**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA**

**MARIBOR**

# ANALIZA IN OPTIMIZACIJA POSTOPKA VZDRŽEVANJA STROJNE OPREME V HIDROELEKTRARNI

Kandidat: Uroš Kasper

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščič, univ. dipl. gosp. inž.

Mentor v podjetju: Gregor Stich, univ. dipl. ing. str.

Lektorica: Maja Valente, univ. dipl. slov.

Maribor, 2026

# IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Uroš Kasper sem avtor diplomskega dela z naslovom »Analiza in optimizacija postopka vzdrževanja strojne opreme v hidroelektrarni«, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščiča, univ. dipl. gosp. inž.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Vuzenica, Maj 2026 Podpis študenta:

**ZAHVALA**

Rad bi se iskreno zahvalil svoji družini za vso podporo, razumevanje in spodbudo v času študija. Posebna zahvala gre partnerki Neži, ki mi je ves čas stala ob strani, me motivirala in mi pomagala ohranjati zagnanost tudi v zahtevnejših obdobjih.

Zahvaljujem se družbi Dravske elektrarne Maribor, d. o. o., ker mi je omogočila študij ter mi nudila podporo in pogoje za pripravo diplomskega dela, hkrati pa mi omogočila dostop do praktičnih izkušenj in podatkov, potrebnih za obravnavano tematiko.

Iskrena zahvala gre mentorju za strokovno vodenje, usmeritve, konstruktivne pripombe in pomoč pri pripravi diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem vsem profesorjem in predavateljem za pridobljeno znanje ter strokovne izkušnje, ki so pomembno prispevale k mojemu osebnemu in strokovnemu razvoju.

**POVZETEK**

Diplomsko delo obravnava vzdrževanje turbinskih agregatov in ključne podporne opreme v hidroelektrarni HE Ožbalt v okviru družbe Dravske elektrarne Maribor (DEM). Osrednji namen naloge je predstaviti obstoječe vzdrževalne prakse v hidroelektrarnah ter na primeru HE Ožbalt analizirati njihovo učinkovitost in podati predloge za optimizacijo, z vidika zanesljivosti, razpoložljivosti in zmanjšanja nenačrtovanih izpadov.

V teoretičnem delu so predstavljene vrste vzdrževanja (preventivno, korektivno in vzdrževanje na podlagi stanja), sodobni pristopi (TPM, RCM), kazalniki učinkovitosti (npr. MTBF, MTTR, razpoložljivost) ter izhodišča standarda ISO 55000. Teoretična izhodišča so nato povezana s prakso v hidroelektrarni, predvsem z organizacijo letnih revizij turbinskih agregatov (standardne in podaljšane revizije) ter s preventivnimi pregledi podporne opreme, kot sta portalni žerjav in čistilni stroj.

Analitični del temelji na pregledu delovnih nalogov, tipičnih okvar in ugotovitev izvedenih posegov ter na primerjavi obstoječega stanja z možnimi izboljšavami. Ugotovljene so ponavljajoče se težave na regulatorju in hidravličnih elementih (povezane s čistostjo olja), na senzoriki in merilnih enotah ter na elektro-krmilnih sklopih (kartice, napajalniki, varovalke, končna stikala). Pri podporni opremi so izpostavljene težave centralnega mazanja, obrabe puš, izpadi zaščitnih elementov, pretrg jeklenice in motnje daljinskega upravljanja.

Kot inženirska utemeljitev pomembnosti rednega čiščenja vtočnih rešetk je izveden preračun vpliva zamašitve na proizvodnjo električne energije za agregat z nazivno močjo 24,73 MW. Preračun za čas 4 ur pokaže, da lahko že srednja zamašitev (25 %) povzroči izgubo približno 24,73 MWh, pri hudi zamašitvi (50 %, alarmno stanje) pa približno 49,46 MWh. Na tej osnovi so podani usmerjeni predlogi optimizacije: izboljšanje zanesljivosti čistilnega stroja in portalnega žerjava, standardizacija zapisov v delovnih nalogih, okrepljen nadzor čistosti olja, sistematično spremljanje obrabnih elementov ter krepitev preventive na elektro-krmilnih in merilnih komponentah. Predlagani ukrepi so večinoma izvedljivi v okviru obstoječega sistema in predstavljajo podlago za dolgoročno izboljšanje razpoložljivosti, varnega obratovanja ter zmanjšanje tveganja nenačrtovanih izpadov agregatov.

**Ključne besede:** *vzdrževanje, hidroelektrarna, turbinski agregat, rešetke (zamašitev), razpoložljivost, optimizacija*

**ZUSAMMENFASSUNG**

**"OPTIMIERUNG DER INSTANDHALTUNG VON MASCHINENTECHNISCHER AUSRÜSTUNG IM WASSERKRAFTWERK HE OŽBALT"**

Die Diplomarbeit behandelt die Instandhaltung von Turbinenaggregaten sowie der wesentlichen Hilfseinrichtungen im Wasserkraftwerk HE Ožbalt innerhalb des Unternehmens Dravske elektrarne Maribor (DEM). Ziel der Arbeit ist es, bestehende Instandhaltungspraktiken in Wasserkraftwerken darzustellen, deren Wirksamkeit am Beispiel des Kraftwerks HE Ožbalt zu analysieren und Optimierungsvorschläge aus der Perspektive der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit sowie der Reduktion ungeplanter Ausfälle zu entwickeln.

Im theoretischen Teil werden die Arten der Instandhaltung (präventive, korrektive und zustandsorientierte Instandhaltung), moderne Ansätze (TPM, RCM), Kennzahlen zur Bewertung der Instandhaltungsleistung (z. B. MTBF, MTTR, Verfügbarkeit) sowie Grundlagen der Norm ISO 55000 vorgestellt. Die theoretischen Grundlagen werden anschließend direkt mit der Praxis im Wasserkraftwerk verknüpft, insbesondere mit der Organisation der jährlichen Revisionen der Turbinenaggregate (Standard- und erweiterte Revisionen) sowie mit präventiven Prüfungen der Hilfseinrichtungen wie Portalkran und Rechenreinigungsmaschine.

Der analytische Teil basiert auf der Auswertung von Arbeitsaufträgen, typischen Störungen und den Feststellungen aus durchgeführten Maßnahmen. Es wurden wiederkehrende Probleme am Regler und an hydraulischen Komponenten (im Zusammenhang mit der Ölreinheit), an der Sensorik und den Messeinheiten sowie an elektro-steuerungstechnischen Baugruppen (Karten, Netzteile, Sicherungen, Endschalter) identifiziert. Bei den Hilfseinrichtungen werden insbesondere Probleme der zentralen Schmierung, Verschleiß von Buchsen, Ausfälle von Schutzelementen, Seilrisse sowie Störungen der Funk-/Fernsteuerung hervorgehoben. Zur systematischen Bewertung des Zustands wurde eine SWOT-Analyse erstellt; zusätzlich erfolgte eine Vergleichsanalyse zwischen dem Ist-Zustand und den vorgeschlagenen Verbesserungen.

Als ingenieurtechnische Begründung der Bedeutung einer regelmäßigen Reinigung der Einlaufrechen wurde eine Berechnung des Einflusses der Verstopfung auf die Stromerzeugung für ein Aggregat mit einer Nennleistung von 24,73 MW durchgeführt. Die Berechnung für eine Dauer von vier Stunden zeigt, dass bereits eine mittlere Verstopfung (25 %) einen Energieverlust von etwa 24,73 MWh verursachen kann, während bei einer starken Verstopfung (50 %, Alarmzustand) ein Verlust von etwa 49,46 MWh entsteht. Darauf aufbauend werden zielgerichtete Optimierungsvorschläge abgeleitet: Erhöhung der Zuverlässigkeit der

Rechenreinigungsmaschine und des Portalkrans, Standardisierung der Dokumentation in Arbeitsaufträgen, verstärkte Überwachung der Ölreinheit, systematische Überwachung von Verschleißteilen sowie eine Stärkung der Prävention bei elektro-steuerungs- und messtechnischen Komponenten. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind überwiegend innerhalb des bestehenden Systems umsetzbar und bilden eine Grundlage für eine langfristige Verbesserung der Verfügbarkeit sowie einen sicheren Betrieb der Aggregate.

**Schlüsselwörter:** *Instandhaltung, Wasserkraftwerk, Turbinenaggregat, Verfügbarkeit, Optimierung*

# KAZALO VSEBINE


**1 UVOD ..... 11**

1.1 Opis področja in opredelitev problema ..... 11
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve ..... 11
1.3 Predpostavke in omejitve ..... 12
1.4 Uporabljene raziskovalne metode ..... 13

**2 TEORETIČNE OSNOVE VZDRŽEVANJA ..... 14**

2.1 Pomen in vloga vzdrževanja v industriji ..... 14
2.2 Vrste vzdrževanja ..... 14
2.3 Načela in pristopi sodobnega vzdrževanja ..... 15
2.4 Standard ISO 55000 in upravljanje sredstev ..... 16
2.5 Kazalniki učinkovitosti vzdrževanja ..... 16
2.6 Zanesljivost in razpoložljivost tehničnih sistemov ..... 16
2.7 Povzetek teoretičnih izhodišč za nadaljnjo analizo ..... 17
2.8 Povezava teoretičnih izhodišč s prakso v hidroelektrarni HE Ožbalt ..... 17

**3 OPIS PODJETJA IN ANALIZIRANE ENOTE ..... 20**

3.1 Predstavitev podjetja Dravske elektrarne Maribor (DEM) ..... 20
3.2 Strojna oprema in njen pomen (HE Ožbalt) ..... 22
*3.2.1 Turbinski agregat – Kaplanova turbina z generatorjem ..... 22*
*3.2.2 Čistilni stroj rešetk (odstranjevanje plavja) ..... 24*
*3.2.3 Portalni žerjav (dvižna in manipulativna oprema) ..... 25*
*3.2.4 Pomožni sistemi (mazalni, hladilni, hidravlični in zaporne naprave) ..... 28*
*3.2.5 Povezava opreme z vrstami vzdrževanja ..... 28*

**4 OBSTOJEČI POSTOPEK VZDRŽEVANJA NA HE OŽBALT ..... 30**

4.1 Organizacija vzdrževanja ..... 30
4.2 Načrtovanje in izvajanje vzdrževanja ..... 30
*4.2.1 Revizija turbinskega agregata ..... 30*
*4.2.2 Podaljšana revizija turbinskega agregata ..... 31*
*4.2.3 Vzdrževanje portalnega žerjava ..... 34*
*4.2.4 Vzdrževanje čistilnega stroja ..... 35*
4.3 Vodenje evidenc in delovnih nalogov ..... 37
*4.3.1 Namen evidence in njihova vloga v sistemu vzdrževanja ..... 37*
*4.3.2 Struktura delovnega naloga in ključne informacije ..... 37*
*4.3.3 Dokumentiranje preventivnih pregledov ..... 38*

*4.3.4 Dokumentiranje revizij agregatov in kompleksnejših posegov* ..... *38*
*4.3.5 Planirano proti dejansko izvedenemu (plan/real) in nadzor nad časom* ..... *39*
*4.3.6 Vloga ugotovitev in sledljivost odločitev* ..... *39*
*4.3.7 Pomen evidenc za izboljšave sistema vzdrževanja* ..... *39*
*4.3.8 Izzivi pri vodenju evidenc v praksi* ..... *40*
*4.3.9 Usmeritev za izboljšanje vodenja evidenc* ..... *40*
4.4 NAJPOGOSTEJŠE OKVARE IN POSEGI – TURBINSKI AGREGAT (HE OŽBALT) ..... 41
*4.4.1 Težave na regulatorju in hidravličnem sistemu krmiljenja* ..... *41*
*4.4.2 Kavitacijske poškodbe hidravličnih elementov turbine* ..... *41*
*4.4.3 Obraba puš in zračnost na vodilnih lopaticah* ..... *41*
*4.4.4 Okvare krmilnikov in napajalnih sklopov (I&C)* ..... *42*
*4.4.5 Merilne enote in senzorika (temperatura, nivoji, drenaža)* ..... *42*
*4.4.6 Elektro motorji in podporna oprema* ..... *42*
*4.4.7 Operativna elektronika in računalniška oprema* ..... *43*
4.5 PORTALNI ŽERJAV – NAJPOGOSTEJŠE OKVARE IN POSEGI (HE OŽBALT) ..... 43
*4.5.1 Centralno mazanje* ..... *44*
*4.5.2 Zaribanje puš na pogonskih kolesih* ..... *44*
*4.5.3 Elektro-zaščitni elementi in napajanje* ..... *44*
*4.5.4 Končna stikala in varnostne meje gibanja* ..... *44*
*4.5.5 Težave pri daljinskem upravljanju (povezava daljinca)* ..... *45*
4.6 ČISTILNI STROJ – NAJPOGOSTEJŠE OKVARE IN POSEGI (HE OŽBALT) ..... 45
*4.6.1 Pretrg jeklenice* ..... *45*
*4.6.2 Nastavitve in okvare končnih stikal* ..... *46*
*4.6.3 Hidravlične težave na grabilcu* ..... *46*
*4.6.4 Električne napake (varovalke) in napajanje* ..... *46*
*4.6.5 Komunikacija daljinskega upravljanja (povezava daljinca z grabilcem)* ..... *46*
*4.6.6 Zagozditev plavja na rešetkah* ..... *47*
**5 ANALIZA UČINKOVITOSTI IN SWOT ANALIZA ..... 48**
5.1 ANALIZA UČINKOVITOSTI OBSTOJEČEGA VZDRŽEVANJA ..... 48
5.2 SWOT ANALIZA OBSTOJEČEGA SISTEMA VZDRŽEVANJA NA HE OŽBALT ..... 50
**6 PREDLOGI ZA OPTIMIZACIJO SISTEMA VZDRŽEVANJA NA HE OŽBALT 54**
6.1 IZHODIŠČA ZA OPTIMIZACIJO ..... 54
6.2 PRIMERJALNA ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA IN PREDLAGANIH IZBOLJŠAV ..... 55
*6.2.1 Diskusija primerjalne analize* ..... *56*
6.3 PRERAČUN VPLIVA ZAMAŠITVE REŠETK NA PROIZVODNJO ELEKTRIČNE ENERGIJE (AGREGAT 2, T = 4H) ..... 57
*6.3.1 Nazivni podatki agregata 2* ..... *57*

*6.3.2 Scenarij zamašitve rešetk ... 58*
*6.3.3 Rezultati preračuna (t = 4h) ... 59*
*6.3.4 Kratek komentar rezultatov ... 60*
6.4 Optimizacija zanesljivosti podporne opreme (čistilni stroj in portalni žerjav) ... 60
*6.4.1 Čistilni stroj – ciljni preventivni ukrepi ... 60*
*6.4.2 Portalni žerjav – ciljni preventivni ukrepi ... 61*
6.5 Standardizacija zapisov v delovnih nalogih ... 63
6.6 Izboljšanje nadzora nad čistostjo olja in hidravličnim sistemom regulacije ... 63
6.7 Sistematično spremljanje ponavljajočih se mehanskih obrab ... 64
6.8 Krepitev preventive na elektro-krmilnih in merilnih komponentah ... 65
6.9 Izboljšanje povezave med vzdrževalnimi evidencami in načrtovanjem revizij ... 66
6.10 Postopna digitalna podpora analizi vzdrževanja ... 67
6.11 Sklep predlaganih optimizacij ... 67
**7 SKLEP ... 68**
**8 VIRI IN LITERATURA ... 70**
**9 PRILOGE ... 71**

# KAZALO SLIK

Slika 1: Sedež družbe Dravske elektrarne Maribor ... 20
Slika 2: Elektrarne v porečjih rek Drave in Mure ... 21
Slika 3: Vhod v turbino in vodilne lopatice (regulacija pretoka) (HE Ožbalt) ... 22
Slika 4: Kaplanov tekač turbine (HE Ožbalt) – prikaz elementa, ki ga poganja vodni tok ... 23
Slika 5: Vzdolžni prerez agregata ... 24
Slika 6: Čistilni stroj ... 25
Slika 7: Portalni žerjav ... 27
Slika 8: Portalni žerjav ... 27
Slika 9: Vtočne rešetke z naplavinami ... 59
Slika 10: Priloga A – slika 1 ... 71
Slika 11: Priloga A – slika 2 ... 72
Slika 12: Priloga A – slika 3 ... 73
Slika 13: Priloga B – slika 1 ... 74
Slika 14: Priloga B – slika 2 ... 75
Slika 15: Priloga B – slika 3 ... 76
Slika 16: Priloga C – slika 1 ... 77
Slika 17: Priloga C – slika 2 ... 78

# KAZALO TABEL

TABELA 1: SWOT ANALIZA.....50
TABELA 2: PRIMERJALNA ANALIZA HE OŽBALT.....55
TABELA 3: IZGUBA MOČI IN ENERGIJE PRI ZAMAŠITVI REŠETK (AGREGAT 2, HE OŽBALT,).....59

# 1 UVOD

## *1.1 Opis področja in opredelitev problema*

Vzdrževanje tehničnih sistemov predstavlja eno ključnih področij sodobnega industrijskega inženirstva, saj neposredno vpliva na razpoložljivost, zanesljivost in stroškovno učinkovitost obratovanja opreme. V elektroenergetskem sektorju, zlasti v hidroelektrarnah, kjer je delovanje mehanskih in hidravličnih sistemov neprekinjeno in visoko obremenjeno, je ustrezna organizacija vzdrževanja bistvenega pomena za zagotavljanje varnega in trajnostnega delovanja agregatov ter pripadajoče infrastrukture.

V praksi se pri izvajanju vzdrževalnih aktivnosti pogosto pojavljajo izzivi, kot so pomanjkljivo vodenje evidenc, neustrezno načrtovanje preventivnih posegov, omejena analiza vzrokov okvar ter nezadostna uporaba sodobnih metod, ki temeljijo na načelih celovitega produktivnega vzdrževanja (TPM) in vzdrževanja, osredotočenega na zanesljivost (RCM).

V podjetju Dravske elektrarne Maribor, kjer delujejo kompleksni tehnični sistemi, se pojavlja potreba po sistematičnem pregledu in izboljšanju obstoječega vzdrževalnega procesa. Cilj je povečati preglednost evidenc, optimizirati razporejanje vzdrževalnih posegov ter zmanjšati pogostost nenačrtovanih zaustavitev. Problem, ki ga naloga obravnava, je zato opredeljen kot potreba po analizi učinkovitosti obstoječega sistema vzdrževanja in iskanju priložnosti za njegovo optimizacijo z uporabo sodobnih metod in standardov.

## *1.2 Namen, cilji in osnovne trditve*

Namen diplomskega dela je analizirati obstoječi sistem vzdrževanja strojne opreme v hidroelektrarni in na podlagi pridobljenih podatkov ter teoretičnih izhodišč oblikovati predloge za njegovo optimizacijo. Poseben poudarek bo namenjen uporabi strukturiranih metod, kot sta **TPM** (Total Productive Maintenance) in **RCM** (Reliability-Centered Maintenance) ter standardu **ISO 55000**, ki predstavlja mednarodni okvir za učinkovito upravljanje sredstev v tehničnih sistemih.

**Cilji diplomskega dela so:**

- analizirati organizacijo in trenutno stanje sistema vzdrževanja v izbrani hidroelektrarni,
- ugotoviti najpogostejše vzroke za okvare in nenačrtovane zaustavitve delovanja opreme,
- ovrednotiti učinkovitost obstoječega sistema vodenja vzdrževalnih evidenc,
- preučiti možnosti uporabe metod TPM in RCM v praksi,
- pripraviti predloge za optimizacijo sistema, ki vključujejo tudi elemente digitalizacije in skladnost s standardom ISO 55000,
- prispevati k večji zanesljivosti, razpoložljivosti in varnosti delovanja strojne opreme v hidroelektrarni.

