Градска LoRaWAN мрежа

Техничка документација

Увод и опис рада
IoT Smart City - техничка шема
IoT платформа
LoRaWAN сензорски уређаји
LoRaWAN мрежа
Простор за апликације са више корисника
Подршка за мрежна и IoT решења
IoT Smart City решења - функционална шема
Омогућавајућа IoT решења
Ангажујућа IoT решења
Побољшавајућа IoT решења
Екосистем иновације и отворени подаци
Анализа захтева
LoRaWAN мрежа
LoRaWAN мрежни сервер и LoRaWAN гејтвеји
Потребна покривеност мрежом и локације LoRaWAN гејтвеја
Захтеви код пилот сценарија коришћења
Пилот пројекат управљање отпадом
Пилот пројекат паметног система јавне расвете
Пилот пројекат за спречавање поплава и систем раних упозорења
Преглед захтева за пилотне пројекте
Системски захтеви
Заинтересоване стране и сигурност података
Архитектура LoRaWAN мреже
Захтеви “IoT платформе”
Апликације крајњих корисника за идентификоване корисничке случајеве
Захтеви за Smart City Control Center
Захтеви за LoRaWAN мрежни сервер
Захтеви за LoRaWAN гејтвеје
Захтеви за мале LoRaWAN гејтвеје
LoRaWAN тестни уређаји
LoRaWAN крајњи уређаји (сензори/контролери) за одабране пилоте
Сензорски уређаји за кориснички случај управљања отпадом
Сензорски уређаји за кориснички случај паметног система уличне расвете
Сензорски уређаји за кориснички случај превенције поплава и система раног упозорења

Увод и опис рада

Документ са техничком спецификацијом има за циљ да пружи свеобухватан и детаљан водич за пројектовање и инсталацију LoRaWAN мреже мале снаге и широког домета (low-power wide-area network) у граду. Овај документ служи као нацрт који ће осигурати успешну и ефикасну примену, омогућавајући беспрекорну комуникацију и повезивање у целом граду.

Централна тачка ове IoT иницијативе је решење „IoT платформа“, које служи као оквир за скалирање Smart City пројекта и корисничких случајева које су истакле градске институције у граду:

- управљање отпадом,
- јавна расвета,
- спречавање поплава и систем раног упозорење.

Овај намерни избор корисничких случајева пружа јасну путању за еволуцију Smart City пројекта.

Као део овог пројекта, дефинисани су захтеви не само за IoT LoRaWAN мрежу већ и за технологију „IoT платформе“ која ће прикупљати податке са LoRaWAN сензорских уређаја и која би требало да буде способна да интегрише податке и из других извора (као што су NB-IoT или WiFi сензорски уређаји, као и долазећи подаци са других сервера). Пошто сваки град има своје специфичне проблеме, идеја јесте да се користе „IoT платформе“ које имају компоненту „Омогућавање апликација“, која обезбеђује ефикасан и ефективан развој прилагођених IoT корисничких апликација заснованих на алатима, компонентама за вишекратну употребу и шаблонима за типичне ситуације, ослањајући се на приступ са мало кода или без кода.

Овај приступ са „Омогућавањем апликација“ има неколико предности:

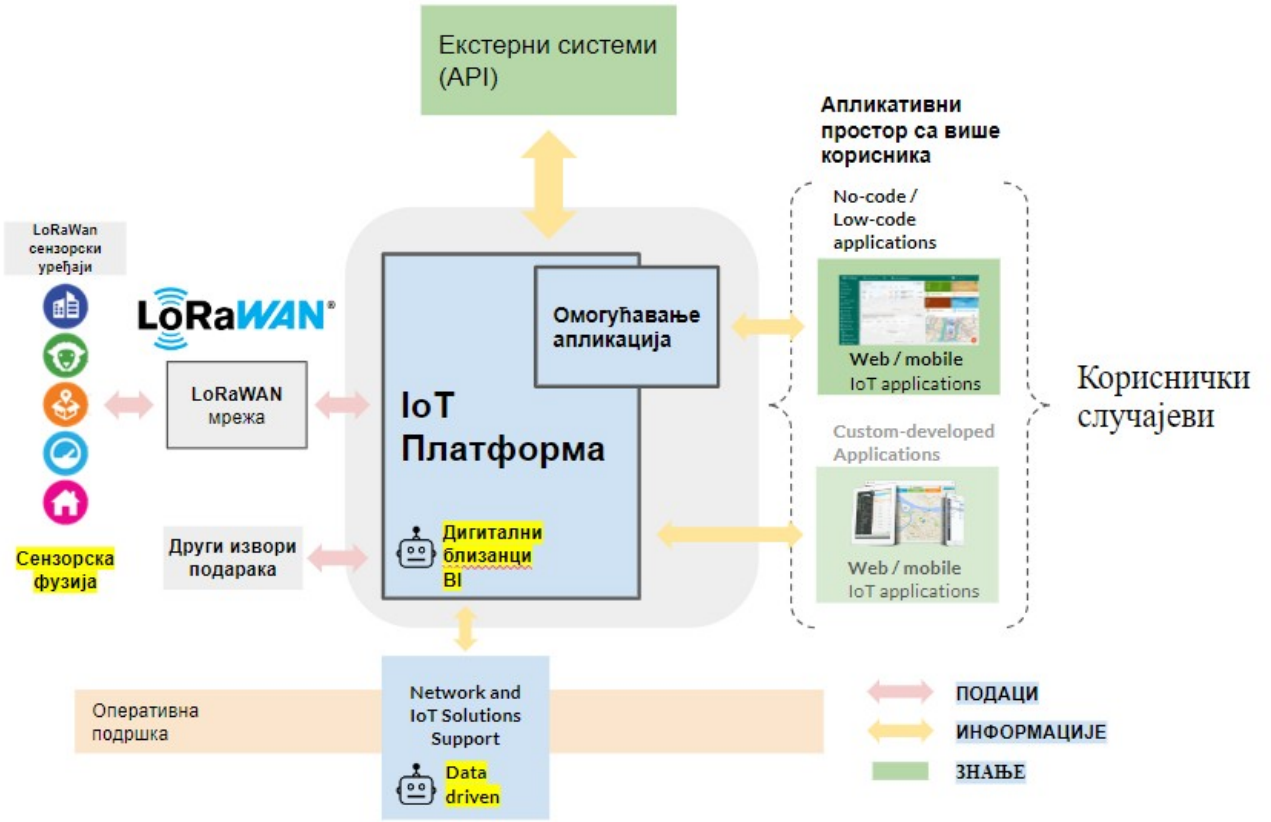
- Нове корисничке апликације се лако имплементирају и одржавају, са фокусом не на развоју софтвера и хардвера, већ на решавању специфичних проблема паметног града.
- Све апликације су повезане, њима се управља са централне локације, избегавајући зависност од произвођача.
- Апликације се прилагођавају потребама корисника, а не обрнуто.

Што се тиче самих корисничких апликација, идеја је да се подаци из различитих сензорских домена (нпр. сензорски уређаји у речним коритима за детекцију поплава) сливају у једну базу података (data lake), из које различите корисничке апликације и екстерни системи (као што су Smart City пројекти Канцеларије за информатику и еУправу Републике Србије) могу да их користе.

Овај принцип се примењује када се дефинишу захтеви за имплементацију пилот пројеката за корисничке случајеве, који су такође у делокругу рада.

IoT Smart City - техничка шема

На слици 1, приказана је техничка шема IoT технолошког окружења:



Слика 1: IoT Smart City - техничка шема

Техничка шема илуструје компоненте модерног IoT система, који ће бити имплементиран у оквиру Smart City пројекта.

IoT платформа

„IoT платформа“ је софтверско решење које значајно поједностављује сложен процес развоја и управљања IoT уређајима и апликацијама. Она служи као обједињујући оквир који интегрише мноштво елемената унутар растуће IoT сфере, обухватајући сензорске уређаје, комуникационе протоколе, складиштење података, аналитичке алате и корисничке интерфејсе.

Основни циљ „IoT платформе“ је да убрза стварање иновативних „IoT Smart City решења“ тако што ће обезбедити основне алате, услуге и инфраструктуру који ефикасно олакшавају развој и надзор IoT апликација.

Централне функције „IoT платформе“ обухватају:

1. **Управљање уређајима (Device Management)**: Ова функција поједностављује често сложене задатке додавања, конфигурисања и управљања IoT сензорским уређајима. Омогућава даљинска подешавања, олакшава ажурирање фирмвера, обезбеђује континуално праћење и нуди механизме за брзо решавање потенцијалних проблема.

2. **Повезивање (Connectivity)**: "IoT платформа" подржава мноштво комуникационих протокола и стандарда како би обезбедила глатку размену података између уређаја и cloud-a. Ови протоколи морају укључивати интеграцију са изабраним LoRaWAN мрежним сервером, као и општу повезаност преко различитих протокола укључујући HTTP(S), MQTT, CoAP и друге.

3. **Скупљање и складиштење података (Data Collection and Storage)**: „IoT платформа“ функционише као складиште података, акумулирајући информације са повезаних сензорских уређаја. Ови подаци се чувају унутар базе података спремни за каснију анализу и обраду.

4. **Сигурност (Security)**: Заштита IoT уређаја и података које генеришу је кључна. "IoT платформа" интегрише сигурносне функције као што су енкрипција, аутентикација, контрола приступа и превентивно праћење угрожености.

5. **Интеграција са спољним системима (External system integration)**: Безпрекидна интеграција са другим софтверским системима, апликацијама и услугама је обележје "IoT платформе". Ово подстиче дељење података и сарадњу између различитих сектора.

6. **Прилагодљивост (Scalability)**: Како се екосистем паметног града за IoT проширује новим примерима коришћења, "IoT платформа" би требало бити могуће једноставно надоградити како би се прилагодила растућам број уређаја и њихових повезаних података.

7. **Омогућавање апликација (Application Enablement)**: Алати и обрасци који убрзавају креирање прилагођених ИоТ апликација и значајно смањују време развоја.

8. **Управљање корисницима и приступом (User and Access Management)**: "IoT платформа" обезбеђује комплексне функционалности управљања корисницима, омогућавајући администраторима да дефинишу корисничке улоге, дозволе и нивое приступа. Ово обезбеђује да различити заинтересовани учесници могу интераговати са платформом на основу својих улога, повећавајући безбедност и одговорност.

9. **Уградња на локацији (On-premise Installation)**: Због захтеване независности података, малог кашњења и регулаторних захтева, изабрана "IoT платформа" мора подржавати инсталацију на самој локацији. Ово омогућава граду да развија и управља платформом у својој постојећој инфраструктури, задржавајући контролу над својим подацима и мрежом, и истовремено елиминише потребу за додатним редовним трошковима за екстерно хостовану платформу.

IoT платформе се праве у различитим облицима, укључујући:

- решења са отвореним кодом,

- комерцијално доступна решења ресзвијена од стране технолошких компанија.
- прилагођена интерна решења.

LoRaWAN сензорски уређаји

Сензорски уређаји са комуникацијом преко LoRaWAN мреже (као један вид мрежа ниског напона великог домета, Low-Power Wide-Area Networks, LPWAN) играју кључну улогу у изградњи решења за паметне градове, пружајући вишенаменски и ефикасан рад за различите примене. Постоји више типова LoRaWAN уређаја дизајнираних да одговарају различитим аспектима паметних градова:

- Паметни сензори, за прикупљање и анализу података у реалном времену, омогућавајући прикупљање параметара у њиховом директном окружењу, помажући градовима да надгледају и управљају својим операцијама и средствима.
- Паметни мерачи, за телеметрију потрошње ресурса, смањујући напоре за ручним очитавањем и омогућавајући боље управљање енергијом.
- Паметна контрола, где решења за паметну контролу са LoRaWAN подршком омогућавају градовима да даљински контролишу и надгледају јавне системе, као што су осветљење.
- итд.

Главне предности LoRaWAN сензорских уређаја укључују врло малу потрошњу енергије, што омогућава дуг живот батерије и значајно олакшава оперативно одржавање система. Ова технологија омогућава ефикасно прикупљање података на великим удаљеностима и у тешко доступним областима, што омогућава комплетно надгледање и управљање ресурсима у урбаним срединама.

LoRaWAN мрежа

Архитектура LoRaWAN мреже се састоји из неколико кључних елемената:

- **Гејтвеји (Gateways)**: Гејтвеји примају податке од LoRaWAN уређаја (крајњих чворова) и прослеђују их мрежном серверу. Они су повезани са интернетом и обухватају велико географско подручје, примајући сигнале од више крајњих уређаја. Гејтвеји се такође користе за слање порука уређајима, када то корисник/апликација захтева, или на мрежном нивоу, на пример, за синхронизацију часовника крајњих уређаја.

- **Мрежни сервер (Network Server)**: LoRaWAN мрежни сервер управља комуникацијом између гејтвеја и крајњих уређаја. Обавља задатке као што су аутентикација, безбедност и пренос података ка одговарајућој IoT платформи. Сваки уређај мора бити регистрован на страни LoRaWAN мрежног сервера пре него што се може прикључити на мрежу при свом активирању.

LoRaWAN мрежа ради на нелиценцираном фреквенцијским опсезима фреквенција (Industrial, Scientific, and Medical (ISM) bands, нпр. 868 MHz у Европи или 915 MHz у Северној Америци), што омогућава могућност за раст без компликованих административних процедура, као што су добијање лиценци за рад у одређеном опсегу радио фреквенција.

Постоје и приватне и јавне LoRaWAN мреже.

Јавне LoRaWAN мреже се одржавају од стране провајдера као трећег лица и доступне су свима са компатибилним уређајима. LoRaWAN мрежа града, која се уклапа у опсег овог пројекта је пример јавне LoRaWAN мреже, са намером да се комерцијално пружи могућност повезивања заинтересованим странама.

