

INFORMACIONI SISTEM ZA PODRŠKU HLADNOG LANCA

COLD CHAIN SUPPORT INFORMATION SYSTEM

Željko Bajšanski

Bitseverywhere doo, Petrovaradin, Republika Srbija

zeljko.bajsanski@bitseverywhere.rs

Pavle Gladović

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Republika Srbija

anaipavle@gmail.com

Tihomir Ostojić

Somboled doo, Sombor, Republika Srbija

tihomir.ostojic@rs.lactalis.com

Dragan Jovičić

Somboled doo, Sombor, Republika Srbija

dragan.jovicic@rs.lactalis.com

Sažetak:

Hladni lanac se odnosi na proces transporta i skladištenja prehrambenih proizvoda koji zahtevaju određenu temperaturu kako bi se sačuvao njihov kvalitet i sigurnost. Ovaj lanac obuhvata niz koraka, uključujući proizvodnju, pakovanje, transport, skladištenje i distribuciju tih proizvoda. Cilj hladnog lanca je održavanje kontinuirane temperature kako bi se sprečilo kvarenje ili gubitak kvaliteta proizvoda koji zahtevaju odgovarajući temperaturni režim. Da bi se hladni lanac uspešno održao, koriste se odgovarajuće tehnologije, kao što su rashladni uređaji, izolovane ambalaže, kontrolisani transportni sistemi i monitoring temperature. Ovi sistemi omogućavaju održavanje temperaturnih uslova unutar optimalnog raspona tokom cele putanje proizvoda od proizvođača do kranjeg potrošača. U radu je predstavljen program, Temp Track. koga su autori razvili u saradnji sa firmom bitsEverywhere d.o.o.za potrebe Kompanije "Somboled" iz Sombora, čiji su proizvodi osetljivi na temperature..

Ključne reči: *transport, hladni lanac, informacioni sistem, program*

Abstract:

Cold chain refers to the process of transporting and storing food products that require a certain temperature in order to preserve their quality and safety. This chain includes a series of steps, including production, packaging, transportation, storage and distribution of those products. The goal of the cold chain is to maintain a continuous temperature in order to prevent spoilage or loss

of quality of products that require an appropriate temperature regime. In order to successfully maintain the cold chain, appropriate technologies are used, such as cooling devices, insulated packaging, controlled transport systems and temperature monitoring. These systems make it possible to maintain temperature conditions within the optimal range during the entire path of the product from the producer to the final consumer. The paper presents the Temp Track software solution, which the authors developed in cooperation with the company bitsEverywhere d.o.o. for the needs of the Company "Somboled" from Sombor, whose products are temperature sensitive.

The key words: transport, cold chain, information system, software program

1. UVOD

Somboled je otvoreno akcionarsko preduzeće, a kompanija Dukat d.d. je većinski vlasnik. Pored somborskog, postoje još dva logistička centra, u Novom Sadu i u Beogradu. U celoj kompaniji radi preko 350 ljudi. Osnovni cilj poslovanja ove kompanije je da obezbedi sveže i ukusne mlečne proizvode koji zadovoljavaju potrebe modernog kupca.

Kao jedan od najinovativnijih proizvođača mlečnih proizvoda u Srbiji, Somboled prati trendove i potrebe svojih potrošača i ulaže u razvoj novih tehnologija, novih proizvoda i pakovanja. Ovo je veoma važno pošto tokom celog logističkog lanca (pakovanje, transport i skladištenje) propisana temperatura proizvoda, mora biti nepromenjena. U tu svrhu razvijen je od strane autora ovog rada informacioni sistem Temp Track putem koga se prati, nadgleda i održava temperatura proizvoda u transportnom sredstvu i skladištu.

Cilj primene navedenog informacionog sistema je očuvanje kvaliteta hladnog lanca tj. da osigura da proizvodi stignu do potrošača u optimalnom stanju, čuvajući njihov kvalitet, ukus i nutritivnu vrednost.

2. HLADNI LANCI U LOGISTICI

Prema definiciji u logistici, hladan lanac se koristi za očuvanje kvaliteta i bezbednost proizvoda koji su osetljivi na temperaturu tokom skladištenja i transporta. U proizvode hladnog lanca spadaju: sveža hrana, proizvodi farmaceutske industrije kao i hemikalije, koji zahtevaju specifične temperaturne uslove.