**Osnovne trditve (hipoteze) diplomskega dela:**

- **H1:** Obstoječi sistem vzdrževanja v hidroelektrarni ne zagotavlja optimalnega obvladovanja okvar in stroškov.
- **H2:** Uvedba metod TPM in RCM povečuje zanesljivost in učinkovitost vzdrževalnega procesa.
- **H3:** Digitalizacija vzdrževalnih evidenc omogoča učinkovitejše načrtovanje in nadzor nad izvajanjem vzdrževalnih del.
- **H4:** Uskladitev vzdrževalnih procesov s standardom ISO 55000 dolgoročno izboljšuje upravljanje tehničnih sredstev in povečuje zanesljivost obratovanja.

## *1.3 Predpostavke in omejitve*

Predpostavlja se, da je obstoječi vzdrževalni sistem v hidroelektrarni zastavljen po ustaljenih notranjih pravilnikih in postopkih, vendar obstaja prostor za izboljšave glede učinkovitosti in zanesljivosti.

Glavne omejitve raziskave se nanašajo na dostopnost podatkov, saj so številni podatki o vzdrževalnih postopkih in okvarah del poslovne skrivnosti podjetja. Prav tako je možno, da ne bodo vsi zaposleni pripravljeni deliti podrobnih informacij o posameznih vzdrževalnih posegih. Raziskava bo zato temeljila predvsem na interni dokumentaciji, vzdrževalnih poročilih in intervjujih z odgovornimi strokovnjaki.

Časovna omejitev raziskave je šest mesecev, pri čemer bodo analize izvedene na vzorcu podatkov iz izbranega obdobja zadnjih nekaj let.

## *1.4 Uporabljene raziskovalne metode*

Pri izdelavi diplomskega dela bodo uporabljene naslednje raziskovalne metode:

- Analitična metoda za preučitev obstoječih vzdrževalnih postopkov, evidenc in notranjih dokumentov.
- Deskriptivna metoda za opis trenutnega stanja in organizacije vzdrževanja.
- Primerjalna metoda za primerjavo obstoječih praks s sodobnimi pristopi (TPM, RCM, ISO 55000).
- Metoda opazovanja za spremljanje dejanskega poteka vzdrževalnih aktivnosti na terenu.
- Metoda sinteze za oblikovanje predlogov izboljšav na podlagi ugotovitev.

Teoretični del naloge bo obsegal pregled osnovnih konceptov vzdrževanja in standardov, medtem ko bo aplikativni del usmerjen v analizo dejanskega stanja v Dravskih elektrarnah Maribor, ovrednotenje učinkovitosti in pripravo predlogov za optimizacijo.

# 2 TEORETIČNE OSNOVE VZDRŽEVANJA

## *2.1 Pomen in vloga vzdrževanja v industriji*

Vzdrževanje tehničnih sistemov predstavlja ključen dejavnik zanesljivega, varnega in ekonomičnega delovanja industrijskih procesov. Njegova osnovna naloga je ohranjanje delovne sposobnosti strojev in naprav v optimalnem stanju ter preprečevanje nenačrtovanih zaustavitev, ki povzročajo izgubo proizvodnje, povečane stroške in tveganje za varnost obratovanja.

V sodobnem industrijskem okolju se vzdrževanje ne obravnava več zgolj kot podporna dejavnost, temveč kot strateška funkcija podjetja, ki vpliva na konkurenčnost, produktivnost in kakovost proizvodnje. Sodobno vzdrževanje vključuje tehnične, organizacijske in ekonomske ukrepe, katerih cilj je optimizirati življenjski cikel sredstev in zagotoviti njihovo maksimalno razpoložljivost.

## *2.2 Vrste vzdrževanja*

Vrste vzdrževanja se razlikujejo glede na pristop, časovni okvir in namen ukrepov.

- **Korektivno vzdrževanje:** Izvaja se po nastanku okvare z namenom ponovne vzpostavitve funkcionalnosti opreme.
- **Preventivno vzdrževanje:** Načrtuje se po vnaprej določenih intervalih ali glede na obratovalne ure opreme. Cilj je preprečevanje okvar in zmanjšanje tveganj.
- **Prediktivno vzdrževanje:** spremljanje stanja (vibracije, temperatura, tlak) in napovedovanje okvar pred njihovim nastankom.
- **Proaktivno vzdrževanje:** usmerjeno v odpravo osnovnih vzrokov okvar (konstrukcija, montaža, mazanje).
- **Celovito produktivno vzdrževanje (TPM):** Predstavlja integriran pristop, ki vključuje vse zaposlene in spodbuja kulturo odgovornosti ter stalnega izboljševanja.

V praksi se pogosto uporablja kombinacija različnih vrst, odvisno od zahtev posamezne naprave, delovnih pogojev in ekonomskih meril.

## *2.3 Načela in pristopi sodobnega vzdrževanja*

Sodobni pristopi k vzdrževanju povezujejo tehnično, organizacijsko in informacijsko znanje. Osrednja koncepta sta TPM (Total Productive Maintenance) in RCM (Reliability-Centered Maintenance).

**Total Productive Maintenance (TPM)**

TPM je japonski pristop, razvit v okviru *Toyota Production System*. Temelji na načelu, da so za stanje opreme odgovorni vsi zaposleni. Cilj TPM je doseči **nič napak, nič okvar in nič nesreč**, kar se dosega z aktivnim vključevanjem operaterjev in tehnikov v proces vzdrževanja. Glavni stebri TPM so:

- avtonomno vzdrževanje,
- planirano vzdrževanje,
- stalno izboljševanje učinkovitosti,
- izobraževanje in motivacija zaposlenih,
- varnost in ergonomija delovnih mest.

Uvajanje TPM v energetskih objektih povečuje pripadnost zaposlenih, zmanjšuje nenačrtovane zaustavitve in izboljšuje zanesljivost delovanja opreme.

**Reliability-Centered Maintenance (RCM)**

RCM izhaja iz letalske industrije in temelji na sistematični analizi funkcij, načinov odpovedi in njihovih posledic. Cilj RCM je določiti optimalno strategijo vzdrževanja za posamezno komponento glede na njeno kritičnost in vpliv na sistem.
Postopek RCM vključuje:

- opredelitev funkcij in zahtevane zanesljivosti sistema,
- analizo načinov odpovedi (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*),
- oceno posledic odpovedi,
- določitev ustreznega ukrepa (preventivni, napovedni ali korektivni).

Z uporabo RCM se izboljša porazdelitev vzdrževalnih resursov in zanesljivost ključnih sistemov, kot so turbine in generatorji v hidroelektrarnah.

## 2.4 Standard ISO 55000 in upravljanje sredstev

Standard ISO 55000 določa mednarodni okvir za upravljanje sredstev (Asset Managment). Njegov namen je zagotoviti učinkovito vodenje, nadzor in optimizacijo življenjskega cikla opreme. Standard povezuje tehnične, organizacijske in finančne vidike vzdrževanja v enoten sistem upravljanja.

Glavni cilji standarda ISO 55000 so:

- izboljšanje preglednosti nad sredstvi in njihovim stanjem,
- zmanjšanje stroškov življenjskega cikla naprav,
- povezovanje vzdrževalnih ciljev s poslovno strategijo,
- uvedba digitalnih orodij za podporo odločanju.

V hidroelektrarnah uporaba tega standarda omogoča boljšo sledljivost vzdrževalnih aktivnosti, učinkovitejšo rabo virov in dolgoročno večjo zanesljivost sistema.

## 2.5 Kazalniki učinkovitosti vzdrževanja

Učinkovitost vzdrževanja se meri s kazalniki, ki spremljajo zanesljivost, razpoložljivost in produktivnost opreme:

MTBF (Mean Time Between Failures): povprečni čas med okvarami – višja vrednost pomeni večjo zanesljivost.

MTTR (Mean Time To Repair): povprečni čas popravila – nižja vrednost pomeni učinkovitejše odpravljanje okvar.

OEE (Overall Equipment Effectiveness): celovita učinkovitost, ki združuje razpoložljivost, zmogljivost in kakovost.

Availability (razpoložljivost): delež časa, ko je naprava sposobna delovati glede na celotni razpoložljivi čas.

## 2.6 Zanesljivost in razpoložljivost tehničnih sistemov

Zanesljivost je verjetnost, da bo sistem v določenem časovnem obdobju opravljal zahtevano funkcijo brez okvar; ključna je za varnost, stroške in razpoložljivost. Razpoložljivost izraža delež časa, ko je sistem sposoben delovati. Povezana je z zanesljivostjo in vzdrževalnostjo.

Za izboljšanje zanesljivosti so potrebni redni pregledi, preventivni ukrepi in analize vzrokov okvar. V hidroelektrarnah je visoka zanesljivost ključna, saj vsak izpad pomeni finančne izgube in potencialno motnjo v oskrbi z električno energijo.

## *2.7 Povzetek teoretičnih izhodišč za nadaljnjo analizo*

Učinkovito vzdrževanje je rezultat uravnoteženega pristopa med preventivnimi, napovedanimi in korektivnimi ukrepi, podprtimi s TPM in RCM ter okvirjem ISO 55000. To poglavje predstavlja temelj za analizo obstoječega sistema vzdrževanja v Dravskih elektrarnah Maribor in oblikovanje predlogov za optimizacijo.

Z razvojem digitalizacije in konceptov industrije 4.0 se vloga vzdrževanja vse bolj povezuje z uporabo pametnih sistemov spremljanja, podatkovnih analiz in umetne inteligence. V energetskih sistemih, zlasti v hidroelektrarnah, ima vzdrževanje ključno vlogo pri zagotavljanju stalnega delovanja agregatov, kar neposredno vpliva na stabilnost elektroenergetskega omrežja in varno proizvodnjo električne energije.

## *2.8 Povezava teoretičnih izhodišč s prakso v hidroelektrarni HE Ožbalt*

V hidroelektrarnah se teoretični pristopi vzdrževanja (preventivno, korektivno in napovedno oziroma vzdrževanje na podlagi stanja) v praksi pogosto prepletajo. Zaradi neposrednega vpliva razpoložljivosti agregatov na proizvodnjo električne energije je cilj vzdrževalnega sistema zagotoviti visoko zanesljivost ključne proizvodne opreme in podpornih sistemov. Na HE Ožbalt se teoretična izhodišča odražajo v letnem sistemu revizij, uporabi standardiziranih delovnih nalogov in kontrolnih seznamov ter v hitrih korektivnih posegih ob okvarah.

**Preventivno vzdrževanje – praktični primeri**

Preventivno vzdrževanje se na HE Ožbalt izvaja predvsem v obliki planiranih letnih revizij turbinskih agregatov. Revizije potekajo praviloma v obdobju od decembra do marca, skladno z letnim in mesečnim planom. Letno se izvede revizija na vseh agregatih, pri čemer sta na dveh agregatih izvedeni standardni reviziji, na enem agregatu pa podaljšana revizija. Standardna revizija traja približno 9 dni, podaljšana revizija pa tri tedne ali več, odvisno od obsega

potrebnih posegov. Takšen sistem omogoča redno preventivno kontrolo ključnih sklopov in hkrati periodično izvedbo obsežnejših pregledov, s čimer se zmanjšuje tveganje večjih okvar.

Preventivni pristop je prisoten tudi pri podporni opremi, kot sta portalni žerjav in čistilni stroj (grajfer), kjer se pregledi in servisiranje izvajajo po standardiziranih kontrolnih seznamih (mazanje, vizualni pregledi, kontrola varnostnih elementov, funkcijski preizkusi). Na ta način se vzdrževanje izvaja sistematično in sledljivo.

**Korektivno vzdrževanje – praktični primeri**

Korektivno vzdrževanje na HE Ožbalt pomeni izvedbo posegov, kadar pride do okvare ali odstopanj v delovanju. V praksi se kot pogostejši primeri pojavljajo:

- okvare varovalk in izpadi napajanja,
- okvare ali nepravilno delovanje končnih stikal,
- težave pri daljinskem upravljanju (povezava daljinca),
- mehanske okvare, kot je pretrg jeklenice na grajferju.

Takšne okvare je potrebno odpravljati hitro, saj lahko vplivajo na obratovanje podporne opreme ali agregatov. Pri podporni opremi (žerjav/grajfer) se korektivni posegi odražajo tudi posredno na proizvodnji, saj sta ti napravi ključni za čiščenje rešetk; v primeru zastoja se rešetke lahko začnejo zamaševati, kar zmanjša pretok in posledično vpliva na delovanje agregata.

**Napovedno vzdrževanje (CBM) – praktični primeri**

Napovedno vzdrževanje oziroma vzdrževanje na podlagi stanja (CBM) temelji na spremljanju obratovalnih parametrov in pravočasnem prepoznavanju trendov poslabševanja stanja. Na HE Ožbalt se napovedni pristop kaže v spremljanju stanja ključnih sistemov (npr. senzorika, ležaji, hladilni sistemi) ter v posebnem poudarku na kakovosti in čistosti olja. V praksi se namreč pogoste težave na regulatorju in hidravličnih elementih (npr. ventili) povezujejo z nečistočami v olju, zato je povezovanje oljnih analiz, filtracije in vzdrževalnih posegov pomemben element preprečevanja ponavljajočih se napak.

**TPM – vloga obratovanja in sodelovanje z vzdrževanjem**

Koncept TPM (Total Productive Maintenance) poudarja vključevanje vseh zaposlenih pri ohranjanju učinkovitosti opreme. V praksi HE Ožbalt se ta pristop kaže predvsem v sodelovanju med obratovanjem in vzdrževanjem: operaterji prvi zaznajo odstopanja (npr. spremembe zvoka, vibracije, alarme, puščanja) ter o tem obvestijo vzdrževanje, ki nato izvede pregled in

ukrepanje. Takšna organizacija omogoča hitrejše odzivanje in zmanjšuje verjetnost, da se manjša nepravilnost razvije v večjo okvaro.

**RCM/FMEA – kritičnost opreme in posledice odpovedi**

RCM pristop (vzdrževanje osredotočeno na zanesljivost) in analize odpovedi (FMEA) temeljijo na kritičnosti komponent in posledicah odpovedi. V praksi HE Ožbalt je turbinski agregat kritičen zaradi neposrednega vpliva na proizvodnjo, podporna oprema (portalni žerjav in grajfer) pa je kritična posredno, saj vpliva na možnost čiščenja rešetk in s tem na pretok proti turbini. Takšen pogled na kritičnost omogoča boljše prioritetno usmerjanje preventivnih ukrepov (npr. večji poudarek na olju/hidravliki agregata in zanesljivosti podporne opreme).

**Sklepno** je mogoče ugotoviti, da se na HE Ožbalt teorija vzdrževanja uresničuje kot kombinacija planirane preventive (revizije, kontrolni seznami), korektivnih posegov ob okvarah ter elementov napovednega vzdrževanja, kjer imajo pomembno vlogo obratovalni parametri in nadzor čistosti olja. Takšen kombiniran sistem je značilen za hidroelektrarne, kjer je razpoložljivost opreme neposredno povezana s proizvodnjo električne energije.

# 3 OPIS PODJETJA IN ANALIZIRANE ENOTE

## *3.1 Predstavitev podjetja Dravske elektrarne Maribor (DEM)*

Dravske elektrarne Maribor (DEM) so ključni proizvajalec električne energije iz obnovljivih virov v Sloveniji in upravljalec hidroenergetskih ter fotonapetostnih objektov na območju reke Drave. Organiziranost podjetja tipično obsega obratovanje/proizvodnjo, strojno, elektro in I&C vzdrževanje, investicije in razvoj ter podporne službe (logistika, nabava, HSE, kakovost). Sistem vzdrževanja kombinira planirano preventivo, korektivne posege in na kritični opremi napovedano diagnostiko (vibracije, temperature, oljne analize, termografija), ob podpori sledljivih evidenc delovnih nalogov in dokumentacije.



Slika 1: Sedež družbe Dravske elektrarne Maribor

Vir: (https://www.dem.si/sl/o-druzbi/)

Po javno dostopnih podatkih podjetje DEM upravlja:

- **8 velikih hidroelektrarn na Dravi:** HE Dravograd, HE Vuzenica, HE Vuhred, HE Ožbalt, HE Fala, HE Mariborski otok, HE Zlatoličje, HE Formin,
- **5 malih hidroelektrarn:** MHE Melje, MHE Markovci, MHE Ruše, MHE Rogoznica in MHE Ceršak,
- **4 sončne elektrarne:** SE Zlatoličje, SE Formin, SE Dravograd in SE OCV 3.




Slika 2: Elektrarne v porečjih rek Drave in Mure

Vir: https://www.dem.si/sl/elektrarne-in-proizvodnja/elektrarne/?id=2019090409143306

DEM z navedenimi objekti proizvede skoraj četrtino vse slovenske električne energije. Povprečna letna proizvodnja znaša približno 2.800 GWh, kar predstavlja okoli 80 % slovenske električne energije iz obnovljivih virov, skladne z mednarodno priznanimi certifikacijskimi shemami (RECS). Skupna moč na pragu elektrarn je približno 600 MW. Temeljne vrednote podjetja so učinkovitost, zanesljivost, prilagodljivost, celovitost ter okoljska in družbena odgovornost, ki usmerjajo upravljanje obstoječih zmogljivosti in razvoj novih projektov OVE.

Korporativni okvir DEM so članica Skupine HSE. Poslovanje poteka v okviru skupinskih strateških usmeritev za zeleni prehod energetike, z osredotočenostjo na:

- investicije v OVE in postopno povečevanje deleža nizkoogljičnih virov,
- fleksibilnost energetskega sistema (tehnične rezerve, prilagodljivost proizvodnje, digitalno vodenje),
- standardizirano upravljanje sredstev (sledljivost, zanesljivost, stroškovna optimizacija življenjskega cikla).

V kontekstu diplomske naloge ta korporativni okvir pomeni, da se zahteve po razpoložljivosti in zanesljivosti opreme neposredno prevajajo v zahteve po učinkovitem, podatkovno podprtem vzdrževanju, skladnem s sodobnimi pristopi (TPM/RCM) in okvirjem ISO 55000.

## *3.2 Strojna oprema in njen pomen (HE Ožbalt)*

V obravnavani hidroelektrarni je ključna strojna oprema razdeljena na turbinski agregat (Kaplanova turbina z generatorjem in pomožnimi sistemi) ter podporne naprave, ki omogočajo zanesljivo obratovanje (čistilni stroj rešetk, portalni žerjav, zapornice, mazalni/hidravlični/hladilni sistemi). V nadaljevanju je podan tehnični opis z vidika obratovanja in vzdrževanja ter ocena posledic odpovedi.

### 3.2.1 Turbinski agregat – Kaplanova turbina z generatorjem

**Funkcija in sestava.** Kaplanova turbina je pretočnega tipa z nastavljivim tekačem in vodilnimi lopaticami, kar omogoča visoki izkoristek pri spremenljivih pretokih in padcih. Glavni sklopi so: spiralno ohišje, vodilni aparat, gonilnik s pogonsko osjo, glavni in pomožni ležaji, tesnilni sklopi, pogonsko-hidravlična postaja za krmiljenje lopatic, generator (stator, rotor, hladilni krog), mazalni in hladilni sistemi ter merilno-nadzorni sistem z zaščitami in regulacijo.



