajnirani da imaju osjetljivost koja usko odgovara odgovoru ljudskog oka na svjetlost na različitim valnim duljinama. To čini njihova mjerenja relevantnijima za ljudsku percepciju svjetline.
3. **Vidno polje:** SQM-ovi imaju određeno vidno polje koje određuje područje neba s kojeg skupljaju svjetlost. Vidno polje može varirati ovisno o modelu, ali obično je oko 20-30 stupnjeva, što im omogućuje da uhvate širok dio neba.
4. **Zapisivanje podataka:** Mnogi moderni mjerači kvalitete neba opremljeni su mogućnostima zapisivanja podataka. Oni bilježe mjerenja tijekom vremena, omogućujući procjenu kako se svjetlosno onečišćenje mijenja tijekom noći ili tijekom godišnjih doba.
5. **Mjerna jedinica:** Mjerači kvalitete neba obično prijavljuju mjerenja u jedinicama poput magnitude po kvadratnom luku ( $\text{mag} / \text{arcsec}^2$ ), što astronomski kvantificira svjetlinu neba. Niže vrijednosti ukazuju na tamnije nebo, dok više vrijednosti označavaju više svjetlosnog onečišćenja.



Coordinates and collected SQM-L data	Image (original/false colour)	mag/as <sup>2</sup>
48° 4'35.69N; 20°27'5.98E SQM-L: 21.3		22.0 21.5 21.0 20.5 20.0 19.5 19.0
48°04.558'N ; 20°24.726' E SQM-L: 21.4		
48° 4'38.11"N; 20°29'40.48"E SQM-L: 21.2		
48° 3'25.17N ; 20°31'12.22E SQM-L: 21.3		
48° 3'21.22"N ; 20°29'55.19"E SQM-L: 21.1		
48° 2'43.40"N; 20°28'48.47"E SQM-L: 21.2		

Koordinate s mjerenjima u parku tamnog neba BÜKK (mag/arc2) Slike su snimljene ribljim lećama i kontrolom s SQM-L

6. **Integrirana mjerenja:** Neki SQM-ovi pružaju integrirana mjerenja tijekom određenog razdoblja (npr. Jedna minuta). To može pomoći u prosjeku kratkoročnih fluktuacija u razini svjetlosti.
7. **Usmjerena osjetljivost:** Neki modeli mogu mjeriti svjetlinu neba u različitim smjerovima, omogućujući procjenu svjetlosnog onečišćenja iz određenih izvora ili u određenim dijelovima neba.
8. **Prijenosni i montabilni:** SQM-ovi su dizajnirani da budu prijenosni, omogućujući korisnicima da ih odvedu na različita mjesta radi mjerenja. Također se mogu montirati na teleskope ili druge instrumente za specijalizirane primjene.





9. **Izlaz podataka:** SQM-ovi često imaju mogućnosti izlaza podataka, kao što su USB ili serijski priključci, za prijenos mjernih podataka na računalo radi analize. Neki modeli također imaju bežičnu vezu za daljinski pristup podacima.
10. **Kalibracija:** Redovita kalibracija ključna je kako bi se osigurala točnost brojila kvalitete neba. Kalibracija obično uključuje usporedbu očitavanja brojila s poznatim standardnim vrijednostima u kontroliranim uvjetima.
11. **Certifikat tamnog neba:** Neke mjerače kvalitete neba organizacije koriste za procjenu i certificiranje područja tamnog neba. Ta brojila pomažu u određivanju zadovoljava li lokacija kriterije za označavanje parka ili rezervata tamnog neba.

Mjerači kvalitete neba vrijedni su alati za astronome, ekologe i istraživače koji proučavaju učinke svjetlosnog onečišćenja. Oni pružaju objektivne podatke koji se mogu koristiti za zagovaranje boljih praksi osvjetljenja, podizanje svijesti javnosti i procjenu učinka napora za ublažavanje svjetlosnog onečišćenja.

## Tehnike daljinskog istraživanja

Tehnike daljinskog istraživanja mogu se koristiti za mjerenje i praćenje svjetlosnog onečišćenja iz svemira ili zrakoplova, pružajući širu perspektivu o opsegu i distribuciji umjetnog svjetla. Te su metode vrijedne za procjenu svjetlosnog onečišćenja na regionalnoj i globalnoj razini. Evo nekoliko tehnika daljinskog istraživanja za mjerenje svjetlosnog onečišćenja:

### 1. Mjerenja sjaja i refleksije:

- **Satelitske snimke:** Sateliti opremljeni radiometrijskim senzorima, poput radiometara ili multispektralnih kamera, mogu snimati slike Zemljine površine noću. Ove slike otkrivaju sjaj ili reflektiranje umjetnih izvora svjetlosti i terena ispod.
- **Podaci sa satelita niske zemljine orbite:** nekoliko satelita koji promatraju Zemlju, kao što su Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) na satelitu Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) i Day/Night Band (DNB) na seriji Joint Polar Satellite System (JPSS), pružaju podatke o noćnom svjetlu.

### 2. Indeksi svjetlosnog onečišćenja:

- **Indeks normalizirane razlike vegetacije (NDVI):** NDVI je uobičajeni indeks koji mjeri razliku između vidljivog i gotovo infracrvenog svjetla. Može neizravno pružiti informacije o urbanizaciji i opsegu umjetne rasvjete na nekom području.





- **Indeksi svjetlosnog onečišćenja:** Istraživači su razvili različite indekse svjetlosnog onečišćenja koji kvantificiraju intenzitet i prostornu raspodjelu umjetnog svjetla. Ti indeksi koriste podatke iz instrumenata daljinskog istraživanja za procjenu utjecaja svjetlosnog onečišćenja na noćno nebo.

### 3. Modeli radijalnog prijenosa:

- **Modeli širenja svjetlosti:** Modeli radijalnog prijenosa simuliraju širenje umjetne svjetlosti kroz atmosferu i njezinu interakciju sa Zemljinom površinom. Ovi se modeli mogu koristiti za procjenu onečišćenja svjetlom na razini nebodera i tla na temelju podataka daljinskog istraživanja.

### 4. Analiza vremenskih serija:

- **Otkrivanje promjena:** Analiza vremenskih serija podataka daljinskog istraživanja može otkriti promjene u opsegu i intenzitetu umjetne rasvjete tijekom vremena. Istraživači mogu identificirati trendove i procijeniti učinkovitost napora za ublažavanje svjetlosnog onečišćenja.

### 5. Toplinske infracrvene slike:

- **Toplinski infracrveni senzori:** Neki sateliti za daljinsko istraživanje opremljeni su toplinskim infracrvenim sensorima koji mogu otkriti toplinu koju stvara umjetna rasvjeta, poput uličnih svjetiljki i zgrada. Te se informacije mogu koristiti za procjenu distribucije izvora svjetlosti.

### 6. Procjena urbanog rasta:

- **Analiza korištenja zemljišta i pokrova zemljišta:** Podaci daljinskog istraživanja mogu se koristiti za procjenu promjena u korištenju zemljišta i pokrovu zemljišta, uključujući urbano širenje. Te su promjene često povezane s povećanim svjetlosnim onečišćenjem.

### 7. Mapiranje i prostorna analiza:

- **Geografski informacijski sustavi (GIS):** Kombiniranje podataka daljinskog istraživanja s GIS-om omogućuje izradu detaljnih karata i prostornih analiza svjetlosnog onečišćenja. GIS može pomoći u prepoznavanju područja s visokom razinom svjetlosnog onečišćenja i njihovom blizinom osjetljivim ekosustavima.

### 8. Otkrivanje i filtriranje oblaka:





- **Maskiranje u oblaku:** Daljinska obrada podataka uključuje tehnike otkrivanja oblaka i maskiranja kako bi se osigurala točna mjerenja umjetnog svjetla. Naoblaka može zakloniti pogled na gradska svjetla.

Tehnike daljinskog istraživanja vrijedan su alat za praćenje i procjenu svjetlosnog onečišćenja na regionalnoj i globalnoj razini. Omogućuju istraživačima i kreatorima politika da prate promjene u svjetlosnom onečišćenju tijekom vremena, identificiraju problematična područja i razviju ciljne strategije za ublažavanje njegovog utjecaja na okoliš i ljudsko zdravlje.

## Uloga građanske znanosti

Građanske znanstvene inicijative imaju ključnu ulogu u praćenju svjetlosnog onečišćenja i doprinosu našem razumijevanju njegova opsega i učinka. Evo nekoliko ključnih razloga zašto je građanska znanost važna u ovom kontekstu:

1. **Opsežna geografska pokrivenost:** Građanski znanstvenici raspoređeni su u različitim zemljopisnim regijama, uključujući urbana, prigradska i ruralna područja. Njihovo sudjelovanje omogućuje prikupljanje podataka sa širokog spektra lokacija, pružajući sveobuhvatniji pogled na prostornu distribuciju svjetlosnog onečišćenja.
2. **Količina i učestalost podataka:** Građanski znanstvenici mogu redovito doprinositi velikoj količini podataka. Ovo visokofrekventno praćenje pomaže u hvatanju vremenskih varijacija u svjetlosnom onečišćenju, kao što su promjene zbog sezonskih čimbenika ili specifičnih događaja poput praznika.
3. **Isplativo prikupljanje podataka:** Građanski znanstveni projekti mogu iskoristiti moć volontera za prikupljanje podataka, smanjujući troškove povezane s praćenjem svjetlosnog onečišćenja u usporedbi s tradicionalnim metodama istraživanja. Ta isplativost omogućuje opsežnije inicijative.
4. **Javni angažman i obrazovanje:** Građanski znanstveni projekti uključuju javnost u smislene znanstvene aktivnosti. Sudionici uče o učincima svjetlosnog onečišćenja na okoliš i ljudsko zdravlje, potičući svijest i razumijevanje problema.
5. **Uključenost zajednice:** Građanska znanost osnažuje zajednice da preuzmu aktivnu ulogu u praćenju i rješavanju lokalnog svjetlosnog onečišćenja. To sudjelovanje može dovesti do zajedničkih napora za smanjenje svjetlosnog onečišćenja i promicanje odgovornih praksi rasvjete.
6. **Kontrola kvalitete i validacija:** Mnogi građanski znanstveni projekti uključuju mjere kontrole kvalitete kako bi se osigurala pouzdanost podataka. To često uključuje provjeru





valjanosti podataka usporedbom s profesionalnim mjerenjima, osiguravajući točnost prikupljenih informacija.

7. **Rano otkrivanje problema:** Građanske znanstvene inicijative mogu poslužiti kao sustavi ranog upozoravanja, otkrivajući i dokumentirajući slučajeve prekomjerne ili loše dizajnirane rasvjete. Ovo rano otkrivanje može potaknuti lokalne vlasti da poduzmu korektivne mjere.
8. **Zagovaranje politike:** Podaci koje prikupljaju građanski znanstvenici mogu se koristiti za zagovaranje promjena politike i provedbe propisa o vanjskoj rasvjeti na lokalnoj, regionalnoj ili nacionalnoj razini. Dokazi koje su dostavili građanski znanstvenici jačaju slučaj ublažavanja svjetlosnog onečišćenja.
9. **Istraživanje i znanstveni uvidi:** Podaci koje generiraju građani mogu nadopuniti i poboljšati znanstvena istraživanja o svjetlosnom onečišćenju. Istraživači mogu koristiti ove podatke za provjeru modela, procjenu učinkovitosti napora za ublažavanje i stjecanje uvida u ekološke i zdravstvene učinke umjetnog svjetla.
10. **Dugoročno praćenje:** Građanski znanstveni projekti mogu se dugoročno održati, pružajući kontinuirano prikupljanje podataka. Longitudinalni skupovi podataka vrijedni su za praćenje trendova i procjenu uspjeha strategija ublažavanja tijekom vremena.
11. **Suradničke mreže:** Građanske znanstvene inicijative često potiču suradnju između istraživača, građanskih znanstvenika, organizacija za zaštitu okoliša i kreatora politike. Te mreže mogu dovesti do interdisciplinarnih istraživanja i cjelovitijeg pristupa rješavanju problema svjetlosnog onečišćenja.

Općenito, građanske znanstvene inicijative omogućuju praćenje svjetlosnog onečišćenja u razmjerima koji bi bili izazovni samo za istraživače. Oni iskorištavaju kolektivnu moć pojedinaca koji strastveno štite noćno nebo i čuvaju prirodnu tamu, čineći građansku znanost bitnom komponentom stalnih napora u borbi protiv svjetlosnog onečišćenja.





## 1.3. Ublažavanje svjetlosnog onečišćenja

### Zaštita i pravilan dizajn učvršćenja

#### a) Zaštita kao rješenje

1. **Usmjeravanje svjetla prema potrebi:** Zaštita uključuje projektiranje učvršćenja na način koji usmjerava svjetlo prema dolje, na predviđeno ciljno područje. Time se smanjuje izlivanje svjetlosti i odsjaj, čuva prirodna tama, a istovremeno osigurava odgovarajuće osvjetljenje radi sigurnosti i vidljivosti.
2. **Vrste štitova:** Potpuno odsječena, odsječena i polu-odsječena tijela dizajnirana su za ograničavanje emisije svjetlosti iznad vodoravne ravnine. Potpuno granična tijela posebno su učinkovita u smanjenju svjetla usmjerenog prema gore.
3. **Zajednice tamnog neba:** Mnoge zajednice i organizacije usvojile su uredbe o osvjetljenju prilagođene tamnom nebu koje zahtijevaju upotrebu pravilno zaštićenih svjetiljki. Ti napori pomažu u borbi protiv svjetlosnog onečišćenja na lokalnoj razini.

#### b) Pravilan dizajn učvršćenja

1. **Odabir pravih uređaja:** Dizajn učvršćenja igra vitalnu ulogu u minimiziranju svjetlosnog onečišćenja. Odabirom uređaja dizajniranih za određene namjene i lokacije možemo smanjiti prekomjerno osvjetljenje i lagani pristup.
2. **Osvjetljenje niskog intenziteta:** Pravilan dizajn učvršćenja uključuje upotrebu osvjetljenja manjeg intenziteta kada je to moguće. Ovaj pristup ne samo da smanjuje svjetlosno onečišćenje, već i štedi energiju.
3. **Učinkoviti izvori svjetlosti:** Prihvatanje energetski učinkovitih izvora svjetlosti, kao što su LED diode, omogućuje preciznu kontrolu izlazne svjetlosti, smanjujući nepotrebnu svjetlinu.

### Potencijal LED rasvjete

LED rasvjeta ima veliki potencijal za smanjenje svjetlosnog onečišćenja zbog svojih usmjerenih i upravljivih svjetlosnih značajki. U usporedbi s tradicionalnim izvorima rasvjete, kao što su visokotlačne natrijeve svjetiljke, LED rasvjeta emitira manje raspršenog svjetla. Osim toga, LED rasvjeta je prilagodljiva i može se koristiti u raznim primjenama, uključujući vanjsku rasvjetu, uličnu rasvjetu i dekorativnu rasvjetu. LED rasvjeta je također programabilna što omogućuje preciznu kontrolu razine svjetlosti i uzoraka, pomažući u smanjenju svjetlosnog onečišćenja iz





urbanih područja. Mogu se zatamniti tijekom sati izvan glavne sezone ili kada u blizini nema pješaka ili vozila. Nadalje, LED svjetla mogu se ugraditi sa sensorima za prigušivanje koji automatski reagiraju na vanjske svjetlosne uvjete. Sve u svemu, LED rasvjeta ima veliki potencijal za smanjenje svjetlosnog onečišćenja pružajući preciznu i usmjerenu rasvjetu koja minimizira energetske otpad. To je energetske učinkovito, isplativo i ekološki prihvatljivo rasvjetno rješenje za rješavanje rastuće zabrinutosti zbog svjetlosnog onečišćenja.