Komponente hladnog lanca su:

- Skladišni prostori: frižideri, hladnjače i zamrzivači čija je uloga čuvanja proizvoda u temperaturnom opsegu osiguravajući njihovu stabilnost do upotrebe.
- Transport: specijalno konstruisana (dizajnirana) teretna vozila – hladnjače, kontejneri i ambalaža koji se koriste za prevoz robe uz održavanje zahtevane temperature, u cilju očuvanja proizvoda do mesta potrošnje.
- Sistemi za nadgledanje: sistemi za praćenje temperature proizvoda u transportnom sredstvu ili skladištu. Ovi sistemi trebaju da pruže informaciju u realnom vremenu o fluktuacijama temperature da bi se omogućilo pravovremeno intervenisanje u slučaju odstupanja.
- Materijal za pakovanje: izolacioni kontejneri i rasladni agenti (kao što su ledena pakovanja) koji pomažu u održavanju stabilnih temperatura tokom transporta.

Značaj hladnog lanca ogleda se u osiguranju da proizvodi stignu do potrošača u optimalnom stanju, čuvajući njihov kvalitet, ukus i nutritivnu vrednost. S druge strane ekonomski uticaj ogleda se u dobro organizovanom hladnom lancu, pošto se smanjuje finansijski gubitak proizvoda. Razvoj i održavanje pouzdanog hladnog lanca zahteva značajna ulaganja u skladišne i transportne kapacitete. Pri radu hladnog lanca troši se značajna količina energije, pa je pronalaženje energetski efikasnih rešenja od suštinske važnosti.

Poštovanje strogih regulativa i smernica je neophodno kako bi se osigurala bezbednost i kvalitet proizvoda u hladnom lancu.

3. ARHITEKTURA INFORMACIONOG SISTEMA TEMP TRACK

Arhitekturu programskog rešenja TempTrack potrebno je posmatrati iz dva ugla. Prvo, neophodno je sagledati hardverske karakteristike i izazove, a zatim i softversku izvedbu.

Fokusom na skladišta i logističke centre, identifikovano je nekoliko problema i tehničkih izazova:

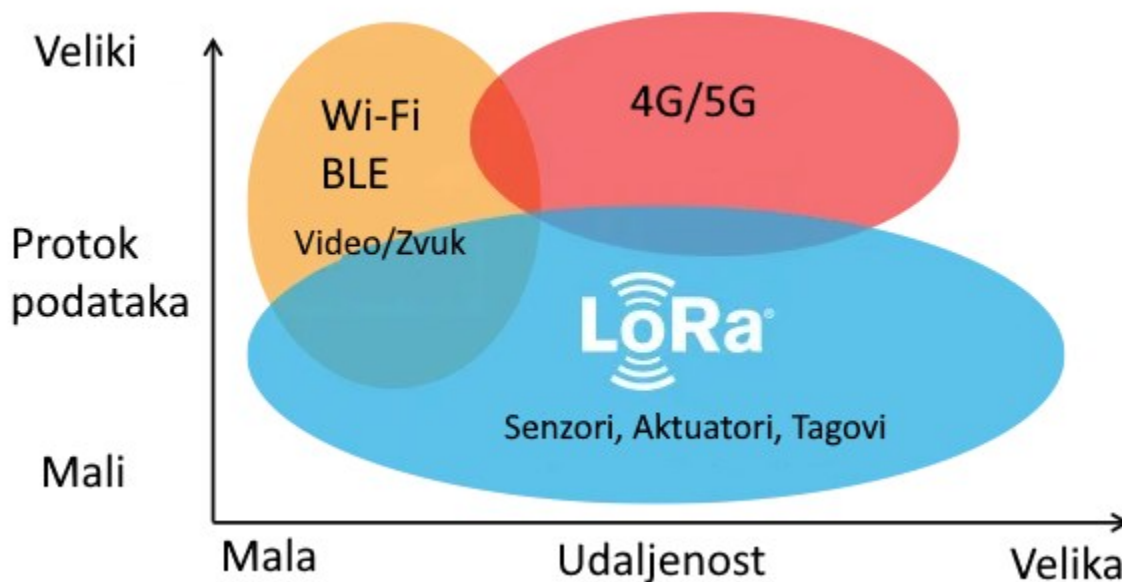
1. **Stabilna internet konekcija:** Skladišta i logistički centri su često distribuirani i pokrivaju velike površine, što povlači problem stabilne internet konekcije između senzora, neophodne za slanje očitanih podataka
2. **Fizičke prepreke:** Skladišta često sadrže metalne i betonske zidove kao i druge prepreke koje mogu ometati radio signale, uključujući Wi-Fi mreže. To može predstavljati izazov pri prenosu podataka između senzora i komunikacionih tačaka.
3. **Jednostavna instalacija senzora:** Za efikasnu primenu, potrebno je da senzori budu jednostavni za instalaciju i da ne zahtevaju dodatnu infrastrukturu. Bežični senzori omogućavaju lako postavljanje i premeštanje, što je ključno za brzo i efikasno praćenje temperature u različitim delovima skladišta.
4. **Energetska efikasnost:** Budući da senzori rade na baterijama, važno je smanjiti potrošnju energije kako bi se produžio njihov vek trajanja i smanjili troškovi održavanja.