Slika 3: Vhod v turbino in vodilne lopatice (regulacija pretoka) (HE Ožbalt)

Vir: Lastni posnete



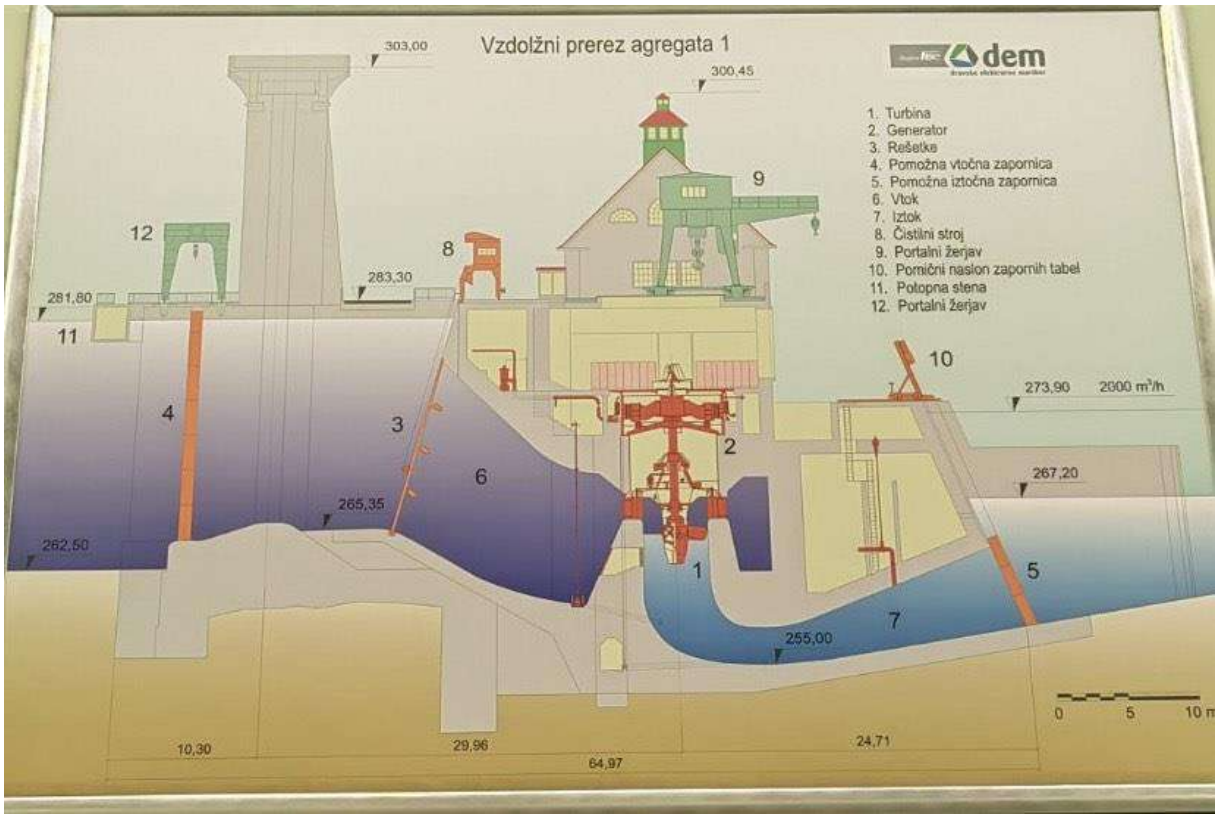
Slika 4: Kaplanov tekač turbine (HE Ožbalt) – prikaz elementa, ki ga poganja vodni tok

Vir: Lastni posnetek

**Vzdrževalni poudarki.**

- Preventivno: periodični pregledi ležajev, meritev zračnosti, kontrola tesnil in iztekanj, menjava filtrov, nadzor hladilnih krogov, mehanske pritrditve, kalibracije senzorjev.
- Prediktivno (napovedano vzdrževanje): vibrodiagnostika, termometrija ležajev/navitij, analiza olj/maziv (delci, voda), akustična diagnostika; trendiranje (spremljanje in beleženje vrednosti skozi čas) obratovalnih kazalnikov regulacije.
- Korektivno: menjava ležajev, sanacije tesnil, balansiranje rotorja, obnova erozijsko-kavitacijskih poškodb lopatic, popravila hladilnikov in hidravličnih ventilov.

**Posledice odpovedi (risk-based).** Neplaniran izpad agregata povzroči izgubo proizvodnje in znižanje razpoložljivosti. Okvara krmiljenja lopatic ali ležajev lahko vodi v hitra varnostna zaustavljanja, povečano obrabo in možnost sekundarnih poškodb (npr. poškodbe tesnil, kavitacijske erozije). Daljša zaustavitev vpliva na izpolnjevanje proizvodnega plana in obremenjuje preostale enote v sistemu.




Slika 5: Vzdolžni prerez agregata

Vir: Lastni posnetek

### 3.2.2 Čistilni stroj rešetk (odstranjevanje plavja)

**Funkcija in sestava.** Čistilni stroj odstranjuje plavje in odpadke iz vstopnih rešetk, s čimer ohranja pretok ter ščiti turbinski dovod in hladilne sisteme. Sestava: pogonski sklop (elektromotor, reduktor, verige/vrvi), zajemni elementi (grabljice), vodila/konstrukcija, omejevalniki in varnostna stikala.

**Vzdrževalni poudarki.**

- Preventivno: pregled/napenjanje verig ali vrvi, mazanje ležajev, kontrola reduktorjev in tesnil, nastavitev stikal in varovalk.
- Prediktivno: spremljanje vibro stanja pogonov, trendi temperature in električnega toka motorja (indikator preobremenitev).
- Korektivno: menjava grabljic, poravnava vodil, popravila pogonskih sklopov/konstrukcije.

**Posledice odpovedi (risk-based).** V primeru nedelovanja čistilnega stroja pride do zamašitve rešetk na dovodu, kar povzroči zmanjšanje pretoka vode skozi turbino. Posledica zmanjšanega pretoka je nižja razpoložljivost agregata, ob nadaljnjem nalaganju plavja pa lahko pride do samodejne zaustavitve agregata zaradi nezadostnega hidravličnega dotoka oziroma zaščitnega delovanja regulacijskega sistema.



Slika 6: Čistilni stroj

Vir: Lastni posnetek

### 3.2.3 Portalni žerjav (dvižna in manipulativna oprema)

**Funkcija in sestava.** Portalni žerjav predstavlja ključno manipulativno opremo na hidroelektrarni. Primarno se uporablja za dvigovanje in premikanje težkih bremen, kot so segmenti zapornic, zaščitne mreže ter posamezni deli agregata pri remontih, revizijah in rednih

posegih. Poleg tega se portalni žerjav uporablja tudi za premikanje čistilnega stroja med tremi agregati, kar omogoča izvajanje čiščenja rešetk na vseh dovodnih poljih.

Glavni sklopi portalnega žerjava vključujejo: dvižni mehanizem (elektromotor, reduktor, zavorni sklop), jeklene vrvi in kavljaste nosilne elemente, voziček z voznimi kolesi, vodilno konstrukcijo, končna stikala in omejevalnik preobremenitve ter pripadajoče napajalno-krmilne enote.

**Vzdrževalni poudarki.**

- Preventivno: zajema periodične preglede v skladu s predpis, vizualno kontrolo jeklenih vrvi in kavljastih sklopov, test funkcionalnosti zavor, mazanje ležajev ter kontrolo končnih stikal in omejevalnikov.
- Prediktivno: vključuje nadzor delovnih ciklov, termografijo elektromotorjev in zavornih elementov ter analizo električnih tokov.
- Korektivno: se izvajajo popravila reduktorjev, menjava žičnih vrvi in zavornih oblog ter sanacija mehanskih poškodb ali neskladij.

**Posledice odpovedi (risk-based).**

Neustrezno delovanje ali izpad portalnega žerjava ne povzroči zgolj zastoja dvižnih del pri remontih, temveč tudi onemogoči prestavljanje čistilnega stroja med agregati. Posledično se rešetke na posameznih agregatih ne morejo čistiti, kar vodi v zamašitev vtoka, zmanjšan pretok lahko vodi v izpad agregatov zaradi nezadostnega vodnega dotoka. Iz tega razloga se portalni žerjav uvršča med varnostno in procesno kritične naprave.



Slika 7: Portalni žerjav

Vir: Lastni posnetek



Slika 8: Portalni žerjav

Vir: Lastni posnetek

### 3.2.4 Pomožni sistemi (mazalni, hladilni, hidravlični in zaporne naprave)

**Funkcija in sestava.**

- Mazalni sistemi: zagotavljajo pravilno mazanje ležajev in sklopov (črpalke, filtri, hladilniki, rezervoarji, merilniki pretoka in tlaka).
- Hladilni sistemi (zrak/voda) odvajajo toploto generatorja, olj in hidravlike.
- Hidravlični sistemi krmilijo vodilne/tekalne lopatice in zapornice (ventili, akumulatorji, servo ventili).
- Zapornice/lopute omogočajo varno zaporo dovoda vode in izvajanje vzdrževalnih del.

**Vzdrževalni poudarki.**

- Preventivno: menjava filtrov, kontrola tesnosti, preizkusi funkcij, kalibracije senzorike, periodični preklopi.
- Prediktivno: analiza olj (vsebnost delcev/vode), trendi temperatur/pretokov, spremljanje vibracij črpalk.
- Korektivno: menjava tesnil, servis črpalk in ventilov, odprava puščanj, obnova hladilnikov.

**Posledice odpovedi (risk-based).** Okvare v teh sklopih vodijo do pregrevanja, nezadostnega mazanja ali onemogočenega krmiljenja lopatic, kar lahko sproži avtomatsko zaustavljanje agregata, pospešeno obrabo ali nevarne obratovalne režime.

### 3.2.5 Povezava opreme z vrstami vzdrževanja

- **Agregat (kaplan)** → planirane revizije + napovedano (CBM) + ciljno korektivno

  **Razlog:** najvišja kritičnost za proizvodnjo in razpoložljivost; stanje ključnih sklopov (ležaji, lopatice tekača, tesnila, hladilni in mazalni krog) je merljivo in primerno za trendiranje (vibracije, temperature, analize olj). **Kritičnost:** visoka.

- **Čistilni stroj** →preventivno + korektivno (z elementi CBM na pogonih).

  **Razlog:** visoka ciklična obremenitev pogonskih sklopov; odpoved neposredno poveča hidravlične izgube in zniža pretok na agregatu. **Kritičnost:** srednja-visoka (posreden vpliv na agregat).

- **Portalni žerjav** → preventivno + zakonsko predpisani pregledi/preizkusi.

  **Razlog:** varnostna in procesna kritičnost; nefunkcionalnost onemogoči remontne posege in premikanje čistilnega stroja med agregati, kar posredno vpliva na razpoložljivost agregatov. **Kritičnost:** visoka (varnost/proces)

- **Pomožni sistemi (mazalni, hladilni, hidravlični, zapornice)** → preventivno + napovedano (CBM).

  **Razlog:** neposredno vplivajo na stabilne obratovalne pogoje in sprožanje zaščit; CBM (analize olj, temperature/pretoki, trendi tlakov) učinkovito zazna degradacijo.

  **Kritičnost:** visoka (stabilnost/ zaščite)

**Prehodni Zaključek**

Opisane značilnosti opreme na HE Ožbalt določajo različne vzdrževalne prioritete:

- pri Kaplanovem agregatu prevladujeta razpoložljivost in zanesljivost,
- pri čistilnem stroju preprečevanje zastojev pretoka,
- pri portalnem žerjavu varnost in zakonska skladnost ter procesna odzivnost čiščenja rešetk,
- pri pomožnih sistemih zagotavljanje obratovalnih pogojev in odzivnosti zaščit.

V naslednjem poglavju bo obstoječi vzdrževalni sistem analiziran na podlagi evidenc delovnih nalogov, zabeleženih okvar, intervalov in obsega posegov ter izbranih kazalnikov (MTBF, razpoložljivost, trendi vibracij in analiz olj). Analiza bo dopolnjena s pregledom vzrokov okvar (FMEA/FMECA) in SWOT-oceno, kar bo podlaga za oblikovanje usmerjenih predlogov optimizacije v kasnejših poglavjih.

# 4 OBSTOJEČI POSTOPEK VZDRŽEVANJA NA HE OŽBALT

## *4.1 Organizacija vzdrževanja*

Vzdrževanje strojne opreme v hidroelektrarni HE Ožbalt se pretežno izvaja z lastnimi strokovnimi kadri podjetja Dravske elektrarne Maribor. Takšna organizacija omogoča stalno prisotnost tehničnega osebja, dobro poznavanje opreme ter hitro odzivanje v primeru okvar ali drugih obratovalnih odstopanj.

Vzdrževalna dela izvajajo usposobljeni strokovni delavci različnih profilov, predvsem s področja strojništva, elektrotehnike in avtomatizacije. Naloge vključujejo redne preglede, preventivna vzdrževalna dela, odpravljanje okvar ter sodelovanje pri večjih remontnih posegih in revizijah agregatov

Delo se praviloma izvaja na podlagi letnih in mesečnih vzdrževalnih planov, ki določajo časovne intervale pregledov in posegov na posameznih napravah. Poleg načrtovanih aktivnosti se izvajajo tudi intervencijska dela, kadar pride do nenadnih okvar ali odstopanj v obratovanju.

Pomemben del organizacije vzdrževanja predstavlja tudi sodelovanje med obratovalnim osebjem in vzdrževalci, saj operaterji pogosto prvi zaznajo nepravilnosti v delovanju naprav. Na podlagi njihovih opažanj se sprožijo pregledi ali dodatni posegi, s čimer se preprečuje razvoj večjih okvar.

Pri zahtevnejših posegih ali specializiranih delih se po potrebi vključujejo tudi zunanji izvajalci, vendar večino rednih in interventnih posegov opravijo lastne vzdrževalne ekipe.

## *4.2 Načrtovanje in izvajanje vzdrževanja*

### 4.2.1 Revizija turbinskega agregata

Revizija turbinskega agregata predstavlja eno najpomembnejših načrtovanih vzdrževalnih aktivnosti na hidroelektrarni HE Ožbalt. Namen revizije je pregled tehničnega stanja ključnih turbinskih in pomožnih sistemov, odprava zaznanih nepravilnosti ter zagotavljanje zanesljivega in varnega obratovanja agregata v naslednjem obratovalnem obdobju.
Revizija se začne z načrtovano zaustavitvijo agregata in zapiranjem turbinskega vtoka, pri čemer sodelujejo tudi potapljači, ki pregledajo stanje utorov in pragov turbinskih zapornic ter

nadzorujejo pravilno vstavljanje in odstranjevanje zapornih elementov. S tem se zagotovi varno delovno okolje za nadaljnja vzdrževalna dela.

V nadaljevanju se izvede pregled vodilnega aparata in hidravličnega sistema krmiljenja vodilnih lopatic, kjer se preverijo delovni tlaki, delovanje varnostnih ventilov in stanje tesnil. Po potrebi se izvede zamenjava obrabljenih elementov, nastavitev ventilov ter odzračevanje sistema.

Posebna pozornost je namenjena turbinskemu in generatorskemu ležaju, kjer se preverjajo merilne veličine, stanje mazanja in hlajenja ter delovanje signalizacije. Opravijo se tudi pregledi cevovodov, filtracije olja in zamenjava filtrirnih vložkov, s čimer se zagotavlja ustrezna kakovost maziva.

Revizija vključuje tudi pregled oljnega dovodnika, tesnil gredi ter sistemov za odsesavanje oljnih par, kjer se izvede čiščenje separatorjev in kontrola tesnosti cevovodov. Pomemben del posega predstavlja tudi pregled regulatorja turbine, delovanja oljnih črpalk ter kontrola tlačnih posod in varnostnih elementov.

Dodatno se pregledajo sistemi komprimiranega zraka, zavorni sistemi agregata in hladilni sistemi, pri čemer se preveri delovanje črpalk, ventilov in regulacijskih elementov. Izvede se tudi čiščenje turbinskega pokrova in pregled drenažnega sistema.

Po zaključku vzdrževalnih del se agregat ponovno pripravi za zagon in postopoma vrne v obratovanje. Pravilno izvedena revizija pomembno prispeva k zmanjšanju tveganja za okvare, izboljšanju obratovalne zanesljivosti ter podaljšanju življenjske dobe ključnih strojnih komponent agregata.

Postopek revizije turbinskega agregata se izvaja na podlagi standardiziranih delovnih nalogov in kontrolnih točk (Priloga A).

### 4.2.2 Podaljšana revizija turbinskega agregata

Podaljšana revizija turbinskega agregata na HE Ožbalt predstavlja razširjeno obliko redne letne revizije, pri kateri se poleg standardnih pregledov izvedejo tudi dodatne kontrole, meritve in posegi na sklopih z večjo kritičnostjo za zanesljivo obratovanje. Na HE Ožbalt se podaljšana revizija izvaja vsako leto na enem izmed treh agregatov, kar pomeni, da posamezni agregat pride na vrsto približno vsaka tri leta. Takšna organizacija omogoča sistematično periodiko poglobljenih pregledov in hkrati uravnoteži obremenitev vzdrževalnih kapacitet.

**Namen in obseg podaljšane revizije**

Glavni namen podaljšane revizije je:

- preveriti dejansko stanje ključnih mehanskih in hidravličnih sklopov,
- izvesti meritve zračnosti in nastavitev elementov regulacije,
- odpraviti ugotovljena odstopanja (npr. obraba puš, tesnil, puščanje),
- izboljšati obratovalno zanesljivost in zmanjšati tveganje za nenačrtovane izpade.

V primerjavi z redno revizijo je poudarek predvsem na merilno-protokoliranih kontrolah in posegih na mehanizmu vodilnika, zapahih, zračnostih lopatic ter pregledih pretočnega trakta in kavitacijskih poškodb (kjer je to predvideno).

**Potek del (primer agregat 3, HE Ožbalt)**

Podaljšana revizija se prične z načrtovano zaustavitvijo agregata in izvajanjem del na turbinskem vtoku in iztoku. Zapiranje in odpiranje turbinskega vtoka/iztoka poteka ob prisotnosti potapljačev, ki pregledajo utore in pragove zasilnih turbinskih zapornic ter spremljajo pravilnost vlaganja in izvleka zapornic, vključno s kontrolo delovanja škarij za vlaganje.

V nadaljevanju sledi pregled sklopov vodilnega aparata in mehanizma vodilnika. Pri podaljšani reviziji se izvede kontrola zračnosti vodilnih lopatic in po potrebi izvedba korekcijskih posegov. V konkretnem primeru so bile na določenem območju vodilnih lopatic izvedene predelave puš ter zamenjave tesnil z novim sistemom, nato pa je bila zračnost ponovno nastavljena na predpisane vrednosti. Izvedena je bila tudi kontrola in vzpostavitev tlakov v elastičnih vezicah vodilnih lopatic ter zamenjava tesnil na varnostnih cilindrih z naknadno odzračitvijo. Ob ugotovljenem puščanju je bil zamenjan tudi tlačni ventil.

Pomemben del podaljšane revizije je tudi preizkus delovanja zračnih ventilov pri določenih režimih odprtja vodilnika. Med preizkusi lahko pride do odstopanj ali okvar posameznih komponent (npr. stikala), ki se v okviru revizije zamenjajo, sistem pa se ponovno funkcijsko preveri.

**Pregledi ležajev, oljnih in pomožnih sistemov**

V sklopu podaljšane revizije se opravijo pregledi turbinskega in generatorskega ležaja (tesnost, hrup med obratovanjem, merilne veličine, signalizacija) ter kontrola zategnjenosti vijačnih

spojev na pripadajočih cevovodih. Ležajna olja se po potrebi filtrirajo s prenosno filtrirno napravo, kar izboljša čistost olja in zmanjša tveganje pospešene obrabe.

Pri nosilnem ležaju se izvede čiščenje filtra, preizkus delovanja zobniške črpalke hidrostatskega mazanja ter zamenjava higroskopskega vložka (silica gel) in pregled hladilnega sistema. Opravijo se tudi pregledi oljnega dovodnika in tesnosti spojev ter kontrola tesnilke gredi (npr. delovanje ventila tehnološke vode in menjava filtra tehnološke vode).

V nadaljevanju se preveri sistem odvoda oljnih par (delovanje ventilatorjev, čiščenje vložkov separatorjev, tesnost cevovodov) ter regulacijski sistem (zamenjava filtrirnih vložkov in silica gela, pregled regulatorja). Pregleda se tudi sistem komprimiranega zraka (tesnost spojev, delovanje kompresorjev in dozirnih ventilov).