Međutim, LED diode same po sebi ne pružaju rješenja koja zahtijeva upravljanje svjetlosnim onečišćenjem. Zadana instalacija većine tvrtki sastoji se od bijelih LED dioda velike snage koje idu izravno protiv problema.

Zbog toga je važno biti svjestan da bi najcjelovitije rješenje uvijek trebale biti neke LED diode između 2000K i 2700K učinkovite temperature i programabilnih prigušivača. Tako maksimiziramo i pozitivan utjecaj na okoliš i smanjenje potrošnje energije

## Važnost zakonodavstva i javne svijesti

Zakonodavstvo i osviještenost javnosti ključni su za smanjenje svjetlosnog onečišćenja jer mogu pomoći u promicanju odgovornih praksi osvjetljenja i osigurati provedbu učinkovitih strategija za smanjenje svjetlosnog onečišćenja. Sa zakonodavnog stajališta mogu se uspostaviti politike i propisi za ograničavanje uporabe umjetne rasvjete ili promicanje uporabe energetske učinkovitih sustava rasvjete. To može uključivati strože propise o vanjskoj rasvjeti, mandate za uporabu tamne rasvjete usklađene s nebom ili zabranu uporabe određenih vrsta rasvjete koje doprinose svjetlosnom onečišćenju. Kampanje podizanja svijesti javnosti također mogu biti vrlo učinkovite u smanjenju svjetlosnog onečišćenja educiranjem pojedinaca o negativnim utjecajima prekomjerne umjetne rasvjete na okoliš, divlje životinje i ljudsko zdravlje. Ove kampanje mogu potaknuti ljude da smanje oslanjanje na vanjsku rasvjetu, ugase svjetla kada nisu potrebna, koriste energetske učinkovita rješenja za osvjetljenje i promiču važnost očuvanja tamnog neba. Zakonodavni naponi i naponi u pogledu osviještenosti javnosti mogu imati ključnu ulogu u smanjenju svjetlosnog onečišćenja i pomoći u zaštiti okoliša i našeg zdravlja. Suradnjom i djelovanjem možemo pomoći u smanjenju učinaka svjetlosnog onečišćenja i stvaranju održivijeg i učinkovitijeg društva.

### Međunarodni parkovi tamnog neba

Parkovi tamnog neba zaštićena su područja u kojima se umjetna rasvjeta održava na minimumu kako bi se očuvala prirodna tama neba. Ovi parkovi pružaju jedinstvenu priliku za promatranje noćnog neba u punom sjaju, bez ometanja prekomjerne umjetne rasvjete ili svjetlosnog onečišćenja. Parkovi tamnog neba posljednjih su godina sve popularniji jer su ljudi postali svjesniji negativnih utjecaja svjetlosnog onečišćenja na okoliš, divlje životinje i ljudsko zdravlje. Ovi parkovi





pomažu u podizanju svijesti o važnosti očuvanja tamnog neba i potrebi za odgovornim praksama rasvjete. Sada postoje parkovi tamnog neba diljem svijeta, uključujući SAD, Europu i Aziju. Neki od najpoznatijih parkova tamnog neba uključuju Nacionalni park Big Bend u Teksasu, Nacionalni spomenik Grand Canyon-Parashant u Arizoni i Nacionalni park Brecon Beacons u Walesu. Ovi parkovi nude razne edukativne programe i događaje za promicanje svijesti o svjetlosnom onečišćenju i njegovim utjecajima. Posjetitelji ovih parkova mogu svjedočiti ljepoti i čudu noćnog neba u njegovom prirodnom stanju te upoznati važnost smanjenja svjetlosnog onečišćenja u svakodnevnom životu. Sve u svemu, parkovi tamnog neba važni su za podizanje svijesti o svjetlosnom onečišćenju i promicanje odgovornih praksi rasvjete. Oni pružaju jedinstvenu priliku da dožive prirodne ljepote noćnog neba i nadahnjuju ljude da poduzmu mjere za smanjenje svjetlosnog onečišćenja u svojim zajednicama.

U slučaju ovog projekta uključena su 3 IDSP-a:

- IDSP u planinama Bukki (Mađarska) koji već ugošćuje zvjezdarnicu s cjelovitim programom za posjetitelje kako bi bolje razumjeli svijet astronomije, ali i proširili poruku očuvanja potrebnu za upravljanje svjetlosnim onečišćenjem.
- IDSP u Daruvaru (Hrvatska), koji se od sada razvija u buduću zvjezdarnicu. U ovom trenutku provode se aktivnosti za promatranje zvijezda i očuvanje tamnog neba.
- IDSP u Albanyà (Španjolska) koji je također domaćin zvjezdarnice, s istim ciljevima gore spomenutih parkova.

## Primjerni slučajevi odgovorne rasvjete

Za referencu uključujemo 15 primjernih slučajeva odgovorne rasvjete diljem svijeta. Oni pripadaju mjestima koja su obavila izvanredan posao u implementaciji pravnih alata ili su uvela tehnička poboljšanja u svoje sustave rasvjete:

1. Sydney, Australija - Razvijen je plan rasvjete za grad kako bi se smanjilo svjetlosno onečišćenje, povećala energetska učinkovitost i zaštitilo noćno nebo.
2. Reykjavik, Island - Grad je proveo politiku prigušivanja uličnih svjetala tijekom nevršnih sati, smanjujući potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.
3. Flagstaff, Arizona, SAD - Grad je označen kao prvi svjetski "Međunarodni grad tamnog neba", s inicijativama za smanjenje svjetlosnog onečišćenja.
4. Venecija, Italija - Grad je proveo program "Lights OFF", noću gaseći nepotrebna svjetla na javnim površinama.
5. San Francisco, Kalifornija, SAD - Grad je instalirao LED rasvjetu na javnim površinama kako bi smanjio potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.





6. Singapur - Grad je implementirao glavni plan rasvjete koji koristi ulične svjetiljke s niskim odsjajem i LED rasvjetu u javnim prostorima kako bi smanjio svjetlosno onečišćenje.
7. Osaka, Japan - Grad je implementirao ekološki prihvatljiv plan rasvjete koji koristi LED ulične svjetiljke i pametne sustave rasvjete kako bi smanjio potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.
8. Kopenhagen, Danska - Grad je proveo plan rasvjete koji koristi energetske učinkovite ulične svjetiljke i kontrole rasvjete kako bi smanjio potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.
9. Rotterdam, Nizozemska - Grad je implementirao glavni plan rasvjete koji koristi energetske učinkovite LED rasvjetu, kontrole rasvjete i svjetlosne senzore na javnim površinama kako bi smanjio potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.
10. Glasgow, Škotska - Grad je proveo "Strategiju noćnog vremena", koja uključuje plan za smanjenje svjetlosnog onečišćenja na javnim površinama tijekom noćnih sati.
11. Ahmedabad, Indija - Grad je instalirao LED ulične svjetiljke i razvio pametni sustav rasvjete kako bi smanjio potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.
12. Helsinki, Finska - Grad je implementirao plan rasvjete koji koristi ulične svjetiljke s niskim odsjajem, kontrole rasvjete i LED rasvjetu na javnim površinama kako bi smanjio potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.
13. Valencia, Španjolska - Grad je implementirao sustav "pametne rasvjete", koristeći LED rasvjetu i kontrole rasvjete kako bi smanjio svjetlosno onečišćenje i potrošnju energije.
14. Toronto, Ontario, Kanada - Grad je proveo strategiju rasvjete koja koristi energetske učinkovite ulične svjetiljke i kontrole rasvjete kako bi smanjila potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.
15. München, Njemačka - Grad je implementirao ekološki prihvatljiv plan rasvjete koji koristi energetske učinkovite LED rasvjetu, senzore ulične rasvjete i kontrole rasvjete kako bi smanjio potrošnju energije i svjetlosno onečišćenje.







## 1.4. Naponi očuvanja

### Strategije za minimiziranje utjecaja svjetlosnog onečišćenja

Za konkretno djelovanje postoji nekoliko strategija koje se mogu koristiti kako bi se smanjio utjecaj svjetlosnog onečišćenja. Većinu njih može obavljati samo politički sektor, ali važno je da su svjesni koja se poboljšanja moraju učiniti. To uključuje:

1. Ugradnja učinkovitih rasvjetnih tijela - Korištenje energetski učinkovitih rasvjetnih tijela kao što su LED svjetla smanjuje količinu potrošene energije, smanjuje potrebu za dodatnim izvorima svjetlosti i smanjuje količinu stvorenog svjetlosnog onečišćenja.
2. Pravilno postavljanje rasvjete - Pravilno postavljanje rasvjetnih tijela može spriječiti bijeg prekomjerne svjetlosti u atmosferu i susjedstvo. Najbolje je postaviti svjetla na način koji usmjerava svjetlo tamo gdje je potrebno, bez stvaranja nepotrebnog svjetlosnog onečišćenja u obližnjim područjima.
3. Upotreba tajmera i senzora pokreta - Upotreba tajmera i senzora pokreta za vanjsku rasvjetu može pomoći osigurati da su svjetla uključena samo kada je to potrebno i prilagoditi se prema kretanju i dostupnosti dnevnog svjetla.
4. Korištenje štitova ili poklopaca - Korištenje štitova ili poklopaca na rasvjetnim tijelima može smanjiti svjetlosno onečišćenje reflektirajući svjetlost natrag u odgovarajući prostor i minimizirajući količinu svjetlosti koja izlazi u okoliš.
5. Osvjetljenje pogodno za tamno nebo - Tamna rasvjetna tijela pogodna za nebo posebno su dizajnirana i postavljena kako bi se smanjilo svjetlosno onečišćenje, usredotočilo svjetlo tamo gdje je potrebno i spriječilo odsjaj susjednih područja.
6. Obrazovanje i osviještenost - Edukacija javnosti o utjecaju svjetlosnog onečišćenja i poticanje odgovornih navika rasvjete ključno je za minimiziranje njegovog utjecaja. To može uključivati promicanje uporabe energetski učinkovite rasvjete, poticanje pojedinaca da ugrađuju samo potrebna tijela i njihovo odgovarajuće korištenje.
7. Propisi - Donošenjem zakonodavstva o svjetlosnom onečišćenju može se provesti odgovarajuća uporaba rasvjetnih tijela i smanjiti količina stvorenog viška svjetlosnog onečišćenja. Primjenom ovih strategija zajednice i pojedinci mogu igrati ulogu u minimiziranju utjecaja svjetlosnog onečišćenja i očuvanju prirodnih ljepota noćnog neba.





## Obrazovanje

Postoji nekoliko razloga zašto je važno educirati učenike o svjetlosnom onečišćenju:

1. Zabrinutost za okoliš – Svjetlosno onečišćenje utječe na okoliš ometanjem prirodnog ponašanja životinja i ometanjem ekosustava i migracijskih obrazaca. Educiranje učenika o negativnim učincima svjetlosnog onečišćenja na divlje životinje i zdravlje ekosustava može uliti osjećaj odgovornosti i pomoći u stvaranju buduće generacije ekološki prihvatljivog osvjetljenja.
2. Astronomsko znanje - Svjetlosno onečišćenje utapa ljepotu noćnog neba, otežavajući promatranje planeta, zvijezda i galaksija. Educiranje učenika o svjetlosnom onečišćenju može povećati njihovu zahvalnost i razumijevanje astronomije, a istovremeno potaknuti znatiželju i potaknuti astronomska istraživanja.
3. Očuvanje resursa – Svjetlosno onečišćenje dovodi do nepotrebnog trošenja prekomjerne potrošnje energije, što pridonosi klimatskim promjenama ispuštanjem stakleničkih plinova. Edukacija učenika o strategijama očuvanja energije i odgovarajućoj potrošnji rasvjete može pomoći u očuvanju resursa i smanjenju svjetlosnog onečišćenja.
4. Odgovornost za našu okolinu - Edukacija učenika o svjetlosnom onečišćenju potiče ih da preuzmu odgovornost za svoje postupke u svojoj lokalnoj zajednici osiguravajući odgovarajuće dizajne rasvjete i uporabu koja je prijateljska za okoliš i ljude.
5. Društvena korist - Svjetlosno onečišćenje može uzrokovati lagani prijestup, odsjaj rasvjete i ometati naše obrasce spavanja. Edukacija učenika o tome kako spriječiti svjetlosno onečišćenje i promicati odgovornu rasvjetu može pozitivno utjecati na kvalitetu života ljudi i njihovih četvrti. Sve u svemu, obrazovanje učenika o svjetlosnom onečišćenju može pomoći u stvaranju građanstva zabrinutog za ekološku održivost i informiranog o odgovarajućim ponašanjima rasvjete, prekovremenim radom čineći ga održivijim za život u urbanom okruženju.

## Programi očuvanja

### Nove tehnologije i inovacije

Inovativna rješenja mogu značajno pomoći u smanjenju svjetlosnog onečišćenja. Evo nekoliko primjera:

1. Pametno osvjetljenje: Korištenje inteligentnih sustava koji se oslanjaju na senzore, tajmere i drugu digitalnu tehnologiju za automatsko podešavanje razine osvjetljenja. Na primjer, pametni sustavi ulične rasvjete s podrškom za IoT mogu prilagoditi razinu svjetlosti prema specifičnim parametrima kao što su doba dana, protok prometa i vrijeme. Takvi sustavi povećavaju energetska učinkovitost uz smanjenje nepotrebnih raspršenja svjetlosti u zraku.





**2. Svjetleće diode (LED):** LED tehnologija je energetska učinkovitija, dugotrajnija od tradicionalnih izvora rasvjete, a temperatura boje mogla bi se prilagoditi kako bi se smanjilo područje zahvaćeno svjetlosnim onečišćenjem. Daljinski senzori mogu se instalirati za automatsko zatamnjivanje kako bi se poboljšala energetska učinkovitost.

**3. Žuto/jantarno osvjetljenje boja:** Jedan od vodećih uzroka svjetlosnog onečišćenja je upotreba prekomjernih emisija plave i bijele valne duljine koje se obično koriste u elektroničkim zaslonima i LED svjetlima. Prelazak na žućkaste ili jantarne LED diode u boji može smanjiti svjetlosno onečišćenje.

**4. Dizajn optike:** Rasvjetna tijela s dobro dizajniranim štitovima i optikom emitiraju manje svjetlosnog onečišćenja u nebo, a istovremeno osiguravaju potrebno osvjetljenje. Novi razvoj tehnologije rasvjete smanjuje bijeg svjetlosti oko čvora, zadržavajući njegovo korisno osvjetljenje.