Приватне LoRaWAN мреже су развијене од стране организација за конкретне примене или области, пружајући већу контролу над инфраструктуром мреже и подацима и нису отворене за трећа лица.

Ради потпуног прегледа, конкурентне LPWAN технологије укључују:

- NB-IoT (Narrowband IoT): Технологија мобилне телефоније (сегмент мале потрошње у оквиру 4G/LTE) која ради у лиценцираном опсегу, пружајући добру покривеност и продорност, али са већом потрошњом енергије у поређењу са LoRaWAN технологијом.

- LTE-M (Long-Term Evolution for Machines): Још једна технологија мобилне телефоније (такође сегмент мале потрошње у оквиру 4G/LTE) базирана на мрежама која подржава IoT примене. Пружа већу брзину преноса података у поређењу са другим LPWAN опцијама, али може имати већу потрошњу енергије.

- Sigfox: LPWAN технологија слична LoRaWAN, која ради у нелиценцираном опсегу. Има ограничену брзину преноса података и покривеност, али је погодна за једноставне примене са минималним захтевима по питању података.

У овом пројекту, LoRa комуникација и LoRaWAN мрежа су изабрани као основна компонента у IoT Smart City систему, која представља доступну, без зависности од произвођача, и ефикасну могућност за развој Smart City система у граду.

Апликативни простор са више корисника

Апликације са више корисника су архитектуре која је дизајнирана да буде коришћена од стране више независних корисника или организација, тзв. “тенанта”, на једној дељеној "IoT платформи".

Оваква архитектура даје могућност да више корисничких група користи исту платформу, истовремено одржавајући раздвајање и изоловање њихових података, апликација и ресурса.

Платформе са више клијената омогућавају сарадњу и дељење података између клијената када је потребно, истовремено одржавајући строгу контролу над тиме који подаци се деле и са ким.

На техничкој шеми на слици 1, корисничке апликације су подељене у две групе:

- **Апликације без кода или са мало кода**, које се преферирају због чињенице да су решења, и најзначајнији урбани проблеми, генерално слични (а ипак довољно специфични), па се могу користити шаблони. Поред тога, у решењима за комуналне услуге, фокус није на корисничком интерфејсу, па се могу користити стандардизовани прикази. Развој на овај начин је брз и ефикасан, без жртвовања вредности решења.

- **Апликације развијене по наруџбини**, које су пример потребног IoT решења када апликације користи шира корисничка популација (грађани) и где су кориснички интерфејс и презентација изузетно важни. Овај приступ развоју апликација и решења може се користити у контексту Smart City пројекта, али већина решења за потребе општинских служби је оптимална када се користи приступ без кода или са мало кодом.

Подршка за мрежна и IoT решења

С обзиром на то да је основни циљ дигитализација оперативних процеса за урбане услуге, од суштинског је значаја да IoT мрежа и IoT решења не изазивају оперативне сметње и не мешају се у добро утврђене теренске процесе. Зато је важно разумети да подршка за IoT решења мора бити осмишљена другачије него подршка за традиционална IT решења.

Специфичности IoT решења су:

- Дигитално-физичка интеракција сензорских уређаја, при чему су радни услови често захтевни и променљиви.
- Учешће више заинтересованих страна са различитим нивоима технолошке писмености.

Због тога је изузетно важно предвидети константну подршку за IoT решења како би се обезбедио непрекидан ток валидних података.

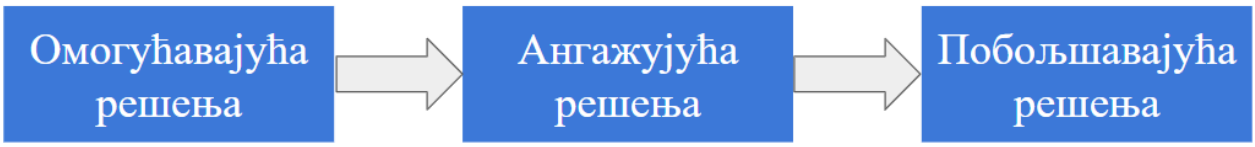
Најбоље је, током фазе дизајна конкретног IoT решења, предвидети додатне податке које мрежа сензора треба да прикупи (поред података који су битни за крајње кориснике), а који ће се користити за надгледање интегритета и исправног рада саме IoT сензорске мреже.

На основу ових додатних услужних података, могуће је имплементирати планско одржавање сензорске мреже, што је од кључног значаја за велике сензорске мреже.

IoT Smart City решења - функционална шема

IoT технологија је врло комплексна и кључно је разјаснити различите врсте IoT пројеката и решења, јер се разликују по обиму и фокусу. Ово ће бити значајно касније као оквир за додавање нових, као и проширивање већ постојећих решења за корисничке случајеве.

Модерни приступ сегментирању IoT решења је приказан на слици 2, и састоји се из различитих типова IoT решења: „оспособљавајућа“, „ангажујућа“ и „побољшавајућа“.



Слика 2: Сегментирање IoT решења

Обим IoT решења ће бити илустрован кроз пример решења корисничког случаја Управљање отпадом.

Омогућавајућа IoT решења

„Омогућавајућа IoT решења“ имају за циљ да поставе темељ IoT решења и омогуће непрекидно прикупљање података.

Обухватају достављање и повезивање физичке мреже сензора и уређаја, као и имплементацију управљања мрежом и подршке процесима. Корисничке апликације су усредсређене на прикупљање података са терена.

У контексту нпр. решења за управљање отпадом, „омогућавање“ укључује рад сензорске мреже у контејнерима, као и подршку за ту мрежу.

Ангажујућа IoT решења

На основу непрекидног прикупљања података, „Ангажујућа IoT решења“ проширују функционалности ка дигитализацији оперативних процеса крајњих корисника.

У контексту решења за управљање отпадом, „ангажујућа“ решења укључују богате веб приказе (детаље о нивоу пуњења контејнера и његову локацију на мапи, као и историјске податке) и мобилне апликације, оба базирана на описаној IoT платформи, и пружају обавештења када се испуне одређени услови (на пример, ниво пуњења унутар контејнера за отпад достигне постављени праг).

Побољшавајућа IoT решења

На крају, „побољшавајућа IoT решења“ коришћењем вештачке интелигенције и машинског учења за анализу података и предиктивног моделовања, са циљем оптимизације нивоа услуге и увођења нових функција заснованих на вештачкој интелигенцији.

У контексту решења за управљање отпадом, "побољшавање" укључује модуле за оптимизацију руте, штедњу енергије, управљање и одржавање контејнера, као и осигуравање усаглашености.

Екосистем иновације и отворени подаци

Успешне иницијативе за паметне градове, осим што пружају IoT мрежу и платформу као технолошку основу, такође подржавају иновативни екосистем добављача и имају шири утицај на локалну иновативну заједницу. Приступ базиран на IoT платформама омогућава новим иновативним добављачима и мањим компанијама да учествују у развоју и имплементацији паметних IoT решења за проблеме на нивоу читавих градова.

Осим тога, подаци са свих сензорских уређаја смештених на IoT платформи теку у централизован репозиторијум података - "data lake". На овај начин, подаци који су првобитно прикупљени сензорима за решавање једног конкретног проблема (на пример, сензорима за ниво пуњења контејнера) могу се користити у другом будућем решењу у комбинацији са другим подацима (на пример, мапирање температура на било којој тачки у граду).

Специфични изазови са којима се сусрећу системи паметних градова представљају идеални полигон за испробавање и почетну платформу за нове домаће електронске (сензорске уређаје) и софтверске производе.

Подаци прикупљени у оквиру Smart City data lake, могу бити доступни и другим иницијативама за дигитализацију, као што је Smart City иницијатива канцеларије за информационе технологије.

Као завршна напомена (која излази из опсега овог документа), успешна решења у области паметних градова често укључују главну одговорну особу за информације или податке (Chief Information/Data Officer), особу која је одговорна за хармонизацију потреба града за дигитализацијом са екосистемом иновативних добављача и стартап компанија које могу допринети стварању IoT решења.

Анализа захтева

У овом поглављу ће бити описани циљеви, заинтересоване стране и функционални захтеви ових пилота, док су технички захтеви за имплементацију дефинисани у поглављу са системским захтевима.

LoRaWAN мрежа

У овом делу се анализирају захтеви највишег нивоа за LoRaWAN мрежу, на основу почетних захтева из пројектног задатка и интеракције са заинтересованим странама.

LoRaWAN мрежни сервер и LoRaWAN гејтвеји

Неопходна је инсталација LoRaWAN мрежног сервера (*LoRaWAN Network Server, LNS*) на локацији корисника. Оператер мреже обезбеђује сервере (виртуелне машине) у свом центру за обраду података. LoRaWAN мрежни сервер треба да буде софтвер без лиценце или са доступном лиценцом без рока трајања.

LoRaWAN мрежни сервер мора да буде интероперабилан са LoRaWAN гејтвејима и апликативним сервером / IoT платформом. LoRaWAN гејтвеји треба да буду у сагласности са LoRaWAN стандардом, најмање верзије 1.0.2.

Повратна комуникација треба да буде остварена помоћу 4G мобилне мреже, где је сваки гејтвеј опремљен SIM картицом и обезбеђен адекватним пакетом за приступ интернету. Комуникација између LoRaWAN гејтвеја и мрежних сервера треба да буде безбедна и да пролази кроз VPN тунел.

Потребна покривеност мрежом и локације LoRaWAN гејтвеја

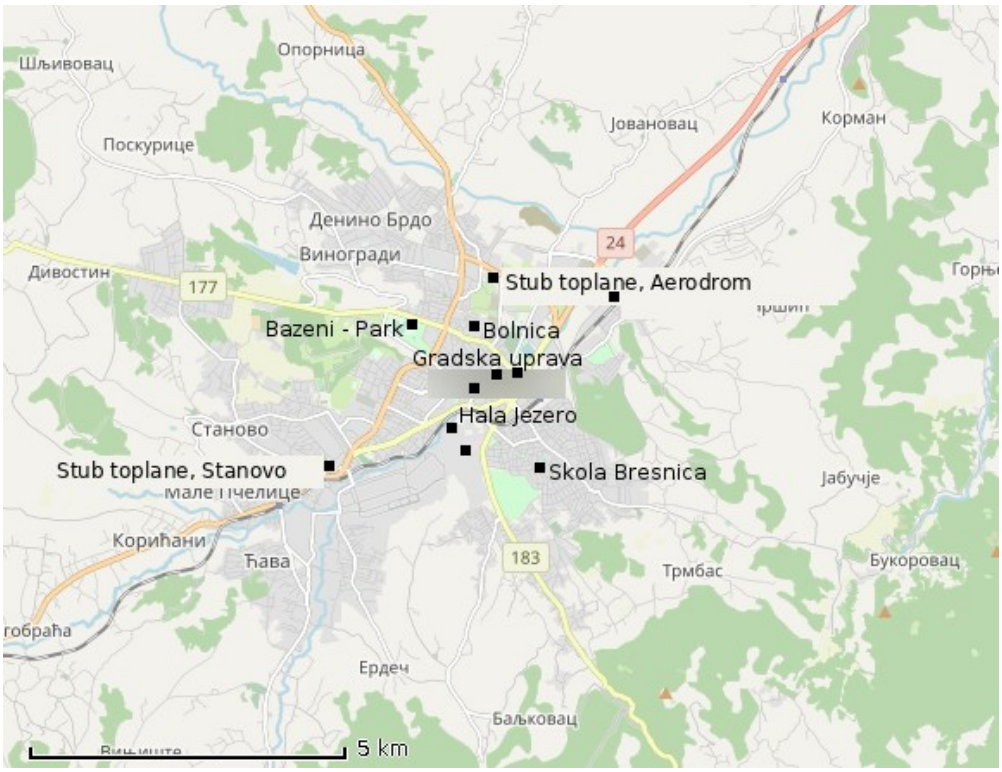
Циљ је да буде покривена урбана област града. Мрежна покривеност треба да буде довољна за сценарије коришћења на отвореном на већини урбане територије, као и за примене у затвореном простору у центру града. Најзахтевнији сценарији коришћења укључују уграђивање уређаја у подрумима зграда и подземним шахтама, и не очекује се да се обезбеди покривеност за сва таква места у широј урбаној области.

Обавезна је покривеност области са инсталираним уређајима за три пилота.