Da bi se prevazišli navedeni izazovi, softversko rešenje TempTrack koristi LoRaWAN mrežu za komunikaciju između senzora i gejtveja (engl. gateway). LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) je bežični protokol koji omogućava komunikaciju između uređaja koji imaju nisku potrošnju energije i mogu komunicirati na daleke udaljenosti.

Ova tehnologija je posebno pogodna za *cold chain logistiku*, gde su temperaturni senzori često smešteni na teško dostupnim mestima i na velikim udaljenostima. LoRaWAN koristi nisku propusnost podataka, što omogućava sensorima da šalju informacije preko većih udaljenosti

minimalnom potrošnjom energije, što je idealno za skladišne uslove, gde se dugotrajnost i pouzdanost senzora smatraju prioritetom.

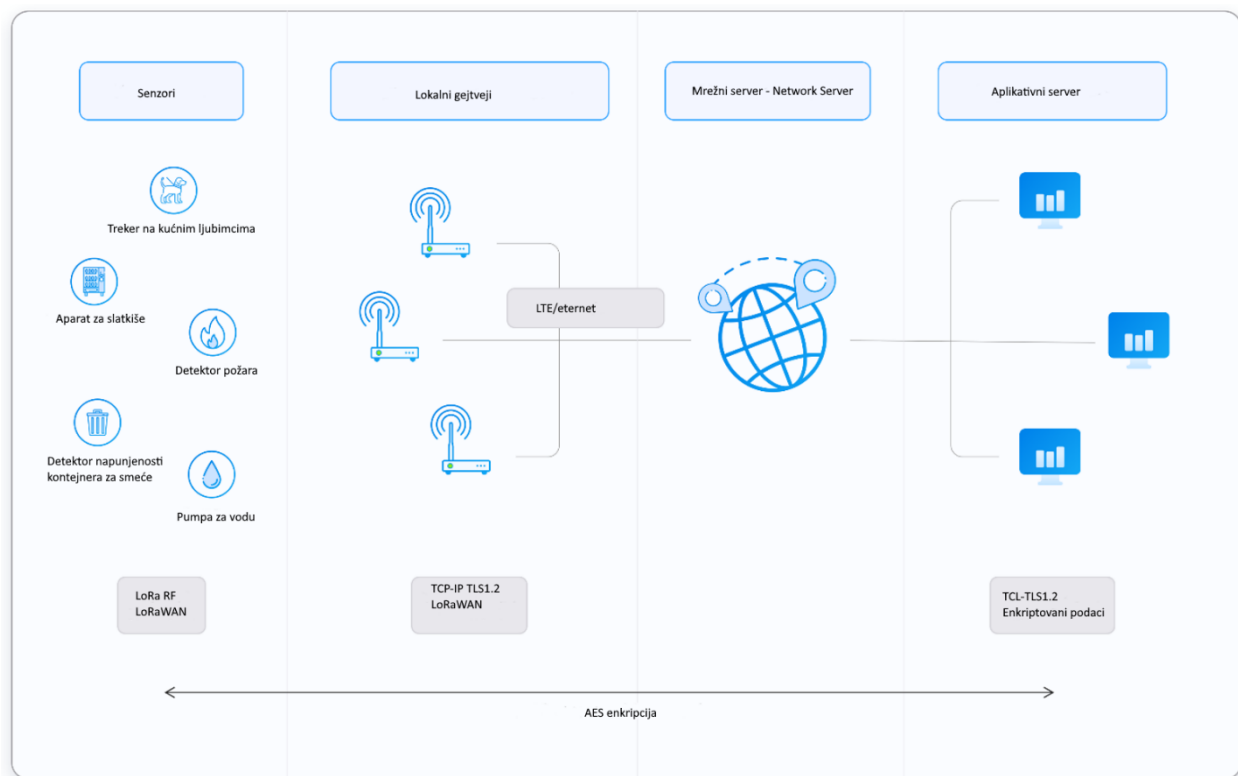
Ovakvo kombinovanje hardverske i softverske tehnologije omogućava TempTrack rešenju da pruži pouzdano i efikasno praćenje temperature u skladištima i logističkim centrima, doprinoseći time očuvanju kvaliteta i bezbednosti robe koja se čuva.