**Zavore, hlajenje in drenaža**

Pri zavornih sistemih se pregledajo ključni elementi (zavorna plošča, obloge) ter izvede funkcijski preizkus. Nastavitev reducirnega ventila se izvede skladno z zahtevami sistema. Pri hladilnem sistemu se kontrolirajo predtlaki v razteznih posodah, dopolni hladilna tekočina, vzpostavijo delovni tlaki ter preveri delovanje črpalk in mešalnih ventilov, ob slabšem delovanju posamezne črpalke se ta zamenja in ponovno izvede preizkus sistema.

Izvede se tudi čiščenje turbinskega pokrova in pregled drenaže (pregled črpalk, nepovratnih ventilov, čiščenje sesalnih košev, kontrola nivojskih indikatorjev), kar je pomembno za preprečevanje zastajanja vode in sekundarnih poškodb.

**Meritev in protokoliranje (posebnost podaljšane revizije)**

Ključna razlika podaljšane revizije je v tem, da se del pregledov izvaja po vnaprej definiranih navodilih in merilnih protokolih, kar zagotavlja primerljivost rezultatov skozi čas in med agregati. Dokumentacija predvideva nabor meritev (npr. zračnosti vodilnih in gonilnih lopatic, zračnosti regulacijskega obroča, delovanje zračnih ventilov, vertikalnost gredi ipd.) ter opredeljujejo pogoje izvedbe, merilno opremo in način zapisa rezultatov v protokole.

Takšen pristop omogoča:

- zgodnje zaznavanje trendov obrabe,
- objektivno odločanje o potrebnih sanacijah,
- boljše planiranje posegov in rezervnih delov,
- večjo sledljivost stanja skozi življenjski cikel agregata.

**Zaključek podaljšane revizije**

Po zaključku del se izvede končni pregled turbinskega pretočnega trakta in vtočnih rešetk, agregat pa se pripravi za ponovni zagon in vrnitev v obratovanje. Podaljšana revizija s poglobljenimi pregledi in protokoliranimi meritvami pomembno prispeva k zmanjšanju tveganja okvar ter k stabilnemu in varnemu obratovanju agregata v naslednjih letih.

### 4.2.3 Vzdrževanje portalnega žerjava

Portalni žerjav na HE Ožbalt je procesno in varnostno kritična naprava, saj se uporablja tako za dvigovanje težkih bremen pri remontih in revizijah kot tudi za premikanje čistilnega stroja med tremi agregati, kar je pogoj za učinkovito čiščenje rešetk na vseh dovodnih poljih. Zaradi navedenega se vzdrževanje portalnega žerjava izvaja po načelu preventivnega vzdrževanja na osnovi vnaprej določenega plana, ki vključuje sistematične preglede konstrukcije, pogonov, varnostnih elementov ter mazalnih točk.

**Organizacija in potek preventivnega vzdrževanja**

Vzdrževalna dela se izvajajo na podlagi delovnega naloga, v katerem so natančno določena opravila in kontrolne točke. Dokumentacija predvideva tudi vodenje kontrolne knjige žerjava, s čimer se zagotavlja sledljivost pregledov, ugotovitve in izvedenih posegov.

Preventivni pregled je praviloma sestavljen iz več vsebinskih sklopov:

- **Vizualni pregledi konstrukcije in proge:** pregled konstrukcijskih elementov (deformacije, razpoke, vijaki in kovičeni spoji), pregled žerjavne proge, tekalnih koles in tirnic ter kontrola geometrije proge.
- **Pogonski sklopi in reduktorji:** pregled pogonov dvižnih in pomičnih mehanizmov, kontrola nivoja olja in tesnosti reduktorjev ter po potrebi menjava olja v reduktorjih.
- **Zavore in varnostni elementi:** pregled in nastavitev zavor, kontrola osnih varoval in delovanja varnostnih elementov, kar je bistveno za varno manipulacijo bremen.
- **Ležaji, mazanje in odprti zobniški prenosi:** pregled in mazanje ležajev (vključno s kontrolo zračnosti), mazanje jeklenih vrvi, zobnikov in odprtih pogonov ter dodatno mazanje po potrebi.

- **Jeklene vrvi, kavlji in vitli:** pregled vpetja jeklenih vrvi, kontrola vrvnic in zračnosti ležajev vrvnic, pregled obrabe in zračnosti aksialnega ležaja kavlja, čiščenje ter ponovno mazanje jeklenih vrvi.
- **Antikorozijska zaščita in zaščitni elementi:** pregled antikorozijske zaščite in zaščitnih pločevinastih ščitov, saj se žerjav nahaja v okolju z večjo izpostavljenostjo vlagi.

Takšna struktura preventivnega vzdrževanja zagotavlja, da se sistematično obravnavajo tako mehanski (konstrukcija, pogoni, vrvi, zavore) kot tudi varnostni elementi naprave, ker zmanjšuje verjetnost nenadnih odpovedi.

**Pomen zanesljivosti portalnega žerjava za obratovanje agregatov**

Posebnost HE Ožbalt je, da portalni žerjav poleg klasičnih dvižnih nalog omogoča tudi prestavitev čistilnega stroja med agregati. V primeru izpada žerjava se čiščenje rešetk na posameznih agregatih oteži ali onemogoči, kar lahko povzroči zamašitev rešetk, zmanjšanje pretoka skozi turbino in posledično izpad agregata. Zato se portalni žerjav v kontekstu vzdrževanja obravnava kot naprava z visoko procesno kritičnostjo, kjer je dosledno izvajanje preventivnih pregledov nujno za ohranjanje razpoložljivosti celotnega sistema.

Preventivno vzdrževanje portalnega žerjava se izvaja po standardiziranem delovnem nalogu in kontrolnem seznamu (Priloga B).

### 4.2.4 Vzdrževanje čistilnega stroja

Čistilni stroj na HE Ožbalt predstavlja ključno podporno napravo, saj zagotavlja redno odstranjevanje naplavin in nečistoč z vtočnih rešetk. Njegovo zanesljivo delovanje je neposredno povezano z obratovanjem agregatov: v primeru nedelovanja se rešetke postopoma zamašijo, kar povzroči zmanjšanje pretoka skozi turbino in lahko privede do izpada agregata. Zaradi navedenega se vzdrževanje čistilnega stroja izvaja načrtovano in preventivno, na podlagi kontrolnih seznamov in delovnih nalogov.

**Vsebina preventivnega pregleda in tipična opravila**

Preventivna revizija čistilnega stroja je strukturirana po posameznih sklopih naprave. Med ključnimi opravili so:

- **vizualna kontrola jeklene konstrukcije** (zvari, vijačne zveze, kovičeni spoji) ter pregled morebitnih deformacij in poškodb,
- **kontrola protikorozijske zaščite**, kar je pomembno zaradi vlažnega okolja in izpostavljenosti naprave vodi,
- **kontrola nivoja olja v reduktorju** in po potrebi dolivanje, s čimer se zagotovi ustrezno mazanje in prepreči pospešena obraba zobniških prenosov,
- **pregled celotne transmisije** (pogonski sklopi, zobniki, verige) ter čiščenje in mazanje pogonskih elementov,
- **mazanje mazalnih mest** in dodatno domazovanje dvižnih verig ter pogonskega mehanizma,
- **pregled tesnil** na sklopih kotalne in zaklopne zapornice ter mazanje verige na verižniku, kjer je to predvideno.

Takšna vsebina pregleda je tipična za naprave, kjer prevladujejo mehanski prenosi in obrabni elementi (verige, zobniki, tesnila), zato redno mazanje in vizualne kontrole bistveno zmanjšajo verjetnost nenačrtovanih okvar.

**Pomen vzdrževanja čistilnega stroja za razpoložljivost agregatov**

Razpoložljivost čistilnega stroja in z njim povezane logistike čiščenja je neposredno povezana z možnostjo sprotnega odstranjevanja naplavin. Vzdrževalni sistem zato upravičeno obravnava čistilni stroj kot napravo z visoko procesno pomembnostjo.

Revizija čistilnega stroja se izvaja po standardizirani delovni nalogi in kontrolnih točkah (Priloga C).

## *4.3 Vodenje evidenc in delovnih nalogov*

Vodenje evidenc vzdrževanja je temeljni element učinkovitega upravljanja tehničnih sredstev, saj omogoča sledljivost posegov, pregled nad stanjem opreme ter podlago za načrtovanje in izboljšanje vzdrževalnega sistema. Na HE Ožbalt se vzdrževalna dela dokumentirajo z uporabo delovnih nalogov, ki predstavljajo standardizirano obliko zapisa načrtovanih opravil, izvedenih aktivnosti in ugotovitev.

### 4.3.1 Namen evidence in njihova vloga v sistemu vzdrževanja

Evidenca vzdrževanja ni namenjena zgolj administrativnemu potrjevanju opravljenih del, temveč predstavlja tudi zgodovino naprave, ki omogoča:

- spremljanje ponavljajočih se okvar in odstopanj,
- dokazljivost izvedenih aktivnosti,
- načrtovanje planiranih posegov in potrebnih rezervnih delov,
- podporo odločanju o obsegu revizij in investicijskih posegov,
- izračun in oceno kazalnikov (npr. pogostost okvar, časi nedelovanja, razpoložljivost).

Pri obratovanju hidroelektrarne, kjer je ključna visoka razpoložljivost agregatov, evidence omogočajo, da se vzdrževanje postopno premika od reaktivnega k bolj načrtovanemu in podatkovno podprtemu.

### 4.3.2 Struktura delovnega naloga in ključne informacije

Delovni nalog praviloma vsebuje identifikacijske podatke (naprava/objekt, datum, izvajalci, delovno mesto), seznam predvidenih opravil in prostor za zapis ugotovitev. Posebej pomembna je razmejitev med:

- planiranimi opravili,
- dejansko izvedenemi opravili,
- časovno porabo,
- ugotovitvami,

- porabo materiala in orodij.

Takšna struktura omogoča, da se znotraj ene evidence združijo tehnični in organizacijski podatki, kar daje celovit vpogled v izvedbo vzdrževanja.

### 4.3.3 Dokumentiranje preventivnih pregledov

Pri preventivnih pregledih podporne opreme kot sta portalni žerjav in čistilni stroj, so delovni nalogi pogosto oblikovani kot kontrolni seznam. To je z vidika kakovosti izvajanja pomembno, ker zmanjšuje možnost, da bi se ključne točke pregleda izpustile in omogoča primerjavo stanja skozi čas.

Pri takšnih napravah se zapisi običajno osredotočajo na vizualni pregled, mazanje, kontrolo nivojev olja ter izvedbo funkcijskih preizkusov. Poseben pomen pa ima razdelek »ugotovitve«, v katerem se evidentirajo morebitna odstopanja, kot so nepravilno nastavljene končne lege, opažena puščanja ali začetni znaki obrabe posameznih komponent.

### 4.3.4 Dokumentiranje revizij agregatov in kompleksnejših posegov

Pri revizijah agregatov je dokumentiranje praviloma bolj opisno in obsežno, saj vključuje več sklopov: turbinski del, hidravlični sistem regulacije, ležaji, oljni in hladilni sistemi ter funkcijski preizkusi. V primeru podaljšane revizije so pogosto predpisane tudi merilne kontrole in protokoliranje posameznih meritev, kot so meritve zračnosti, različne nastavitve, pregled stanja tesnil, itd.

Takšna evidenca ima dodatno vlogo, in sicer omogoča, da se skozi večletna obdobja spremlja trend obrabe in pravočasno planira večje sanacije kot na primer puše, tesnilni sistemi, obnova komponent…

### 4.3.5 Planirano proti dejansko izvedenemu (plan/real) in nadzor nad časom

Evidentiranje planirane in dejanske porabe časa ima pomembno organizacijsko vrednost, saj omogoča:

- oceno realnih potrebnih časov za standardna dela,
- optimizacijo planiranja zastojev agregata,
- boljše planiranje kadrov (število ljudi, čas trajanja),
- prepoznavanje odstopanj, ki so posledica nepredvidenih okvar ali dodatnih del.

V energetiki je čas pogosto neposredno povezan s stroški izpada proizvodnje, zato je spremljanje dejanske porabe časa pomembno tudi z ekonomskega vidika.

### 4.3.6 Vloga ugotovitev in sledljivost odločitev

Rubrika ″ugotovitve″ je pogosto najpomembnejši del delovnega naloga, saj predstavlja tehnično informacijo, ki vpliva na nadaljnje odločitve. Dober zapis ugotovitev običajno vsebuje:

- kaj je bilo opaženo,
- kje se pojavlja,
- kaj je bilo izvedeno,
- poročilo za naslednji pregled.

Takšni zapisi omogočajo bolj sistematično obravnavo ponavljajočih se težav in so osnova za analizo vzrokov okvar ter kasnejše predloge izboljšav.

### 4.3.7 Pomen evidenc za izboljšave sistema vzdrževanja

Zbrane evidence delovnih nalogov omogočajo, da se v naslednjem koraku izvede analiza:

- pogostosti posameznih opravil,
- najpogostejših odstopanj po napravah,
- kritičnih sklopov z največ intervencijami,

- povezave med nepravilnostmi in kasnejšimi okvarami,
- možnost standardizacije in digitalizacije zapisov.

V nadaljevanju diplomskega dela bodo evidence uporabljene kot primarni vir za oceno učinkovitosti obstoječega vzdrževalnega sistema na HE Ožbalt ter kot podlaga za pripravo predlogov optimizacije, predvsem z vidika boljše sledljivosti, boljše kakovosti zapisov in učinkovitejšega planiranja posegov.

### 4.3.8 Izzivi pri vodenju evidenc v praksi

Čeprav delovni nalogi zagotavljajo osnovno sledljivost opravljenih vzdrževalnih aktivnosti, se v praksi lahko pojavijo razlike v kakovosti in popolnosti zapisov. Najpogosteje gre za neenotno stopnjo podrobnosti v rubriki ugotovitve, kjer opis odstopanj včasih ne vključuje natančne lokacije sklopa, okoliščin nastanka ali ocene resnosti. Posledično je kasnejša primerjava ponavljajočih se pojavov med različnimi časovnimi obdobji ali med agregati otežena.

Dodatno se lahko pojavljajo odstopanja pri evidentiranju dejanske porabe časa (plan/real) in pri zapisu porabljenega materiala, saj so ti podatki pogosto odvisni od doslednosti izvajalcev in časa, ki je na voljo ob zaključevanju naloga. Takšna odstopanja praviloma ne vplivajo na izvedbo vzdrževalnih del, lahko pa zmanjšajo uporabnost evidenc pri analizi učinkovitosti vzdrževanja, prepoznavanju trendov obrabe ter pri planiranju resursov in rezervnih delov.

### 4.3.9 Usmeritev za izboljšanje vodenja evidenc

Za povečanje uporabne vrednosti evidenc je smiselno uvesti bolj enoten in standardiziran način zapisovanja ključnih informacij, zlasti pri opisu ugotovitev in izvedenih korekcijskih posegov. Priporočljivo je, da zapis ugotovitev sistematično vključuje vsaj opis odstopanj, lokacijo oziroma sklop, izveden ukrep ter priporočilo za naslednji pregled oziroma nadaljnje spremljanje.

Prav tako je smiselno dosledno beleženje planirane in dejanske porabe časa, saj to omogoča realnejše načrtovanje zastojev in kadrovskih virov ter boljšo oceno stroškovnega vidika vzdrževanja. V primeru kritičnih komponent je priporočljivo vključiti tudi osnovno identifikacijo, kar izboljša sledljivost in primerljivost skozi čas. Navedene usmeritve

predstavljajo strokovno izhodišče za nadaljnjo optimizacijo vzdrževalnega sistema, ki bo obravnavana v kasnejših poglavjih diplomskega dela.

## *4.4 Najpogostejše okvare in posegi – turbinski agregat (HE Ožbalt)*

Na turbinskih agregatih HE Ožbalt se najpogostejše težave pojavljajo na sklopih, ki so izpostavljeni kombinaciji hidravličnih obremenitev, obrabe ter vpliva obratovalnih pogojev. V nadaljevanju so povzete ključne skupine težav, ki se v praksi najpogosteje pojavljajo.

### 4.4.1 Težave na regulatorju in hidravličnem sistemu krmiljenja

Med najpogostejšimi težavami so okvare oziroma nepravilno delovanje ventilov na regulatorju in drugih hidravličnih elementov sistema krmiljenja. Vzrok je pogosto povezan z nečistočami v olju, ki povzročajo zatik ventilske mehanike, slabše tesnjenje ali nepravilno regulacijo pretoka/tlaka. Posledično se lahko pojavijo odstopanja pri odzivnosti regulacije, nestabilno vodenje lopatic ali povečano število korektivnih posegov.

### 4.4.2 Kavitacijske poškodbe hidravličnih elementov turbine

Pri Kaplanovih turbinah se v določenih obratovalnih režimih pojavljajo kavitacijske poškodbe, predvsem na pretočnih površinah in delih, kjer pride do lokalnih padcev tlaka. Kavitacija povzroča postopno degradacijo materiala (erozija), kar se kaže kot poškodbe površin in lahko vodi do zmanjšanja izkoristka ter povečanja vibracij. Vzdrževalni ukrepi so praviloma povezani s periodičnim pregledom, oceno obsega poškodb in načrtovanjem sanacij (obnova površin, popravila).

### 4.4.3 Obraba puš in zračnost na vodilnih lopaticah

Pogosta vzdrževalna tema so tudi puše na vodilnih lopaticah in z njimi povezane zračnosti. Zaradi cikličnih obremenitev in dolgotrajnega obratovanja lahko pride do povečane obrabe, kar vpliva na natančnost vodenja vodilnika, poveča mehanske udarce ter obremenitve krmilnega mehanizma. Ukrepi obsegajo kontrolne meritve zračnosti, nastavitev ter po potrebi zamenjavo ali obnovo puš (pogosteje v okviru podaljšanih revizij).

### 4.4.4 Okvare krmilnikov in napajalnih sklopov (I&C)

Na področju krmilno-nadzorne opreme se pojavljajo težave na krmilnikih (npr. kartice, povezovalne enote, napajalniki) ter pripadajoči elektroniki. Razlogi so lahko staranje komponent, vpliv okolja (vlaga, temperatura), obratovalne obremenitve ali motnje. Takšne okvare lahko povzročijo nepravilno regulacijo, izpade posameznih funkcij ali alarmne dogodke, zato je hitra diagnostika in zamenjava modulov ključna za zmanjšanje časa nedelovanja.

### 4.4.5 Merilne enote in senzorika (temperatura, nivoji, drenaža)

Pogoste so tudi okvare oziroma odstopanja na merilnih enotah in senzoriki, ki spremljajo:

- temperature (ležaji, hladilni sistemi),
- nivoje olja,
- nivoje drenaže,
- delovanje regulatorja in pomožnih črpalk.

Nepravilni signali lahko povzročijo lažne alarme, napačno regulacijo ali celo zaščitna zaustavljanja, zato so vzdrževalni posegi pogosto usmerjeni v preverjanje tipal, kablov, povezav, kalibracijo ter zamenjavo okvarjenih senzorjev.

### 4.4.6 Elektro motorji in podporna oprema

V sklopu pomožnih sistemov (črpalke, ventilatorji, pogoni) so občasne težave povezane tudi z elektromotorji, kjer se pojavljajo tipične okvare (ležaji, pregrevanje, težji zagon, izolacija). Ker so ti elementi neposredno povezani z mazalnimi in hladilnimi sistemi, lahko njihova odpoved vpliva na stabilne obratovalne pogoje agregata.

### 4.4.7 Operativna elektronika in računalniška oprema

V sodobnem obratovanju imajo pomembno vlogo tudi računalniški sistemi in operativna elektronika (nadzorni računalniki, komunikacijski moduli). Okvare na teh elementih lahko vplivajo na preglednost stanja, alarmiranje in vodenje, zato so posegi pogosto usmerjeni v zamenjavo komponent, posodobitve ali odpravo komunikacijskih motenj.