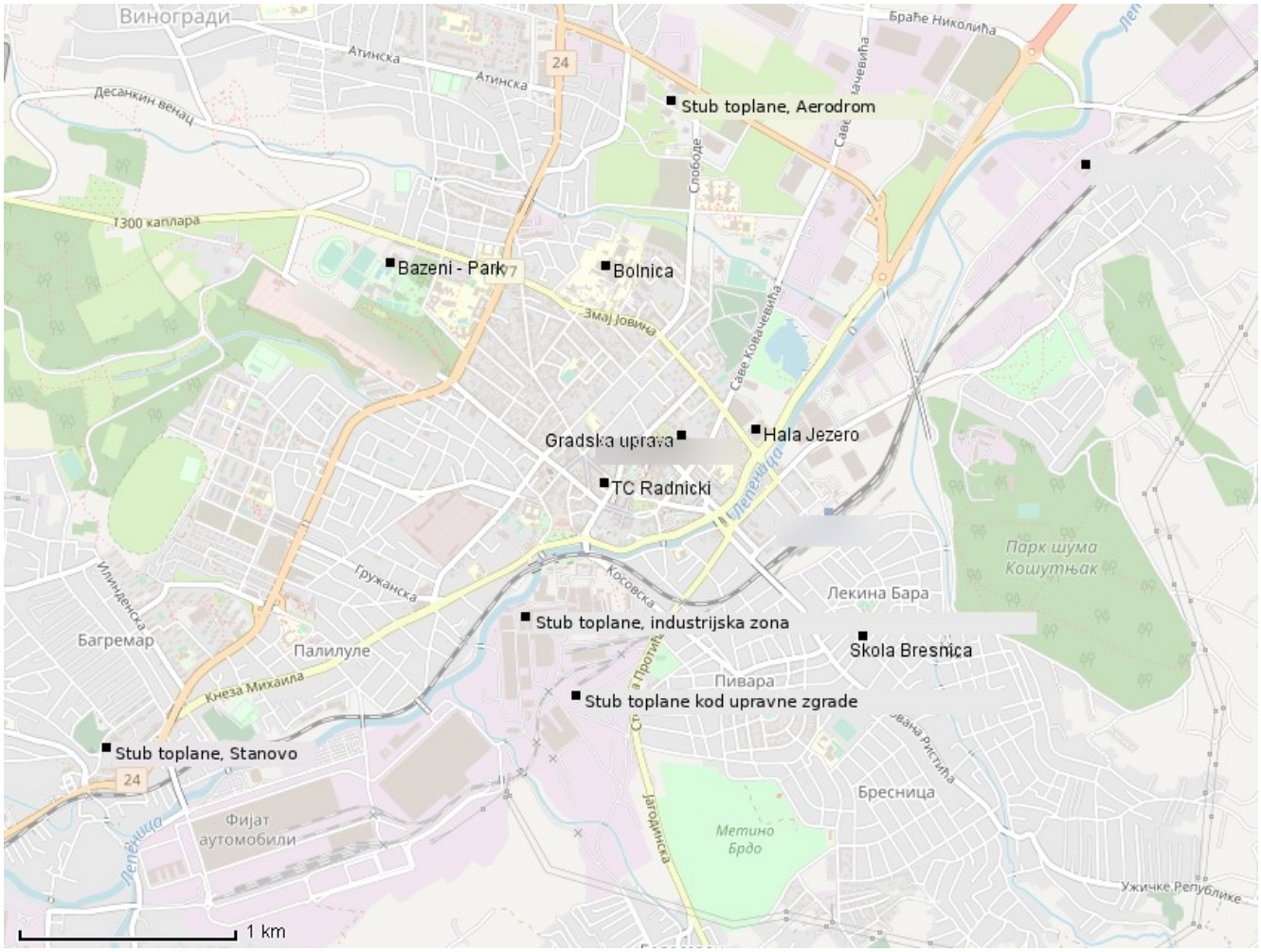
Приликом одабира локација приступних тачака мреже LoRaWAN, треба имати на уму горепоменуте циљеве:

- Добра просторна распрострањеност како би се покрила што већа површина, са довољно преклапања.
- Локације на висини: циљати кровове видљивих/високих зграда.
- Локације гејтвеја треба да буду повезане са јавним зградама/установама којима Град има право приступа, како не би биле потребне специјалне дозволе ни таксе за инсталацију опреме.
- Локације гејтвеја треба да буду повезане са зградама где је доступна мрежа електричне енергије, и то тако да нису потребни додатни трошкови или формалне дозволе. Установе у којима су постављени гејтвеји не треба да очекују значајно већу потрошњу струје, пошто је месечна потрошња по LoRaWAN гејтвеју мања од 10 kWh месечно за приступне тачке ниске потрошње (док би 20-30 kWh месечно требало бити више него довољно за било коју приступну тачку).
- Додатно, за обећавајуће локације (висок видик) без доступне мреже електричне енергије, требало би разматрати могућност гејтвеја са независним напајањем (соларни панел и батерија) као специјалне опције.

Изабране локације гетјтвеја приказане су на мапи испод (слике 3 и 4), са детаљима приказаним у табели 1.



Слика 3: Одабране локације LoRaWAN гејтвеја, преглед урбане територије града



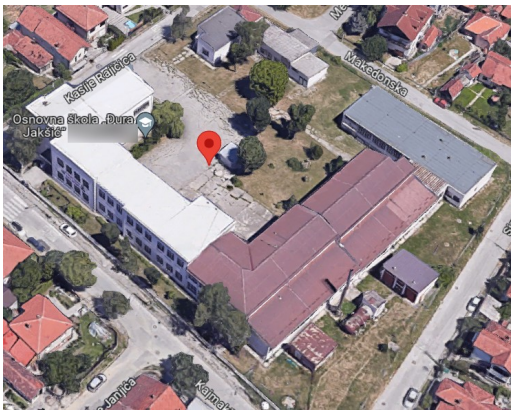
Слика 4: Одабране локације LoRaWAN гејтвеја, увеличано

Табела 1: Одабране локације за постављку LoRaWAN гејтвеја

Гејтвеј	**Локација**	**Слика локације**	**Коментар**
Gateway #1	Болница Запад		LoRaWAN гејтвеј треба да буде постављен на западној (северо-западној) страни крова болнице.

Gateway #2	Болница Исток		LoRaWAN гејтвеј треба да буде постављен на источној (југо-источној) страни крова болнице.
Gateway #3	Стуб топлане са платформом, индустријска зона		
Gateway #4	Стуб топлане са платформом код управне зграде		

Gateway #5	Стуб топлане, насеље Аеродром		
Gateway #6	Стуб топлане, насеље Станово		
Gateway #7	Градска управа		

Gateway #8	Хала Језеро		
Gateway #9	Базени - Парк		
Gateway #10	Основна школа Ђура Јакшић, Бресница		

Gateway #11	Зграда градског комуналног предузећа		Ово је резервна локација за обезбеђивање добре покривености мрежом у северо-источном делу града. Иако зграда (сама по себи) није најефикаснија за поставку LoRaWAN гејтвеја, ова зграда је најсевероисточнија тачка од свих кандидата, те је погодно искористити њен кров да се појача мрежа у овом делу града.
Gateway #12	ТЦ Раднички		Ово је резервна локација за обезбеђивање добре покривености мрежом у битном делу центра града, у околики Трга Радомира Путника који се реновира. Због високих зграда у околном подручју, Трг Радомира Путника (и бројне значајне јавне зграде у околини) могу имати слабији сигнал од других гејтвеја (Болница, стубови топлане), те је препорука да се искористи ова резервна локација за поставку гејтвеја (који не би покривао велики простор).
Gateway #13	Просторије оператера мреже		“Мали” LoRaWAN гејтвеј, поставка у затвореном простору. Циљ је да се обезбеди стабилна LoRaWAN мрежа у просторијама оператера мреже који је задужен за инфраструктуру Smart City пројекта и где се налази Smart City Control Center.
Gateway #14	додатни гејтвеј		“Мали” LoRaWAN гејтвеј, резервни гејтвеј који би покрио потенцијалне рупе у мрежној покривености за 3 почетна пилота. Уградити по потреби.
Gateway #15	додатни гејтвеј		“Мали” LoRaWAN гејтвеј, резервни гејтвеј који би покрио потенцијалне рупе у мрежној покривености за 3 почетна пилота. Уградити по потреби.

Захтеви код пилот сценарија коришћења

Како је дефинисано у захтевима у оквиру пројектног задатка, и даље разрађено у комуникацији са крајњим корисницима, успостављање Smart city инфраструктуре ће започети извођењем три конкретна корисничка сценарија.

Пилот пројекат управљање отпадом

Сектор управљања отпадом планира увођење напредних алата за ефикасно управљање отпадом, укључујући сензорско надгледање и оптимизацију траса. Тренутно, контејнери се често брзо пуне, и Јавно комунално предузеће нема реалне податке о нивоима напуњености.

Градско јавно комунално предузеће има за циљ да смањи трошкове имплементацијом IoT решења за управљање отпадом. Циљ "Пилота пројекат управљање отпадом" је да покаже како сензорски подаци прикупљени у једној од најпроблематичнијих улица (улица Светозара Марковића) могу открити различите обрасце одлагања отпада.

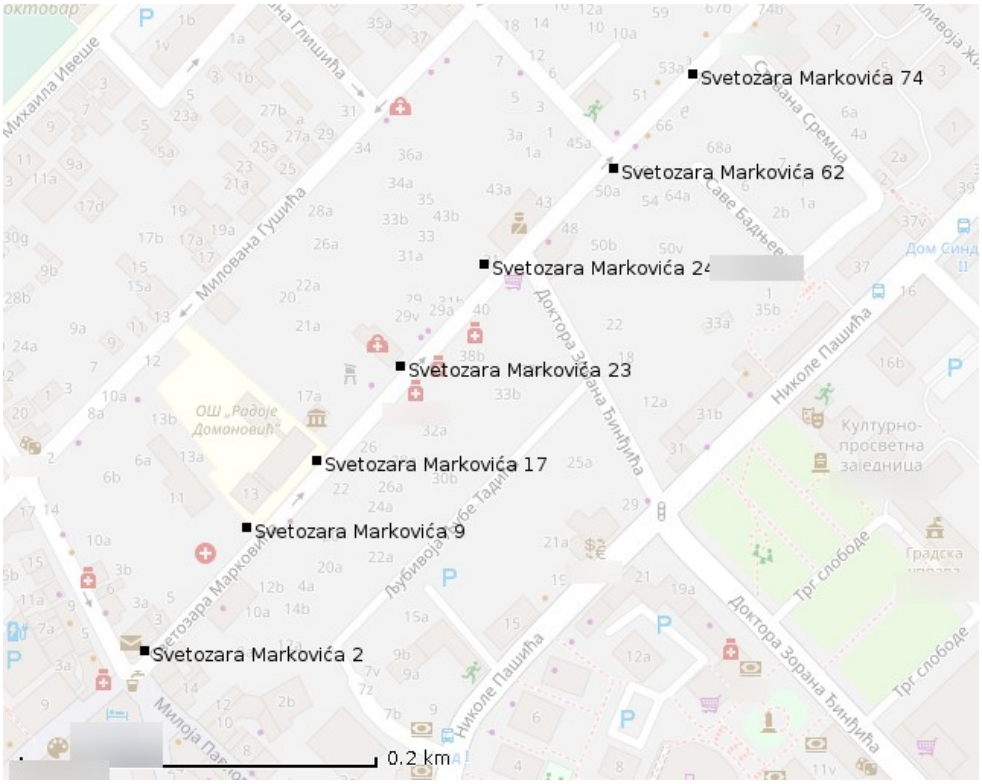
Додатно, у урбаном центру града постоји неколико уских улица (Светозара Марковића је једна од њих) где се саобраћај загушује када је камион за сакупљање отпада у функцији на тој локацији (нема довољно места за обилазак између комуналног камиона и паркираних аутомобила). Било би корисно за све учеснике у саобраћају када би било могуће изабрати термине за сакупљање отпада ван саобраћајних шпицева, уколико се потврди да су контејнери за отпад пуни у тим периодима.

"Пилот пројекат управљање отпадом" треба да обезбеди следеће информације:

- Ниво пуњења канте за отпад (бинарно: изнад или испод прага) представљене на мапи;
- Опционо: Детекција сакупљања (путем детекције нагиба), са ажурирањем статуса;
- Опционо: Обавештавање о потенцијалној опасности од пожара (путем детекције повећања температуре).

Скоро тренутно слање података треба да буде подесиво, са минималним интервалом за ажурирање од 15 минута.

Мрежа станица ће укључивати 25 контејнера за отпад (23 металне канте за комунални отпад и 2 пластичне канте за рециклабилне амбалажне отпаде), у улици Светозара Марковића. Сваки контејнер за отпад треба да буде опремљен једним сензорским уређајем. Табела 2 даје списак локација контејнера.



Слика 5: Подручје пилот пројекта управљање отпадом, улица Светозара Марковића

Табела 2: Одабране локације за пилот пројекат управљање отпадом

Локација	**Адреса**	**Број контејнера за отпад**
Локација #1	Светозара Марковића 2	4 металне канте
Локација #2	Светозара Марковића 9	4 металне канте + 1 пластична канта
Локација #3	Светозара Марковића 17	2 металне канте
Локација #4	Светозара Марковића 23	3 металне канте + 1 пластична канта
Локација #5	Светозара Марковића 42	4 металне канте
Локација #6	Светозара Марковића 62	2 металне канте
Локација #7	Светозара Марковића 74	4 металне канте

Пилот пројекат паметног система јавне расвете

Паметна јавна расвета може да обезбеди многе користи, укључујући смањење трошкова одржавања, повећање безбедности на путевима и смањење потрошње енергије уличних светала - истовремено повећавајући комфор живота за грађане.

Постоје два начина за контролу уличних светала:

- индивидуално, где свака лампа може бити појединачно праћена - ово је преферабилан начин, када је то могуће.
- сегментно, што је некад једино могуће решење, посебно при надоградњи.



Како би се показао потенцијал паметне расвете, сегментна контрола ће бити имплементирана на 5 трафостаница за напајање. На свакој од одабраних 5 трафостаница за напајање, биће уграђен IoT контролер као замена за постојеће RTK радио јединице за даљинску контролу (постојеће RTK јединице се контролишу од стране дистрибуционе компаније за напајање, а не од стране јавног комуналног предузећа града, што повећава време одзива у случају проблема). LoRaWAN IoT контролери на треба да контролишу прекидаче за укључивање/искључивање до два различита сегмента по трафостаници, контролисањем контаката за укључивање/искључивање свих лампи у сегменту.

Једна од одабраних 5 трафостаница за напајање контролише сегмент у улици др Зорана Ђинђића, испред Градске управе.

Поред контроле сегмента која ће пренети контролу у руке јавног комуналног предузећа и омогућити већу флексибилност за контролу појединачних сегмената, у оквиру овог пилота планирано је омогућити укључивање/искључивање појединачних уличних лампи, како би се постигла енергетска штедња док се сегменти и даље држе укљученим. Обзиром на постојећу инфраструктуру која не дозвољава регулисање интензитета светла на уличним лампама, циљ је смањити потрошњу енергије тоталним искључивањем одређених лампи (дуж једне стране улице). Овај начин рада се користио у скоријој прошлости, али са пуно физичког рада, са посетама физичким посетама уличних стубова и трајним искључивањем/укључивањем одређених лампи са мреже.