Slika 1 - Prikaz zavisnosti protoka informacija i fizičkog rastojanja

Na slici 1. prikazana je zavisnost količine protoka informacija i udaljenosti na kojoj se podaci prenose. Veću količinu podataka je moguće preneti na kraćim rastojanjima, dok LoRa tehnologija omogućava prenos male količine podataka, ali na znatno većim udaljenostima. Ovo je od ključnog značaja za rad senzora, koji šalju izrazitu malu količinu podataka (temperatura, vlažnost vazduha) na velikim rastojanjima – do nekoliko kilometara. Suprotno, veću količinu podataka kao što su slike, video fajlovi... moguće je preneti uspešno pomoću Wi-Fi i Bluetooth tehnologije, ali na mnogo manjim udaljenostima – do nekoliko desetina metara. Nedged između se nalaze mobilne mreže (4G, 5G) koje se za sada retko koriste u IoT rešenjima.

TempTrack rešenje, posmatrano iz ugla softverske arhitekture, sastoji se od nekoliko ključnih komponenti koje omogućavaju praćenje temperature i relativne vlažnosti vazduha u skladištima. Na slici 2 su prikazane glavne komponente tipičnog Internet Of Things (IoT) rešenja.



Slika 2 arhitektura tipičnog IoT (engl. Internet of Things) rešenja

Komponente korišćenih tehnologija:

1. Temperaturni senzori: Ovo su fizički uređaji koji kontinuirano mere temperaturu u skladištu i šalju podatke preko LoRaWAN mreže do lokalnih gejtveja.
2. Lokalni gejtveji (Gateway): Ovo su uređaji koji funkcionišu kao most između temperaturnih senzora i servera. Oni koriste Internet konekciju kako bi prosledili podatke koje prikupljaju sa senzora do Network Servera.
3. Network Server: Ova komponenta prima podatke sa senzora, dekodira ih i zatim prosleđuje dalje do aplikativnog servera. The Things Network (TTN) je korišćen kao Network Server.
4. TempTrack bekind (engl. Back-end): Ovo je centralni deo softverske arhitekture. Biznis logika rešenja je implementirana ovde. Bekend komponenta se nalazi na aplikativnom serveru i koristi ASP.NET Core 7 framework.
5. MS SQL Server: To je baza podataka koja skladišti sve očitane podatke. Podaci se čuvaju za analizu, izveštaje i kasnije potrebe. Ovde se koristi MS SQL Server 2022.
6. Klijentska aplikacija – Kontrolna tabla (Dashboard): Ovo je korisnički interfejs rešenja koji omogućava korisnicima da pregledaju, analiziraju i upravljaju podacima o temperaturi. Kontrolna tabla je implementirana korišćenjem Blazor WASM (Blazor Webassembly) tehnologije, što znači da se izvršava direktno u korisničkom pregledaču (Browser).
7. .NET MAUI: Koristi se za izradu mobilne aplikacije. Ovo omogućava korisnicima da pristupaju podacima o temperaturi putem svojih mobilnih uređaja, telefona i tableta.

Ovaj softverski tehnološki stek pruža pouzdano, efikasno i skalabilno rešenje za praćenje temperature u skladištima. Upotreba LoRaWAN mreže omogućava pouzdano prikupljanje podataka sa senzora na velikim udaljenostima, dok ASP.NET Core 7 i MS SQL Server obezbeđuju stabilnost i sigurnost backend komponente (engl. Back-end). Blazor WASM (Blazor Webassembly) pruža brz i responsivan korisnički interfejs, a .NET MAUI omogućava mobilnost i pristup podacima putem mobilnih uređaja. Sve zajedno, ovaj softverski stek omogućava softverskom rešenju TempTrack da pruži robustno rešenje za praćenje i upravljanje temperaturom u skladištima.

4. TEHNOLOGIJA PRAĆENJA PROIZVODA U SKLADIŠTIMA HLADNIH LANACA

U cilju optimizacije procesa upravljanja hladnim lancima snabdevanja, autori ovog rada u saradnji sa firmom bitsEverywhere d.o.o. razvili su informacioni sistem Temp Track. Ovaj sistem je prilagođen potrebama kompanije Somboled iz Sombora i primenjuje se za praćenje stanja hladnih lanaca u distributivnim centrima širom Srbije. Kompanija Somboled poseduje centralno skladište gotovih proizvoda u Somboru, uz dodatna distributivna skladišta u Novom Sadu i Beogradu. Imajući u vidu da se radi o osetljivim proizvodima sa ograničenim rokom trajanja, ključno je osigurati besprekoran nadzor nad temperaturnim uslovima tokom celog procesa, od proizvodnje do distribucije..