**Razvrstitev najpogostejših težav po vzrokih (turbinski agregat)**

Najpogostejše težave na turbinskem agregatu je mogoče smiselno razvrstiti v štiri osnovne skupine glede na prevladujoč vzrok. Prvo skupino predstavljajo težave, povezane s čistostjo olja in hidravličnim sistemom regulacije (ventili, krmilni elementi), kjer nečistoče povzročajo zatik, slabše tesnjenje ter odstopanja pri odzivnosti regulacije; preventivni ukrepi so zato usmerjeni v učinkovito filtracijo, kontrolo stanja olja in dosledno menjavo filtrirnih vložkov. Drugo skupino predstavljajo mehansko-obrabni pojavi, predvsem obraba puš in povečane zračnosti na vodilnih lopaticah, ki vplivajo na natančnost vodenja in povečujejo obremenitve krmilnega mehanizma; ključni so periodični pregledi in meritev zračnosti ter pravočasna obnova obrabnih elementov. Tretjo skupino predstavljajo hidravlično pogojene poškodbe, zlasti kavitacijske poškodbe na hidravličnih površinah, ki se odražajo v degradaciji materiala in potencialnem vplivu na izkoristek ter vibracije; pri tem so pomembni redni pregledi in načrtovanje sanacij v ustreznih revizijskih ciklih. Četrto skupino predstavljajo težave na področju merilno-krmilne in računalniške opreme (krmilniki, napajalniki, merilne enote in senzorika), kjer lahko odstopanja vplivajo na alarmiranje, regulacijo ali zaščitna zaustavljanja; tukaj so ključni sistematični preizkusi, kalibracije ter pravočasna menjava kritičnih komponent.

## *4.5 Portalni žerjav – najpogostejše okvare in posegi (HE Ožbalt)*

Portalni žerjav na HE Ožbalt je varnostno in procesno kritična naprava, saj se uporablja pri manipulaciji težkih bremen ter pri prestavljanju čistilnega stroja med agregati. V praksi se najpogostejše težave pojavljajo na sklopih, povezanih z mazalnimi sistemi, obrabo pogonskih elementov ter elektro-krmilnimi komponentami.

### 4.5.1 Centralno mazanje

Motnje v delovanju centralnega mazalnega sistema (npr. neustrezna dobava maziva, zamašitve ali nepravilno doziranje) povzročijo pomanjkljivo mazanje ključnih gibljivih sklopov. Posledica je pospešena obraba in večje tveganje mehanskih okvar. Vzdrževalni ukrepi obsegajo kontrolo delovanja sistema, odpravljanje zamašitev, nastavitev doziranja ter zagotavljanje ustreznega maziva.

### 4.5.2 Zaribanje puš na pogonskih kolesih

Zaribanje puš na pogonskih kolesih se pojavlja predvsem kot posledica pomanjkljivega mazanja, obrabe ali vpliva okolja (vlaga, nečistoče). Težava se kaže kot oteženo premikanje žerjava, povečane mehanske obremenitve ter večja obremenitev pogonskih motorjev. Posegi vključujejo pregled stanja, dodatno mazanje, obnovo ali zamenjavo puš ter po potrebi preverjanje poravnave in stanja vozne proge.

### 4.5.3 Elektro-zaščitni elementi in napajanje

Pogoste so tudi napake na elektro-zaščitnih elementih pogonskih motorjev (zaščitna stikala/termična zaščita) ter na varovalkah. Vzroki so lahko preobremenitve, slabši kontakti, staranje komponent ali obratovalne motnje. Takšne napake praviloma povzročijo izpad posameznega pogona in posledično zaustavitev ali omejitev funkcije (dvig/pomik). Vzdrževanje obsega diagnostiko razloga izklopa, kontrolo kontaktov in napajanja ter zamenjavo okvarjenih zaščitnih elementov oziroma varovalk.

### 4.5.4 Končna stikala in varnostne meje gibanja

Končna stikala so ključna za varno omejevanje gibanja (dvig, pomik, položaji vozička) in preprečevanje mehanskih trkov ali preobremenitev. Okvare ali nepravilne nastavitve končnih stikal lahko povzročijo nepravilno ustavljanje, varnostne izklope ali onemogočeno delovanje v določenih smereh. Tipični ukrepi vključujejo pregled delovanja, čiščenje, nastavitev položajev ter zamenjavo okvarjenih stikal.

### 4.5.5 Težave pri daljinskem upravljanju (povezava daljinca)

Motnje v komunikaciji med daljincem in žerjavom lahko izvirajo iz oddajnika/sprejemnika, napajanja ali povezovalnih modulov. Posledica so prekinitve upravljanja ali nezmožnost vodenja, kar neposredno vpliva na izvedbo manipulacijskih del. Posegi obsegajo testiranje povezave, pregled napajanja ter po potrebi zamenjavo modulov.

**Razvrstitev po vzrokih**

Težave je smiselno razvrstiti v: (1) **mazalne** (centralno mazanje), (2) **mehansko-obrabne** (puše pogonskih koles), (3) **električne in zaščitne** (zaščitna stikala, varovalke, končna stikala) ter (4) **komunikacijsko-krmilne** (daljinec). Takšna razvrstitev olajša določanje prioritet preventivnih ukrepov in planiranje rezervnih delov.

## *4.6 Čistilni stroj – najpogostejše okvare in posegi (HE Ožbalt)*

Čistilni stroj z grabilcem je ključna naprava za odstranjevanje plavja z vtočnih rešetk. Njegovo nemoteno delovanje neposredno vpliva na pretok vode na turbino; v primeru motenj čiščenja se rešetke postopoma zamašijo, pretok se zmanjša, kar lahko privede do omejitve obratovanja ali izpada agregata. V praksi se najpogostejše težave pojavljajo na jeklenicah, končnih stikalih, hidravličnih elementih grabilca ter na električnih in komunikacijskih komponentah.

### 4.6.1 Pretrg jeklenice

Med pogostejšimi in hkrati kritičnimi okvarami je pretrg jeklenice, ki je praviloma posledica obrabe, utrujanja materiala, nepravilnega navijanja ali lokalnih poškodb zaradi obremenitev pri dvigovanju plavja. Okvara neposredno onemogoči delo grabilca, zato je ukrep običajno takojšnja zamenjava jeklenice ter kontrola stanja vrvnic, vpetij in vodil.

### 4.6.2 Nastavitve in okvare končnih stikal

Končna stikala so ključna za omejevanje gibanja in varno delovanje grabilca (dvig/spust, odpiranje/zapiranje). Zaradi vibracij, obrabe ali vplivov okolja (vlaga, umazanija) lahko pride do nepravilne nastavitve ali okvare, kar se kaže kot nepravilno ustavljanje, izpadi ali onemogočeno delovanje v določenih smereh. Tipični posegi vključujejo pregled, čiščenje, ponovno nastavitev in zamenjavo okvarjenih stikal.

### 4.6.3 Hidravlične težave na grabilcu

Pogoste so tudi težave na hidravličnem sistemu grabilca, ki se lahko kažejo kot puščanja, slabša odzivnost ali nezadostna sila odpiranja/zapiranja. Vzroki so pogosto obraba tesnil, kontaminacija olja ali okvare ventilov. Vzdrževanje obsega pregled tesnosti, kontrolo tlakov, zamenjavo tesnil ter po potrebi servis ventilov ali hidravličnih cilindrov.

### 4.6.4 Električne napake (varovalke) in napajanje

Okvare ali izpadi se pojavljajo tudi na električnem delu (npr. varovalke). Do izpada lahko pride zaradi preobremenitev, kratkih stikov, slabih kontaktov ali staranja komponent. Ukrepi so diagnostika vzroka izpada, pregled napajanja in kontaktov ter zamenjava varovalk oziroma okvarjenih elementov.

### 4.6.5 Komunikacija daljinskega upravljanja (povezava daljinca z grabilcem)

Motnje v povezavi daljinskega upravljanja z grabilcem vplivajo na uporabnost naprave in lahko povzročijo prekinitve pri izvajanju čiščenja. Vzroki so lahko v oddajniku/sprejemniku, napajanju ali komunikacijskih modulih. Tipični posegi vključujejo testiranje komunikacije, preverjanje napajanja ter po potrebi zamenjavo modulov oziroma odpravo motenj.

### 4.6.6 Zagozditev plavja na rešetkah

Poleg tehničnih okvar se v praksi pogosto pojavljajo tudi zagozditve plavja na rešetkah, predvsem v obdobjih povečanega dotoka naplavin. Takšne zagozditve povečujejo obremenitve na grabilcu, podaljšujejo čas čiščenja in povečajo tveganje mehanskih poškodb (npr. jeklenica, pogonski elementi) ter hkrati povzročajo padec pretoka skozi vtočni del.

**Razvrstitev po vzrokih**

Težave pri čistilnem stroju je smiselno razvrstiti v: (1) **mehansko-obrabne** (jeklenica, vpetja), (2) **nastavitveno-varnostne** (končna stikala), (3) **hidravlične** (ventili, tesnila, cilindri), (4) **električne** (varovalke/napajanje) ter (5) **komunikacijske** (daljinsko upravljanje). Dodatno pomemben dejavnik predstavlja obratovalni vpliv **naplavin**, ki lahko povzroča zagozditve in povečuje obremenitve naprave.

# 5 ANALIZA UČINKOVITOSTI IN SWOT ANALIZA

## *5.1 Analiza učinkovitosti obstoječega vzdrževanja*

Analiza učinkovitosti obstoječega vzdrževalnega sistema na HE Ožbalt temelji na pregledu organizacije vzdrževanja, načrtovanih revizijskih postopkov, vodenja evidenc ter najpogostejših okvar in posegov, obravnavanih v prejšnjem poglavju. Namen analize je oceniti, v kolikšni meri trenutni sistem vzdrževanja zagotavlja zanesljivo obratovanje agregatov, razpoložljivost ključne opreme ter pravočasno izvedbo preventivnih in korektivnih posegov.

Iz opisa obstoječega stanja izhaja, da je sistem vzdrževanja na HE Ožbalt organiziran pretežno z lastnimi vzdrževalnimi kadri, kar predstavlja pomembno prednost z vidika poznavanja opreme, odzivnosti in operativne prilagodljivosti. Takšna organizacija omogoča hitro ukrepanje ob okvarah in dobro povezavo med obratovalnim osebjem ter vzdrževalci, kar je v hidroelektrarnah ključnega pomena zaradi neposrednega vpliva izpadov na proizvodnjo električne energije.

Pomemben element učinkovitosti predstavlja tudi načrtovano izvajanje revizij turbinskih agregatov, kjer se letno izvajajo revizije na vseh treh agregatih, pri čemer je na enem agregatu izvedena podaljšana revizija. Takšna razporeditev pomeni, da vsak agregat pride na vrsto za podaljšano revizijo približno na vsaka tri leta, kar omogoča uravnoteženje med obsegom vzdrževalnih del in razpoložljivostjo proizvodnih enot. Sistem je z vidika periodike ustrezno zasnovan, saj vključuje tako redne preglede kot tudi poglobljene kontrole in meritve na kritičnih sklopih.

Na področju podporne opreme (portalni žerjav, čistilni stroj) je razvidno, da se vzdrževanje izvaja po načelu preventivnega vzdrževanja z uporabo delovnih nalogov in kontrolnih seznamov. To prispeva k standardizaciji pregledov in zmanjšuje možnost, da bi se posamezne kontrolne točke izpustile. Posebej pomembno je, da sta portalni žerjav in čistilni stroj v obratovalnem smislu neposredno povezana z razpoložljivostjo agregatov (čiščenje rešetk, manipulacija pri vzdrževanju), zato njuno redno vzdrževanje pomembno vpliva na zanesljivost celotnega sistema.

Pozitiven vidik obstoječega sistema je tudi sledljivost posegov preko delovnih nalogov, kjer se beležijo opravljena dela, ugotovitve in izvedene nastavitve. Takšna praksa omogoča osnovno analizo ponavljajočih se težav in predstavlja dobro podlago za nadaljnjo optimizacijo sistema vzdrževanja. Hkrati pa se pri pregledu evidenc pokaže, da bi bilo mogoče kakovost podatkov dodatno izboljšati z bolj enotnim zapisovanjem ugotovitev, doslednejšim beleženjem porabe časa in natančnejšo identifikacijo posameznih komponent.

Z vidika tehničnih vsebin analiza pokaže, da se najpogostejše težave pojavljajo predvsem na:

- **hidravličnih in regulacijskih sklopih agregata** (ventili, nečistoče v olju),
- **obrabnih mehanskih elementih** (puše, zračnosti, jeklenice),
- **senzoriki in krmilnih sklopih** (merilne enote, kartice, napajalniki),
- **elektro-zaščitnih in komunikacijskih elementih** (zaščitna stikala, varovalke, daljinsko upravljanje).

Takšna struktura težav kaže, da je obstoječi sistem vzdrževanja funkcionalen, vendar bi lahko bil še učinkovitejši z dodatnim poudarkom na:

- izboljšani kontroli čistosti olja,
- standardizaciji zapisov okvar in posegov,
- doslednem spremljanju trendov ponavljajočih se težav,
- preventivnih ukrepih na kritičnih elektro-krmilnih komponentah.

Na podlagi navedenega je mogoče oceniti, da je obstoječi vzdrževalni sistem na HE Ožbalt organizacijsko in operativno stabilen, vendar obstajajo možnosti za izboljšanje predvsem na področju analitične obdelave evidenc, standardizacije zapisov ter nadgradnje preventivnih ukrepov na kritičnih podsistemih. Te ugotovitve predstavljajo izhodišče za SWOT analizo, ki sledi v nadaljevanju.

## *5.2 SWOT analiza obstoječega sistema vzdrževanja na HE Ožbalt*

Tabela 1: SWOT analiza

| **S - Prednosti** | **W - Slabosti** |
|---|---|
| - lastni vzdrževalci, dobro poznavanje opreme<br>- letni sistem revizij + podaljšana revizija na ~3 leta<br>- preventivni kontrolni seznami (žerjav, čistilni stroj) | - neenotna podrobnost zapisov v evidencah<br>- ponavljajoče se okvare se obravnavajo operativno, vendar brez enotnega sistema razvrščanja po kritičnosti<br>- odvisnost od razpoložljivosti podporne opreme |
| **O - Priložnosti** | **T - Nevarnosti** |
| - standardizacija zapisov (odstopanje-lokacija-ukrep-priporočilo)<br>- boljši nadzor čistosti olja (ventili regulatorja)<br>- digitalna podpora evidencam | - staranje elektronike in senzorike<br>- obdobja več naplavin →zagozditve, večje obremenitve čistilnega stroja<br>- izpad žerjava/čistilnega stroja →posreden izpad agregata |

Vir: Lastni vir

Metoda **SWOT** je ena izmed najpogosteje uporabljenih analitičnih metod za strukturirano oceno stanja organizacije ali procesa, saj omogoča razdelitev ugotovitev na notranje dejavnike (prednosti in slabosti) ter zunanje dejavnike (priložnosti in nevarnosti). V kontekstu vzdrževanja tehničnih sistemov metoda omogoča pregledno povezavo med dejanskim stanjem (organizacija, postopki, ponavljajoče se težave) in dejavniki okolja, ki vplivajo na delovanje elektrarne (npr. obratovalne razmere, dobavljivost komponent, povečane obremenitve v času naplavin). SWOT analiza se zato uporablja kot izhodišče za nadaljnje načrtovanje izboljšav in optimizacijskih ukrepov

Za celovito presojo obstoječega sistema vzdrževanja na HE Ožbalt je smiselno uporabiti metodo SWOT, s katero se opredelijo notranje prednosti in slabosti sistema ter zunanji dejavniki, ki predstavljajo priložnosti ali tveganja za nadaljnji razvoj vzdrževanja. SWOT

analiza v tem kontekstu omogoča strukturiran pregled trenutnega stanja in predstavlja strokovno podlago za pripravo predlogov optimizacije v naslednjem poglavju.

**PREDNOSTI (Strengths)**

Pomembna prednost obstoječega sistema vzdrževanja je, da se večina vzdrževalnih aktivnosti na HE Ožbalt izvaja z lastnimi strokovnimi kadri, ki dobro poznajo opremo, obratovalne posebnosti in tipične okvare posameznih naprav. Takšna organizacija omogoča hitro odzivanje ob motnjah ter učinkovito sodelovanje med obratovalnim osebjem in vzdrževalci.

Dodatna prednost je ustaljen sistem letnih revizij agregatov, vključno z rotacijskim izvajanjem podaljšane revizije na enem agregatu vsaka tri leta. Ta pristop omogoča uravnoteženo razporeditev vzdrževalnih aktivnosti in zagotavlja, da se na vsakem agregatu periodično izvede tudi poglobljen pregled kritičnih sklopov.

Pomemben element so tudi preventivni pregledi podporne opreme (portalni žerjav, čistilni stroj), ki potekajo po delovnih nalogih in kontrolnih seznamih. Takšna standardizirana oblika dela zmanjšuje možnost izpuščanja posameznih kontrolnih točk in povečuje sledljivost izvedenih posegov. Prednost sistema je tudi v tem, da obstajajo osnovne evidence o ugotovitvah, opravljenih nastavitvah in vzdrževalnih posegih, kar predstavlja dobro izhodišče za nadaljnjo analitično obdelavo.

**Slabosti (Weaknesses)**

Kot glavna slabost se kaže neenotna podrobnost zapisov v evidencah, predvsem v rubrikah ugotovitev in opisov izvedenih ukrepov. Čeprav delovni nalogi zagotavljajo osnovno sledljivost, so tehnični zapisi v praksi včasih premalo natančni za sistematično primerjavo med obdobji, agregati ali ponavljajočimi se okvarami.

Naslednja slabost je, da se ponavljajoče težave (npr. ventili in nečistoče v olju, okvare senzorike, končna stikala, varovalke) pogosto rešujejo operativno in učinkovito, vendar brez enotnega analitičnega pristopa, ki bi omogočil jasnejšo razvrstitev po vzrokih, pogostosti in vplivu na obratovanje. Posledično je težje določiti prioritete izboljšav na ravni celotnega sistema.

Določeno omejitev predstavlja tudi odvisnost od razpoložljivosti posamezne kritične opreme (npr. portalni žerjav in čistilni stroj), kjer lahko kombinacija mehanskih, elektro in komunikacijskih težav vpliva na izvedbo čiščenja rešetk in vzdrževalnih posegov. To pomeni, da odpoved podporne opreme posredno, vendar pomembno vpliva na razpoložljivost agregatov.

**Priložnosti (opportunities)**

Pomembna priložnost za izboljšanje sistema vzdrževanja je nadaljnja standardizacija evidenc, predvsem z enotnim zapisovanjem ugotovitev, izvedenih ukrepov in identifikacije kritičnih komponent. Že manjše izboljšave v načinu zapisovanja bi povečale uporabnost podatkov za analizo trendov in načrtovanje posegov.

Druga pomembna priložnost je uvedba ali nadgradnja analitičnega spremljanja ponavljajočih se težav, zlasti na področju regulatorja, hidravličnih sistemov, senzorike in elektro-krmilnih komponent. S sistematičnim spremljanjem bi bilo mogoče hitreje prepoznati kritične sklope in usmeriti preventivne ukrepe tja, kjer so najbolj učinkoviti.

Dodatna priložnost je v izboljšanju kontrole čistosti olja in doslednem povezovanju oljnih analiz z vzdrževalnimi posegi na regulatorju in hidravličnih komponentah. Ker se v praksi pogosto pojavljajo težave zaradi nečistoč v olju, ima ta vidik velik potencial za zmanjšanje števila posegov in povečanje zanesljivosti regulacije.

Kot razvojna priložnost se kaže tudi postopna digitalna podpora evidencam vzdrževanja (bolj strukturirani zapisi, lažja primerjava zgodovine posegov, hitrejše iskanje podatkov), kar bi v prihodnje omogočilo boljšo osnovo za kazalnike učinkovitosti in odločanje o optimizacijah.