Тестно подручје за ову функционалност је улица др Зорана Ђинђића, испред Градске управе, са 24 улична стуба. Циљ је опремити сваки други стуб

(укупно 12) IoT контролером који омогућава искључивање светла са тог стуба када је то неопходно.



Слика 6: Подручје пилот пројекта паметно осветљење, Улица др Зорана Ђинђића

Решење "Пилот пројекат паметна расвета" треба да обезбеди следеће функционалности:

- Даљински паметни контролер за укључивање/искључивање 5 сегмената, који се контролише преко LoRaWAN мреже;
- Даљински паметни контролер за укључивање/искључивање 12 појединачних уличних стубова, који се контролише преко LoRaWAN мреже;
- Распоред за сваки сегмент (и свако од 12 појединачних уличних светала), са дефинисањем статуса уличних светала (укључено/искључено) за сваки сат током дана;
- Распоред рада чак и када мрежа падне;
- Аналитика (штедња енергије) приказана на контролној табли;
- Оперативна обавештења која се такође шаљу и путем имејла/смс-а предефинисаним заинтересованим странама;

- Преглед мапе светала по сегментима, њихове статусе (укључено/искључено) и локације контролера (трафостанице) и њихове оперативне статусе.

<u>НАПОМЕНА: Будући да овај пилот пројекат ради на активним светлима која су део јавног система осветљења, треба укључити стратегију за обезбеђивање постојаног рада током пилота и после њега у оквиру имплементације.</u>

Табела 3 и слика 7 пружа преглед локација за уградњу LoRaWAN контролера у оквиру трафостаница за контролу сегмената уличног осветљења.

Табела 3:

Станица	**Ознака трафостанице**	**Коментар**
Станица #1	TS 05 Centar	
Станица #2	TS 11 Centar	Улица др Зорана Ђинђића
Станица #3	TS 97 Palilule	
Станица #4	TS 116 Centar	
Станица #5	TS 618	

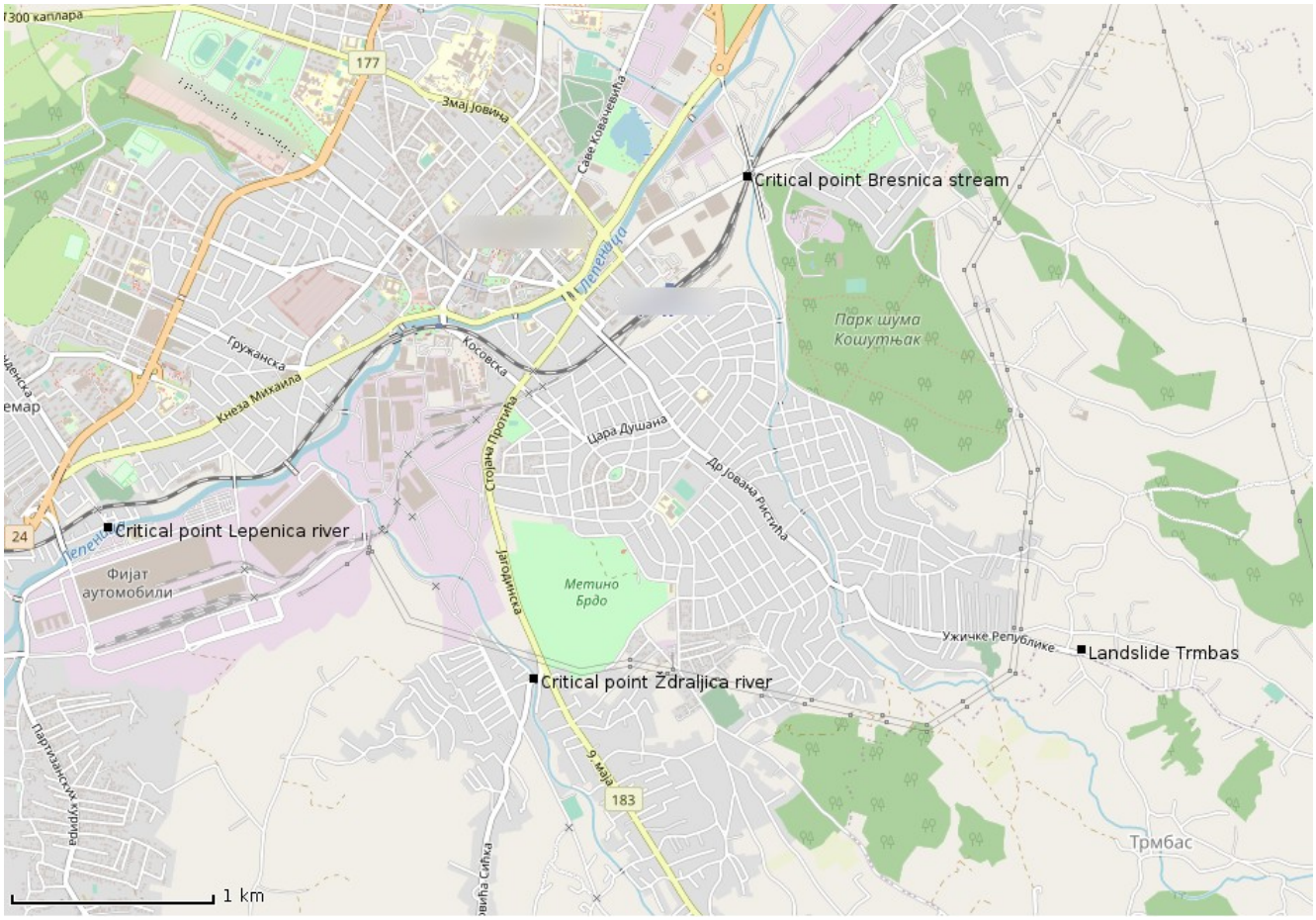


Слика 7: Подручје пилот пројекта паметно осветљење, локације трафостаница

Пилот пројекат за спречавање поплава и систем раних упозорења

Град планира да унапреди системе спречавања поплава и системе раних упозорења у случају поплава кроз праћење нивоа воде у рекама и каналима. Град је идентификовао 3 приоритетна критична места за поплаве и 1 место за клизиште. У случају локације клизишта, једна локација треба да обухвати 6 (шест) одвојених сензора за нагиб.

Како би се показао потенцијал система за спречавање поплава и система за рано упозорење, сензори ће бити инсталирани на локацијама представљеним на слици 8.



Слика 8: Подручје пилот пројекта за спречавање поплава и систем раних упозорења

Да би се одредиле промене нивоа воде на 3 критичне тачке за поплаве и померање тла на једној критичној тачки за клизиште, решење "Пилот пројекат за спречавање поплава и систем раних упозорења" треба да обезбеди следеће функционалности:

- Ниво "отвореног канала" воде на 3 критичне тачке, приказане на мапи;
- Статус 3 сензора за ниво воде (нормалан рад / нагиб сензора);
- Приказ историјских података на три локације;
- Засебан приказ мапе са увећаним приказом локације клизишта, са тачном локацијом 6 сензора и њиховим мерењима нагиба;
- Приказ историјских података о 6 сензора на локацији клизишта;

- Оперативна обавештења која се такође шаљу и путем имејла/смс-а предефинисаним заинтересованим странама, када апсолутне вредности или релативне промене током времена достигну предефинисане вредности;
- Подесив интервал ажурирања података (минимум 5 минута).

Табела 5 пружа преглед локација на којима ће бити изведена уградња за пилот пројекат за спречавање поплава и систем раних упозорења.

Табела 5: Локације за уградњу на пилот пројекту за спречавање поплава и систем раних упозорења

Мерна станица	**Локација**	**Слика локације**	**Коментар**
Поплава #1	Критична тачка поток Бресница Улица Драгослава Срејовића	 	Сензорски уређај треба да буде постављен на јужну страну пешачког моста (страна ка железничким шинама).
Поплава #2	Критична тачка река Лепеница пешачки мост “близу Звезде”, Левачка улица		Сензорски уређај треба да буде постављен на источну страну пешачког моста.

			
Поплава #3	Критична тачка река Ждраљица Мост Крива ћуприја у Белошевцу	 	Сензорски уређај треба да буде постављен на северну страну моста.
Клизиште #1	Клизиште Трмбас		Шест сензорских уређаја фиксираних за штапове треба да буду постављени у нестабилном слоју.

Преглед захтева за пилотне пројекте

Табела 6: Преглед захтева за пилотне пројекте

	Управљање отпадом	**Паметна расвета**	**Превенција поплава и систем раног упозорења**
Опис пилота	Мрежа 25 контејнера за отпад распоређених у Улици Светозара Марковића треба да буде надгледана и систем треба да у приближно реалном времену обезбеди податке о: - ниво напуњености контејнера за отпад - догађаји отпремања отпада (опционо) - Потенцијална опасност од пожара (опционо) Праћење средстава треба постићи помоћу сензорских уређаја који раде на батерије.	Мрежа 5 контролера за сегменате и 12 контролера индивидуалних лампи. Омогућавање даљинске контроле и аутоматизације уличне расвете. Контролни уређаји имају спољно напајање и могу радити независно од LoRaWAN команди.	Monitoring of water level at the selected 3 critical points (bridges on local rivers/streams), and 1 critical landslide location.
Планирани исход*	The goal of “Waste management pilot” is to gather insights on time dynamics of how the waste containers are filled and how it can be translated to route optimization for waste pick up trucks.	The goal of “Smart Lightning Pilot” is to demonstrate improved flexibility in controlling streetlight segments or individual luminaries, ultimately leading to potential energy and cost savings. The pilot should also provide better understanding of challenges for city-area deployment.	The goal of “Flood Prevention - Early Warning Pilot” is to monitor the water level at selected critical points. By acquiring timely insights on the level rise, it would be possible to react promptly and evacuate the citizens threatened by the incoming floods. The pilot should also provide better understanding of land activities at the selected landslide location, which could potentially lead to timely evacuation in case of increased land sliding activity..
Локација подручја за пилот	Локације и места уградње су дефинисани у табели 2.	Локације и места уградње су дефинисани у табелама 3 и 4.	Локације и места уградње су дефинисани у табели 5.
Трајање пилота	6 месеци	6 месеци	6 месеци
Главне заинтересоване стране	Јавно комунално предузеће - сектор за одлагање отпада	Јавно комунално предузеће - сектор за уличну расвету	Служба за ванредне ситуације
Остале заинтересоване стране	Оператер мреже (градско IT предузеће), …	Оператер мреже (градско IT предузеће), …	Оператер мреже (градско IT предузеће), …
Захтеви за изглед контролне табле	- мапа канти, са приказаним тренутним подацима; - обавештења о догађајима (канта пуна, итд…)	- мапа са индивидуалним лампама и сегментима, са приказаним тренутним статусом;	- нивои “отвореног канала” воде на 3 критичне тачке, приказани на мапи; - обавештења о догађајима;

	- детаљан преглед по канти са историјом података; - графичко поређење података за одабрани период.	- табела за дефинисање распореда укључености, са могућношћу достављања распореда самом уређају; - графичко поређење уштеде енергије.	- статус 3 сезова нивоа воде (нормалан рад/нагнут сензор); - поређење историјских података на 3 локације; - одвојена увећана мапа локације клизишта, са прецизном локацијом 6 сензора и њихових очитавања нагнутости; - графичко поређење историјских података са 6 сензора на локацији клизишта; - оперативна упозорења се шаљу путем имејла предефинисаним заинтересованим странама, када апсолутне вредности или релативне промене достигну предефинисане вредности.
Захтеви за аналитику	/	/	/
Захтеви за извештавање	Разни експортовани фајлови (PDF, CSV), више детаља касније	Разни експортовани фајлови (PDF, CSV), више детаља касније	Разни експортовани фајлови (PDF, CSV), више детаља касније
Захтеви за апликације	/	/	/
Спецификација сензорских података (тип, у реалном времену, итд…)	Детаљна спецификација сензорских уређаја дата је у табели 13 Подесиви интервал ажурирања података (минимум 15 минута)	Детаљна спецификација сензорских уређаја дата је у табели 14 Уређаји треба да могу да приме команду у било ком тренутку	Детаљна спецификација сензорских уређаја дата је у табелама 15 и 16 Подесиви интервал ажурирања података (минимум 15 минута)
Тип и број уграђених крајњих чворова/уређаја	25 уређаја	17 уређаја: - 5 уређаја за контролу сегмената - 12 уређаја за контролу индивидуалних лампи	9 уређаја: - 3 уређаја за мерења нивоа воде у отвореним каналима - 6 уређаја за мерење нагнутости на локацији клизишта
Приступ дигитализацији процеса (ограничено на пилот)**	/	/	/
Фазе имплементације пилота	- идејно решење - имплементација пилота - интеграција, лансирање и обука крајњих корисника	- идејно решење - имплементација пилота - интеграција, лансирање и обука крајњих корисника	- идејно решење - имплементација пилота - интеграција, лансирање и обука крајњих корисника

/

Захтеви за подршку пилота	6 месеци од почетка пројекта	6 месеци од почетка пројекта	6 месеци од почетка пројекта

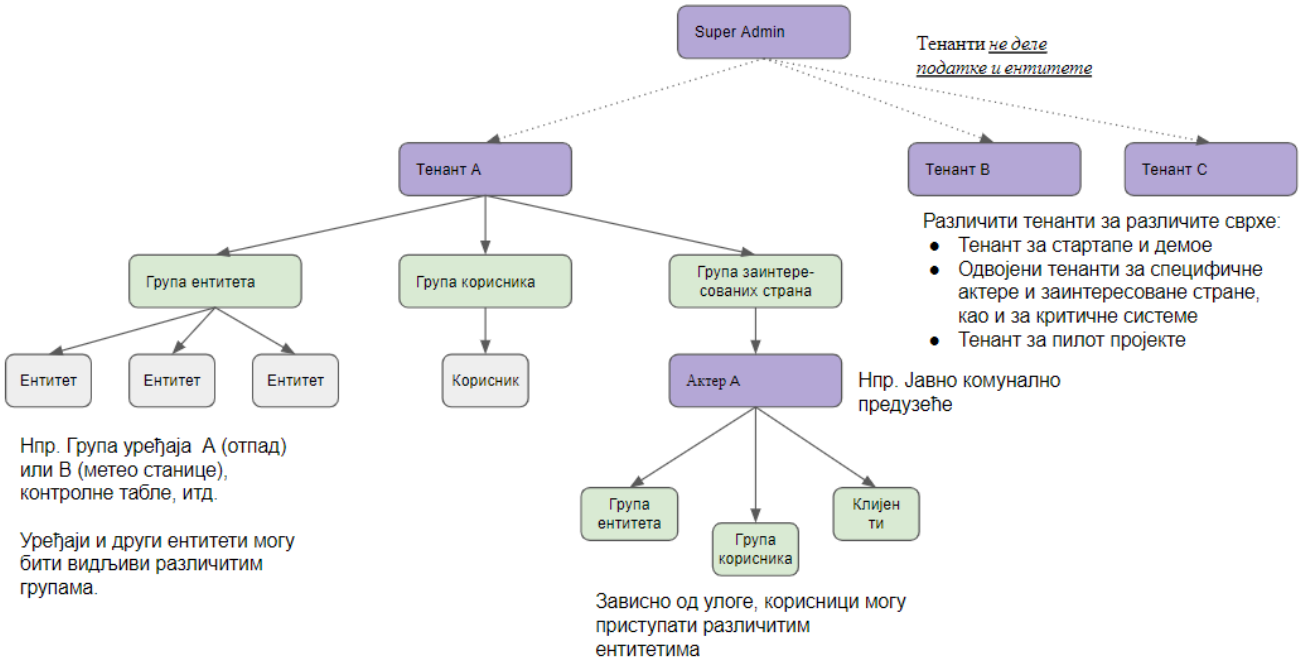
* На основу анализе оперативних проблема крајњих корисника.
** Како ће систем бити интегрисан у оперативне процесе крајњих корисника, ефикасно и без ометања.