**5. Astronomski turizam:** Inovativni dizajn rasvjete u turističkoj industriji može pomoći u spašavanju područja tamnog neba i promicanju održivog turizma za ugodno iskustvo promatranja zvijezda. Ova inovativna rješenja imaju potencijal smanjiti količinu emitirane svjetlosti, smanjiti potrošnju energije i minimizirati utjecaje povezane sa svjetlosnim onečišćenjem. Kako se tehnologija nastavlja razvijati, a prednosti odgovorne rasvjete i dalje se cijene, očekuje se da će se pojaviti nova rješenja, stvarajući uravnoteženiji i ekološki razumniji scenarij.





## 1.5. Zaključak

### Hitnost rješavanja problema svjetlosnog onečišćenja

U ovom trenutku nadamo se da čitatelj već može vidjeti transverzalnost problema i činjenicu da mu je potrebno obraćanje koje počinje na individualnom djelovanju i u konačnici dovodi do političke intervencije.

Radi jasnoće, smatramo da je prirodno sažeti i sektorizirati različita područja u kojima svjetlosno onečišćenje postaje problem.

*1. Negativan utjecaj na okoliš:* Svjetlosno onečišćenje negativno utječe na divlje životinje, ekosustave i ljudsko zdravlje, zbog čega je ključno hitno riješiti ovo pitanje. Svjetlosno onečišćenje narušava ponašanje životinja, kao što su migracija ptica i obrasci lova noćnih vrsta. Umjetna rasvjeta mijenja staništa za uzgoj i hranjenje, u konačnici mijenjajući ekosustav u cjelini. Smanjenje svjetlosnog onečišćenja ključno je za vraćanje ravnoteže poremećenim prirodnim staništima i omogućavanje napretka divljih životinja.

*2. Učinkovito korištenje energije:* Rasipanje energije još je jedna velika briga povezana s onečišćenjem svjetlom. Prekomjerna uporaba rasvjete rezultira nepotrebnom potrošnjom energije i ugljičnim otiskom. Kako se kriza klimatskih promjena svakodnevno pogoršava, ključno je da se pojedinci i organizacije ponašaju odgovorno, osiguravajući da se koristi odgovarajuća količina rasvjete, a energija se ne troši kako bi se smanjio ugljični otisak.

*3. Astronomija i istraživanje svemira:* Svjetlosno onečišćenje utapa prirodne ljepote noćnog neba, blokirajući astronomske poglede i stvarajući prepreku za istraživanje i istraživanje svemira. Nedostatak prirodnog noćnog neba može smanjiti zanimanje za astronomiju i ograničiti znanje ljudi o svemiru. Također, činjenica da je astronomija jako poremećena može rezultirati značajnim kašnjenjima u budućim planovima čovječanstva za istraživanje svemira.

*4. Umjetna rasvjeta i kvaliteta života:* Svjetlosno onečišćenje može imati štetne učinke na ljudsko zdravlje i dobrobit. Prekomjerna upotreba rasvjete može uzrokovati odsjaj, nelagodu i utjecati na prirodne obrasce spavanja, što dovodi do zdravstvenih problema. Rješavanje problema svjetlosnog onečišćenja može poboljšati ljudsko mentalno i fizičko zdravlje i potaknuti osjećaj dobrobiti. Zaključno, rješavanje svjetlosnog onečišćenja hitno je globalno pitanje koje utječe na različite aspekte ljudskog života, uključujući zdrave ekosustave, dobrobit divljih životinja, očuvanje energije i astronomska istraživanja. Pojedinci, vlade i organizacije moraju preuzeti odgovornost i dati prednost smanjenju svjetlosnog onečišćenja kako bi se osiguralo da sve generacije mogu uživati u prirodno osvjetljenom nebu i minimizirati utjecaj svjetlosnog onečišćenja na ljudsko zdravlje, potrošnju energije i osjetljive ekosustave.





## Poziv na akciju

Konačno, nakon što smo razotkrili problem i opće zabrinutosti, moramo priznati da promjene nisu samo nužne, već i moguće. Pokretanje takve promjene može postati veliki izazov za one koji pokušavaju, ali vjerujemo da nekoliko malih akcija zajedno može uzrokovati potreban utjecaj. Ovdje izražavamo nekoliko:

- 1. Podignite svijest:* Značajne promjene mogu započeti obrazovanjem, stoga je neophodno podići svijest informiranjem članova vaše zajednice, obitelji i prijatelja o utjecaju svjetlosnog onečišćenja. Uz širu svijest, sve će više ljudi osjetiti hitnost poduzimanja održivih mjera.
- 2. Koristite osvjetljenje tamnog neba:* Korištenje potpuno zaštićenih rasvjetnih tijela koja sprječavaju emitiranje svjetlosti prema gore, usmjeravajući osvjetljenje prema dolje i omekšavajući okolno svjetlo. Također, prelazak na osvjetljenje manjeg intenziteta tijekom nevršnih sati može uštedjeti energiju i smanjiti nepotrebno svjetlosno onečišćenje.
- 3. Isključite svjetla kada nije potrebno:* Smanjenje nepotrebnog svjetla pomaže u smanjenju potrošnje energije u vrijeme izvan vršnih razdoblja, smanjuje emisije ugljika i štedi novac na računima za energiju.
- 4. Promjene u javnoj politici:* Potaknite lokalnu upravu da promiče ekološki odgovorne kodove vanjske rasvjete kao dio svojih sveobuhvatnih politika planiranja, prostornog uređenja i javne sigurnosti. Mnoge zemlje počele su regulirati vanjsku rasvjetu kako bi smanjile njezin negativan utjecaj.
- 5. Podržite Međunarodno udruženje tamnog neba:* Podržite organizacije poput Međunarodne udruge tamnog neba koje rade na promicanju odgovornih praksi rasvjete, zaštiti prirodnog noćnog neba i očuvanju astronomskih istraživačkih objekata.

Poduzimanje ovih koraka za smanjenje štetnih učinaka svjetlosnog onečišćenja otvorilo bi put učinkovitijoj potrošnji energije, poboljšanim uvjetima okoliša i boljoj kvaliteti života. Na pojedincima i zajednici je da budu proaktivni u promicanju odgovornih praksi osvjetljenja kako bi se očuvalo noćno nebo i poboljšalo cjelokupno okruženje.





## 2. SMJERNICE ZA ŠKOLSKE NASTAVNIKE ZA RAD NA SVJETLOSNOM ONEČIŠĆENJU

### 2.1. Vježbe svjetlosnog onečišćenja za učenike na otvorenom

Aktivnost za učenike šumskih škola u dobi od 8-14 godina. Astronomija i svjetlosno onečišćenje u obrazovanju o okolišu (škola na otvorenom).

#### **Upoznavanje s astronomijom (promatranje zvijezda)**

Za koju sezonu: Od proljeća do jeseni

Za koju dob: 10-14 godina

Kapacitet: 30 studenata

Duljina: 3-4 sata.

Danas djeca odrastaju ne znajući zvjezdano nebo, niti mogu uživati u pogledu na Mliječnu stazu. Nedavno se veličina područja iz kojih se zvjezdano nebo može vidjeti bez uznemirujućih svjetala brzo smanjila. Drastičnim povećanjem broja ljudskih objekata i naselja povećava se i emisija svjetlosti. Nekoliko skupina životinja (kao što su šišmiši, insekti, ptice selice) također su aktivne noću i poremećene su umjetnim svjetlima koja je stvorio čovjek.

Svjetlosno onečišćenje je oblik zagađenja okoliša protiv kojeg se treba boriti i moramo zaštititi zvjezdano nebo kao našu kulturnu baštinu kako bi ga oni koji dolaze poslije nas mogli vidjeti u istoj ljepoti kao i naši prethodnici. Ta se ideja dobro uklapa u sustav održivog razvoja: "Nismo naslijedili Zemlju od svojih djedova, već smo je posudili od naših unuka." Aktivnost skreće pozornost na problem svjetlosnog onečišćenja, a također se nadovezuje na širenje astronomskog znanja. Budi dječju znatiželju da uče o nebeskim objektima i izvlači na površinu to drevno, duboko usađeno čudo koje nas ispunjava kada špijuniramo beskonačnost u mračnoj noći.

Neke sesije aktivnosti organski su izgrađene jedna na drugoj i uključuju element koji nije povezan samo s astronomijom, a to je noćna šetnja prirodom. Doživjeti tišinu i tamu noćne šume vrlo je jedinstveno iskustvo, koje je, na temelju mog dosadašnjeg iskustva, moram reći vrlo uspješno zanimanje modula. Staza prirode prvo je prekrivena svjetlom, a zatim je dio potpuno bez svjetla.





Tada bismo pomislili da nećemo ništa vidjeti, ali za nekoliko minuta dogodit će se čudo: Oči će nam se naviknuti na mrak i moći ćemo vidjeti.

Ova aktivnost može se povezati i nadopuniti mrežom i proučavanjem noćnih letećih šišmiša, te nefrontalnom prezentacijom o njima na temelju pitanja i odgovora, koja može vjerno okruniti boravak u šumskoj školi.



Dodatne noćne aktivnosti kao "zagrijavanje" noćnog pješačenja i promatranja zvijezda: Promatranje noćnih letećih sisavaca: šišmiši



Duvidjevši aktivnost, može se promatrati nekoliko umjetnih satelita. Sateliti zvjezdane veze otežavaju rad astronomima. Neometano prirodno noćno nebo naša je kulturna baština i mora se sačuvati.

List kurikuluma:





#### Svrha aktivnosti i kratak sadržaj:

- Priprema za aktivan rad, dijete treba aktivno sudjelovati u promatranjima, razigranim sesijama, jačanju zajednice u sobi (prezentacije, videozapisi, slike kao zagrijavanje)
- Uže i šire razumijevanje našeg kozmičkog okruženja
- Upoznavanje prizora zvjezdanog neba, orijentacije na noćnom nebu
- Vježbanje i razvijanje svjesne uporabe osjetila.

#### Zadaci aktivnosti:

- Informativna prezentacija, pitanja-odgovori. Rješavanje jednostavne vježbe astronomskog tipa
- Orijentacijske prakse: Orijentacija na nebu temeljena na zvijezdima, prepoznavanje spektakularnijih zvijezda, definiranje astronomskih jedinica, upoznavanje sa zakonima kretanja zvijezda i "fiksni zvijezda".
- Promatranje zvijezda teleskopom: Identificiranje najatraktivnijih objekata na stvarnom noćnom nebu.
- Potrebno osoblje: 1 osoba (astronom amater, učitelj itd.)

Lokacija: Tamo gdje je horizont dobro vidljiv, zona bez svjetlosnog onečišćenja.



Prezentacija o astronomiji može se održati u konferencijskoj dvorani šumske škole, a noćna vođena šetnja može biti uzbudljivija kako se misli: Krijesnice tijekom noćnog planinarenja čine ovu aktivnost još zanimljivijom i obećavajućom u lipnju.







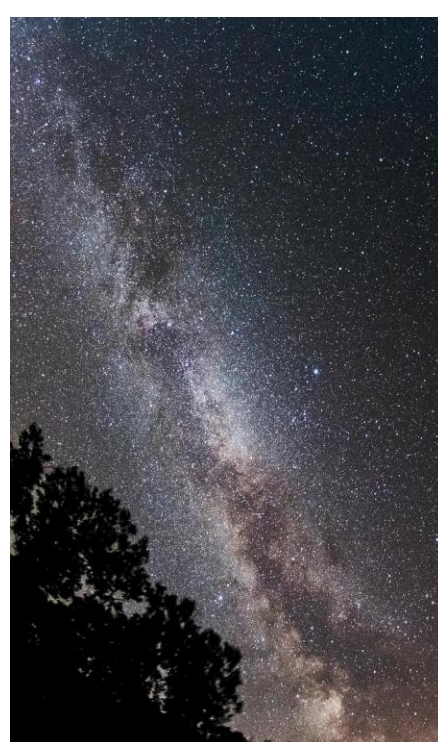
Name of activity: **Stargazing**

Name of sub-activity	Pedagogical goals	Methods, work orders	Name of field, test, illustrative and presentation tools, educational aids, literature, other material tools	Method of control, evaluation and feedback per module	Time needed (hour)
Playful question-and-answer, projected image presentation. Motivation by flashing interesting, spectacular images. General overview of the work of astronomers, more interesting aspects of science, Lecture, question and answer session about the problem of light pollution. Projected picture presentation in the conference room of the forest school. Solving a simple astronomy-type test.	Motivation by flashing interesting, spectacular images. General overview of the work of astronomers, more interesting aspects of science, Lecture, question and answer session about the problem of light pollution. Projected picture presentation in the conference room of the forest school. Solving a simple astronomy-type problem.	Frontal work, independent task solving. Use of mathematical knowledge.  The group all together with little stops	Projector, computer	Solving a worksheet as a summary of the module	1
Nocturnal hike: Knowing nocturnal animals, their lifes, using no flashlight during the tour	Using all senses ,except eyes, making the students more sensitive to the forest night life.		Warm clothes, boots, flashlight for the leader		1
Orientation in the night sky and stargazing with telescope	Orientation in the sky based on constellations, recognition of more spectacular constellations, definition of astronomical units, familiarization with the laws of the movement of the stars and the "fixed stars". Grouping and identification of more spectacular objects in the sky.	In a small group, with frontal processing, individual observation	Telescope, laser, Compass, binoculars, binoculars, laser		2





Aktivnosti promatranja zvijezda mogu zadiviti mlade studente, a za većinu njih neometano noćno nebo ima mnogo skrivenih objekata koje do sada nisu mogli vidjeti. Čak i Mliječna staza može biti vidljiva ono što nije vidljivije iz gradova.



Otmjeni događaji promatranja zvijezda mogu se napraviti ne samo za studente , već i za odrasle. Ovaj slučaj pedagoški ciljevi su gotovo isti , ali metode su malo drugačije i dubinsko znanje je na povišenoj razini, stoga je prosječno znanje o astronomiji, fizici jednako 13-godišnjem studentu.





## 2.2. Svjetlosno onečišćenje u obrazovanju o okolišu – usporedba svjetlosnih zamki

### Pozadina aktivnosti:

*Rasvjetna tijela privlače milijune beskralježnjaka. Statističkom analizom velikih količina podataka moguće je procijeniti količinu biomase koju uklanjaju različite vrste svjetiljki iz njihovog staništa, pratiti dnevne i dugoročne promjene aktivnosti te analizirati atraktivnost LED dioda različitih temperatura boja.*

*Fotoosjetljivost je neophodna za širok raspon životinja, osobito letećih insekata. Insekti su osjetljivi na širok spektar svjetlosti, od ultraljubičastog (UV) nevidljivog ljudima do crvenog. Njihova orijentacija, dnevna aktivnost i godišnji ritam uvelike ovise o svjetlima i prirodnim svjetlosnim uzorcima. Povećanje vanjske rasvjete danas predstavlja značajan problem očuvanja zbog utjecaja na insekte. Svjetiljke koje se koriste u javnoj rasvjeti praktički djeluju kao svjetlosne zamke. U tamnim područjima izvor svjetlosti može privući do 2.000 do 11.000 primjeraka insekata preko noći.*

*Količina insekata uklonjenih iz svog staništa umjetnim svjetlima - i uglavnom ubijenih - ogromna je: u studiji u SAD-u jedna svjetlosna zamka uhvatila je 36,8 kg (oko 85 milijuna jedinki) blatnih komaraca u jednoj noći (Rich and Longcore, 2006)*

*Stoga plave ili hladne bijele metalne halidne svjetiljke ili LED diode koje emitiraju svjetlost imaju 6-10 puta privlačniji učinak za moljce od natrijevih svjetiljki s duljom valnom duljinom (toplo, bijelo ili žuto) svjetlo. (Novák R. et al 2021 in ACTA Universitatis, Sectio Biologiae, Tom. XLVI.)*

Najvažnije u ovoj aktivnosti je privući pozornost na noćne životinje i njihov odnos prema svjetlosnom onečišćenju. Vođa (učitelj) daje sve informacije i pomoć kako bi riješio zadatke. Studentske skupine prikupljaju uzorke iz zamki i analiziraju njihov sadržaj. Oni ne samo da pokušavaju izmjeriti uzorke, već pokušavaju identificirati životinje uz pomoć knjige identifikatora. Nakon ponderiranja i identificiranja, oni izvlače zaključke iz podataka prikupljenih na kraju aktivnosti. Konačno, oni uspoređuju svoje nalaze i rezultate uz pomoć voditelja aktivnosti (učitelja).