**Nevarnosti (Threats)**

Med ključnimi nevarnostmi je staranje opreme in komponent, predvsem na področju krmilnikov, napajalnih sklopov, merilnih enot in komunikacijskih modulov. Pri teh elementih lahko pride do pogostejših okvar, težje dobavljivosti rezervnih delov in daljših časov odprave napak.

Druga pomembna nevarnost je povečana obremenitev opreme v obdobjih večjega dotoka naplavin, kar neposredno vpliva na čistilni stroj in grabilni sistem, posredno pa tudi na agregate (zamašitve rešetk, zmanjšanje pretoka). Takšne razmere povečajo verjetnost mehanskih okvar in zahtevajo večjo operativno pripravljenost vzdrževalnih ekip.

Tveganje predstavlja tudi možnost nenačrtovanih izpadov podporne opreme, zlasti portalnega žerjava in čistilnega stroja, saj lahko njuna nedosegljivost povzroči zamik vzdrževalnih del in oteženo čiščenje rešetk. Posledično se tveganje prenese tudi na agregate in na razpoložljivost proizvodnje.

Dodatna nevarnost je povezana z dejstvom, da brez bolj strukturirane analize evidenc določeni ponavljajoči se vzorci okvar ostanejo prepoznani predvsem na ravni izkušenj posameznih vzdrževalcev, manj pa v formalizirani obliki, kar otežuje dolgoročno sistemsko optimizacijo.

**Sklep SWOT analize in povezava na optimizacijo**

Pri uporabi SWOT analize je treba upoštevati, da metoda sama po sebi ne zagotavlja merljivih rezultatov ali prioritet, če ugotovitve niso podprte z dejanskimi podatki in jasno opredeljenimi kriteriji. SWOT analiza je zato najbolj učinkovita, kadar temelji na realnih evidencah (npr. delovni nalogi, poročila o revizijah, ponavljajoče se okvare) in služi kot strukturiran povzetek, ki ga je nato treba nadgraditi s konkretno analizo vzrokov in ukrepov (Hill & Westbrook, 1997)

Za učinkovito pretvorbo ugotovitev SWOT v konkretne ukrepe je smiselno uporabiti tudi logiko TOWS pristopa, ki poudarja sistematično povezovanje notranjih in zunanjih dejavnikov (npr. izkoriščanje prednosti za izrabo priložnosti, zmanjševanje slabosti zaradi groženj). Takšen pristop omogoča, da predlogi optimizacije ne ostanejo na splošni ravni, temveč so neposredno povezani z ugotovljenimi dejavniki in cilji izboljšav (Weihrich, 1982). Na tej osnovi so v naslednjem poglavju predstavljeni usmerjeni predlogi optimizacije sistema vzdrževanja na HE Ožbalt.

# 6 PREDLOGI ZA OPTIMIZACIJO SISTEMA VZDRŽEVANJA NA HE OŽBALT

## *6.1 Izhodišča za optimizacijo*

Na podlagi analize obstoječega sistema vzdrževanja in SWOT presoje je mogoče ugotoviti, da je vzdrževanje na HE Ožbalt organizacijsko dobro vzpostavljeno, vendar obstajajo možnosti za nadaljnje izboljšave predvsem na področju standardizacije evidenc, analitične obdelave podatkov, preventive na kritičnih sklopih ter zmanjševanja ponavljajočih se okvar.

Predlagane optimizacije so usmerjene v:

- povečanje **zanesljivosti agregatov in podporne opreme**,
- zmanjšanje števila **ponavljajočih se posegov**,
- izboljšanje **sledljivosti in uporabnosti evidenc**,
- boljše **načrtovanje preventivnih aktivnosti**,
- podporo odločanju pri revizijah in sanacijah.

Predlogi so oblikovani tako, da so izvedljivi v okviru obstoječega načina dela in organizacije vzdrževanja na HE Ožbalt.

## *6.2 Primerjalna analiza obstoječega stanja in predlaganih izboljšav*

Za preglednejšo utemeljitev predlaganih optimizacij je v nadaljevanju predstavljena primerjalna analiza obstoječega načina vzdrževanja na HE Ožbalt in predlaganih izboljšav.

Tabela 2: Primerjalna analiza HE Ožbalt

| **Področje** | **Trenutno stanje (HE Ožbalt)** | **Predlog izboljšave** | **Pričakovan učinek** |
|---|---|---|---|
| Evidentiranje in kakovost zapisov. | Delovni nalogi in kontrolni seznami obstajajo, podrobnost zapisov je lahko neenotna. | Uvedba standarda zapisa: Odstopanje-lokacija/sklop-ukrep-priporočilo. | Boljša sledljivost, lažje prepoznavanje ponavljajočih se težav, podlaga za analizo trendov. |
| Regulator in hidravlični sistem (čistost olja). | Pojavljajo se ponavljajoče težave na ventilih regulatorja, pogosto povezane z nečistočami v olju. | Povezava oljnih analiz z ukrepi (filtracija, menjave filtrov, kontrola ventilov) in jasen postopek ob odstopanjih. | Zmanjšanje števila okvar ventilov, stabilnejša regulacija, manj nenačrtovanih posegov. |
| Podporna oprema (portalni žerjav, čistilni stroj). | Preventiva se izvaja, vendar se pojavljajo izpadi (končna stikala, varovalke, daljinec, jeklenica). | Periodični funkcijski preizkusi kritičnih elementov + opredeljen nabor rezervnih delov (varovalke, stikala, komunikacijski moduli). | Manj izpadov čiščenja rešetk, manj posrednih vplivov na pretok in agregate. |
| Obrabni elementi (puše, jeklenice, mehanski sklopi). | Menjave se izvajajo po potrebi (ob obrabi ali ob okvari). | Evidenčno spremljanje obrabe (kaj, kdaj, stanje ob demontaži) + | Manj nenačrtovanih mehanskih okvar, boljše planiranje |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | planirane menjave pri kritičnih elementih. | posegov in rezervnih delov. |
| Elektro-krmilni in merilni sklopi. | Pojavljajo se okvare kartic, napajalnikov, senzorike in merilnih enot. | Preventivni pregled/funkcijski test izbranih kritičnih komponent + standardizirano beleženje napak. | Zmanjšanje lažnih alarmov in izpadov, hitrejša diagnostika, krajši čas odprave napak. |
| Načrtovanje revizij. | Letne revizije + podaljšana revizija ~ 3 leta. | Pred-revizijski povzetek ponavljajočih se napak in ″kritičnih točk″ za konkreten agregat. | Ciljno usmerjena revizija, manj nepredvidenih posegov, boljša izraba časa zastoja. |

Vir: Lastni vir

### 6.2.1 Diskusija primerjalne analize

Primerjalna analiza kaže, da je obstoječi sistem vzdrževanja na HE Ožbalt v osnovi dobro postavljen, saj vključuje planirane revizije agregatov in preventivne kontrolne sezname za podporno opremo. Ključna dodana vrednost predlaganih izboljšav ni v spremembi organizacije, temveč v nadgradnji obstoječih praks z večjo standardizacijo, bolj sistematičnim spremljanjem in boljšo izrabo podatkov.

Kot najhitreje izvedljive izboljšave se izkazujejo standardizacija zapisov v delovnih nalogih in doslednejše beleženje ugotovitev ter izvedenih ukrepov. Tak ukrep ne zahteva dodatne opreme, temveč predvsem dogovor o enotnem načinu zapisovanja. Podobno velja za periodične funkcijske preizkuse končnih stikal, zaščitnih elementov in komunikacije daljinskega upravljanja na podporni opremi, kjer so posegi relativno enostavni, učinek pa se lahko pokaže v zmanjšanju izpadov čiščenja rešetk in posledičnih vplivov na pretok.

Na področju turbinskih agregatov ima največji potencial izboljšanja nadzor čistosti olja in povezovanje oljnih analiz z ukrepanjem. Ker se ponavljajoče težave na ventilih regulatorja pogosto povezujejo z nečistočami, je sistematičen pristop k filtraciji in spremljanju stanja olja smiseln ukrep za zmanjšanje števila okvar in povečanje stabilnosti regulacije.

Del predlaganih izboljšav (npr. postopna digitalna podpora evidencam) je izvedljiv, vendar praviloma zahteva več časa in usklajevanja, zato je smiselno, da se uvaja postopno, po fazah. V končni fazi pa ravno takšna nadgradnja omogoča lažjo analizo ponavljajočih se težav in bolj podatkovno podprto odločanje o vzdrževalnih prioritetah.

## *6.3 Preračun vpliva zamašitve rešetk na proizvodnjo električne energije (agregat 2, t = 4h)*

Zamašitev vtočnih rešetk povzroča zmanjšanje efektivnega pretoka proti turbini, kar neposredno vpliva na zmanjšanje proizvedene moči in posledično na proizvodnjo električne energije. Ker je v praksi delovanje čistilnega stroja in portalnega žerjava ključno za redno čiščenje rešetk, ima njuna razpoložljivost posreden, vendar pomemben vpliv na obratovanje turbinskih agregatov.

### 6.3.1 Nazivni podatki agregata 2

Za preračun so uporabljeni nazivni podatki agregata 2 :

- Imenska moč turbine: $P_n$ = 24,73 MW
- Imenski neto padec: H = 15,19 m
- Imenski pretok: Q = 183,3 $m^3/s$

Moč hidroelektrarne je podana z osnovno enačbo:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Kjer je ρ = 1000 $kg/m^3$ gostota vode in $g = 9{,}81 m/s^2$ .

Na osnovi nazivnih podatkov lahko ocenimo tudi skupni izkoristek ($\eta$) agregata:

$$\eta \approx \frac{\mathrm{Pn}}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}$$

$$\eta \approx \frac{24{,}73 \cdot 10}{1000 \cdot 9{,}81 \cdot 183{,}3 \cdot 15{,}79} \approx 0{,}905$$

Dobljena vrednost izkoristka ($\eta \approx 0{,}905$) je realna za takšen agregat.

### 6.3.2 Scenarij zamašitve rešetk

Za oceno vpliva zamašitve rešetk so obravnavani trije scenariji:

- **10 %** zamašitev (blago poslabšanje),
- **25 %** zamašitev (srednje poslabšanje),
- **50 %** zamašitev (hudo stanje; v praksi se pri tej stopnji sproži signal).

Predpostavka izračuna: relativni padec moči je približno sorazmeren relativnemu zmanjšanju efektivnega pretoka (linearni približek), zato velja:

$$\Delta P = \mathrm{Pn} \cdot k$$

Kjer je $k$ = 0,10; 0,25; 0,50.

Izguba energije v času trajanja stanja $t$ je:

$$\Delta E = \Delta P \cdot t$$

V nadaljevanju je preračun izveden za čas t = 4 h.



Slika 9: Vtočne rešetke z naplavinami

Vir: Lastni posnetek

### 6.3.3 Rezultati preračuna (t = 4h)

Tabela 3: Izguba moči in energije pri zamašitvi rešetk (agregat 2, HE Ožbalt,)

| **Scenarij**<br>**Zamašitve rešetk** | **Koeficient**<br>$\boldsymbol{k}$ | **Nazivna moč**<br>$\mathbf{P_n}$ **(MW)** | **Padec moči**<br>$\boldsymbol{\Delta P = Pn \cdot k}$<br>**(MW)** | **Izguba energije**<br>$\boldsymbol{\Delta E = \Delta P \cdot t}$<br>**(MWh)** |
|---|---|---|---|---|
| 10 % (blaga) | 0,10 | 24,73 | 2,473 | 9,892 |
| 25 % (srednja) | 0,25 | 24,73 | 6,1825 | 24,730 |
| 50 % (huda – alarm) | 0,50 | 24,73 | 12,365 | 49,460 |

**Opomba:** Izguba energije je linearno odvisna od časa (če se stanje podaljša, se $\Delta E$ sorazmerno poveča).

### 6.3.4 Kratek komentar rezultatov

Rezultati kažejo, da lahko že pri srednji zamašitvi rešetk (25 %) v štirih urah nastane izguba proizvodnje približno 24,73 MWh, pri hudi zamašitvi (50 %) pa približno 49,46 MWh. To utemeljuje visoko pomembnost zanesljivega delovanja čistilnega stroja in portalnega žerjava, saj okvare ali omejitve delovanja podporne opreme lahko posredno povzročijo zmanjšanje pretoka in s tem pomemben izpad proizvodnje agregata.

## *6.4 Optimizacija zanesljivosti podporne opreme (čistilni stroj in portalni žerjav)*

V poglavju 6.3 je bil prikazan vpliv zamašitve vtočnih rešetk na proizvodnjo električne energije. Preračun za agregat 2 je pokazal, da lahko že pri srednji zamašitvi rešetk (25 %) v štirih urah nastane izguba proizvodnje približno 24,73 MWh, pri hudi zamašitvi (50 %, alarmno stanje) pa približno 49,46 MWh. Navedeno potrjuje, da je zanesljivo delovanje podporne opreme za čiščenje rešetk (čistilni stroj z grabilcem) in opreme za manipulacijo (portalni žerjav) neposredno povezano z razpoložljivostjo agregatov in stabilnostjo obratovanja.

### 6.4.1 Čistilni stroj – ciljni preventivni ukrepi

V praksi se pri čistilnem stroju najpogosteje pojavljajo težave, kot so pretrg jeklenice, nepravilnosti končnih stikal, hidravlične okvare na grabilcu, izpadi varovalk ter motnje pri daljinskem upravljanju. Na podlagi tega se predlagajo naslednji ciljni ukrepi:

**a) Jeklenica (»zajla«) – preventivni nadzor in kriteriji zamenjave**

- uvedba kontrolne točke: vizualni pregled jeklenice (žice, deformacije, obraba, korozija) in kontrola pravilnega navijanja na boben,
- določitev kriterijev zamenjave (npr. po standardni praksi: število poškodovanih žic na določenem odseku, deformacije, lokalna obraba),
- priporočilo: evidentiranje menjav (datum, razlog, stanje stare jeklenice) za nadaljnje spremljanje.

**b) Končna stikala – funkcijski test in nastavitev**

- periodični funkcijski preizkus končnih leg (dvig/spust, odpiranje/zapiranje),
- kontrola mehanske pritrditve, čistoče in kablovskih povezav,
- standardiziran zapis (katero stikalo, kateri položaj, kakšna nastavitev) za boljšo sledljivost.

**c) Hidravlika grabilca – nadzor tesnosti in odzivnosti**

- redna kontrola puščanj (cevi, priključki, cilindri) in odzivnosti odpiranja/zapiranja,
- ob odstopanjih (počasen hod, nepopolno zapiranje) uvedba postopka: kontrola tlakov, pregled ventilov, menjava tesnil,
- smiselno je povezovanje hidravličnih težav z evidentiranimi pogoji (več plavja, povečane obremenitve).

**d) Varovalke in napajanje – zmanjšanje izpadov**

- pregled kritičnih tokokrogov in kontaktov (slabi kontakti pogosto povzročajo pregrevanje in izpade),
- uvedba minimalnega nabora rezervnih varovalk (ustrezni tipi po shemi),
- zapis vzroka izpada (če je znan) za ponavljajoče se napake.

**e) Daljinsko upravljanje – stabilnost povezave**

- periodični test povezave daljinca (dnevni/tedenski pred začetkom čiščenja),
- pregled in zaščita komunikacijskih modulov pred vlago,
- definiran postopek ob izpadu povezave (preverjanje napajanja, reset, kontrola sprejemnika).

S predlaganimi ukrepi se zmanjšuje verjetnost nedelovanja čistilnega stroja, kar neposredno zmanjšuje tveganje za doseganje alarmne zamašitve rešetk in s tem povezane izgube proizvodnje.

### 6.4.2 Portalni žerjav – ciljni preventivni ukrepi

Portalni žerjav je ključen za prestavljanje čistilnega stroja na posamezne agregate in za manipulacije pri vzdrževanju. Pogoste težave so povezane s centralnim mazanjem, zaribanjem

puš na pogonskih kolesih, izpadi varovalk/zaščitnih stikal, okvarami končnih stikal ter komunikacijo daljinskega upravljanja. Predlagajo se naslednji ukrepi:

**a) Centralno mazanje – kontrola delovanja in alarmiranje**

- periodična kontrola delovanja mazalne naprave (pretok/poraba, tlak),
- kontrola zamašitev in prehodnosti do mazalnih mest,
- uvedba kratkega zapisa o stanju mazanja pri vsakem preventivnem pregledu (da se sledi trendom).

**b) Puše pogonskih koles – preventiva proti zaribanju**

- kontrola prostega teka in morebitnih znakov segrevanja/težjega pomika,
- dosledno mazanje ter kontrola tesnjenja/zaščite pred nečistočami,
- evidentiranje posegov (katera puša, kakšno stanje) za oceno obrabe skozi čas.

**c) Končna stikala in varnostne meje gibanja**

- funkcijski test končnih stikal (dvig/pomik/voziček) v okviru preventivnega pregleda,
- kontrola nastavitev, mehanske pritrditve in kablov,
- priporočilo: standardiziran zapis ugotovitev in nastavitve, ker končna stikala neposredno vplivajo na varno delovanje.

**d) Zaščitna stikala in varovalke (pogoni)**

- pregled vzrokov izpadov (preobremenitev, slab kontakt, staranje),
- kontrola kontaktov in priključkov,
- priprava minimalnega nabora rezervnih elementov (varovalke, osnovna zaščitna stikala, končna stikala) za skrajšanje časa odprave napake.

**e) Daljinsko upravljanje**

- periodični preizkus povezave in delovanja pred manipulacijami,
- pregled napajanja, sprejemnikov in komunikacijskih modulov,
- v primeru pogostih motenj: sistematično evidentiranje kdaj/pri katerih pogojih se pojavlja napaka.

Z izboljšavami na področju zanesljivosti portalnega žerjava se zmanjša možnost, da bi bil čistilni stroj neuporaben zaradi nezmožnosti prestavljanja, kar je pomembno za redno čiščenje rešetk na vseh agregatih.

## *6.5 Standardizacija zapisov v delovnih nalogih*

Ena izmed ključnih izboljšav je uvedba bolj enotnega načina zapisovanja ugotovitev in izvedenih ukrepov v delovnih nalogih. Trenutno evidence sicer omogočajo osnovno sledljivost, vendar se kakovost zapisov med posameznimi posegi lahko razlikuje, kar otežuje primerjavo skozi čas.

**Predlog izboljšave**

Pri vsakem delovnem nalogu naj zapis ugotovitve sistematično vključuje:

- **opis odstopanja oziroma okvare**,
- **točno lokacijo/sistem** (npr. regulator, vodilne lopatice, reduktor, končno stikalo),
- **izveden ukrep**,
- **priporočilo za naslednji pregled** (če je potrebno).

**Pričakovani učinek**

Takšna standardizacija bi omogočila:

- boljšo primerljivost zapisov med revizijami,
- hitrejše prepoznavanje ponavljajočih se težav,
- lažjo pripravo analize pogostosti okvar,
- boljšo osnovo za planiranje rezervnih delov in delovnih ur.

## *6.6 Izboljšanje nadzora nad čistostjo olja in hidravličnim sistemom regulacije*

Analiza najpogostejših težav na agregatih je pokazala, da pomemben del posegov izhaja iz težav na ventilih regulatorja in drugih hidravličnih komponentah, kjer so vzrok pogosto nečistoče v olju. To področje ima velik potencial za izboljšanje, saj neposredno vpliva na stabilnost regulacije in zanesljivost obratovanja agregata.

**Predlog izboljšave**

Predlaga se:

- doslednejše povezovanje oljnih analiz z revizijskimi posegi,
- sistematično beleženje ugotovitev o stanju olja (onesnaženost, prisotnost delcev),
- pregled učinkovitosti filtracije in intervalov menjave filtrirnih vložkov,
- uvedba jasnega postopka ukrepanja ob odstopanjih (npr. dodatna filtracija, kontrola ventilov, pregled tesnosti sistema).