Системски захтеви

У овом поглављу се излажу детаљнији захтеви и спецификације (где их је могуће дефинисати) са циљем да се опише техничка имплементација система.

Заинтересоване стране и сигурност података

Приступ контроли ентитета (сензорски уређаји, контролне табле, итд.) треба да буде довољно флексибилан да омогући опслуживање више независних клијената, унутар којих се ентитети могу доделити заинтересованим странкама и њиховим корисницима, обезбеђујући им приступ одређеним групама сензора, приказима, извештајима, итд, на основу њихових улога.
Како би се делили ресурси између IoT решења или потпуно раздвојили подаци за велике, критичне апликације (на пример, системи за пратњу клизишта), IoT платформа за омогућавање апликација треба да обезбеди окружење за више клијената са напредном контролом приступа, као што је илустровано на слици 9.



Слика 9: Структура са више клијената

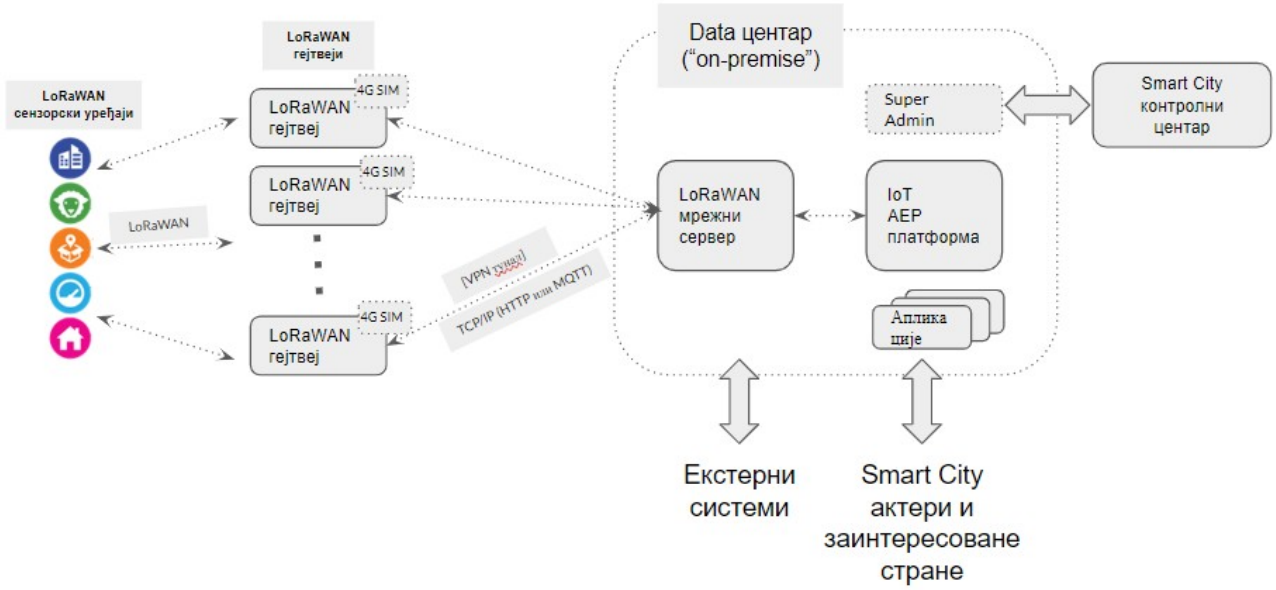
IoT AEP платформа треба да покрива случајеве употребе за заинтересоване странке са више корисничких група које имају различите дозволе, али могу користити исте уређаје и средства (како је описано у табели 7).

Табела 7: Преглед заинтересованих странака и ентитета идентификованих за Smart City пројекат

Улога	**Опис**
Главна одговорна особа за податке (Chief Data Officer, CDO)	Особа код оператера мреже која развија стратегију Smart City пројекта
Супер админ (Super Admin)	Особа код оператера мреже која је администратор за све тенанте (админ целе платформе).
Клијент/тенант (Tenant)	Организација која поседује уређаје и друга средства (контролне табле, податке, итд). Тенант може имати више корисничких налога / администратора или организација крајњих корисника. У контексту Smart City пројекта, појединачни тенанти могу бити: Пилот тенант (преко ког ће се спровести сва три пилот пројекта), Стартап клијенти (где ће стартапи и студентски тимови из локалне заједнице приказивати и усавршавати своја решења за паметан град), итд…
Админ за клијента (Tenant Admin)	Особа код оператера мреже или добављача која руководи клијентом, омогућава пружање нових уређаја клијенту, може креирати и конфигурисати контролне табле и друге ентитете.
Ентитет (Entity)	Ентитет може бити уређај, средство, корисник, контролна табла, приказ ентитета итд. Ентитети могу бити груписани у Групе ентитета (на пример: група сензора за управљање отпадом, група микро-метео станица).
Организације крајњих корисника (End-User Organizations)	Организације крајњих корисника су посебно "пословно тело": физичко лице или организација која купује или користи уређаје и/или средства клијената. Организације крајњих корисника такође могу бити подела унутар организације клијента. Организације крајњих корисника могу имати више корисника и хиљаде уређаја. Примери Организација крајњих корисника су: комунална предузећа, јавне институције, стартапи итд...
Админ за организације крајњих корисника (End-User Organizations Admin)	Омогућава пружање нових уређаја за сваку Организацију крајњих корисника, конфигурисање уређаја, управљање корисницима и конфигурисање контролних табли.
Корисник (User)	Корисници могу да се пријаве на IoT AEP платформу, извршавају REST API позиве, приступају уређајима и другим средствима (контролним таблама итд...) уколико је то дозвољено.

Архитектура LoRaWAN мреже

Слика 10 приказује архитектуру LoRaWAN мреже. LoRaWAN крајњи уређаји (сензорски уређаји и контролери) комуницирају са LoRaWAN гејтвејима користећи LoRa сигналну модулацију и LoRaWAN протокол. Гејтвеји треба да буду део приватне мреже и да комуницирају са LoRaWAN сервером преко VPN тунела користећи TCP/IP протокол (HTTP или MQTT). Повратна веза гејтвеја је успостављена помоћу 4G LTE мобилне мреже. LoRaWAN сервер је интегрисан са IoT апликативнином платформом која обезбеђује кориснички интерфејс за различите крајње кориснике. Посебна улога супер админ корисника повезана је са контролним центром (Smart City Control Center) - централом за управљање системом паметног града у просторијама оператера мреже, која обезбеђује преглед целог система паметног града.



Слика 10*: Архитектура LoRaWAN мреже*

Сви LoRaWAN уређаји, укључујући гејтвеје и сензорске уређаје или контролере, морају да задовоље услове регулатора (РАТЕЛ) везано за снагу зрачења у нелиценцираном опсегу фреквенција (не смеју да пређу 40 mW или 500 mW зависно од канала преко ког комуницирају).

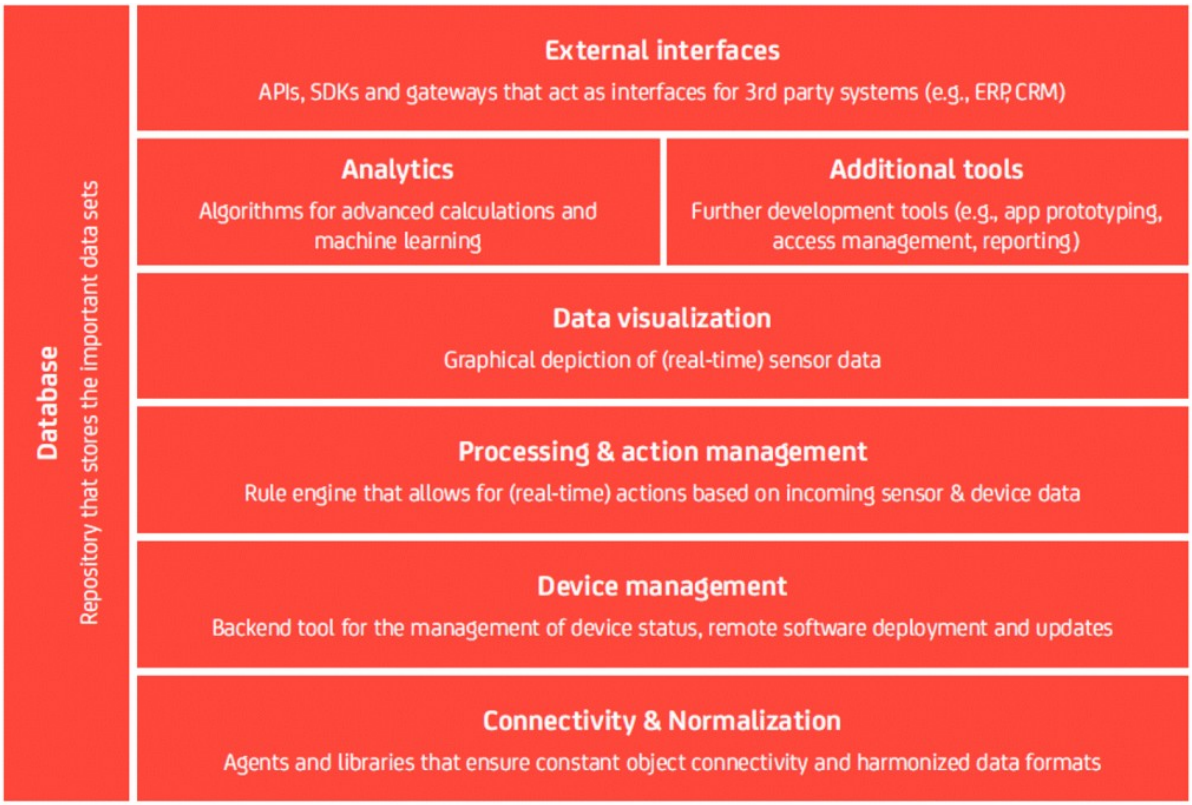
Захтеви "IoT платформе"

Као што је објашњено у претходним поглављима, "IoT платформа" је софтверско решење које значајно поједностављује компликовани процес развоја и управљања IoT уређајима и апликацијама, омогућавајући функције које су заједничке за све IoT апликације. Да би се ово постигло, мора обезбедити основне функционалности и инфраструктуру које омогућавају ефикасни развој и надзор IoT апликација.

Додатно, у контексту Smart City пројекта, "IoT платформа" мора обезбедити компоненту "Омогућавање апликација" која обезбеђује брз и ефикасан развој прилагођених IoT

корисничких апликација на основу алата, компоненти за вишеструку употребу и шаблона за типичне ситуације, користећи приступ без кода или ниског кода. У наставку текста, "IoT платформа" ће бити синоним за "IoT AEP" (*Application Enablement Platform*, платформа за омогућавање апликација).

Опште компоненте "IoT платформе" приказане су на слици 11.