Svaka faza hladnog lanca detaljno je praćena putem informacionog sistema Temp Track. Gotovi proizvodi, često sa kratkim rokom trajanja, se raspoređuju na palete koje su identifikovane pomoću SSCC (Serial Shipping Container Code) koda. Ove palete se skladište u specifičnim komorama prema unapred definisanim šemama. U centralnom skladištu je postavljeno 12 temperaturnih senzora koji kontinuirano mere temperaturu i relativnu vlažnost vazduha. Podaci koje senzori prikupljaju prenose se putem LoRaWAN mreže do gejtvėja. Ovi gejtvėjci zatim putem Internet konekcije šalju podatke do centralnog servera. Na serveru se podaci skladište i koriste za dalje analize i upravljanje.

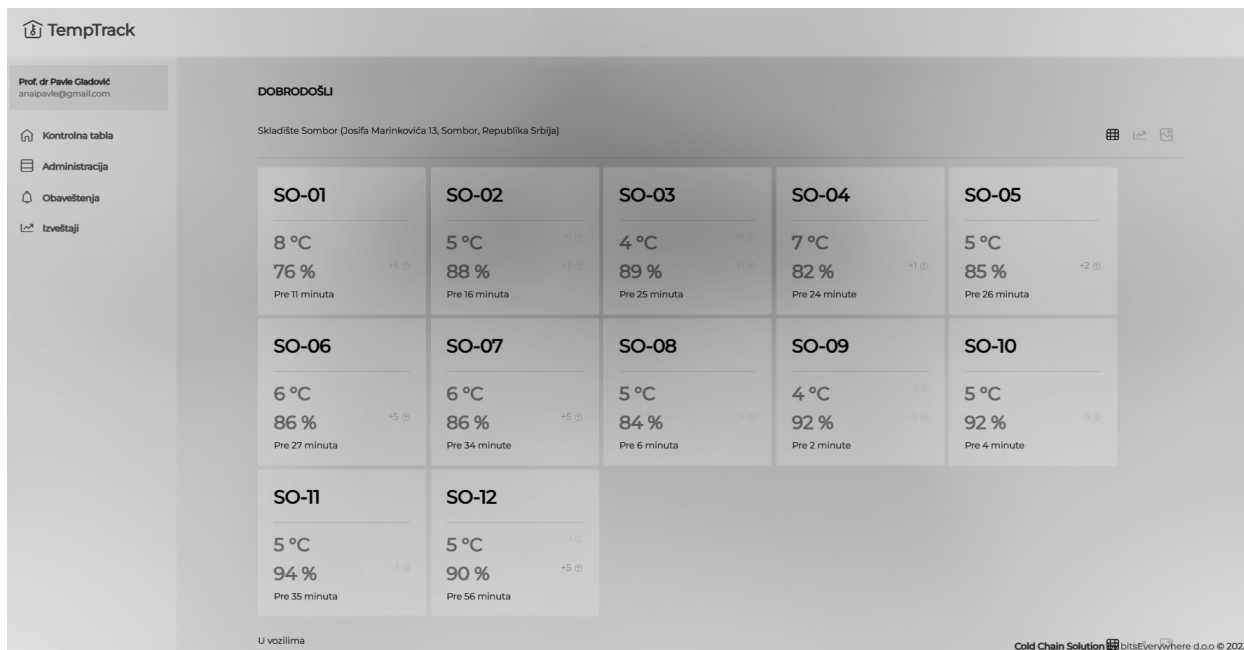
Senzori su postavljeni i u distributivnim skladištima u Beogradu i Novom Sadu.

Pored toga i vozila su opremljena sensorima i takođe šalju podatke do servera putem mobilne mreže (4G).

Svaka paleta se prati pomoću njenog jedinstvenog SSCC koda tokom boravka u skladištu. Moguće je i rasformirati (disagregirati) palete, gde se proizvodi premeštaju na drugu paletu koja dobija novi SSCC kod - ovaj proces se naziva agregacija. Prilikom utovara proizvoda na vozila za distribuciju, takođe se skenira SSCC kod, omogućavajući precizno praćenje kretanja robe kroz lanac snabdevanja.