**Pričakovani učinek**

Z izboljšanim nadzorom nad čistostjo olja je mogoče:

- zmanjšati število posegov na ventilih regulatorja,
- izboljšati odzivnost in stabilnost regulacije,
- zmanjšati tveganje za nenačrtovane izpade agregata,
- podaljšati življenjsko dobo hidravličnih komponent.

## *6.7 Sistematično spremljanje ponavljajočih se mehanskih obrab*

V praksi se na HE Ožbalt pogosto pojavljajo mehansko-obrabne težave, kot so:

- obraba puš na vodilnih lopaticah,
- zaribanje puš na pogonskih kolesih portalnega žerjava,
- obraba oziroma pretrg jeklenic pri čistilnem stroju.

Gre za tipične obrabne procese, ki jih je mogoče učinkoviteje obvladovati z bolj sistematičnim spremljanjem.

**Predlog izboljšave**

Predlaga se uvedba evidenčnega spremljanja kritičnih obrabnih elementov po principu:

- kaj je bilo zamenjano/obnovljeno,
- kdaj,
- na katerem sklopu,
- v kakšnem stanju je bilo ob demontaži (kratka ocena),
- ali gre za ponavljajočo težavo.

**Pričakovani učinek**

Tak pristop bi omogočil:

- boljše planiranje menjav obrabnih delov,
- prepoznavanje sklopov s povečano obrabo,
- lažje odločanje o spremembi intervalov pregledov,
- zmanjšanje nenačrtovanih mehanskih okvar.

## *6.8 Krepitev preventive na elektro-krmilnih in merilnih komponentah*

Pomemben del posegov je povezan z elektro-krmilnimi elementi (zaščitna stikala, varovalke, končna stikala, napajalniki, kartice) ter merilnimi enotami in senzoriko. Čeprav so te okvare pogosto hitro odpravljive, lahko povzročijo izpade posameznih funkcij, alarme ali varnostne zaustavitve.

**Predlog izboljšave**

Predlaga se:

- uvedba ciljnega seznama kritičnih elektro-krmilnih komponent za preventivne preglede,
- periodični funkcijski preizkusi končnih stikal, zaščitnih stikal in komunikacije daljinskega upravljanja,
- dosledno beleženje ponavljajočih se napak na posameznih komponentah (npr. isti tip stikala ali napajalnika),
- opredelitev osnovnega nabora rezervnih komponent za hitrejšo odpravo napak.

**Pričakovani učinek**

S tem se izboljša:

- razpoložljivost podporne opreme (žerjav, čistilni stroj),
- zanesljivost obratovanja agregata,
- odzivni čas pri okvarah,
- načrtovanje zaloge kritičnih rezervnih delov.

## *6.9 Izboljšanje povezave med vzdrževalnimi evidencami in načrtovanjem revizij*

Na HE Ožbalt je sistem revizij agregatov organiziran ustrezno (letne revizije + podaljšana revizija na enem agregatu vsaka tri leta). Naslednji korak optimizacije ni sprememba osnovnega sistema, temveč boljša uporaba podatkov iz evidenc za odločanje o obsegu posamezne revizije.

**Predlog izboljšave**

Predlaga se, da se pred vsako revizijo pripravi kratek pregled:

- najpogostejših posegov na agregatu v zadnjem obdobju,
- ponavljajočih se opozoril/okvar,
- stanja kritičnih sklopov (regulator, vodilnik, ležaji, pomožni sistemi),
- predlog dodatnih kontrolnih točk za konkretni agregat.

**Pričakovani učinek**

Takšen pristop bi omogočil:

- bolj ciljno usmerjene revizije,
- boljšo pripravo materiala in delovnih ekip,
- manj nepredvidenih posegov med revizijo,
- učinkovitejšo uporabo časa zastoja agregata.

## *6.10 Postopna digitalna podpora analizi vzdrževanja*

Čeprav obstoječi sistem delovnih nalogov omogoča osnovno sledljivost, se z večjo količino podatkov povečuje potreba po hitrem iskanju informacij in primerjavi zgodovine posegov. Zato predstavlja postopna digitalna nadgradnja evidenc pomembno razvojno možnost.

**Predlog izboljšave**

Predlaga se postopna uvedba bolj strukturiranega načina vodenja podatkov (ne nujno takoj celovit nov sistem), npr.:

- enotna šifracija sklopov in vrst posegov,
- lažje iskanje po tipu okvare ali komponenti,
- možnost enostavnega pregleda zgodovine posegov po agregatu oziroma napravi.

**Pričakovani učinek**

Digitalna podpora bi omogočila:

- hitrejšo analizo ponavljajočih se težav,
- boljšo pripravo poročil in revizijskih planov,
- večjo objektivnost pri odločanju o prioritetah vzdrževanja,
- postopni prehod v bolj podatkovno podprt sistem upravljanja vzdrževanja.

## *6.11 Sklep predlaganih optimizacij*

Predlagane optimizacije ne posegajo v osnovno organizacijo vzdrževanja na HE Ožbalt, temveč jo nadgrajujejo z bolj sistematičnim pristopom k evidencam, preventivi in analizi ponavljajočih se težav. Ključni poudarki so standardizacija zapisov, boljši nadzor nad čistostjo olja, spremljanje obrabnih elementov ter okrepljena preventiva na elektro-krmilnih komponentah.

Z izvedbo navedenih ukrepov bi bilo mogoče izboljšati razpoložljivost agregatov in podporne opreme, zmanjšati število nenačrtovanih posegov ter povečati učinkovitost načrtovanja revizij. Predlagani ukrepi so zato realno izvedljivi in predstavljajo smiselno strokovno nadgradnjo obstoječega sistema vzdrževanja.

# 7 SKLEP

Diplomsko delo obravnava sistem vzdrževanja strojne opreme na hidroelektrarni HE Ožbalt, s poudarkom na turbinskih agregatih ter na podporni opremi, predvsem portalnem žerjavu in čistilnem stroju. Namen naloge je bil analizirati obstoječe vzdrževalne postopke, prepoznati najpogostejše težave in na tej osnovi oblikovati izvedljive predloge optimizacije, usmerjene v večjo zanesljivost, razpoložljivost in varno obratovanje.

Teoretični del je podal izhodišča vzdrževanja in sodobne pristope (preventivno, korektivno in vzdrževanje na podlagi stanja; TPM in RCM) ter pomen kazalnikov učinkovitosti (npr. MTBF, MTTR in razpoložljivost), pri čemer je bil poudarek na energetiki, kjer nenačrtovani izpadi neposredno vplivajo na proizvodnjo električne energije in s tem na ekonomsko učinkovitost. V praktičnem delu je bil predstavljen organizacijski okvir družbe Dravske elektrarne Maribor ter vloga HE Ožbalt v proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov, nato pa so bili obravnavani ključni sklopi elektrarne: Kaplanov turbinski agregat s pomožnimi sistemi, portalni žerjav in čistilni stroj.

Analiza obstoječega sistema je pokazala, da je vzdrževanje na HE Ožbalt pretežno organizirano z lastnimi strokovnimi kadri, kar predstavlja pomembno prednost z vidika poznavanja opreme, odzivnosti in sodelovanja z obratovanjem. Revizije agregatov so sistemsko urejene in izvedene v letnem ciklu, kar omogoča redno preventivo ter periodične poglobljene preglede. Kljub temu so bile na podlagi evidenc in delovnih nalogov prepoznane možnosti izboljšav, predvsem v standardizaciji zapisov in bolj doslednem beleženju izvedenih ukrepov ter planiranega in dejanskega časa izvedbe. Med ponavljajočimi se težavami izstopajo nepravilnosti v regulacijskem in hidravličnem sistemu (zlasti ventili in vpliv nečistoč v olju), obraba mehanskih elementov (npr. puše in jeklenice), okvare senzorike in merilnih enot ter elektro-krmilnih komponent. Posebno mesto imajo težave podporne opreme, saj njena razpoložljivost neposredno vpliva na možnost čiščenja rešetk in posledično na stabilen pretok proti turbini.

SWOT analiza je potrdila, da so prednosti sistema predvsem v strokovnem kadru, ustaljenih postopkih revizij in preventivnem pristopu, razvojna področja pa so neenotnost evidenc, omejena analitična obdelava podatkov in potreba po ciljno usmerjenih preventivnih ukrepih na kritičnih sklopih. Na tej osnovi so bili oblikovani predlogi optimizacije, ki se osredotočajo na standardizacijo delovnih nalogov in zapisov ugotovitev, izboljšan nadzor čistosti olja in

povezavo oljnih analiz z ukrepi, sistematično spremljanje obrabnih elementov, okrepljeno preventivo na elektro-krmilnih komponentah ter boljšo povezavo med evidencami in načrtovanjem revizij. Predlagane izboljšave so v večini izvedljive v okviru obstoječega sistema in predstavljajo nadgradnjo z vidika večje sistematičnosti, boljše sledljivosti in podatkovno podprtega odločanja.

Na podlagi ugotovitev je bilo izvedeno preverjanje hipotez. **Hipoteza H1**, da obstoječi sistem vzdrževanja v hidroelektrarni ne zagotavlja optimalnega obvladovanja okvar in stroškov, je potrjena, saj analiza izpostavi ponavljajoče se okvare na ključnih sklopih in podporni opremi ter prostor za zmanjšanje ponovitev z bolj sistematičnim pristopom. **Hipoteza H2**, da uvedba metod TPM in RCM povečuje zanesljivost in učinkovitost vzdrževalnega procesa, je potrjena, ker predlagani ukrepi temeljijo na obvladovanju kritičnosti sklopov, ciljno usmerjeni preventivi in zmanjševanju ponavljajočih se napak. **Hipoteza H3**, da digitalizacija vzdrževalnih evidenc omogoča učinkovitejše načrtovanje in nadzor nad izvajanjem vzdrževalnih del, je potrjena, saj strukturirani digitalni zapisi omogočajo boljšo sledljivost, analizo trendov in učinkovitejšo pripravo revizij. **Hipoteza H4**, da uskladitev vzdrževalnih procesov s standardom ISO 55000 dolgoročno izboljšuje upravljanje tehničnih sredstev in povečuje zanesljivost obratovanja, je delno potrjena, ker standard predstavlja primeren okvir, vendar bi za popolno potrditev bila potrebna formalna implementacija in spremljanje učinkov v daljšem obdobju.

Sklepno je mogoče ugotoviti, da ima HE Ožbalt dobro izhodišče za kakovostno vzdrževanje, dodatne izboljšave na področju evidenc, preventive in sistematičnega spremljanja kritičnih sklopov pa lahko še povečajo razpoložljivost ter zmanjšajo tveganje nenačrtovanih izpadov. S tem se vzdrževalni sistem približa sodobnim zahtevam po visoki zanesljivosti in učinkovitem upravljanju energetskih sredstev.

# 8 VIRI IN LITERATURA


Dravske elektrarne Maribor d.o.o. (2023). *Podaljšana revizija agregata 3 HE Ožbalt .*

Dravske elektrarne Maribor d.o.o. (n.d.). *Revizija agregata 2 HE Ožbalt.*

Dravske elektrarne Maribor, d. o. o. (n.d.). *Revizija čistilnega stroja – HE Ožbalt.*

Dravske elektrarne Maribor, d.o.o. (2025). *Protokoli meritev in kontrol_10_10_25_rev6 FVBH.*

Dravske elektrarne Maribor, d.o.o. (23. 02 2026). *O družbi*. Abgerufen am 26. 02 2026 von O družbi: kje smo: https://www.dem.si/sl/o-druzbi/kje-smo/

Dravske elektrarne Maribor, d.o.o. (kein Datum). PV portalnega žerjava 150 t – HE Ožbalt. *delovni nalog*.

Gürel, E., & Tat, M. (2017). SWOT analysis: A theoretical review. The Journal of International Social Research. *The Journal of International Social Research*, 994–1006.

Hill, T., & Westbrook, R. (1997). SWOT analysis: It's time for a product recall. *Long Range Planning*, 30(1), 46-52.

Maribor., Višja strokovna šola Academia. (2020). *Predloga za pisanje diplomskega dela 2020.*

# 9 PRILOGE

Priloga A: Delovni nalog – revizija turbinskih naprav agregata (HE Ožbalt)

dem

HE-OŽBALT

DEM26005071

**DELOVNI NALOG**

DK 321-02
**št.: 40092419**
DD: 60029862

| PV TURBINSKIH NAPRAV AGREGATA 3 | | | |
|---|---|---|---|
| **Tehnično mesto** | OZ3MEA - TURBINA 3 | | |
| **Oprema** | - | | |
| **Delovni program** | 40094273 | **Tip dela** | DN03 Preventivno vzdrževanje |
| **Nadrejeni delovni nalog** | | **Plan vzdrževanja** | 4740 |
| **Prioriteta** | | **Varnostni plan** | 60015465 - VP za dela na turbinskih |
| **Datum izdaje** | 09.03.2026 | | |

**TERMINIRANJE**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Predviden začetek** | 02.02.2026 | 07:00 | **Predviden zaključek** | 28.02.2026 | 16:00 |

**ODGOVORNE OSEBE**

| Vloga | Kad. št | Ime in priimek | Tel. številka | Podpis |
|---|---|---|---|---|
| **Koordinator del** | 20002955 | Uroš Sorman | 0[redacted] | |
| **Vodja del** | 20003041 | Marko Trstenjak | [redacted] | |
| **Delovni nalog sestavil** | 20003028 | Tadej Korpar | [redacted] | |
| **Delovni nalog odobril** | 20002939 | Leon Samogy | [redacted] | |
| **Delovni nalog izda** | 20002955 | Uroš Sorman | [redacted] | |
| **Dovoljenje za delo izda** | 20003028 | Tadej Korpar | [redacted] | |
| **Obvestilo o prenehanju dela izda** | 20003041 | Marko Trstenjak | 0[redacted] | |

**Vodja del** poskrbi za pravočasno pripravo orodja in delovne opreme. Po prejemu dovoljenja za delo v nevarnem območju se prepriča ali so izvedeni vsi predvideni zavarovalni ukrepi in jih dopolni z zavarovanjem mesta dela, pouči skupino o podrobnostih dela, nevarnostih in odgovornostih, nato šele lahko izda skupini nalog za začetek del.

**STIKALNE MANIPULACIJE ZA ZAVAROVANJE MESTA DELA**

| Dokument | Opis |
|---|---|
| 60015465 | 1. Zaustavitev agregata<br>2. Izklop odklopnika 110kV- v polju AEA08 izklopimo stikalo Q0.<br>3. Izklop obeh sistemskih ločilnikov 110kV- v polju AEA08 iz omare ASV08 izklopimo Q1 in Q2. |

**VARNOSTNI UKREPI ZA ZAVAROVANJE NA MESTU DELA**

| Dokument | Opis |
|---|---|
| 60015465 | 1. Blokada zagona agregata- v omari 3CNA01 na preklopki lokalno/daljinsko izberemo LOKALNO, ter preklopko vzdrževanje prestavimo na VKLOP.<br>2. Blokada delovanja odklopnika 110kV- v omari CME08 izklopimo F10 ter v polju AEA08 razbremenimo stikalo Q0<br>3. Blokada delovanja sistemskih ločilnikov- v omari ASV08 preklopko lokalno/daljinsko prestavimo na LOKALNO ter na Q1 in Q2 izvlečemo sklopko<br>4. Blokada delovanja odcepnega odklopnika 10kV- v omari AKT03 izvlečemo odklopnik ter odklopimo krmilni konektor.<br>5. Izklop vseh napajalnih, krmilnih in signalnih napetosti<br>6. Preveritev breznapetostnega stanja<br>7. Namestitev delovnih ozemljitev na delovišču<br>8. Blokada delovanja izolacijskega ventila |



Datum izpisa: 09.03.2026 12:31:58
**Dokument se obvladuje v elektronski obliki**

ŠT. 40092419

Slika 10: Priloga A – slika 1

dem

Dravske elektrarne Maribor

HE-OŽBALT

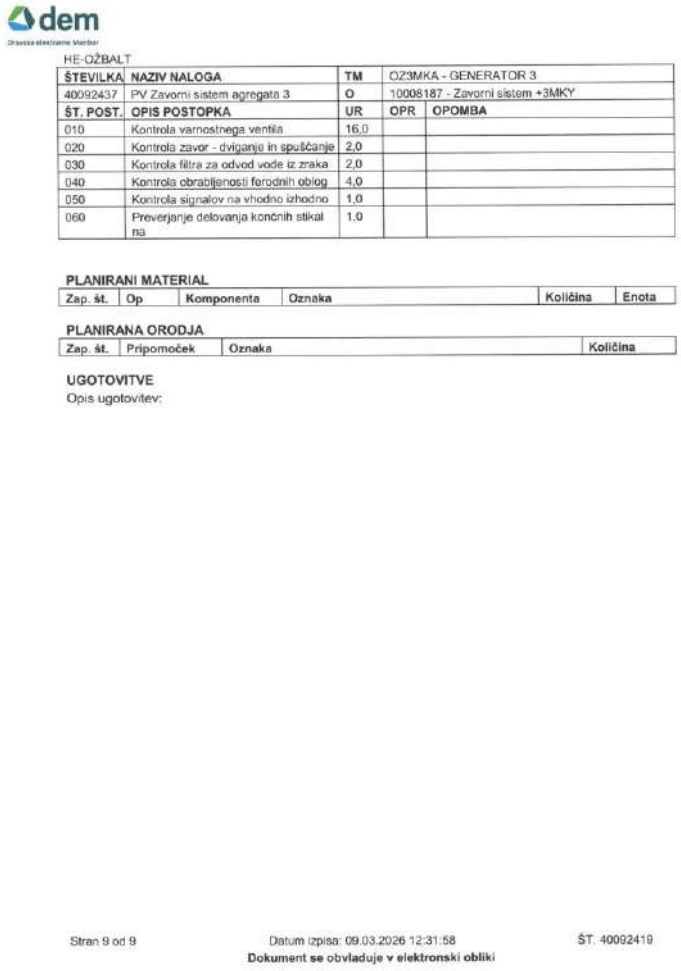
| ŠT. POST. | OPIS POSTOPKA | UR | OPR | OPOMBA |
|---|---|---|---|---|
| 110 | Pregled stanja površine batnic | 2,0 | | |
| 120 | Kontrola#hoda#vodilniškega servomotorja | 3,0 | | |
| 130 | Kontrola delovanja merilnega pretvornika | 3,0 | | |
| 140 | Pregled pritrditve merilnega pretvornika | 2,0 | | |
| 150 | Kontrola delovanja končnih stikal zaprte | 2,0 | | |
| 160 | Kontrola delovanja zapahov | 1,0 | | |
| 170 | Kontrola zračnosti med zapahom in | 1,0 | | |
| 180 | Pregled pritrditve servomotorja zapahov | 1,0 | | |
| 190 | Kontrola signalizacije loma | 24,0 | | |
| 230 | Vizualni pregled puščanja vode ob čepih | 2,0 | | |
| 240 | Pregled delovanja tlačnih stikal na | 1,0 | | |
| 250 | Kontrola signalizacije za stisnitev | 8,0 | | |
| 270 | Pregled stanja površine batnic | 16,0 | | |
| 290 | Vizualna kontrola vezic ročic vodilnika | 4,0 | | |
| 300 | Pregled vseh spojev, ki so izvedeni s | 4,0 | | |
| 320 | Kontrola časov zapiranja/odpiranja | 6,0 | | |

| ŠTEVILKA | NAZIV NALOGA | TM | OZ3MEA - TURBINA 3 | |
|---|---|---|---|---|
| 40092429 | PV Turbinski vodilni ležaj agegata 3 | O | 10008102 - Turbinski vodilni ležaj +3MED01 | |
| ŠT. POST. | OPIS POSTOPKA | UR | OPR | OPOMBA |
| 010 | Vizualna kontrola opreme vodilnih | 4,0 | | |
| 020 | Vizualna kontrola nivoja olja | 1,0 | | |
| 030 | Kontrolna meritev stopnje čistosti olja | 2,0 | | |
| 050 | Filtriranje olja po potrebi | 16,0 | | |
| 060 | Sušenje olja po potrebi | 16,0 | | |
| 070 | Nega olja po potrebi | 2,0 | | |
| 080 | Čiščenje in preizkus delovanja | 2,0 | | |
| 090 | Zamenjava silikagela v higroskopskem | 2,0 | | |
| 100 | Preizkus delovanja ročnih ventilov | 1,0 | | |
| 110 | Kontrola delovanja kapilarnih in | 4,0 | | |
| 120 | Vizualna kontrola ocevja, pregled | 4,0 | | |

| ŠTEVILKA | NAZIV NALOGA | TM | OZ3MEA - TURBINA 3 | |
|---|---|---|---|---|
| 40092430 | PV Generatorski vodilni ležaj agregata 3 | O | 10008103 - Generatorski vodilni ležaj +3MED02 | |
| ŠT. POST. | OPIS POSTOPKA | UR | OPR | OPOMBA |
| 010 | Vizualna kontrola opreme vodilnih | 4,0 | | |
| 020 | Vizualna kontrola nivoja olja | 1,0 | | |
| 030 | Kontrolna meritev stopnje čistosti olja | 2,0 | | |
| 050 | Filtriranje olja po potrebi | 16,0 | | |
| 060 | Sušenje olja po potrebi | 16,0 | | |