Слика 11: IoT AEP функције/модули

IoT платформа треба да обезбеди следеће функционалности:

Табела 8: Основне функције/модули IoT платформе

Функција/модул	**Опис**	**Значај**
Повезивање и нормализација (Connectivity and Normalisation)	Поједностављује повезивање различитих уређаја, протокола и различитих формата података у један интерфејс како би се обезбедила постојана повезаност, тачан пренос података, интеракција између различитих уређаја и усклађени формати података. (Поједностављена трансформација и нормализација података су важне функције AEP-а.) Као минимум, IoT AEP треба да подржава интеграцију са изабраним LoRaWAN мрежним сервером, као и општу директну повезаност путем	Обавезно

	различитих протокола укључујући HTTP(S), MQTT, CoAP и друге.	
Управљање уређајима (Device Management)	Обезбеђује функционалност за управљање животним циклусом повезаних уређаја, укључујући управљање уређајима, пружање ажурирања софтвера и фирмвера и конфигурацију управљаних уређаја. Delivers lifecycle management functionality for connected devices, including device onboarding, deployment of software and firmware updates, and configuration of managed devices.	Обавезно
База података (Database)	Скалабилни репозиторијум у смислу обима података, брзине, разноврсности и веродостојности. База података ефективно треба да пружи *datalake* функционалност и омогући поједностављивање комуникације између различитих апликација.	Обавезно
Обрада и управљање радњама (Processing and Action Management)	Обезбеђује механизам који омогућава покретање разноврсних акција на основу правила и обраде података у реалном времену Такође, обезбеђује инфраструктуру за комплексније руковање догађајима (на пример, микро-сервиси за обраду података)	Обавезно
Аналитика (Analytics)	Обезбеђује алгоритме за различита израчунавања, од основног груписања података до предиктивне анализе, како би се добила највећа вредност из прикупљених података. Идеално би AEP-ови требало да обезбеде и аутоматске и специјализоване алгоритме за анализу података.	Пожељно
Визуелизација (Visualization)	Enables graphical display of real-time and historical data, enabling patterns and trends observed in visualization dashboards and reports. The AEPs need to provide built-in dashboards, dashboard creation, and new application creation workflows.	Обавезно
Додатни алати (Additional tools)	Омогућава развијање прототипова и промовисање IoT корисничких сценарија, креирањем апликација које омогућавају визуелизацију, управљање и контролу повезаних уређаја.	Пожељно
Екстерни интерфејси (External interfaces)	Укључује API-је, библиотеке и SDK-ове како би олакшало интеграцију са системима трећих страна и омогућило коришћење целокупног IoT екосистема.	Обавезно
Контрола приступа на основу улога (Role Based Access Control)	Напредно управљање корисничким улогама и дозволама. Управљање хијерархијом "клијената" са више нивоа "подклијената", независних "корисника" и "уређаја".	Обавезно

Уградња на локацији (On-premise installation)	Инсталација на локацији (on-premises) је неопходан захтев за овај пројекат.	Обавезно

Постоје разноврсне IoT платформе на тржишту, и свака од њих нуди различите могућности омогућавања апликација. Међутим, модули/функције из табеле 8 могу се препознати у свакој имплементацији.

Циљ овог документа није да препоручи конкретну IoT платформу, већ да идентификује најважније функционалности. С обзиром да су IoT платформе релативно нови типови софтвера, и да постоје разноврсни кориснички случајеви који су их инспирали или иницирали њихово стварање, потребно је много практичног искуства да би се одабрало најбоље решење за Smart City пројекат и корисничке случајеве замишљене за имплементацију.

Фактори који чине неку IoT платформу погодном за Smart City пројекат, на основу претходног искуства са паметним градовима, су:

- Количина и квалитет предвиђених шаблона за типичне корисничке случајеве у паметним градовима (управљање флотом, управљање отпадом, мониторинг енергетске ефикасности, итд.);
- Метод за прављење правила за лако имплементирање радних токова без програмирања, који се може лако проширити специјализованим модулима за обраду;
- Флексибилни алат за креирање контролних табли са разноврсним могућностима прилагођавања. Идеално би било укључена и функција креирања апликација за мобилне телефоне без кодирања;
- Добра подршка за заједницу;
- По могућности са отвореним кодом.

Апликације крајњих корисника за идентификоване корисничке случајеве

Потребно је да се имплементација IoT апликација за идентификоване пилот пројекте потпуно изведе користећи елементе за омогућавање апликација IoT платформе.

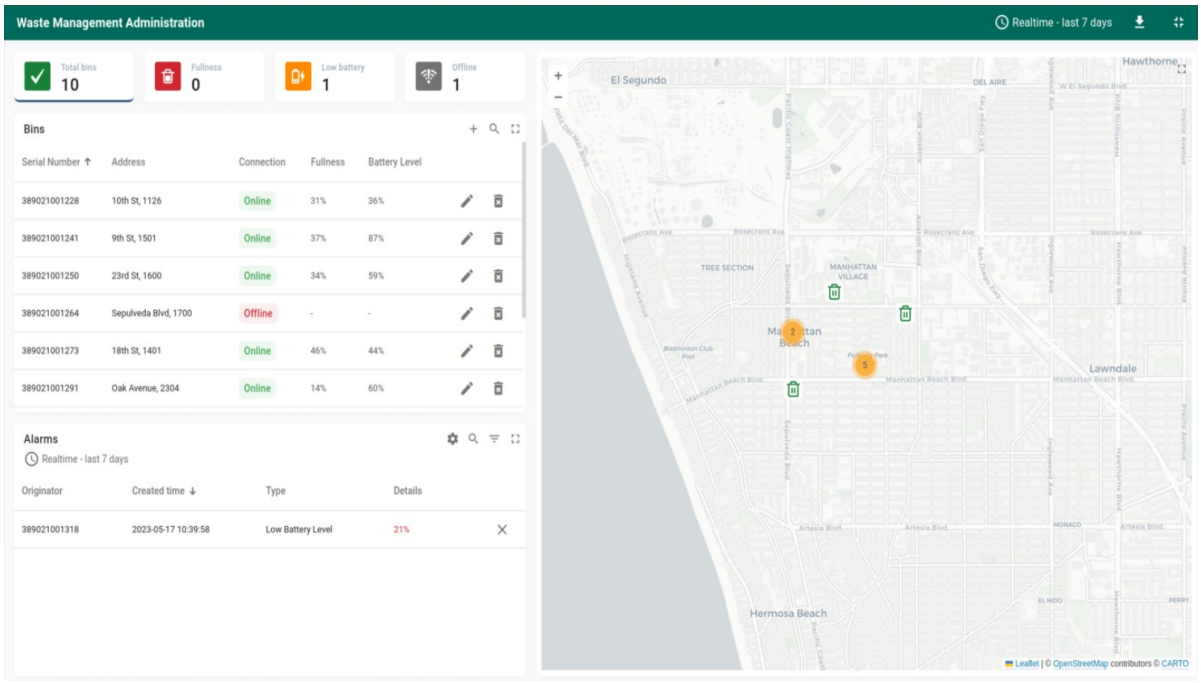
У терминима функционалности, IoT апликације треба да имплементирају захтеве представљене у табели 6 (Преглед захтева за пилотне пројекте).

По питању структуре, имплементација треба да буде једнослојна:

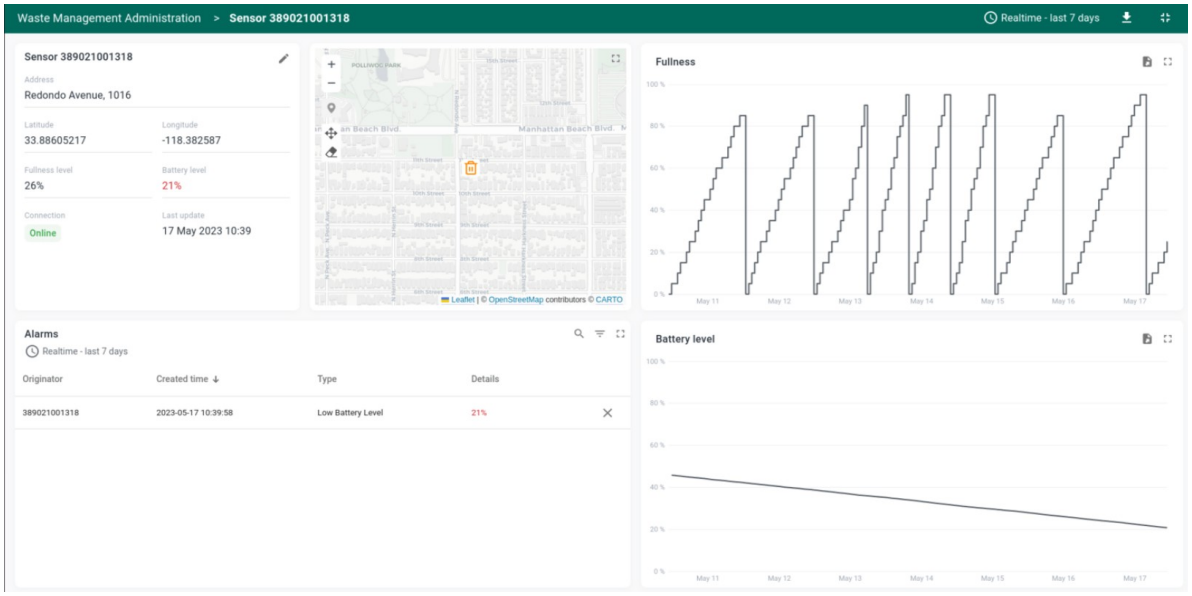
- Све три апликације се имплементирају на једном клијенту (tenant).
- CDO и извођач имплементације* имају приступ свим активним средствима клијента, укључујући уређаје.
- На основу шеме коју цаставља CDO, приступ одвојеним апликацијама биће обезбеђен и другим заинтересованим странама (комунално предузеће - сектор за јавно осветљење, комунално предузеће - сектор за управљање отпадом и служба за ванредне ситуације).

Обезбеђивање и управљање уређајима и активним средствима треба да буде имплементирано у једноставном облику, јер није потребно имплементирати алате за аутоматизацију.

Функционалности треба да буду имплементиране користећи шаблоне које нуди IoT платформа. Визуелна презентација треба да буде поједностављена на контролну таблу са приказом у реалном времену, преглед по уређају / упоредни преглед и извештаје са историјским подацима. Неки примери могућих изгледа приказани су на сликама 12 и 13.



Слика 12: Контролна табла са прегледом изведеним из образца за управљање отпадом



Слика 13: Преглед за појединачни уређај са историјским подацима

За пилоте, периодичне акције или акције изазване догађајима треба имплементирати користећи правила IoT платформе. Обавештења треба имплементирати као имејл порке које се шаљу на унапред дефинисане адресе е-поште. Потребно је да постоје прегледи историјских података, са груписањем по временским интервалима (по данима, месецима), и са могућношћу извоза табеларних података и графикона, као и генерисањем извештаја.

Захтеви за Smart City Control Center

За главне дигиталне официре и супер администраторе код оператера мреже, важно је обезбедити контролни центар са јасним прегледом целокупног система паметног града који ће се развијати са бројем корисничких случајева / апликација, бројем уређаја и бројем крајњих корисника.

Оператер мреже већ има посвећен рачунар за овакав контролни центар, и потребно је обезбедити 3 велика мониторска приказа (постављена један до другог у конфигурацији видео зида за панорамски приказ) за различите прегледе, како би се обезбедило ефикасно праћење и визуелизација података.

Спецификације појединачних екрана:

- Величина екрана: 65 инча или већи екран
- Резолуција: 4K Ultra HD (3840 x 2160 пиксела) или више
- Пропорције: 16:9 за стандардне широке екране
- Величина оквира: Уска ("narrow bezel") или врло уска ("ultra-narrow bezel")
- Тип панела: High-quality IPS (In-Plane Switching) or OLED panels
- Осветљење: 350 nits или више, за добро осветљене контролне собе
- Контраст: Високи контраст за оштру слику, типично 1000:1 или боље
- Освежавање: Висока учестаност освежавања, барер 60Hz
- Боје: Подршка за шири распон боја, 100% sRGB или AdobeRGB
- Време одзива : Кратко време одзива (типично 5 ms или краће)
- Конективност: HDMI, DisplayPort, USB
- Истовремене слике: Picture-in-Picture (PiP) и Picture-by-Picture (PbP) режими
- Енерг. ефикасност: Енергетски ефикасан дизајн са карактеристикама штедње енергије
- Софтвер за управљање садржајем: Опционо, софтвер за управљање садржајем
- Монтажа и оријентација: Подршка за VESA монтажни систем, могућност подешавања положаја екрана
- Поузданост: Предвиђен за континуалну употребу 24/7 у контролним центрима. Пожељне карактеристике укључују премазе против одсјаја за смањење рефлекције и заштиту од оштћења екрана.

Захтеви за LoRaWAN мрежни сервер

Као што је већ објашњено, потребно је да се угради LoRaWAN мрежни сервер на серверима (виртуелним машинама) које обезбеђује оператер мреже, стога није прикладно користити мрежне сервере базиране на cloud технологији за овај пројекат. Табела 9 наводи захтевеи спецификације које би требало да подржава изабрани LoRaWAN мрежни сервер, и који су од кључног значаја за стабилну и ефикасну имплементацију LNS. Додатно, пуна усаглашеност са LoRaWAN стандардима је од суштинског значаја за компатибилност у оквиру LoRaWAN екосистема.