List kurikuluma:

Svrha aktivnosti i kratak sadržaj:

- Cilj ove aktivnosti je skrenuti pozornost na noćna svjetla i svjetlosno onečišćenje te njegov utjecaj na biljni i životinjski svijet. Studenti mogu provesti znanstveno važna mjerenja i metode kako bi dobili predodžbu koje su štetne temperature boja za noćne insekte. Priprema uzoraka, mjerenje i rad kao tim.





- Razumijevanje učinaka svjetlosnog onečišćenja i zašto životinje privlače neke različite vrste rasvjetnih tijela.
- Terenski rad, prikupljanje uzoraka, priprema uzoraka, mjerenje i prikupljanje podataka čini studente otvorenijima za znanstveni rad
- Vježbanje i razvijanje svjesne uporabe osjetila.

#### Zadaci aktivnosti:

- Priprema: Studenti se upoznaju s područjem, instrumentima, zadacima koje treba obaviti
- Prikupljanje uzoraka: Nakon što su dobili sve najvažnije informacije, prikupljaju uzorke iz svjetlosnih zamki
- Ponderiranje: Uzorci za sušenje i vaganje

Lokacija: Područje projekta

Potrebno osoblje: 1 osoba (voditelj projekta)



Zamke tipa Jermy s različitim rasvjetnim tijelima. Svjetlost se emitira u različitim temperaturama boja, različitim spektrima i različitim vrstama svjetiljki





Jermý zamka, opremljena jantarnom LED diodom

Naziv djelatnosti: **Svijetle boje**

Naziv podaktivnosti	Pedagoški ciljevi	Metode, radni nalozi	Naziv terenskih, testnih, ilustrativnih i prezentacijskih alata, obrazovnih pomagala, literature, drugih materijalnih alata	Potrebno vrijeme
Priprema	Upoznavanje s područjem projekta, instrumentima, svjetlosnim zamkama, metodama rada	Učenici su podijeljeni u 3 skupine. Oni idu i posjećuju svaku zamku (različite temperature kolura)	Svjetiljka, karta, plan montaže instrumentalnih instrumenata svjetlosne zamke	1 sat
Ogledna zbirka	Radimo zajedno kao tim. Promatranje zarobljenih životinja i pokušaj identifikacije uz pomoć identifikatora insekata	Svaka skupina ima svoje rasvjetno tijelo i moraju prikupiti uzorke, zarobljene noć prije	Prikupljanje kutija, knjiga identifikatora insekata	30 minuta
Ponderiranje	Rad s analitičkim instrumentima, suradnja kao tim	Budući da nam je potrebna suha težina, koristi se peć za sušenje kako bi se uzorci osušili	Olovka, list za vježbanje, ravnoteža, peć za sušenje	1 sat





Količine životinja prikupljene zamkama (s lijeva na desno):  
LED 4000 K, MVL 4000 K, LED 2700 K, CFL 4000 K



### 2.3. Zvezdani brojač kao mjerač kvalitete neba - zvijezde koje vidimo.

#### Pozadina aktivnosti:

Dobra mjera svjetlosnog onečišćenja na nekim mjestima može se procijeniti procjenom ukupnog broja zvijezda koje se mogu vidjeti.

Brojanje njih nipošto ne bi trebalo biti teško. Koristeći snagu statistike, možemo dobiti dobru procjenu ukupne količine zvijezda vidljivih na nebu.

#### List kurikuluma:

Ova se aktivnost sastoji od dva dijela: jednog posvećenog izradi korisnog aparata za mjerenje, a drugog za samo mjerenje.

Potreban materijal za izvođenje dijela izrade:

- Škare
- Karton dimenzija 25x25cm
- Konac duljine 30 cm
- Ljepljiva traka
- Kompas (za crtanje opsega)
- Vladar

#### Zadaci koje treba izvršiti pri promatranju:

1. Trebali bismo uzeti naš karton i označiti njegovo središte. Odmah nakon toga uzet ćemo ravnalo i otvoriti kompas do otvora blende od 6 cm, kako bismo nacrtali opseg promjera 12 cm centriran na sredini kartona.
2. Nakon što smo nacrtali opseg, moramo ukloniti unutarnji dio, tako da nam ostane kvadratni kartonski komad s kružnom rupom na njemu.
3. Na jednoj od strana kvadrata, centriranom i ispod rupe, napraviti ćemo malu rupu kako bismo mogli uvesti našu nit. Napraviti ćemo čvor na njegovom vrhu tako da ne sklizne. Možda bi bilo prikladno uzeti konac duži od 30 cm, tako da možemo osigurati da korisni dio navoja ima ovu duljinu.

Nakon ovog izrade, trebalo bi nam ostaviti nešto poput ovoga, što polaznici mogu ukrasiti kako im odgovara:





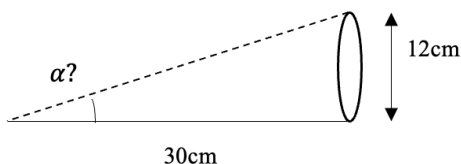
Drugi dio sastoji se od uporabe ovog instrumenta. Mora se koristiti u vedroj noći, bez oblaka i magle. Moramo odabrati 5 različitih smjerova na nebu, uzeti jedan vrh navoja i ispružiti drugu ruku držeći karton okomito na konac. Odmah nakon toga moramo prebrojati koliko zvijezda možemo vidjeti i bilježiti u tablici poput one koja slijedi:

	# vidljivih zvijezda
Smjer 1	
Smjer 2	
Smjer 3	
Smjer 4	
Smjer 5	
<i>Prosječna vrijednost 5 smjerova</i>	

Nakon što smo izračunali našu prosječnu vrijednost (zbrajanje svih 5 brojeva i dijeljenje s 5), moramo izračunati koliki je doprinos rupe promjera 12 cm na 30 cm od našeg oka do ukupnog neba. Pretpostavit ćemo da je nebo homogeno za izračunavanje ukupnog broja.

Za to prvo primjenjujemo Pitagorin teorem kako bismo izračunali kut pokriven krugom. To je:





Da bismo izvukli alfu, izračunavamo sljedeće:

$$\tan(\alpha) = \frac{\text{length of the opposed side}}{\text{length of the adjacent side}} \rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{\text{opposed side}}{\text{adjacent side}}$$

U našem slučaju, to vodi do 21,8°. Sada moramo uzeti u obzir da vidljivo nebo ima 180 stupnjeva u vertikalnom smjeru i 360 stupnjeva u horizontalnom smjeru. Stoga je djelomični doprinos našeg kruga ukupnom nebu:

$$\frac{21.8}{180} \text{ vertically, } \frac{21.8}{360} \text{ horizontally}$$

To znači da ako pomnožimo ove brojeve i preokrenemo ih, dobit ćemo broj (136,35) koji odgovara korekciji koju moramo napraviti na našem prosječnom broju zvijezda koje će nam dati ukupan broj vidljivih zvijezda na nebu.

$$\text{total \# of stars} = \text{averaged number of stars} \times 136.35$$

Ovo mjerenje na različitim okruženjima (grad, periferija, zaostatak, ...) može dati različite rezultate koji se mogu koristiti kao mjerac svjetlosnog onečišćenja.

Lijep dodatak ovoj vježbi bio bi stavljanje stvarnih numeričkih granica na već postojeću Bortleovu ljestvicu, čija se definicija vrijednosti temelji na mjerenju svjetline neba.





## 2.4. Korištenje malog medvjeda (ili malih kola) kao mjerača svjetlosnog onečišćenja.

### Pozadina:

Najmanje 2500 godina zvjezdači su mogli lako identificirati oblike velikog i malog medvjeda (koji se naziva i dipper, mala kola). Ipak, u posljednjim vremenima, najmanja od njih oboje, postala je manje očita, pa čak i izazovna za promatranje, budući da je većina njihovih zvijezda vrlo slaba i nailazi na nevidljivost golim okom u lagano zagađenom okruženju.

Ovo ograničenje otvara zanimljivu priliku, jer nam količina vidljivih zvijezda može reći ograničavajuću veličinu na određenom mjestu promatranja. Budući da je svjetlina zvijezda prilično dobro poznata, možemo staviti gornju granicu na veličinu zvijezda koje možemo vidjeti.

### List kurikuluma:

Ova aktivnost je osmišljena tako da se provodi s grupama od najmanje 4 osobe kako bi radila prema očekivanjima.

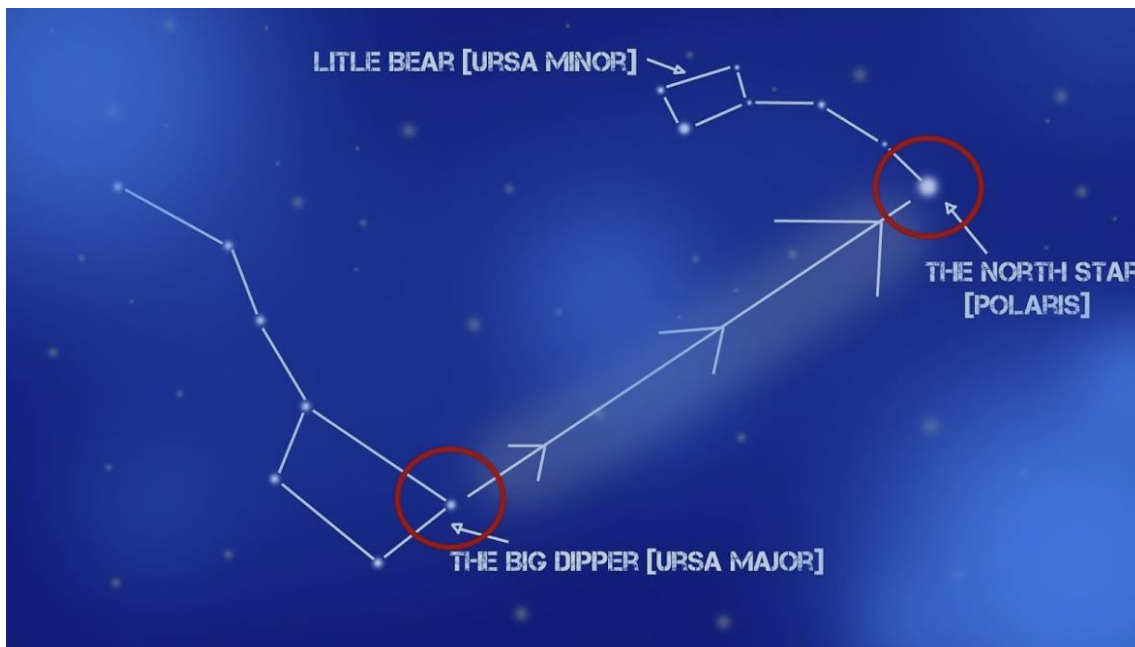
U tom ćemo slučaju koristiti zvijezde malog medvjeda (ili malih kola) kako bismo provjerili kvalitetu neba za različita okruženja.

Prvi izazov za ovu vježbu bit će pronaći zvijezde Ursa Minor. Nešto što bi moglo biti izazovno za ljude neiskorištene za promatranje neba.





Ursa Minor je zvijezde koje uključuje polarnu zvijezdu, pravo rotirajuće središte neba. Pronalaženje se lako postiže tako da prvo pronađete mnogo veće i svjetlije zvijezde, nazvano Ursa Maior, i učinite ono što slijedi:

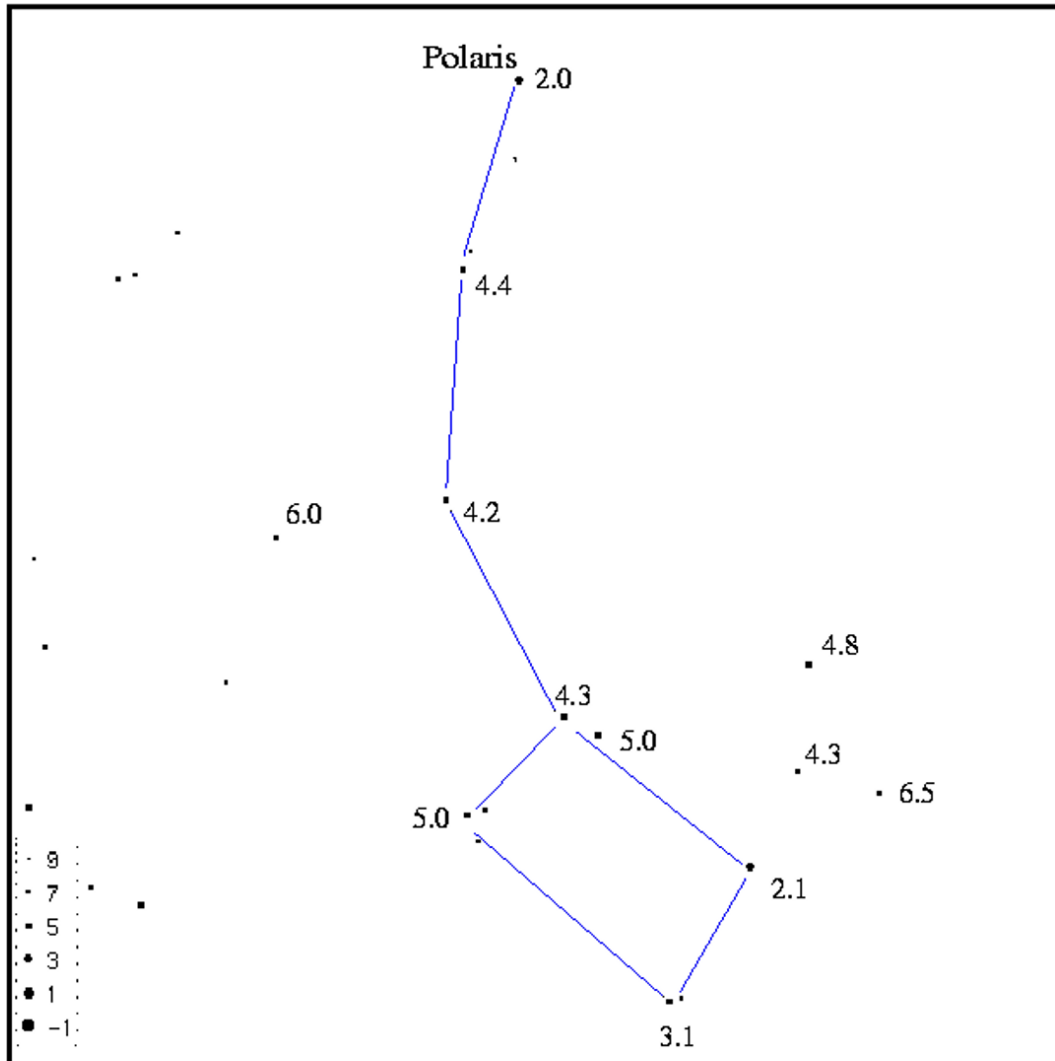


Nakon što je Polaris lociran, pronalaženje ostalih zvijezda koje pripadaju Maloj Ursi, mnogo je izazovnije. Iz tog razloga, svaka skupina polaznika mora dobiti grafikon poput onog koji slijedi i moraju označiti zvijezde koje **svi** oni mogu vidjeti na vidljivom mjestu.