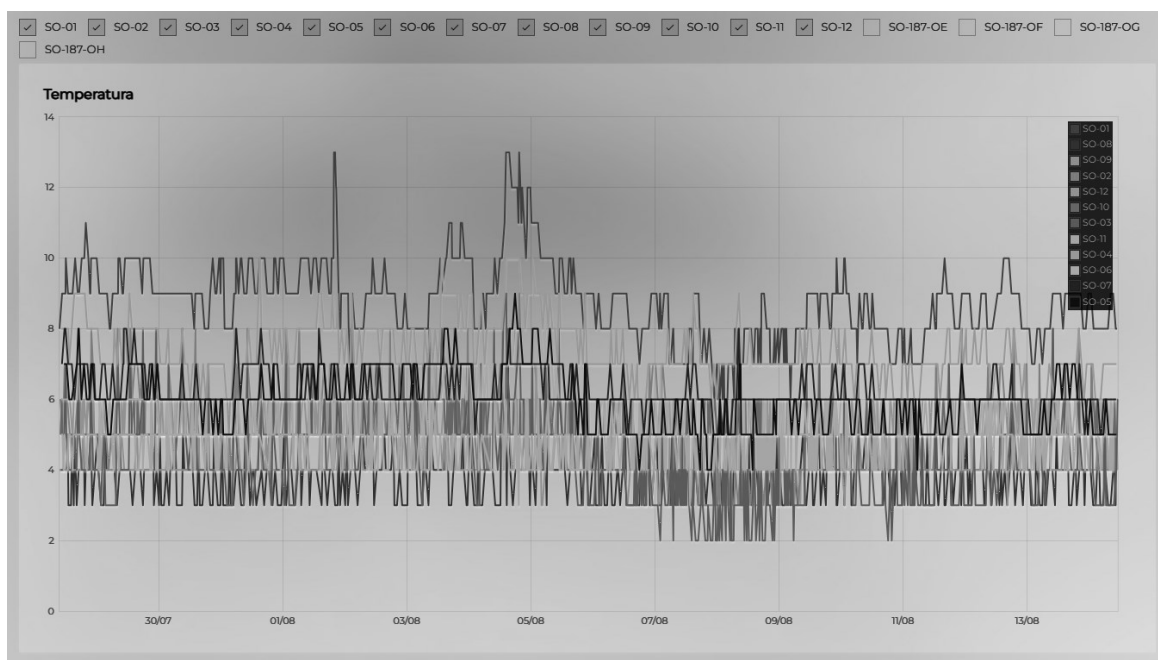
Sistem Temp Track je suštinski za praćenje i upravljanje hladnim lancima. On skuplja i čuva sve prikupljene podatke i omogućava generisanje različitih izveštaja. Pomoću ovih izveštaja, menadžeri i radnici u lancu snabdevanja mogu pratiti kretanje robe i temperaturne uslove na kojima je roba bila izložena. Kontrolna tabla koja je prikazana na slici 3 predstavlja centralno mesto za praćenje stanja temperature i relativne vlažnosti vazduha u celom hladnom lancu. Ova vizuelno

pregledna kontrolna tabla omogućava korisnicima brz i sveobuhvatan uvid u ključne parametre sistema.



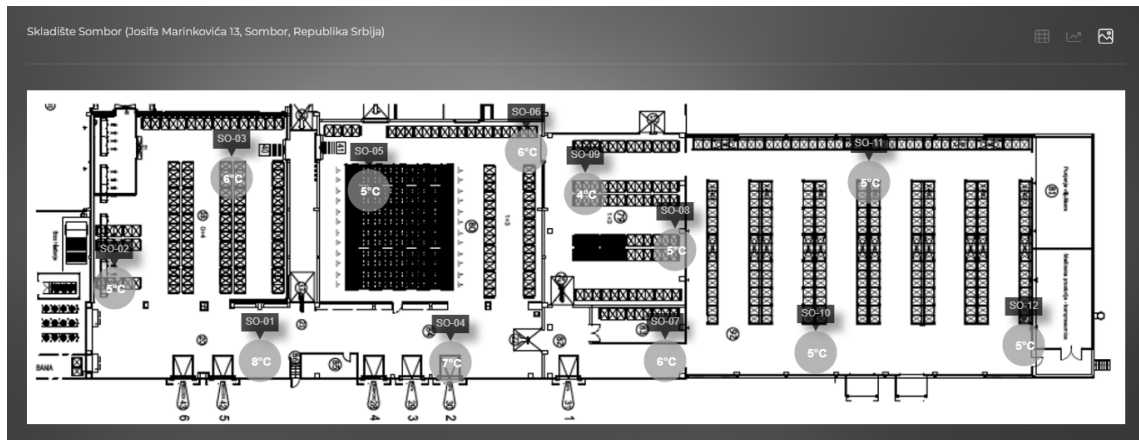
Slika 3 Kontrolna tabla

Osim pregleda celog sistema, kontrolna tabla je osmišljena kako bi omogućila različite modove pregleda, pružajući dublje analize i informacije. Na primer, analitički pregled pruža dublji uvid u statistike i trendove, dok pregled stanja temperature u poslednjih 30 dana (kao što je prikazano na slici 4) koristi dijagrame za vizualizaciju fluktuacija.