Табела 9: Преглед спецификација LoRaWAN мрежног сервера (LoRaWAN Network Server, LNS)

Карактеристика	**Опис**	**Значај**
Регионални LoRaWAN параметри	LoRaWAN ради у различитим фреквентним опсезима широм света, и LNS мора да се придржава регионалних параметара дефинисаних од стране одговорног тела (LoRa Alliance). Ови параметри укључују фреквентне опсеге, spreading factors и duty cycles карактеристике. За овај пројекат је неопходно подржати регионалне параметре EU868.	Обавезно
Активација уређаја	LoRaWAN уређаји могу бити активирани на два начина: активација преко мреже (Over-the-Air Activation, OTAA) и лична активација (Activation By Personalization, ABP). LNS би требало да подржава оба метода за придруживање уређаја мрежи. У овом пројекту, фокус би требало да буде на режиму активације преко мреже (OTAA).	Обавезно
Сигурност	Сигурност је кључна у LoRaWAN мрежама. LNS би требало да подржава различите сигурносне функције, укључујући провере интегритета порука, бројаче фрејмова и шифровање како би заштитило податке који се преносе између уређаја и сервера.	Обавезно
Performance and scalability	LNS мора бити способан да управља великим бројем гејтвеја, уређаја и порука, одржавајући мало кашњење и високу доступност.	Обавезно
MAC команде	LoRaWAN користи MAC (Medium Access Control) команде за управљање и контролу уређаја. LNS би требало да подржава ове команде за конфигурацију уређаја, управљање каналима и друге функције.	Обавезно
Процедура пријављивања на мрежу	LoRaWAN уређаји морају безбедно да се придруже мрежи. LNS треба да обрађује захтеве за придруживање, проверава идентитете уређаја и обезбеђује сигурне комуникационе сесије.	Обавезно
Поруке ка серверу и ка уређају	LNS управља прослеђивање долазних (од сервера ка уређају) и одлазниц (од уређаја ка серверу) порука. Требало би ефикасно да управља редоследом порука и усмеравањем ка одговарајућем уређају.	Обавезно
Адаптивно прилагођавање	LoRaWAN подржава адаптивно прилагођавање брзине преноса података како би се оптимизовала комуникација на	Обавезно

брзине преноса (Adaptive Data Rate, ADR)	основу стања уређаја. LNS треба да подржи функционалност адаптивног прилагођавања брзине преноса, која динамички прилагођава брзину преноса како би се продужио рад батерије и побољшала ефикасност мреже.	
Управљање гејтвејима	LNS треба да управља размештањем и конфигурацијом LoRaWAN гејтвеја. Ово укључује регистрацију гејтвеја, додељивање регионима и оптимизацију поставки за покривеност мрежом. Изабрани мрежни сервер мора бити интероперабилан са изабраним гејтвејима.	Обавезно
Подршка за уређаје различитих класа	LNS мора бити способан да подржава различите класе LoRaWAN уређаја (класа A, класа B, класа C), које имају различите могућности и захтеве.	Обавезно
Интеграција са другим системима	LNS мора бити интероперабилан са изабраним апликативним сервером ("IoT платформом") и у будућности може захтевати интеграцију са додатним позадинским системима и апликативним серверима. API-ји и протоколи за прослеђивање и интеграцију података треба да буду добро документовани и подржани.	Обавезно
Надзор и управљање	Мрежни администратори захтевају алате и интерфејсе за праћење стања и перформанси LoRaWAN мреже. Ово укључује праћење статуса уређаја у реалном времену, анализу саобраћаја и дијагностику мреже.	Обавезно
Compliance and Certification	Имплементација LNS треба да буде усаглашена са LoRa Alliance спецификацијама и може захтевати сертификацију како би се обезбедила интероперабилност са уређајима и гејтвејима различитих произвођача.	Обавезно
Азурирање фирмвера	Као додатна пожељна функција, LNS може бити одговоран за управљање ажурирањем фирмвера за LoRaWAN уређаје, обезбеђујући да они остану безбедни и ажурни.	Опционо
Подршка за прелазак између мрежних сервера	У неким сценаријима, LoRaWAN уређаји могу да прелазе између различитих мрежних сервера. Иако није неопходно за овај пројекат, пожељна функција је да изабрани LNS подржава прелазак између сервера, задржавајући повезаност на мрежу.	Опционо

Захтеви за LoRaWAN гејтвеје

У табели 10, приказане су спецификације за LoRaWAN гејтвеје (који ће бити део јавне LoRaWAN мреже града).

Table 10: Спецификације LoRaWAN гејтвеја

Карактеристика	**Опис**
Комуникација (Communication)	LoRaWAN компатибилан најмање са верзијом v1.0.2, Class A/Class B/Class C , EU868

Број канала (Number of channels)	најмање 8
Фреквентни опсег (Frequency band)	EU863-870 MHz
Осетљивост (Sensitivity)	-140 dBm
Етернет интерфејс (Ethernet Interface)	Неопходно - најмање 1 RJ45 port (PoE PD support) - Data Rate 10/100/1000 Mbps - Full Duplex или Half Duplex
Мобилни интерфејс (Cellular Interface)	Неопходно, место за барем једну SIM картицу
GPS позиционирање (GPS positioning)	Неопходно
Мрежни протоколи (Network Protocols)	PPPoE, SNMP v1/v2c/v3, TCP, UDP, DHCP, DDNS, HTTP, HTTPS, DNS, ARP, SNTP, Telnet, SSH, MQTT (морају да се подударају са одабраним LoRaWAN мрежним сервером)
VPN тунел (VPN Tunnel)	OpenVPN/IPsec/PPTP/L2TP/GRE/DMVPN (барем један од поменутих, мора да се подудара са одабраним VPN сервером на страни LoRaWANмрежног сервера)
Провера приступа (Access Authentication)	CHAP/PAP/MS-CHAP/MS-CHAPV2
Firewall	ACL/DMZ/Port Mapping/MAC Binding/URL Filter
Радна температура (Operating Temperature)	-40°C to +70°C
Напајање (Power Supply)	мора да укључује 802.3 af PoE input или конектор 12/24 VDC (у овом случају мора да се упари са PoE splitter-ом)
Потрошња (Power consumption)	типично испод 5 W, највише испод 10 W
Заштита од воде и прашине (Ingress Protection)	IP67 или боље
Уградња (Mounting)	уградња на зид или стуб
Усаглашеност (Compliance)	CE
Гаранција (Warranty)	2 године

Поред самих гејтвеј уређаја, за сваку локацију потребна је и следећа додатна опрема:

- Екстерна LoRaWAN антена, x1
- Екстерна LTE антена (ако је потребна), x1
- 4G LTE SIM картица (са закупљеним саобраћајем у периоду 24 месеца, минимум 10 GB месечно), x1
- LAN кабл за PoE напајање, дужине 30-50 метара (max 100 m), намењен за употребу на отвореном простору, Cat6, оклопљен, усклађен за PoE, x1
- Ребрасто црево (намењено за употребу на отвореном простору) за LAN кабл, x1
- Ако гејтвеј не подржава PoE напајање: PoE сплитер/раздвајач + DC напојни кабл од PoE сплитера до VDC напојног улаза, x1
- носач за уградњу, x1
- комплет приручног материјала за уградњу (IP67 уводници, шрафови, типлови, везице, итд), x1

Током уградње LoRaWAN гејтвеја, неопходно је држати се мера предострожности за заштиту од громова, како би се заштитила уграђена опрема: употреба громобрана / ваздушног терминала, добро уземљење, спољна кућишта, штитници од пренапона коаксијалног кабла, заштита напајања.

Захтеви за мале LoRaWAN гејтвеје

"Мали" LoRaWAN гејтвеји су додатни/резервни уређаји за побољшање покривености LoRaWAN мрежом. У табели 10 наведене су спецификације за "мале" LoRaWAN гејтвеје (који ће такође бити део јавне LoRaWAN мреже града).

Један такав уређај предвиђен је за инсталацију у канцеларији оператера мреже, како би се осигурало да ће те просторије увек бити обухваћене LoRaWAN сигналом, пошто се очекује да ће се вршити различити тестови LoRaWAN уређаја за почетна 3 IoT пилота, као и за будуће коришћење.

Друга два мала гејтвеја предвиђена су као резервни уређаји за попуњавање области са лошом мрежном покривеношћу у случају да одабране локације за почетна три пилота немају добру покривеност. Претпоставља се да је изводљиво да се преговара о уградњи у затвореном простору или на заштићеној локацији у близини одговарајућих тачака (у просторијама јавних зграда или на приватним објектима).

Уколико нема потребе за попуњавањем покривености за почетна три IoT пилота, ова два мала гејтвеја могу служити за инсталације у затвореном простору у неким јавним институцијама за будуће IoT примене (нпр. Градска управа или неко од јавних комуналних предузећа итд).

Табела 11: Спецификације "малих" LoRaWAN гејтвеја

Карактеристика	**Опис**

Комуникација (Communication)	LoRaWAN компатибилан најмање са верзијом v1.0.2, Class A/Class B/Class C , EU868
Број канала (Number of channels)	најмање 8
Фреквентни опсег (Frequency band)	EU863-870 MHz
Осетљивост (Sensitivity)	-140 dBm
Етернет интерфејс (Ethernet Interface)	Неопходно: - најмање 1 RJ45 port (PoE PD support) - Data Rate 10/100/1000 Mbps - Full or Half Duplex mode
Мобилни интерфејс (Cellular Interface)	Опционо, пожељно
WiFi интерфејс (WiFi Interface)	Опционо, пожељно - са интегрисаном антеном - стандарди IEEE 802.11 b/g/n
GPS позиционирање (GPS positioning)	Опционо
Мрежни протоколи (Network Protocols)	PPPoE, SNMP v1/v2c/v3, TCP, UDP, DHCP, DDNS, HTTP, HTTPS, DNS, ARP, SNTP, Telnet, SSH, MQTT (морају да се подударају са одабраним LoRaWAN мрежним сервером)
VPN тунел (VPN Tunnel)	OpenVPN/IPsec/PPTP/L2TP/GRE/DMVPN (барем један од поменутих; мора да се подудара са одабраним VPN сервером на страни LoRaWANмрежног сервера)
Провера приступа (Access Authentication)	CHAP/PAP/MS-CHAP/MS-CHAPV2
Firewall	ACL/DMZ/Port Mapping/MAC Binding/URL Filter
Радна температура (Operating Temperature)	-40°C to +70°C
Напајање (Power Supply)	9-24 VDC 802.3 af PoE input је опцион
Потрошња (Power consumption)	типично испод 5 W, највише испод 10 W
Заштита од воде и прашине (Ingress Protection)	IP65 или боље
Уградња (Mounting)	поставка на сто или уградња на зид или стуб

Усаглашеност (Compliance)	CE
Гаранција (Warranty)	2 године

Поред самих малих гејтвеј уређаја, за савку лоацију потребна је и следећа додатна опрема:

- Екстерна LoRaWAN антена, x1
- ако се користи 4G LTE за комуникацију са мрежним сервером: 4G LTE SIM картица (са закупљеним саобраћајем у периоду 24 месеца, минимум 10 GB месечно), x1
- ако се користи Ethernet за комуникацију са мрежним сервером: LAN кабл за Ethernet, x1
- ако се мали гејтвеј напаја преко PoE: PoE инјектор са DC адаптером повезаним на мрежну утичницу, LAN кабл
- носач за уградњу, x1
- комплет приручног материјала за уградњу (шрафови, типлови, везице, итд), x1

LoRaWAN тестни уређаји

LoRaWAN тестни уређаји су намењени да помогну у постављању LoRaWAN мреже и планирању будућих IoT употреба. То су ручни уређаји са екранима, који омогућавају брзе увиде у квалитет LoRaWAN мрежне покривености на тренутној локацији. Они су веома корисни, посебно током фазе уградње гејтвеја, омогућавајући брзе провере да ли су гејтвеји повезани на мрежз и да ли функционишу. Табела 12 наводи спецификације за LoRaWAN тестне уређаје.

Табела 12: Спецификације LoRaWAN тестних уређаја

Карактеристика	**Опис**
Комуникација (Communication)	LoRaWAN / EU868 (компатибила најмање са LoRaWAN v1.0.3)
Кориснички интерфејс (User interface)	приказ на самом уређају
Приказани подаци (Displayed data)	- Информације о захтевима за придруживање на мрежу - Бројач порука са уређаја - Бројач порука ка уређајима - Коришћени канали, коришћен spreading factor - Радио параметри за трансмисију (поруке са уређаја) и пријем (поруке ка уређају): RSSI (Received Signal Strength Indicator, индикатор снаге примљеног сигнала), SNR (Signal-to-Noise Ratio, однос сигнал-шум), PER (Packet Error Rate, стопа грешке у пакету) - Добијена GPS позиција (опционо) - Температурна мерења (опционо)
Радна температура (Operating Temperature)	-20°C до +40°C
Могућност подешавања ADR	Неопходно

Могућност подешавања потврде примања поруке са уређаја (uplink confirmation (ACK) settings)	Неопходно
Могућност ручно изазваног слања поруке са уређаја	- притиском на дугме (неопходно) - на потрес/ударац (опционо)
Напајање (Power Supply)	Батерије (пуњиве)
Životni vek baterije (Battery Life)	Номинално 5 година (20 min interval, 25°C)
Подешавање уређаја (Provisioning and configuration)	Директно на уређају путем NFC/USB или даљински путем LoRaWAN порука ка уређају
Уградња (Mounting)	ручна употреба
Гаранција (Warranty)	2 године

LoRaWAN крајњи уређаји (сензори/контролери) за одабране пилоте

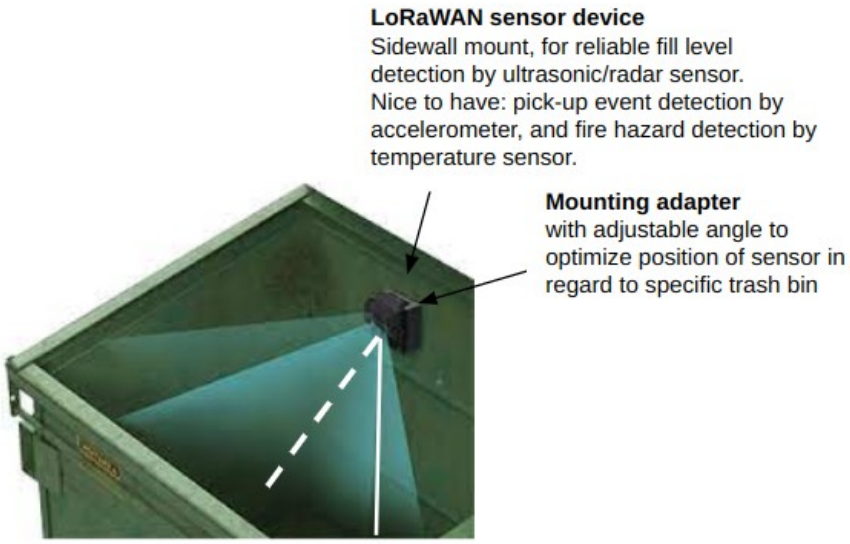
Сензорски уређаји за кориснички случај управљања отпадом

Пошто већина контејнера за отпад У улици Светозара Марковића често нема затворене поклопце (као што је приказано на слици 14), треба избегавати монтажу на поклопац контејнера.