Nakon što to učine, moraju promatrati brojeve koji leže pored zvijezda dijagrama. Nazivaju se veličinama i koriste se za mjerenje svjetline zvijezda. Što je veća magnituda, to je slabija zvijezda.



Zatražite od svojih polaznika da zabilježe najveću veličinu zvijezda koje mogu promatrati, jer bi to mogla biti vizualna ograničavajuća veličina mjesta, koja se može razlikovati od zaštićenog okruženja do visoko zagađenog okruženja.



## 2.5. Plava svjetla, crvena svjetla.

### Pozadina:

Količina kemijskih reakcija koje se događaju na našem tijelu u prisutnosti različitih opcija osvjetljenja, diktira konačni ishod nekih vrlo osnovnih funkcija poput odmora ili osjećaja energije tijekom dana.

Ovo prirodno iskustvo može se preslikati na mnogo jednostavniji način izlažući se izravno crvenim i plavim svjetlima. Ovo je samo pretjerivanje u dnevnim ciklusima kroz koje prolazimo, što bi





moglo zadati neke nevolje našoj kemijskoj strani. Ovaj put, polje eksperimentiranja će biti naše vlastito tijelo.

### **List kurikuluma:**

Da biste obavili ovu aktivnost, trebat će vam vrlo malo materijala, ali bilo bi idealno povezati ga s promatranjem Ursa Minor.

Odmah nakon što su se vaši učenici navikli na tamu i počeli promatrati različita zvijezda neba (otprilike 10 minuta promatranja), pravo je vrijeme za početak ove aktivnosti.

### **Potreban materijal:**

- Svjetiljka s bijelim/plavim svjetlom.
- Svjetiljka s crvenim svjetlom.

Nastavite tako da svojim polaznicima predate crveno svjetlo i bijeli list papira s nečim napisanim na njemu. Zamolite ih da ga pročitaju pod ovim svjetlom, i odmah nakon povratka promatranju neba.

Nakon što to učinite, ponovite postupak plavim svjetlom i postavite učenicima sljedeća pitanja.

1. Jeste li vidjeli više zvijezda nakon korištenja crvenog svjetla ili nakon korištenja plavog svjetla?
2. Jeste li imali osjećaj uznemirenosti nakon korištenja plavog svjetla?
3. Jeste li osjetili vrtoglavicu kad je prvi put uključena?

Većina učenika osjetit će manju uznemirenost zbog plavih svjetala, a to je samo mali učinak koji možemo vidjeti na ljudima. Prisutnost plavih svjetala blokira segregaciju melatonina i ometa aktivaciju pinealne žlijezde, bitnog dijela ljudskog cirkadijalnog ciklusa, koji nam omogućuje spavanje i obavljanje funkcija odmora tijekom noći.





## 2.6. Implementacija rasvjetnih tijela na razini klase

### Pozadina:

Ulična rasvjeta služi vrlo specifičnoj svrsi u zajednicama - osvijetliti ulicu za sigurnost automobila i pješaka. Ponekad su, međutim, ulične svjetiljke loše dizajnirane ili pogrešno postavljene i na kraju osvjetljavaju vaše imanje ili kroz prozor vašeg doma. To je poznato kao lagani prijestup - svjetlo koje pada tamo gdje nije namijenjeno, željeno ili potrebno.

Ako doživljavate lagani prijestup koji vas drži budnim noću ili se čini da trošite energiju ili zagađujete nebo, prvo pogledajte i pogledajte odakle dolazi svjetlost. Ako je uvredljivo osvjetljenje iz susjedovog rasvjetnog tijela, pogledajte našu stranicu Osvjetljenje mog susjeda. Ako je od ulične rasvjete, čitajte dalje.

Jednom instalirane, ulične svjetiljke se rijetko, ako ikada, uklanjaju. Pristojna, ali čvrsta akcija možda je vaš najbolji način da vam pomogne da povratite mir i tamno nebo.

Prvo napravite domaću zadaću. Saznajte više o štetnim učincima svjetlosnog onečišćenja i laganog prijestupa te Pet načela odgovorne vanjske rasvjete.

Zatim odredite koja je lokalna samoupravna agencija odgovorna za rasvjetna tijela (obično vaše lokalne općinske javne radove ili komunalni odjel). Pišite agenciji kako biste objasnili kako je vaša kvaliteta života smanjena uličnom rasvjetom i zatražite "potpuno zaštićenu" zamjenu ili "štit na kućnoj strani" za najuvredljivija svjetla.

Štitovi za ulične svjetiljke dostupni su od većine proizvođača ulične rasvjete, iako vam vaš lokalni uslužni program može reći drugačije. Budite uporni u svojim zahtjevima i dajte im do znanja da jednostavno zatražite da se svjetlo koje sja u vašem smjeru preusmjeri prema tlu gdje pripada.

Ako ovaj pristup ne uspije ili vaši pisani zahtjevi ostanu bez odgovora, obratite se lokalnom općinskom političaru i zatražite akciju i podršku za svoj položaj. Ali budite diplomatski. Mnogi političari mogli bi se osjećati ponosno zbog osvjetljavanja ulica i osjećaja sigurnosti ljudi, iako su dokazi koji povezuju svjetlije osvjetljenje s manje kriminala neuvjerljivi.





Zamjene rasvjetnih tijela u Mađarskoj (lijevo: vanjska svjetla šumske škole; desno: potpuna promjena rasvjetnih tijela s dobro vidljivim rezultatima)

Konačno, čak biste mogli ponuditi plaćanje štitova, ali to učinite samo kao posljednje sredstvo.

Taktično i uporno iznoseći svoj stav o učincima laganog prijestupa na vas i vašu imovinu, na kraju biste trebali prevladati.

Međunarodno udruženje tamnog neba preporučuje nekoliko pristupa u odabiru i ugradnji LED rasvjete koja poboljšava javnu sigurnost, smanjuje svjetlosno onečišćenje i stvara zdravije okruženje za urbane divlje životinje. Oni uključuju:

1. Ograničavanje temperature boje LED rasvjete na najviše 3000 Kelvina
2. Potpuno štiteći sva nova učvršćenja i osiguravajući da su ispravno postavljeni, tako da je svjetlo na tlu tamo gdje je potrebno
3. Ugradnja prigušivača, tajmera i drugih prilagodljivih kontrola koje ograničavaju intenzitet osvjetljenja i broj sati rada.

Ako je vaš grad već obnovio svoja svjetla, nažalost, ne može se puno učiniti. Evo nekoliko potencijalnih rješenja:





- Naknadno ugradite svjetla štitovima kako biste usmjerili svjetlo prema dolje i smanjili odsjaj
- Ugradite prigušivače nakon stavljanja na tržište i/ili tajmere kako biste smanjili intenzitet svjetla u odgovarajuće vrijeme
- Dodajte materijale za filtriranje kako biste provjerili štetne emisije plavog svjetla
- Poduzmite akciju!
- Ako vaš grad još nije preuredio svjetla, sada je vrijeme za djelovanje!

Postavljajte pitanja i istražite! DarkSky ima mnogo resursa za stanovnike grada, uključujući:

[Brošura s LED informacijama za ispis \(PDF\)](#)[Prikaz plave boje \(PDF\)](#)

Pišite ili nazovite svog gradonačelnika i članove Gradskog vijeća. Razgovarajte s njihovim zaposlenicima i obavijestite ih o svojoj zabrinutosti u pogledu kvalitete i učinaka novih energetski učinkovitih sustava ulične rasvjete.

Obratite se gradskom Odjelu za prijevoz ili ulice i zatražite detalje o predloženim ili očekivanim promjenama gradske ulične rasvjete.

Radite na donošenju uredbe o rasvjeti u vašem gradu, ako trenutno ne postoji.

Zapamtite, promjena je još uvijek moguća! Ako snažno osjećate svoje noćno okruženje, pobrinite se da se vaš glas čuje. Ako ne djeluješ, stvari se neće promijeniti. Zajedno možemo raditi na tome da naši gradovi postanu zdravija i sigurnija mjesta za život inzistirajući na kvalitetnoj rasvjeti, a ne samo na kratkoročnoj uštedi troškova.

### **DarkSky certifikat**

Kvalitetna vanjska rasvjeta štiti i obnavlja prirodni noćni okoliš kontrolirajući svjetlosno onečišćenje.

Tri međunarodna parka tamnog neba bila su uključena u ovaj projekt. Vrani Kamen (HR), Albanyá (ES), Bükk (HU).







Program DarkSky Approved pruža objektivnu certifikaciju treće strane za rasvjetne proizvode, dizajn rasvjete i instalirane projekte rasvjete koji minimiziraju odsjaj, smanjuju svjetlosni prijestup i smanjuju svjetlosno onečišćenje.

Da bi bili certificirani, moraju:

- Ograničite količinu svjetla usmjerenog prema gore.
- Izbjegavajte blještavilo.
- Izbjegavajte prekomjerno osvjetljenje.
- Koristite zatamnjenje i druge odgovarajuće kontrole osvjetljenja.
- Smanjite svjetlo kratke valne duljine (plavkaste) u noćnom okruženju.



### ACCEPTABLE LIGHTING TYPES

The images below illustrate various acceptable lighting forms. For more informations, visit <http://www.darksky.org/fsa/fsa-products/>.

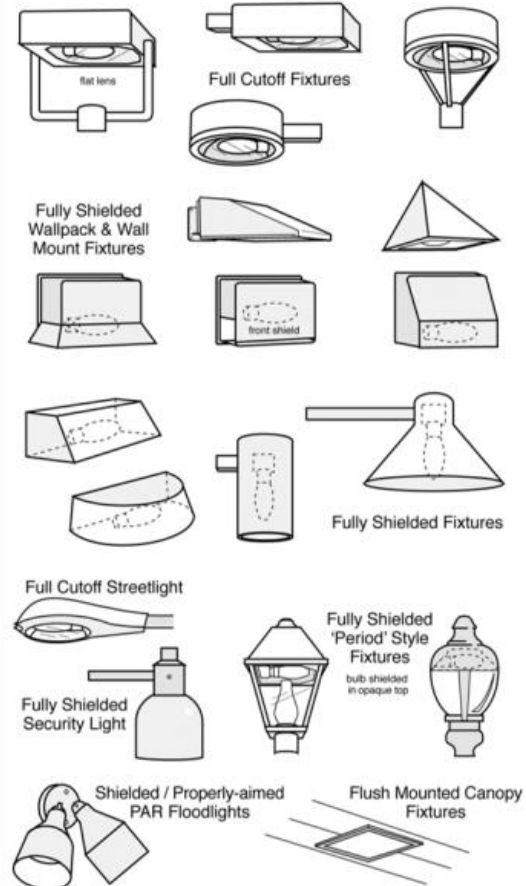
#### Unacceptable / Discouraged

Fixtures that produce glare and light trespass



#### Acceptable

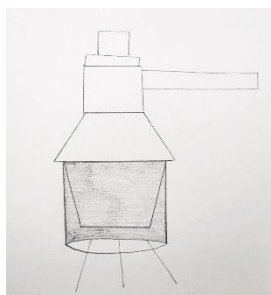
Fixtures that shield the light source to minimize glare and light trespass and to facilitate better vision at night



ILLUSTRATIONS BY BOB CRELIN©. RENDERED FOR THE TOWN OF SOUTHAMPTON, NY. COURTESY OF INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION.

## 2.7. ZADATAK UČENIKA TEHNIČKE ŠKOLE

Za ovaj dio uključujemo rezultate prave vježbe provedene u Daruvarskim tehničkim školama, gdje su učenici ohrabreni da osmisle vlastita rasvjetna tijela.

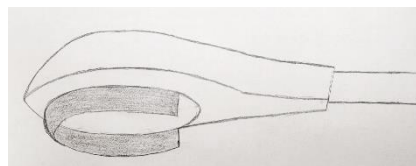
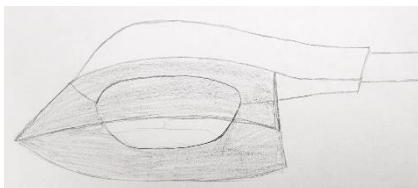
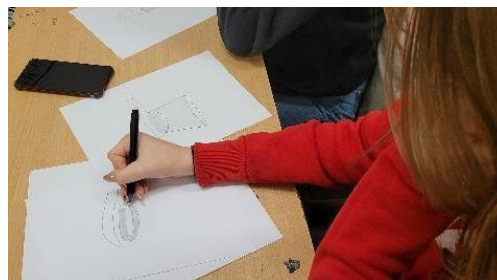




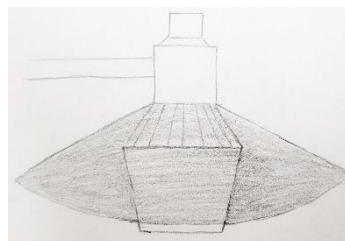
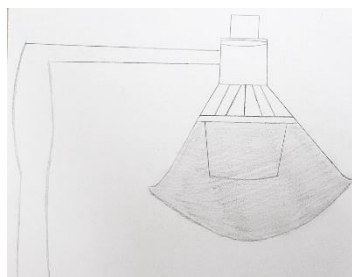
## Prijedlozi za zaštitu vanjske rasvjete učenika

Predlažemo izradu dodatnih štitova od odsjaja na postojećim rasvjetnim tijelima od različitih materijala koji se mogu reciklirati, kao što su:

- Čvrsti karton
- Razni metali
- Drvo
- Tvrda plastika
- 3D ispisani komadi

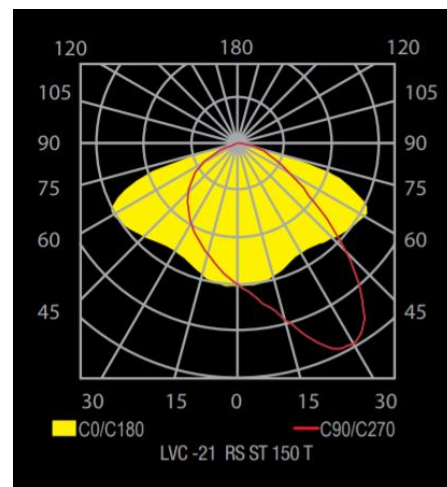
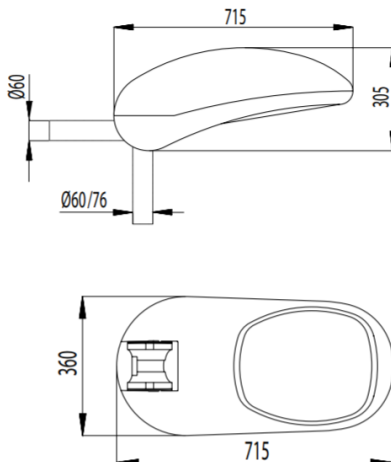


Štitovi se mogu postaviti na javnu rasvjetu ili na onu koju imamo u našim dvorištima





## Prijedlog za javnu rasvjetu



- **Kapaluks**
- Uporaba: rasvjeta za autoceste, glavne ceste i glavne gradske ulice.
- STRUKTURA: kućište i poklopac svjetiljke, u AP verziji, izrađeni su od aluminijske legure pod tlakom i obojeni elektrostatičkom primjenom poliesterskog praha.
- INSTALACIJA: Na  $\varnothing 60$  konzoli ili krajevima pola  $\varnothing 60$  i  $\varnothing 76$ , ispod  $0^\circ$  do  $20^\circ$  u koracima od  $4,5^\circ$ . Nazivni napon i frekvencija: 230 V, 50 Hz





### S žaruljom:

- Tip: Osram žarulja NAV-E 50W SUPER XT E27
- Snaga: 50W 4200 lm
- Napajanje: 230V
- Držač žarulje / žarulje: E27
- Dimenzije: Promjer 71 mm; Dužina 156 mm
- Boja: zatamnjena (premazana)
- Svijetla boja: topla 2000K
- Životni vijek: 36,000 sati
- Energetski razred: A
- Kapacitet zatamnjenja





## 2.8. Uvođenje svjetlosnog onečišćenja u razred

### **DEFINICIJE SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA**

Učitelji razmišljaju o idejama učenika o svjetlosnom onečišćenju. Zajedno moraju smisliti definiciju koja se može objaviti na plakatima ili na internetskoj platformi.