Slika 4 dijagramski prikaz temperature

Slika 5 prikazuje šematski prikaz hladnog lanca, što dodatno pomaže korisnicima da shvate kako se roba kreće kroz različite zone i komore sa različitim temperaturnim zahtevima.



Slika 5 Šematski prikaz temperature

Slika 6 prikazuje da je moguće dobiti pojedinačne podatke o svakom senzoru. Ovo omogućava precizno praćenje performansi svakog senzora u realnom vremenu. Konfiguracija senzora je takođe ključna; za svaki senzor se mogu postaviti temperaturni limiti, definisani kao minimalna i maksimalna temperatura. Kada izmerena temperatura pređe ove granice, backend komponenta sistema šalje obaveštenja korisnicima putem različitih kanala - email poruka, SMS obaveštenje, Viber poruka, Telegram poruka ili pokretanje drugih definisanih akcija.

SO-01		8 °C	9 °C
9 °C	82 %	Min temperatura	Max temperatura
Pre 5 minuta	71 %	Min vlažnost	Max vlažnost
82 %	82 %		
Vreme čitanja	Temperatura [°C]	Vlažnost vazduha [%]	Napon baterije [V]
14.08.23 13:08:31	9	82	3.6
14.08.23 12:47:27	8	76	3.6
14.08.23 12:18:22	8	71	3.6
14.08.23 11:18:19	9	74	3.6
14.08.23 10:18:14	9	72	3.6
14.08.23 09:18:06	8	72	3.6
14.08.23 08:17:55	8	74	3.6
14.08.23 07:17:46	8	73	3.6
14.08.23 06:17:38	8	72	3.6
14.08.23 05:17:24	8	72	3.6

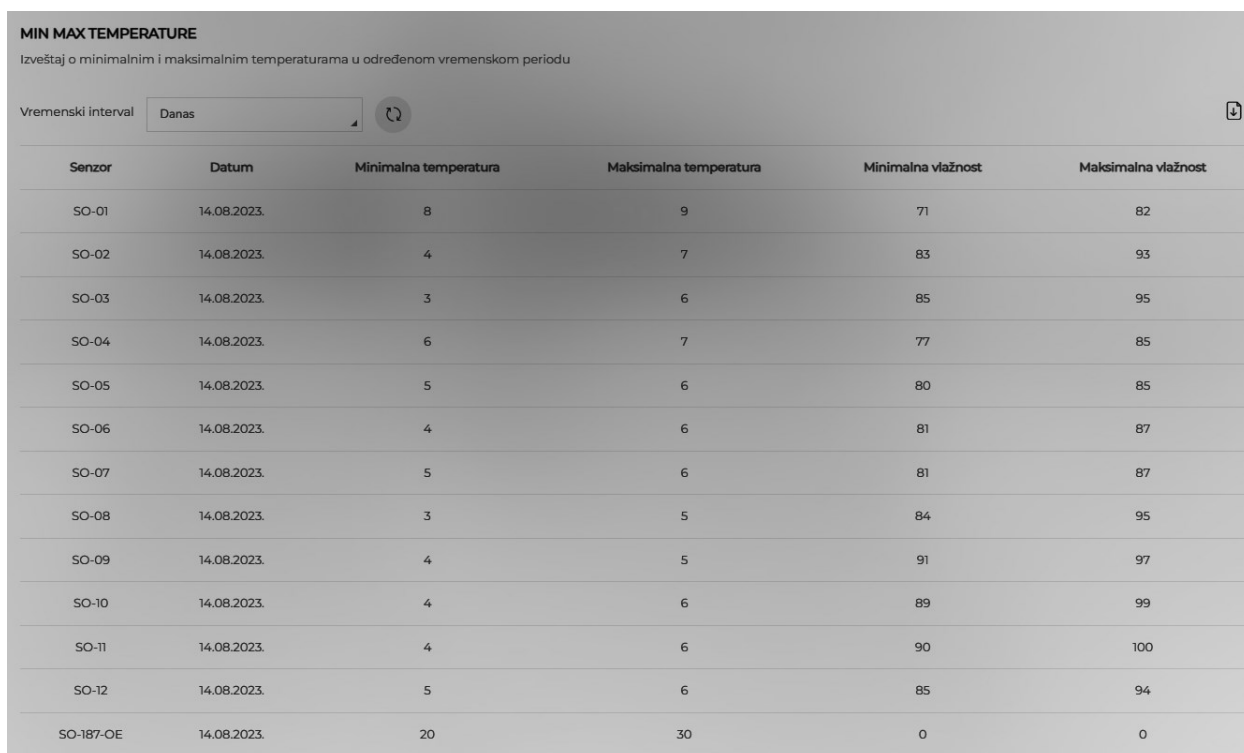
Slika 6 Pregled stanja pojedinačnog senzora

Takođe je moguće pregledati stanje u svakom vozilu, koje je opremljeno sensorima.