Слика 14: Типично стање контејнера за отпад у Улици Светозара Марковића, сви поклопци су отворени

Преостала практична опција је монтажа сензора за ниво пуњења на бочну страну контејнера, као што је приказано на слици 15. Принцип детекције треба да буде базиран на ултразвучној или mmWave RADAR технологији, са детекцијом отпада који прекида (акустички/електромагнетни) зрак.



Слика 15: Уградња сензорских уређаја за управљање отпадом

Пошто ова инсталација није типична, треба обезбедити носаче за монтажу који омогућавају подешавање угла тако да сензор може поуздано детектовати ниво пуњења.

Осим ултразвучних/радар сензора, сензорски уређаји треба да садрже и акселерометар и сензоре температуре ради детекције догађаја при сакупљању отпада и детекције потенцијалне опасности од пожара.

Уређаји требају имати постојано кућиште, јер ће бити постављени у околине које су механички и хемијски агресивне.

Спецификације сензорских LoRaWAN уређаја за управљање отпадом наведене су у Табели 13.

Табела 13: Спецификације сензорских уређаја за управљање отпадом

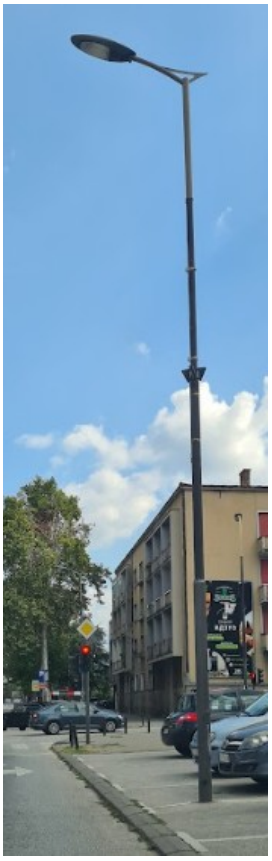
Карактеристика	**Опис**
Комуникација (Communication)	LoRaWAN / EU868 (компатибилан најмање са LoRaWAN v1.0.3), Class A Уређај мора да подржава OTAA тип активације Уређај мора да подржава омогућавање ADR (adaptive data rate)
Домет и резолуција детекције (Detection range and resolution)	10 ~ 450 cm домет, +/-2% целог опсега
Технологија мерења удаљености (Range measurement technology)	Ултразвучно или mmWave RADAR
Температурна мерења (Temperature measurement)	-40 ~ 80°C, подесива граница за детекцију опасности од пожара
Мерења нагиба (Tilt	акцелерометар са 3 осе, статусна порука за детекцију скупљања отпада

measurement)	
Напајање (Power Supply)	Батерије
Životni vek baterije (Battery Life)	Номинално 5 година (20 min интервал, 25°C)
Радна температура (Operating Temperature)	- 30°C ~ 70°C
Заштита од воде и прашине (Ingress Protection)	IP67 или боље
Материјал (Material)	Отпоран на пламен или да не поспешује горење
Подешавање уређаја (Provisioning and configuration)	Директно на уређају путем NFC или даљински путем LoRaWAN порука ка уређају
Уградња (Mounting)	Уградња на унутрашњи зид контејнера на прилагођеном носачу
Гаранција (Warranty)	2 године

Сензорски уређаји за кориснички случај паметног система уличне расвете

Постоје два задатка којима се бави овај пилот:

1) Једноставнији начин за контролу сегмената уличних лампи је путем контроле релејног контактора
   - Сегменти се тренутно контролишу преко RTK уређаја за контролу, који ће бити замењени LoRaWAN контролерима - "Уређаји за замену RTK контролног уређаја". Контактори се налазе у трафостаницама, а LoRaWAN контролери треба да имају могућност да сваки контролише два сегмента.
   - "Уређаје за замену RTK контролног уређаја" треба директно повезати на улазе за контролу контактора, с могућношћу рада по распореду и када LoRaWAN мрежа не ради.
2) Захтевније укључивање/искључивање уличних лампи
   - Требало би користити исти или сличан IoT контролер као у првом задатку за контролу светла на појединачним стубовима (без мењања инензитета, само потпуно укључивање/искључивање - прилагодљиво за сваку врсту лампи).
   - У оквиру овог задатка се очекује од јавног предузећа одговорног за јавно осветљење да унапреди уличне стубове са релејним контакторима на које ће бити повезани IoT контролери.
   - Постоји разуман ризик да би LoRaWAN контролери инсталирани унутар уличних стубова (у одељку којем се може приступити уклањањем поклопца на стубу близу земље) могли имати слабији пријем сигнала, у ком случају треба наћи решење за извођење антене из стуба.



Спецификације контролерских LoRaWAN уређаја су дати у табели 14.

Табела 14: Спецификације сензорских уређаја за паметну уличну расвету

Карактеристика	**Опис**
Комуникација (Communication)	LoRaWAN / EU868 (компатибилан најмање са LoRaWAN v1.0.3), Class A Уређај мора да подржава OTAA тип активације Уређај мора да подржава омогућавање ADR (adaptive data rate)
Улазно излазни прикључци (I/O ports)	2 дигитална излаза
Дигитални излаз (Digital output)	SPDT Relay Contact Rating: 3A@DC Max: 30 V or AC Max: 250 V
Контролер (Controller)	Неколико услова и акција за покретање, који раде самостално када мрежа падне. Уграђени надгледач (watchdog) за стабилност рада уређаја.
Опционо (Optional)	аналогни улази, дигитални улази, RS232 / RS485 (modbus)
Напајање (Power Supply)	5-24V спољно напајање

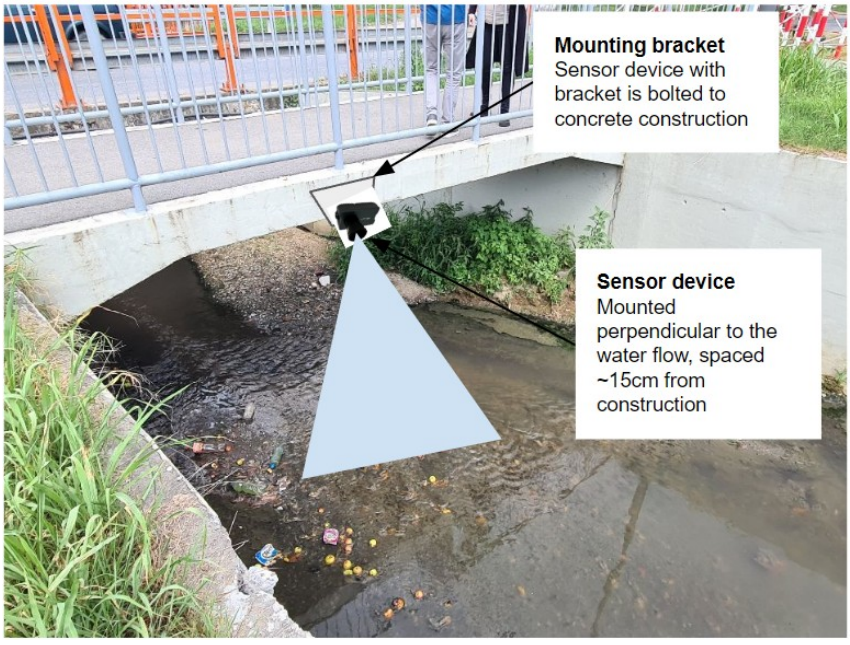
Радна температура (Operating Temperature)	- 20°C ~ 60°C
Заштита од воде и прашине (Ingress Protection)	IP30 или боље (у затвореном простору), уградња на зид (DIN Rail Mounting или слично)
Подешавање уређаја (Provisioning and configuration)	Директно на уређају путем NFC или даљински путем LoRaWAN порука ка уређају
Гаранција (Warranty)	2 године

Сензорски уређаји за кориснички случај превенције поплава и система раног упозорења

На три локације ће бити уграђени сензори за мерење нивоа воде, на локацијама које су приказане на мапи на слици 8 и наведене у табели 5.

Да би се измерили нивои воде, сензори треба да буду урађени тако што се прикаче са спољне стране конструкција мостова, као што је приказано на слици 16.

Да би се омогућило постизање оптималног угла за детекцију нивоа воде, треба обезбедити носаче за монтажу.
Табела 14 даје спецификације уређаја за мерење нивоа воде.

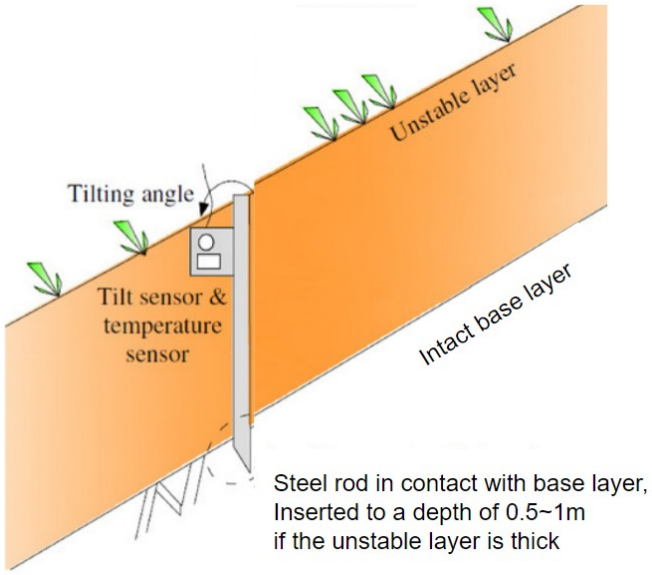


Слика 16: Уградња сензорских уређаја са мерење нивоа воде

Табела 14: Спецификације сензорских уређаја за мерење нивоа воде

Карактеристика	**Опис**
Комуникација (Communication)	LoRaWAN / EU868 (компатибилан најмање са LoRaWAN v1.0.3), Class A Уређај мора да подржава OTAA тип активације Уређај мора да подржава омогућавање ADR (adaptive data rate)
Домет и резолуција детекције (Detection range and resolution)	25 ~ 1000 cm домет, +/-2% целог опсега
Технологија мерења удаљености (Range measurement technology)	Ултразвук / радар
Температурна мерења (Temperature measurement)	-40 ~ 125°C
Мерења нагиба (Tilt measurement)	Статусна порука о нагибу (нормално/нагнуто)
Напајање (Power Supply)	Батерије
Životni vek baterije (Battery Life)	Номинално 5 година (30 min interval, 25°C)
Радна температура (Operating Temperature)	- 30°C ~ 70°C
Заштита од воде и прашине (Ingress Protection)	IP67 или боље
Материјал (Material)	ABS или слично
Подешавање уређаја (Provisioning and configuration)	Директно на уређају путем NFC или даљински путем LoRaWAN порука ка уређају
Уградња (Mounting)	на прилагођеном носачу
Гаранција (Warranty)	2 године

За мерење кретања клизишта користиће се метод мерења нагиба који је изазван кретањем нестабилног слоја. Овај метод је илустрован на слици 17.



Слика 17: Мерење клизишта помоћу сезора нагиба

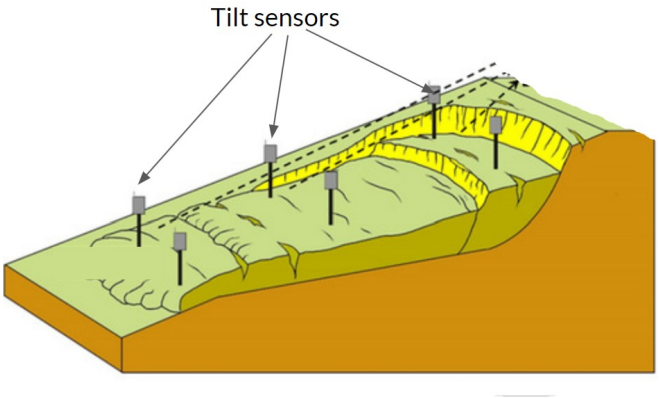
Сензорски уређаји за детекцију нагиба морају бити причвршћени на метални стуб дужине 1 метар и уграђени у земљу како је приказано на претходној слици. Илустрација такве конструкције дата је на слици 18.

Како би се измерило кретање тла на целој критичној области, користиће се 6 сензора, који су просторно одвојени и налазе се на најкритичнијим подручјима клизишта. Илустрација распореда шест различитих сензорских уређаја на једној локацији клизишта приказана је на слици 19.

Спецификације LoRaWAN сензорских уређаја за мерење нагиба клизишта дате су у табели 15.



Слика 18: Сензор нагиба фиксиран за стуб који се уграђује



Слика 19: Распоред уређаја за детекцију нагиба на локацији клизишта

Табела 15: Спецификације сензорских уређаја нагиба за детекцију клизишта

Карактеристика	**Опис**
Комуникација (Communication)	LoRaWAN / EU868 (компатибилан најмање са LoRaWAN v1.0.3), Class A Уређај мора да подржава OTAA тип активације Уређај мора да подржава омогућавање ADR (adaptive data rate)
Мерења нагиба (Tilt measurement)	акцелерометар са 3 осе
Домет (Range)	-90° ~ +90°
Прецизност (Accuracy)	± 1°
Резолуција очитавања (Readout resolution)	0.01°
Напајање (Power Supply)	Батерије
Životni vek baterije (Battery Life)	Номинално 5 година (6 порука по сату)
Радна температура (Operating Temperature)	-20°C ~ 60°C
Заштита од воде и прашине (Ingress Protection)	IP67 или боље
Материјал (Material)	ABS или слично
Подешавање уређаја (Provisioning and configuration)	Директно на уређају путем NFC или даљински путем LoRaWAN порука ка уређају

Уградња (Mounting)	Сензор нагиба причвршћен за штап (дугачак 0.5-1 m), убоден у земљу
Гаранција (Warranty)	2 године