### **PROPISI O SVJETLOSNOJ ONEČIŠĆENJU**

Učitelji su vodili učenike o različitim propisima koji se odnose na svjetlosno onečišćenje.

*UN-ovi ciljevi održivog razvoja do 2023.*

Nakon pretraživanja i čitanja UN-ovih ciljeva održivog razvoja do 2023. godine, studenti su posebno analizirali prijedlog 11, "Održivi gradovi i zajednice". Učitelji su moderirali razrednu raspravu o prijedlogu 11 i usredotočili se na pitanje: »koje se mjere mogu poduzeti za postizanje relevantnih ciljeva?

Također, otkrili smo ODS 18, "Sky kvaliteta i pristup zvjezdanom svjetlu" i podržali smo međunarodnu kampanju koja pokušava uspostaviti ODS 18 dodavanjem naših potpisa u internetskom obliku koji se nalazi u <https://ods18.org/en/>

*Katalonski propisi: Dekret 190/2015*

Analizirali smo katalonske propise koji se odnose na svjetlosno onečišćenje i provjerili smo ocjene zona (E1, E2, E3, E4) područja u kojima studenti žive. Predlažemo da svaka škola analizira regulaciju svoje vlade.

### **RJEČNIK TEHNIČKIH POJMOVA O SVJETLOSNOJ ONEČIŠĆENJU**

U timovima su studenti stvorili rječnik tehničkih pojmova o svjetlosnom onečišćenju.





## GLOSSARI CONTAMINACIÓ LUMÍNICA

**Potència - Potencia - Power:** És la quantitat de llum emesa per unitat de temps.

**Luminància - Luminancia - Luminance:** És la quantitat de flux lluminós que incideix, emergeix o travessa una superfície aparent d'una font de llum primària o secundària des-de un angle sòlid.

**Àmbit supramunicipal - Ámbito supramunicipal - Supramunicipal scope:** Infraestructura destinada a serveis de l'Estat, la qual s'obté per expropiació.

**Llum artificial / Luz artificial / Artificial light:** La llum artificial és la llum produïda per un aparell d'il·luminació elèctric, de gas, d'oli...

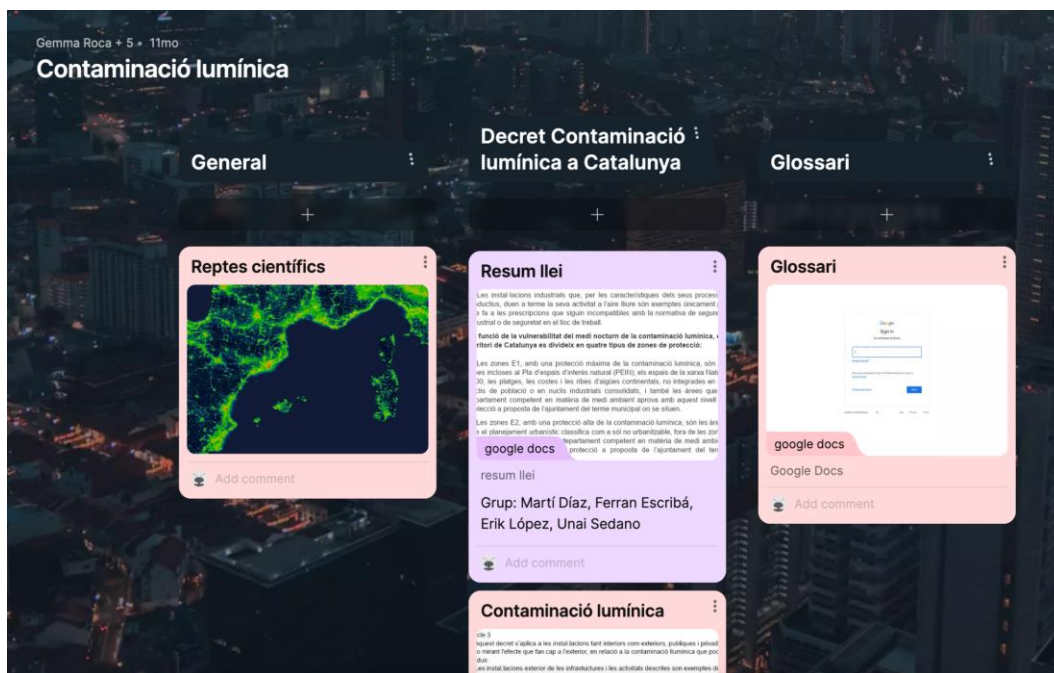
**Llum natural / Luz natural / Natural light:** La llum natural és aquella que prové de fonts naturals.

**Sostenibilitat / Sostenibilidad / Sustainability:**

Conjunt de polítiques destinades a fer compatible el creixement econòmic i la preservació de la biodiversitat i evitar la degradació de la biosfera provocada per l'acció humana.

Slika 1. Primjer pojmovnika o tehničkim uvjetima o svjetlosnom onečišćenju

U našoj školi odlučili smo koristiti Padlet kao način sastavljanja posla koji smo obavili 1.1., 1.2. i 1.3.



Slika 2. Primjer lokota o općim informacijama o svjetlosnom onečišćenju





Osim ove tri teme, nastavnici su održali predavanja o najboljoj vrsti rasvjetnog stupa u javnim prostorima prema preporukama Međunarodne udruge tamnog neba. Studenti su uzeli u obzir vrstu rasvjetnog stupa, vrstu žarulje, radno vrijeme i potrošnju.

Osim toga, pod vodstvom učitelja, učenici su eksperimentirali s laganim ponašanjem u laboratoriju.

## **2.9. Praktični projekt: spektrometar**

U parovima ili grupama po troje učenici su stvorili vlastiti spektrometar. Materijali koje su koristili bili su kuhinjski karton, CD, karton i traka.

Svojim spektrometrom studenti su mogli promatrati različite valne duljine različitih vrsta žarulja, a također su pregledali i fotografirali različite uzorke svijetlih boja.

Proveli smo tri sesije po 60 minuta da napravimo spektrometar i eksperimentiramo s njim.

## **2.10. Studentski projekti za poboljšanje svjetlosnog onečišćenja na svom području**

U skupinama od četiri osobe studenti su analizirali svjetlosno onečišćenje određenog područja, utvrdili glavne probleme i predložili konkretne mjere za poboljšanje svjetlosnog onečišćenja u nekim područjima u Figueresu, kao i u obližnjim selima.

### *Mjerenja i analize određenog područja*

Radi praktičnosti, studenti su odabrali područje koje je blizu mjesta gdje žive i trebali su analizirati najsvjetlije i najtamnije mjesto tog područja. Studenti su izmjerili razine SQM-L opremljene mjerачem kvalitete neba.

Poduzeli su sljedeće radnje:

- Izračunali su koliko je rasvjetnih stupova bilo u tom području i fotografirali ih.
- Analizirali su vrstu svjetla, snagu i boju svjetla, učinkovitost i temperaturu.
- Analizirali su kvalitetu noćnog neba i mjerili brojeći broj zvijezda.



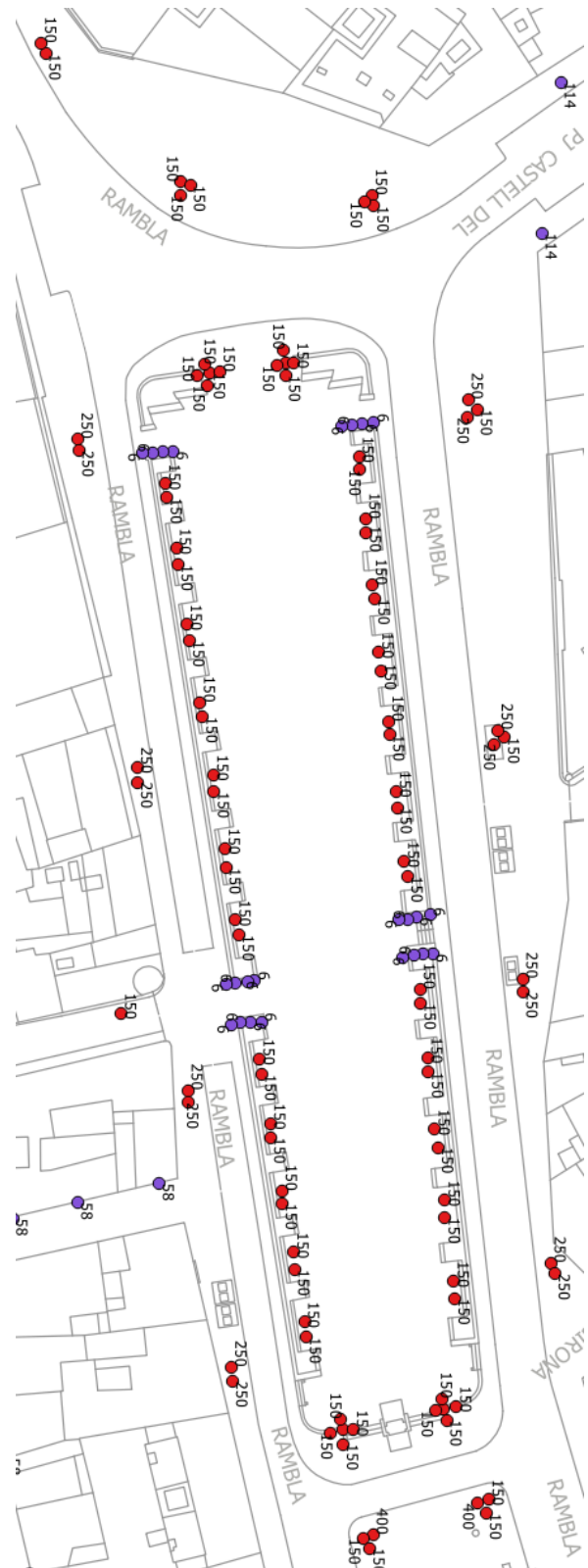




### *Prijedlozi za poboljšanje svjetlosnog onečišćenja*

Prema tom području, studenti su dali različite prijedloge za poboljšanje svjetlosnog onečišćenja, što je uključivalo pokrivanje žarulja kako bi se izbjegla disperzija svjetla, korištenje senzora, ograničavanje vremena kada bi svjetla trebala biti upaljena, smanjenje broja svjetlosnih stupova, mijenjanje vrste žarulja, osobito bijelih u narančaste.

Ova slika predstavlja stupove svjetiljki koji su danas instalirani u La Rambla u Figueresu. Crvene točkice predstavljaju stojeće stupove svjetiljki, a ljubičaste točkice one koje vise sa zidova. Brojevi predstavljaju snagu svakog posta u Wattsu (W).

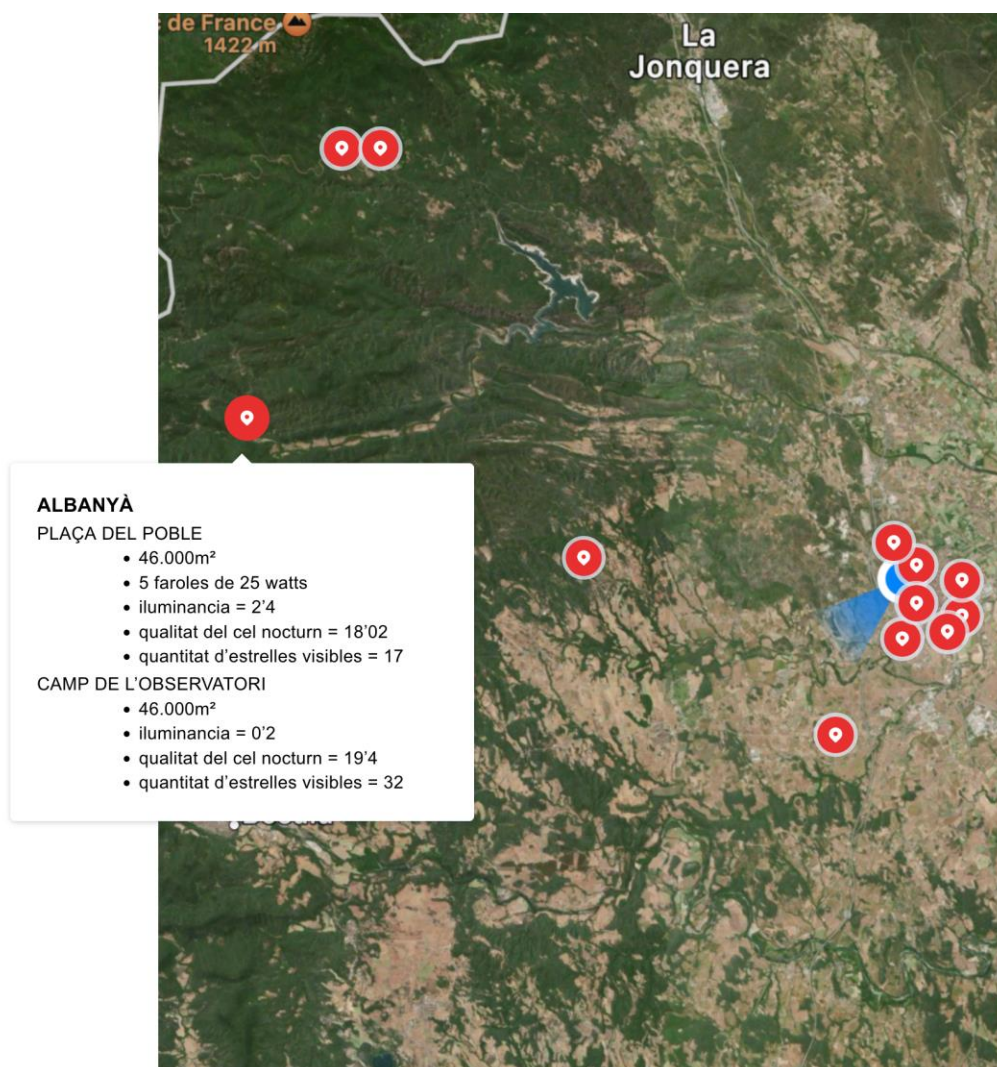


Primjer jednog od projekata studenata: karta rasvjetnih stupova u Ramblu, Figueres



## 2.11. Cijeli razredni projekt: interaktivna karta

Koristeći sva mjerenja koja su učenici izvršili u tom području, dodali su podatke u Google karte u grupama. Nakon toga, sve karte su spojili u interaktivnu kartu koristeći Genially.