Standardni Izveštaji za analizu

Sistem omogućava generisanje standardnih izveštaja u PDF ili Excel formatu, kao što su:

- Pregled pojedinačnog senzora sa svim izmerenim temperaturama tokom određenog perioda.
- Pregled minimalnih i maksimalnih temperatura svih senzora tokom određenog vremenskog okvira, što je prikazano sa slici 7.
- Broj obaveštenja poslatih zbog prekoračenja definisanih limita u određenom periodu.
- Pregled temperaturnih režima na kojima se određena paleta kretala tokom celog lanca snabdevanja.



The screenshot shows a web interface titled "MIN MAX TEMPERATURE" with a subtitle "Izveštaj o minimalnim i maksimalnim temperaturama u određenom vremenskom periodu". Below the title is a dropdown menu for "Vremenski interval" set to "Danas" and a refresh button. The main content is a table with 6 columns: "Senzor", "Datum", "Minimalna temperatura", "Maksimalna temperatura", "Minimalna vlažnost", and "Maksimalna vlažnost". The table contains 13 rows of data for sensors SO-01 through SO-12, and SO-187-OE, all dated 14.08.2023.

Senzor	Datum	Minimalna temperatura	Maksimalna temperatura	Minimalna vlažnost	Maksimalna vlažnost
SO-01	14.08.2023.	8	9	71	82
SO-02	14.08.2023.	4	7	83	93
SO-03	14.08.2023.	3	6	85	95
SO-04	14.08.2023.	6	7	77	85
SO-05	14.08.2023.	5	6	80	85
SO-06	14.08.2023.	4	6	81	87
SO-07	14.08.2023.	5	6	81	87
SO-08	14.08.2023.	3	5	84	95
SO-09	14.08.2023.	4	5	91	97
SO-10	14.08.2023.	4	6	89	99
SO-11	14.08.2023.	4	6	90	100
SO-12	14.08.2023.	5	6	85	94
SO-187-OE	14.08.2023.	20	30	0	0

Slika 7 Izveštaj minimalnih i maksimalnih temperatura

Ovi izveštaji omogućavaju dublje analize i pomažu menadžmentu da donosi informisane odluke za optimizaciju celog lanca snabdevanja.

5. ZAKLJUČAK

Hladni lanac igra ključnu ulogu u očuvanju svežine i sigurnosti hrane, posebno kod osetljivih proizvoda kao što su sveže mleko i specijalne vrste sireva. Za uspešno upravljanje hladnim lancem, važno je osigurati da se svi učesnici u lancu pridržavaju odgovarajućih smernica i standarda, kao i pratiti i dokumentovati temperaturne uslove tokom transporta i skladištenja. Na taj način osigurava se da prehrambeni proizvodi ostanu sigurni i kvalitetni pre nego što stignu do potrošača.

Informacioni sistem Temp Track predstavlja napredan alat za praćenje i upravljanje hladnim lancima snabdevanja. Kroz precizno praćenje svake palete, kontrolu temperature i analize podataka, ovaj sistem doprinosi očuvanju kvaliteta i bezbednosti osetljivih proizvoda. Implementacija ovakvih sistema postaje ključna za modernu logistiku i osigurava da proizvodi stignu do krajnjeg kupca sa minimalnim gubicima i rizicima.

6. LITERATURA

- [1] P.Gladović, V.Popovic, Savremene informacione tehnologije u drumskom transportu, FTN Novi Sad, 2010.
- [2] P.Gladović, V.Popović, M.Simeumović, Informacioni sistemi u drumskom saobraćaju, FTN Novi Sad, 2014.
- [3] Da-Wen Sun, Handbook of Frozen Food Processing and Packaging, University College Dublin, Ireland, 2011
- [4] Khalid S. Soliman and Brian D. Janz, Supply Chain Management: E-supply chain, 2005
- [5] Verena Brenner, Causes of Supply Chain Disruptions: An Empirical Analysis in Cold Chains for Food and Pharmaceuticals, University Bremen, Germany, 2014
- [6] Singapore Standards Council, Cold Chain Management of Chilled and Frozen Foods, Enterprise Singapore, 2021
- [7] <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/>