Slika 4. Interaktivna karta s mjerenjima učenika pomoću Google karata i uređena pomoću Geinallyja.



## 2.12. Online dostupan VR obrazovni softver u svakodnevnoj nastavi.

U našem slučaju, VR obrazovni softver je bio neuspješan. Nažalost, iako su učitelji i učenici pokušali mnogo puta, nismo uspjeli instalirati softver koji je Lunar pružio. Također, predstavnici Lunara pokušali su ga neuspješno instalirati u našu VR tehnologiju.

Kao učiteljima, bilo nam je teško vidjeti dodanu vrijednost koju je VR tehnologija pružila u analizi svjetlosnog onečišćenja.

Također, naša škola je usvojila politiku 'bez mobitela', pa stoga nismo mogli koristiti VR tehnologiju koja zahtijeva mobilni telefon.

Ne bismo preporučili upotrebu VR softvera u obrazovne svrhe iz različitih razloga:

- trošak uređaja
- potreba tehničara kada se pokvari
- potreba za mjestom za pohranu i nadzornikom koji kontrolira njihovu uporabu
- poteškoće u omogućavanju jednakog pristupa svim učenicima jer naši razredi imaju više od trideset učenika i teško je natjerati polovicu njih da čekaju dok ostali koriste tehnologiju.





## 2.13. Širenje

### Posteri

Učenci su dizajnirali plakate o svjetlosnom onečišćenju koje smo koristili za širenje projekta u našoj školi, jer smo plakate imali u hodnicima.



Slika 4. Plakat za širenje.





Slika 5. Plakat za širenje.

### Brošure

Učenici su osmislili brošure o svjetlosnom onečišćenju koje smo koristili za širenje među obrazovnom zajednicom i našim lokalnim područjem.



Slika 6. Brošure o svjetlosnom onečišćenju, njegovim uzrocima i kako ga poboljšati.

## 2.14. Završne napomene

Smatrali smo da su se studenti jako uključili u projekt i da su mogli naučiti o svjetlosnom onečišćenju, problemima s kojima se suočavamo lokalno i globalno vezano uz njega i predložiti rješenja za budućnost koja dolazi. Postali su iskreno zabrinuti zbog svjetlosnog onečišćenja i spremni podići svijest među svojim zajednicama o ozbiljnosti problema. Također smo smatrali da je VR tehnologija nepotrebna za uspješno dovršenje projekta.





## 3. VODIČ ZA VR MODULE I UPUTE ZA UPORABU

# OPERATIVNI PRIRUČNIK ZA ŠKOLSKE UČITELJE

### 3.1. Pripremite svoj Oculus uređaj



#### BILJEŠKA

S vremena na vrijeme (gotovo redovito) ovaj proces ažurira ili mijenja Meta (vlasnik marke Oculus). Neki se alati ažuriraju, neke aplikacije ili alati s vremenom se vizualno razlikuju. To su smjernice, koraci za ugradnju i održavanje Oculus VR slušalica u vrijeme pisanja ovog članka.



#### Pripremite e-mail adresu (po mogućnosti namijenjenu Oculus VR slušalicama)

1. Pripremite račun e-pošte (npr. gmail), zapamtite / pohranite podatke o računu na sigurno mjesto (kako bi se mogli pronaći i koristiti po potrebi)



#### Preuzimanje





2. Potražite i instalirajte "**oculus quest 2**" u **Trgovini Google Play** na svoj **Android telefon**.

(koristit će se za inicijalizaciju i konfiguriranje VR slušalica)

3. Potražite i instalirajte "**Oculus ADB upravljački program za windows**" na računalo. (potrebno za aplikaciju SideQuest)

<https://developer.oculus.com/downloads/package/oculus-adb-drivers/>

4. Instalirajte "**SideQuest Advanced Installer**" na svoje Windows računalo. (koristi se za instalaciju naše VR APP na VR slušalice)

<https://sidequestvr.com/setup-howto>



### Spojiti

5. Omogućite lokaciju, BT i WiFi na Android telefonu.

6. Spojite slušalice i telefon s internetom. (ista WiFi mreža)



### Prijava, potvrda računa, aktivacija načina rada za razvojne inženjere

7. "**Prijavite se e-poštom**" u Oculus APP na Android telefonu.

8. Prijavite se na svoj OCULUS/Meta račun na računalo i stvorite organizaciju.

<https://developer.oculus.com/documentation/native/android/mobile-device-setup/>

9. kada su upareni s VR slušalicama, omogućite način rada za razvojne programere za svaku slušalicu s mikrofonom u aplikaciji Android telefona.

10. Ponovno pokrenite svaku VR slušalicu.



### Povežite se s USB kabelom da biste instalirali APP

11. Povežite VR slušalice s računalom. (koristeći uključeni kabel "USB-C na USB-C" ili "USB-A na USB-C")

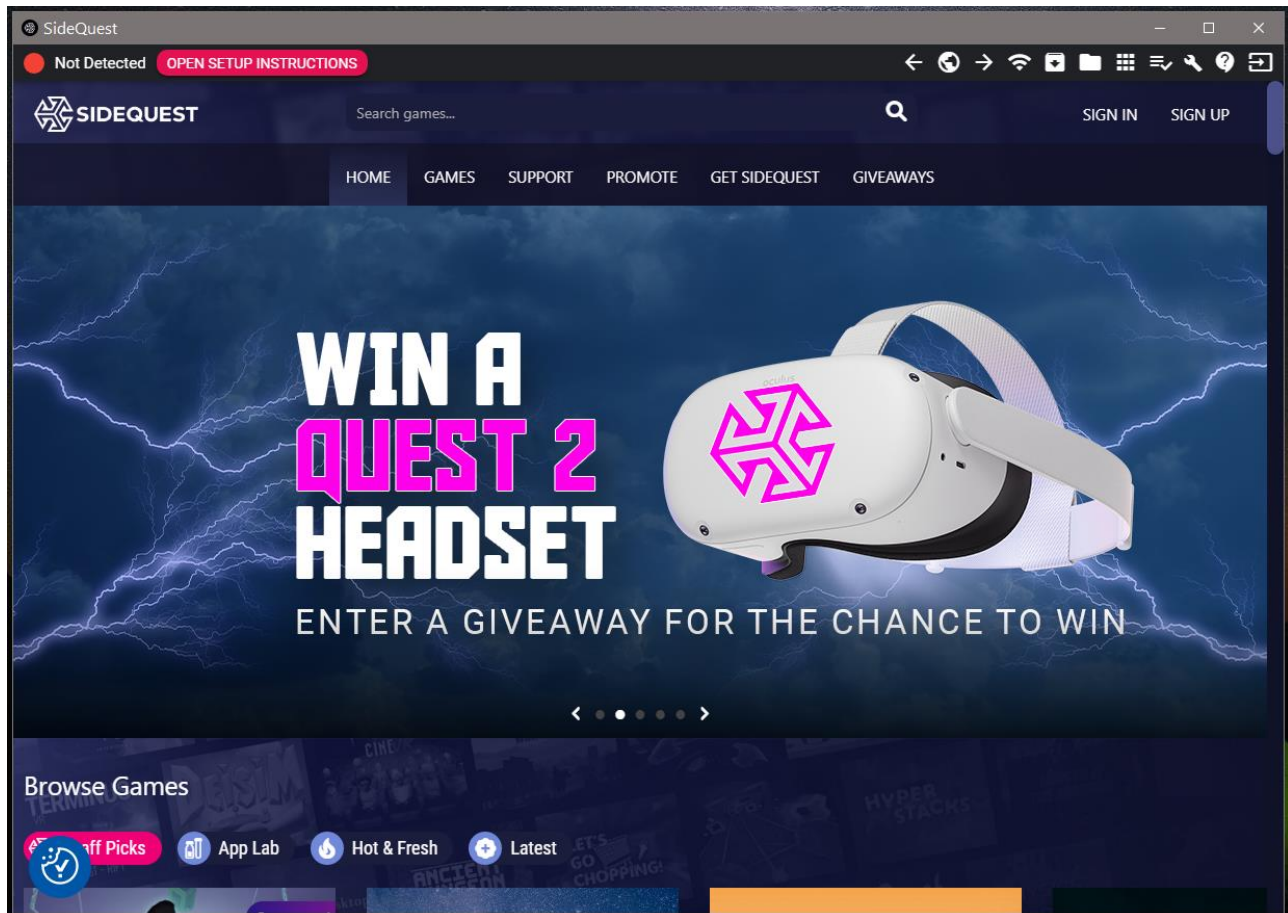
12. U slušalicama će biti poruka koja dopušta "**USB ispravljanje pogrešaka**", odaberite "**Uvijek dopusti ovo računalo**".





## 3.2. Korištenje SideQuest-a za instalaciju naše aplikacije na VR slušalice

Prikaz aplikacije SideQuest



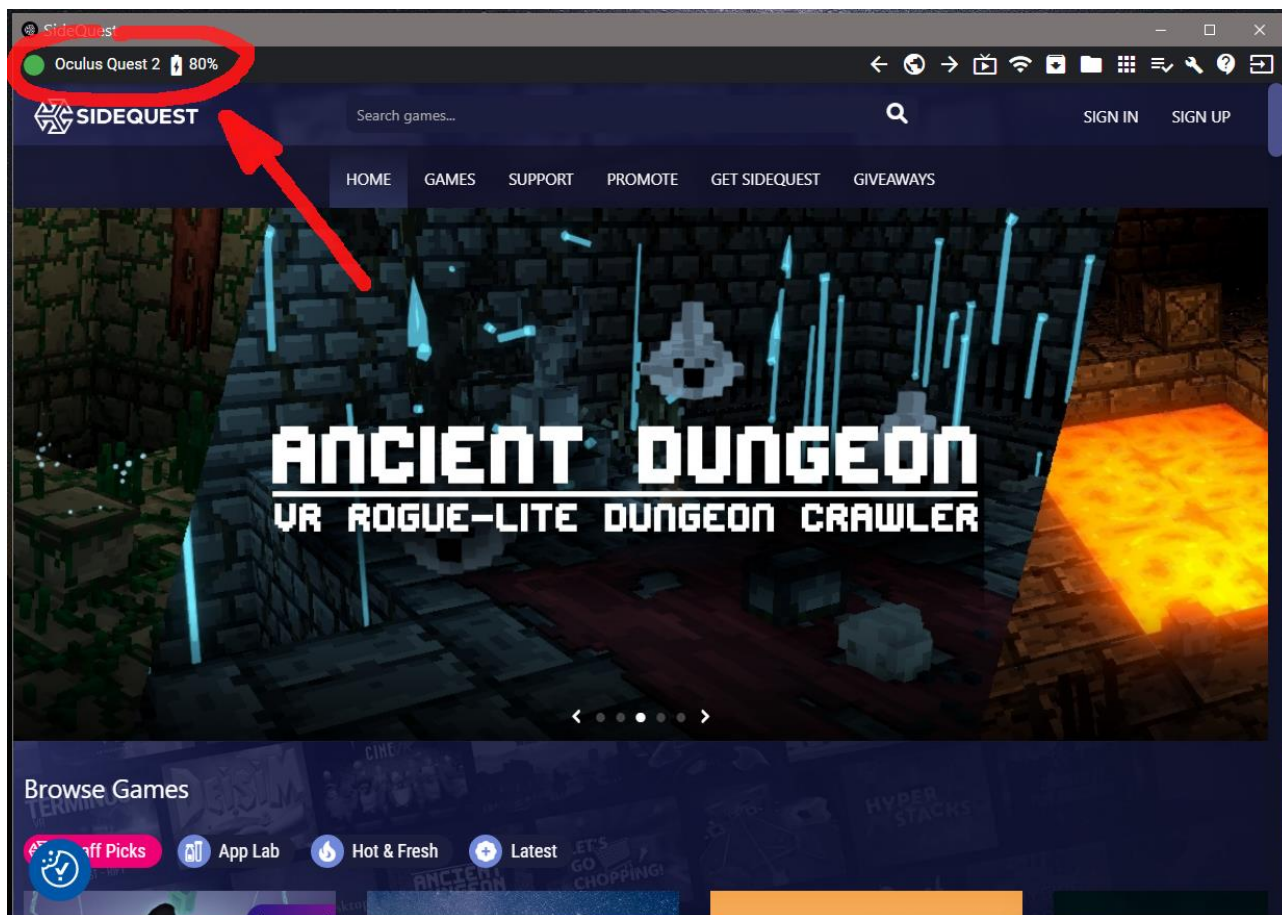
NAPOMENA: Primijetite crvenu točku i tekst "**Nije otkriveno**" u gornjem lijevom kutu! To znači da VR slušalice nisu otkrivene:- kabel nije spojen- VR slušalice nisu uključene ili- nema instaliranog upravljačkog programa ponekad (vrlo rijetko) možda ćete morati ponovno pokrenuti VR slušalice i računalo i pokušati ponovno. Također primijetite

**izbornik ikona** na gornjoj desnoj strani prozora.





Bočna potraga ispravno je otkrila vaše VR slušalice



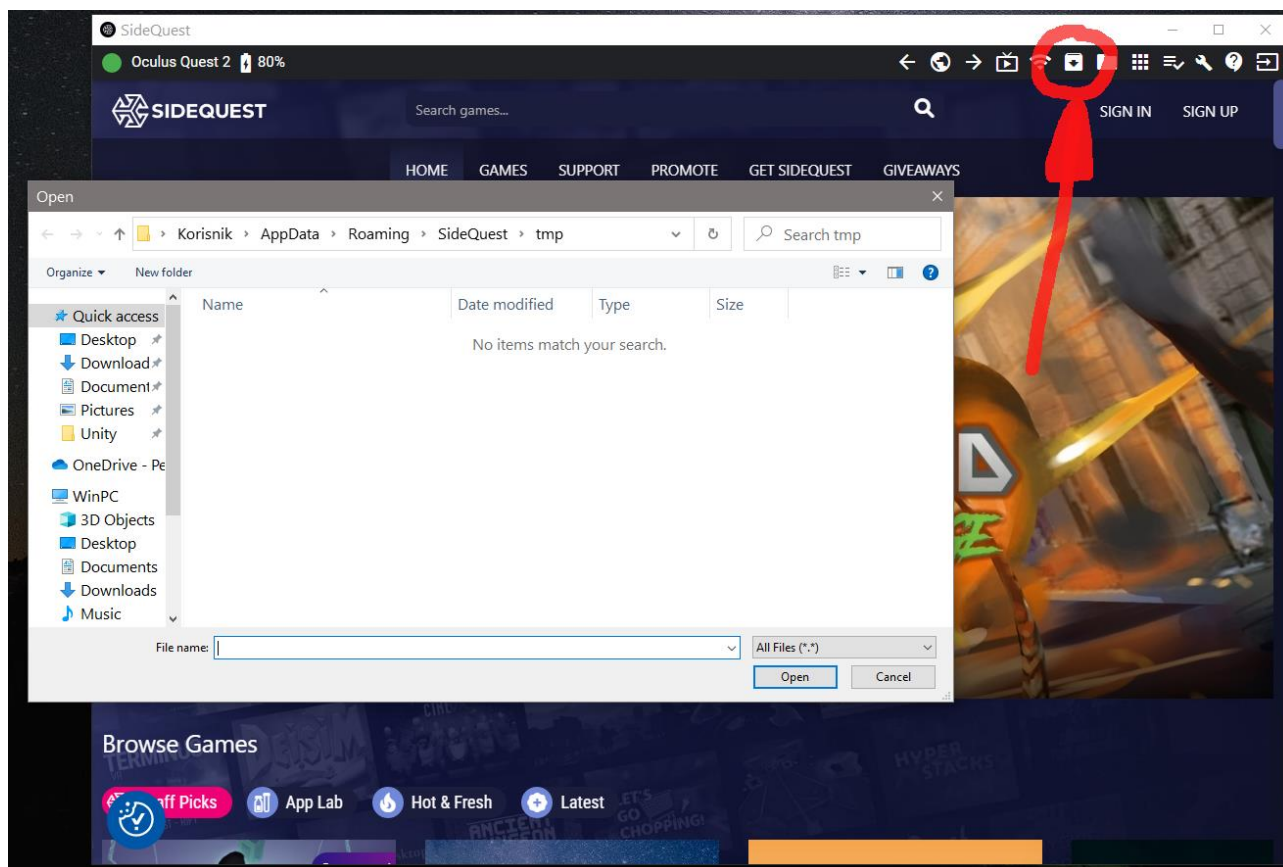
NAPOMENA:

**Zelena točka** što znači: slušalice su ispravno otkrivene, prikazuje se status baterije, spremni ste za instalaciju aplikacije.





## Instaliranje aplikacije na slušalice s mikrofonom



**NAPOMENA:** Na izborniku ikona. Šesta ikona s lijeve strane, slična gumbu za preuzimanje, ona je koja se koristi za instaliranje aplikacija na VR slušalice. Kada kliknete ikonu, pronađite APK datoteku i potvrdite dvoklikom na APK datoteku ili klikom na gumb "Otvori". Pričekajte malo, na dnu prozora bit će poruka slična: "Svi zadaci dovršeni!" U tom trenutku možete odspojiti slušalice i slobodno ih koristiti.





### 3.3. Pokretanje aplikacije nakon instalacije

U donjem dijelu scene nalazit će se "glavni izbornik". Ako ga ne vidite, okrenite se i potražite ga.  
**Uvijek zapamtite: u virtualnom ste prostoru.**

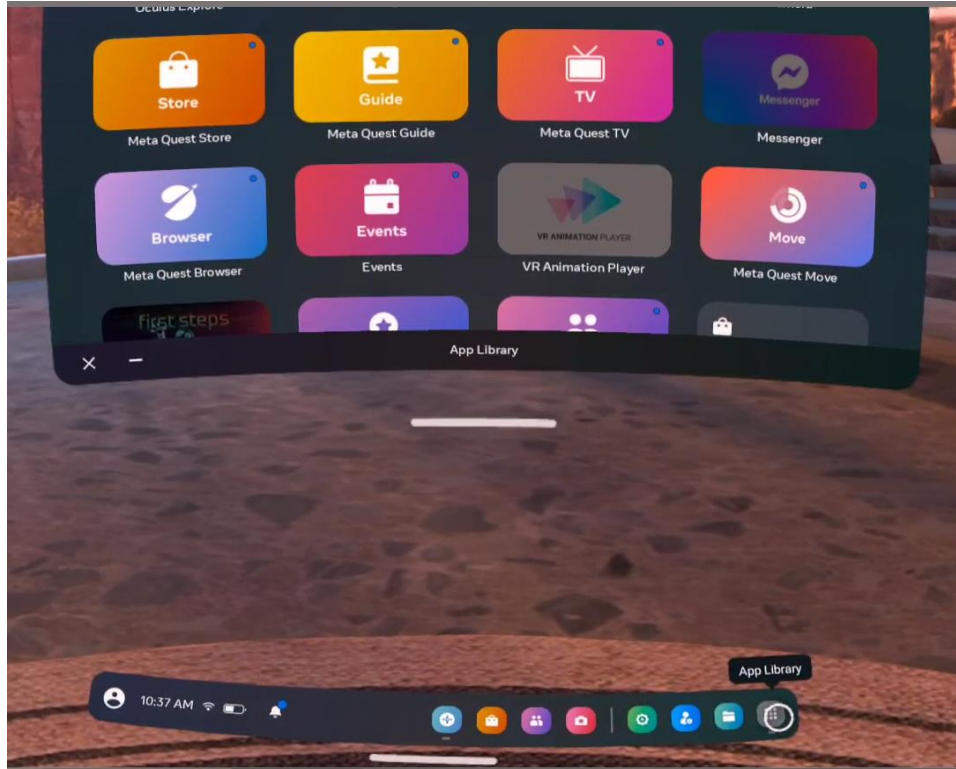
Alternativno: na desnom kontroleru nalazi se gumb "O" = oculus, pritisnite i držite ovaj gumb sekundu ili dvije. U donjem dijelu scene ispred vas trebao bi se pojaviti "glavni izbornik".

Na krajnjoj desnoj strani (posljednja stavka) nalaze se "aplikacije", pokažite na nju i "kliknite"(pritisnite glavni gumb za paljenje na kontroleru).



Popis instaliranih aplikacija trebao bi izgledati slično ovome, na vrhu će biti polje "pretraživanje", točka i kliknite na njega.





Filtar će se pojaviti na vrhu, u srednjem odjeljku kliknite i odaberite "Nepoznati izvori", aplikacija će biti prikazana na popisu.





### 3.4. Igra

Glavni problem koji treba riješiti jest da su onečišćenje, klimatske promjene i naš utjecaj na okoliš apstraktni. Njegovo značenje odvija se tek za 10, 15 ili 100 godina. Ljudima je vrlo teško razumjeti, planirati i donositi odluke. Kada se još više bavite svjetlosnim onečišćenjem. Budući da smo mi ljudi aktivni i većinu naših aktivnosti ovisimo o dnevnom svjetlu, možda će nam biti teško shvatiti situacije u kojima imamo previše svjetla, utjecaj boje svjetla ili važnost izgradnje naših rasvjetnih tijela i izvora svjetlosti. Glavni cilj je senzibilizirati društvo, priznati da je problem stvaran i da postoji. Drugi važan aspekt ovog projekta su noćno nebo i zvijezde, senzibilizirajući potrebu očuvanja noćnog neba i zvijezda za nas, kao i za okoliš (divlji život). Virtualna stvarnost može pomoći u ovom procesu približavanja predmeta učenicima, studentima i široj javnosti kroz jednostavnu, lako razumljivu aplikaciju / igru. VR tehnologija također se može koristiti za promicanje najboljih praksi u rasvjeti i energetske učinkovitosti. Na primjer, VR simulacije mogu se koristiti za demonstraciju važnosti dizajna rasvjetnih tijela, posebno sjenila i smjera svjetlosti, odabirom boje (temperature) svjetlosti koja ima manji utjecaj na okoliš. Pružajući impresivno iskustvo koje omogućuje ljudima da vide utjecaj izbora koje donose, VR može pomoći u promicanju usvajanja optimalnih dizajna rasvjetnih tijela i izvora svjetlosti te primijeniti najbolje prakse kako bi se smanjio naš utjecaj na okoliš svjetlom. Zamišljen je kao dodatak drugim intelektualnim rezultatima, radionicama i predavanjima na temu svjetlosnog onečišćenja.

Drugi način na koji VR može pomoći ublažiti učinke svjetlosnog onečišćenja je razvoj virtualnih simulacija za svjetlosno onečišćenje i svemir / zvijezde, noćno nebo i promatranje zvijezda općenito.





### 3.5. Astronomska igra

Glavni cilj je proizvesti učinkovit i atraktivan obrazovni alat putem kojeg će učenici učiti o aspektima svjetlosnog onečišćenja i našem utjecaju na noćno nebo i okoliš. Igra se sastoji od tri poglavlja, ili segmenata:- Izvori svjetlosti i temperatura svijetle boje- Sky puzzle- Messier challenge postoji natjecateljski element u igri jer na kraju postoji rezultat koji bi se mogao usporediti s rezultatima drugih igrača.

Glavne mete su djeca u dobi od 14 do 18 godina.

Scena otvorenih obrazovnih resursa za VR aplikacije u segmentu svjetlosnog onečišćenja je ograničena. Stoga je vrijednost takvih aplikacija razvijenih u okviru programa Erasmus još veća.



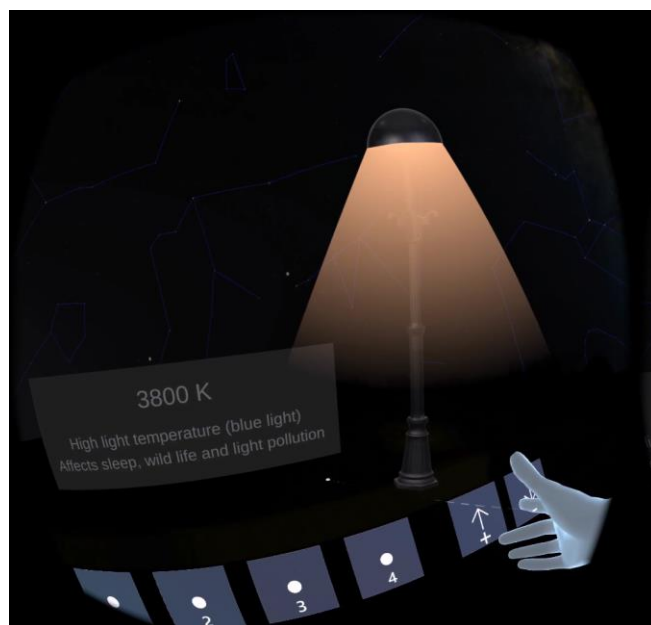


### 3.6. Igranje igre

#### 1. Izvori svjetlosti i temperatura svjetle boje

Simulira noćno nebo i udar u nebo i vidljivost zvijezda ovisno o rasvjetnom tijelu koje odaberemo i ovisno o temperaturi boje našeg izvora svjetlosti. Poanta ovoga je senzibilizirati da je najbolji izvor svjetlosti usmjeren na područje interesa na našem primjeru tipičnog uličnog svjetla - to je tlo i da temperatura boje svjetlosti treba biti što niža oko 2800 K.

Ovaj dio se završava kada se igraču objasni važnost svjetlosnih tipova i temperature boje svjetlosti, a kada igrač odabere optimalne parametre, igra se nastavlja na drugi dio.





## 2. Nebeska slagalica

U ovom dijelu uvodimo važnost vidljivosti neba, te opće poznavanje uređenja neba i zvijezda. Ovdje se može objasniti osnovni raspored zvijezda, "sjeverna zvijezda" ili opća navigacija zvijezdama. Cilj ovog dijela je dovršiti "zagonetku": tri dijela/trokuta noćnog neba morat će biti postavljena i ispravno orijentirana kako bi se dovršilo noćno nebo.

Važna napomena: dijelovi noćne kupole koji nedostaju duboko su crveni -zašto crveni? Zašto se izvori crvenog svjetla koriste u opservatorijima i teleskopima kada rade noću u mraku?







### 3. Messier izazov

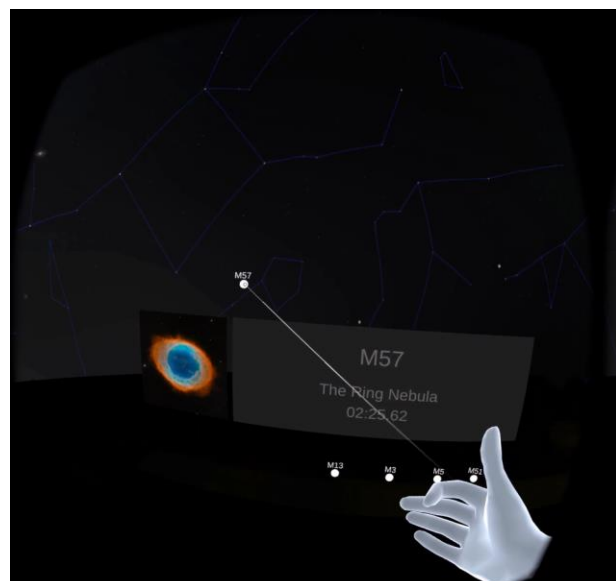
Nakon završetka dijela slagalice i podizanja svijesti o noćnom nebu i zvijezdama, o važnosti noćnog neba i važnosti sposobnosti da vidimo zvijezde - dolazimo do trećeg dijela igre.

Charls Messier, francuski astronom, bio je zainteresiran za pronalaženje kometa. Dok je pretraživao noćno nebo pronašao je "smetnje" poput zvjezdanih nakupina i maglica. Sa svojim pomoćnikom Pierreom Mechainom sastavio je katalog od oko 110 takvih objekata, sada poznatih kao "Messier katalog". Ovaj katalog objekata jedan je od najpoznatijih popisa astronomskih objekata danas. Ovaj dio predstavlja Messierove objekte i Messier katalog igraču. Upućeniji igrači koji su već upoznati s Messierovim objektima i katalogom testirat će svoje znanje u ovom dijelu.

Kroz cijelu igru neuredniji objekti označeni su na noćnom nebu. Neposredno prije početka neurednijeg izazova (prije nego što kliknete START) igrač ima vremena pogledati oko sebe, istražiti i pregledati lokacije Messier objekata.

Kada je igrač spreman i pritisne gumb START, zadatak je pronaći i odrediti pet neurednijih objekata na noćnom nebu. Identificirajte Messierove objekte prema njihovom kataloškom broju i pronađite i postavite oznaku na noćno nebo što je moguće bliže njegovom ispravnom položaju. Igrač odabere marker i odgurne ga na noćno nebo. Oznaka će pozeleniti kad bude gurnuta dovoljno daleko na nebo.

Prikazuju se dodatne informacije o Messierovim objektima: kataloški broj, naslov/opis i dobro poznata slika objekta.





## 3.7. Rezultati

Prvi dio "Izvori svjetlosti i temperature boja" je informativni i uvodni dio i nije tempiran. "Sky puzzle" i "Messier challenge" natjecateljski su dijelovi i tempirani su. Cilj je dovršiti ih u razumnom (najmanje mogućem) vremenu sa što manje pogrešaka i što točnije, pogreške se prikazuju i izračunavaju kao vremenska kazna. Imajući usporediv numerički rezultat (ukupno vrijeme) možete organizirati natjecanje sa svojim učenicima, također, imati natjecateljski element može dobiti veću uključenost učenika i bolju motivaciju i pažnju.