Slika 11: Priloga A – slika 2



dem

HE-ŽBALT

| ŠTEVILKA | NAZIV NALOGA | TM | OZ3MKA - GENERATOR 3 | |
|---|---|---|---|---|
| 40092437 | PV Zavorni sistem agregata 3 | O | 10008187 - Zavorni sistem +3MKY | |
| ŠT. POST. | OPIS POSTOPKA | UR | OPR | OPOMBA |
| 010 | Kontrola varnostnega ventila | 16,0 | | |
| 020 | Kontrola zavor - dviganje in spuščanje | 2,0 | | |
| 030 | Kontrola filtra za odvod vode iz zraka | 2,0 | | |
| 040 | Kontrola obrabljenosti ferodnih oblog | 4,0 | | |
| 050 | Kontrola signalov na vhodno izhodno | 1,0 | | |
| 060 | Preverjanje delovanja končnih stikal na | 1.0 | | |

PLANIRANI MATERIAL

| Zap. št. | Op | Komponenta | Oznaka | Količina | Enota |
|---|---|---|---|---|---|

PLANIRANA ORODJA

| Zap. št. | Pripomoček | Oznaka | Količina |
|---|---|---|---|

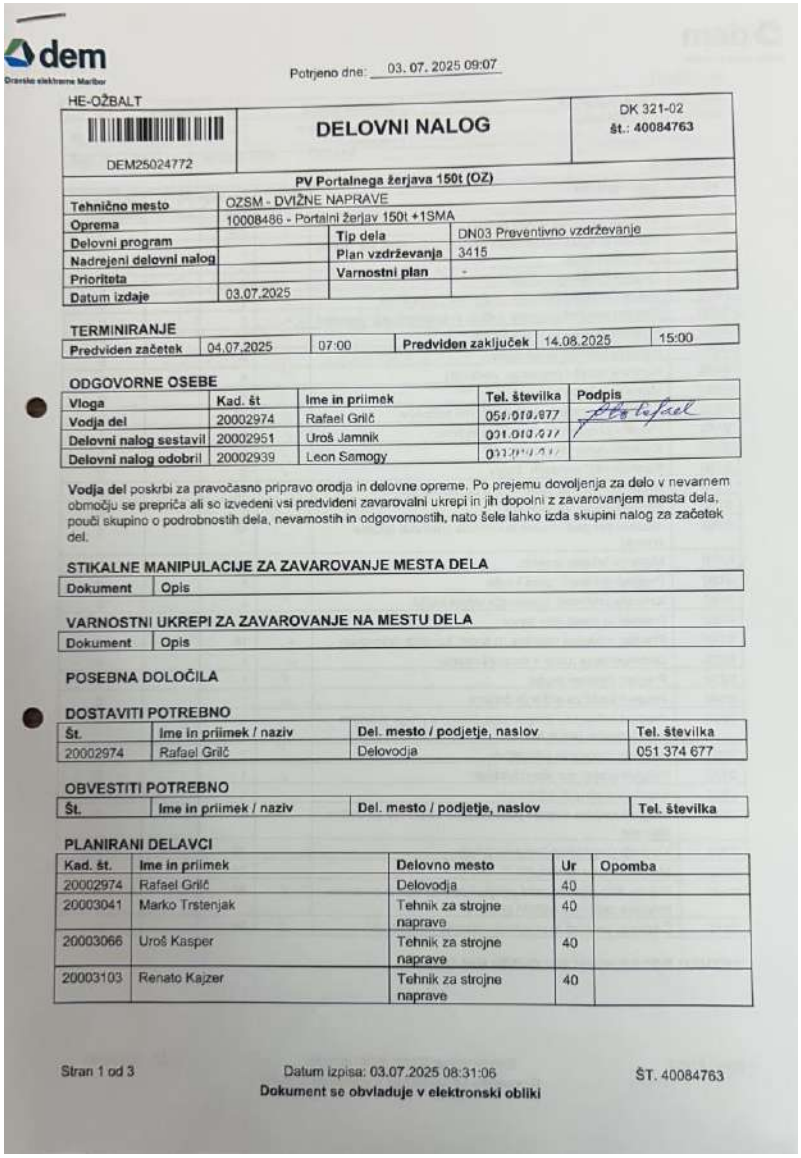
UGOTOVITVE

Opis ugotovitev:

Stran 9 od 9 Datum izpisa: 09.03.2026 12:31:58 ŠT. 40092419

Dokument se obvladuje v elektronski obliki

Slika 12: Priloga A – slika 3



dem
Dravske elektrarne Maribor

Potrjeno dne: 03. 07. 2025 09:07

HE-OŽBALT

DEM25024772

**DELOVNI NALOG**

DK 321-02
št.: 40084763

**PV Portalnega žerjava 150t (OZ)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tehnično mesto | OZSM - DVIŽNE NAPRAVE | | |
| Oprema | 10008486 - Portalni žerjav 150t +1SMA | | |
| Delovni program | | Tip dela | DN03 Preventivno vzdrževanje |
| Nadrejeni delovni nalog | | Plan vzdrževanja | 3415 |
| Prioriteta | | Varnostni plan | - |
| Datum izdaje | 03.07.2025 | | |

**TERMINIRANJE**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Predviden začetek | 04.07.2025 | 07:00 | Predviden zaključek | 14.08.2025 | 15:00 |

**ODGOVORNE OSEBE**

| Vloga | Kad. št | Ime in priimek | Tel. številka | Podpis |
|---|---|---|---|---|
| Vodja del | 20002974 | Rafael Grilč | 051 010 677 | |
| Delovni nalog sestavil | 20002951 | Uroš Jamnik | 051 010 677 | |
| Delovni nalog odobril | 20002939 | Leon Samogy | 051 010 677 | |

**Vodja del** poskrbi za pravočasno pripravo orodja in delovne opreme. Po prejemu dovoljenja za delo v nevarnem območju se prepriča ali so izvedeni vsi predvideni zavarovalni ukrepi in jih dopolni z zavarovanjem mesta dela, pouči skupino o podrobnostih dela, nevarnostih in odgovornostih, nato šele lahko izda skupini nalog za začetek del.

**STIKALNE MANIPULACIJE ZA ZAVAROVANJE MESTA DELA**

| Dokument | Opis |
|---|---|

**VARNOSTNI UKREPI ZA ZAVAROVANJE NA MESTU DELA**

| Dokument | Opis |
|---|---|

**POSEBNA DOLOČILA**

**DOSTAVITI POTREBNO**

| Št. | Ime in priimek / naziv | Del. mesto / podjetje, naslov | Tel. številka |
|---|---|---|---|
| 20002974 | Rafael Grilč | Delovodja | 051 374 677 |

**OBVESTITI POTREBNO**

| Št. | Ime in priimek / naziv | Del. mesto / podjetje, naslov | Tel. številka |
|---|---|---|---|

**PLANIRANI DELAVCI**

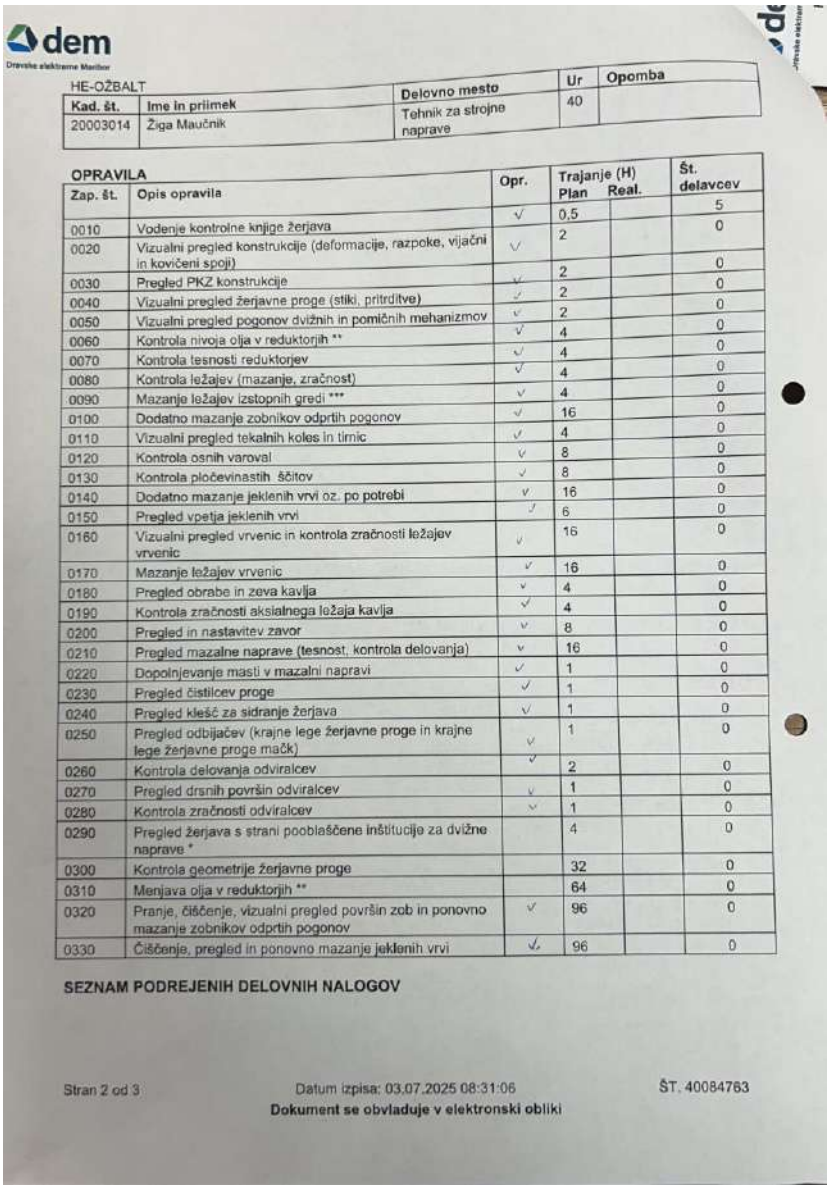
| Kad. št. | Ime in priimek | Delovno mesto | Ur | Opomba |
|---|---|---|---|---|
| 20002974 | Rafael Grilč | Delovodja | 40 | |
| 20003041 | Marko Trstenjak | Tehnik za strojne naprave | 40 | |
| 20003066 | Uroš Kasper | Tehnik za strojne naprave | 40 | |
| 20003103 | Renato Kajzer | Tehnik za strojne naprave | 40 | |



Datum izpisa: 03.07.2025 08:31:06
**Dokument se obvladuje v elektronski obliki**

ŠT. 40084763

Slika 13: Priloga B – slika 1



dem
Dravske elektrarne Maribor

HE-OŽBALT

| Kad. št. | Ime in priimek | Delovno mesto | Ur | Opomba |
|---|---|---|---|---|
| 20003014 | Žiga Maučnik | Tehnik za strojne naprave | 40 | |

**OPRAVILA**

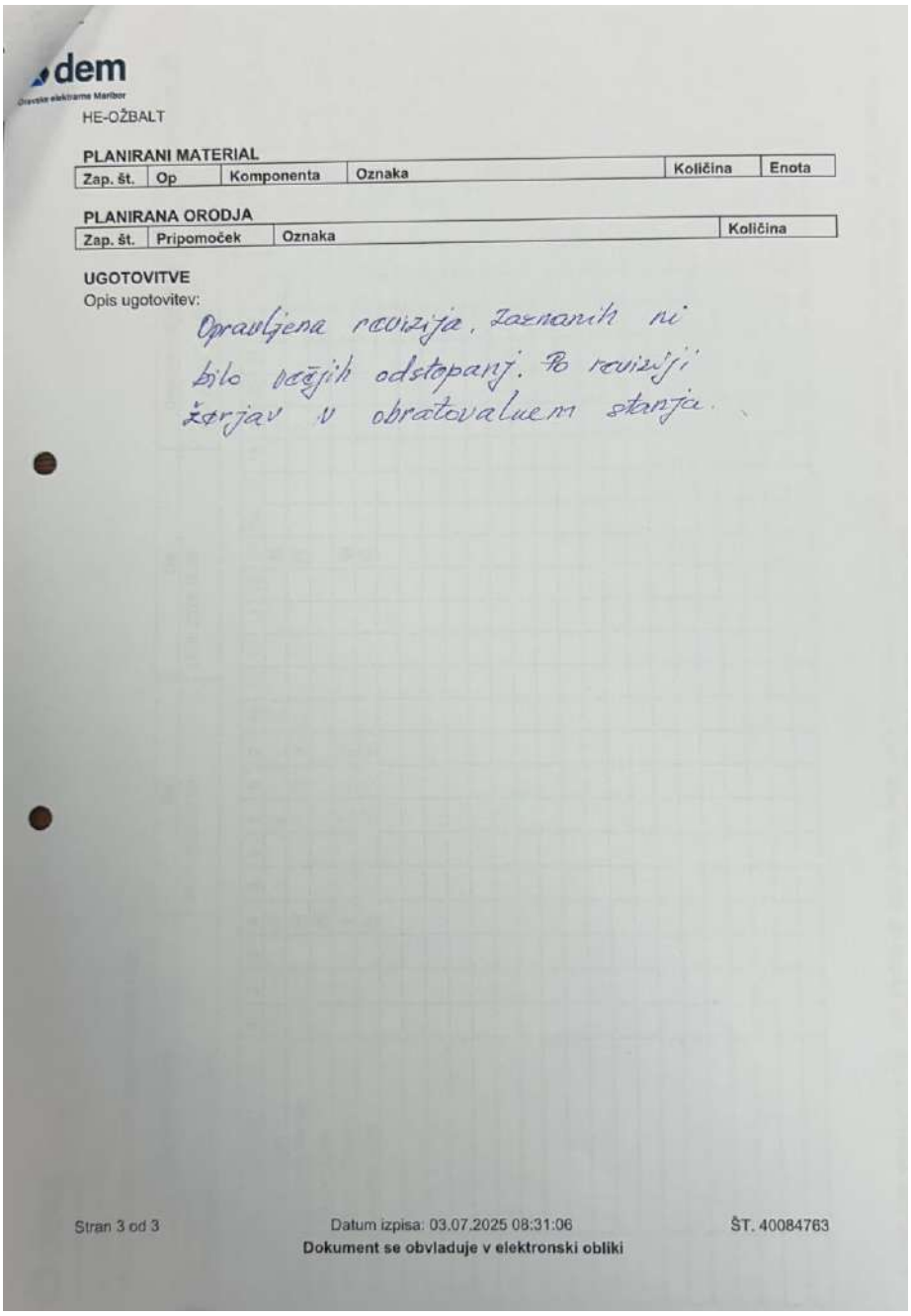
| Zap. št. | Opis opravila | Opr. | Trajanje (H) Plan | Real. | Št. delavcev |
|---|---|---|---|---|---|
| 0010 | Vodenje kontrolne knjige žerjava | √ | 0,5 | | 5 |
| 0020 | Vizualni pregled konstrukcije (deformacije, razpoke, vijačni in kovičeni spoji) | √ | 2 | | 0 |
| 0030 | Pregled PKZ konstrukcije | √ | 2 | | 0 |
| 0040 | Vizualni pregled žerjavne proge (stiki, pritrditve) | √ | 2 | | 0 |
| 0050 | Vizualni pregled pogonov dvižnih in pomičnih mehanizmov | √ | 2 | | 0 |
| 0060 | Kontrola nivoja olja v reduktorjih ** | √ | 4 | | 0 |
| 0070 | Kontrola tesnosti reduktorjev | √ | 4 | | 0 |
| 0080 | Kontrola ležajev (mazanje, zračnost) | √ | 4 | | 0 |
| 0090 | Mazanje ležajev izstopnih gredi *** | √ | 4 | | 0 |
| 0100 | Dodatno mazanje zobnikov odprtih pogonov | √ | 16 | | 0 |
| 0110 | Vizualni pregled tekalnih koles in tirnic | √ | 4 | | 0 |
| 0120 | Kontrola osnih varoval | √ | 8 | | 0 |
| 0130 | Kontrola pločevinastih ščitov | √ | 8 | | 0 |
| 0140 | Dodatno mazanje jeklenih vrvi oz. po potrebi | √ | 16 | | 0 |
| 0150 | Pregled vpetja jeklenih vrvi | √ | 6 | | 0 |
| 0160 | Vizualni pregled vrvenic in kontrola zračnosti ležajev vrvenic | √ | 16 | | 0 |
| 0170 | Mazanje ležajev vrvenic | √ | 16 | | 0 |
| 0180 | Pregled obrabe in zeva kavlja | √ | 4 | | 0 |
| 0190 | Kontrola zračnosti aksialnega ležaja kavlja | √ | 4 | | 0 |
| 0200 | Pregled in nastavitev zavor | √ | 8 | | 0 |
| 0210 | Pregled mazalne naprave (tesnost, kontrola delovanja) | √ | 16 | | 0 |
| 0220 | Dopolnjevanje masti v mazalni napravi | √ | 1 | | 0 |
| 0230 | Pregled čistilcev proge | √ | 1 | | 0 |
| 0240 | Pregled klešč za sidranje žerjava | √ | 1 | | 0 |
| 0250 | Pregled odbijačev (krajne lege žerjavne proge in krajne lege žerjavne proge mačk) | √ | 1 | | 0 |
| 0260 | Kontrola delovanja odviralcev | √ | 2 | | 0 |
| 0270 | Pregled drsnih površin odviralcev | √ | 1 | | 0 |
| 0280 | Kontrola zračnosti odviralcev | √ | 1 | | 0 |
| 0290 | Pregled žerjava s strani pooblaščene inštitucije za dvižne naprave * | | 4 | | 0 |
| 0300 | Kontrola geometrije žerjavne proge | | 32 | | 0 |
| 0310 | Menjava olja v reduktorjih ** | | 64 | | 0 |
| 0320 | Pranje, čiščenje, vizualni pregled površin zob in ponovno mazanje zobnikov odprtih pogonov | √ | 96 | | 0 |
| 0330 | Čiščenje, pregled in ponovno mazanje jeklenih vrvi | √ | 96 | | 0 |

**SEZNAM PODREJENIH DELOVNIH NALOGOV**

Stran 2 od 3 Datum izpisa: 03.07.2025 08:31:06 ŠT. 40084763

**Dokument se obvladuje v elektronski obliki**

Slika 14: Priloga B – slika 2



dem
Drevske elektrarne Maribor

HE-OŽBALT

**PLANIRANI MATERIAL**

| Zap. št. | Op | Komponenta | Oznaka | Količina | Enota |
|---|---|---|---|---|---|

**PLANIRANA ORODJA**

| Zap. št. | Pripomoček | Oznaka | Količina |
|---|---|---|---|

**UGOTOVITVE**

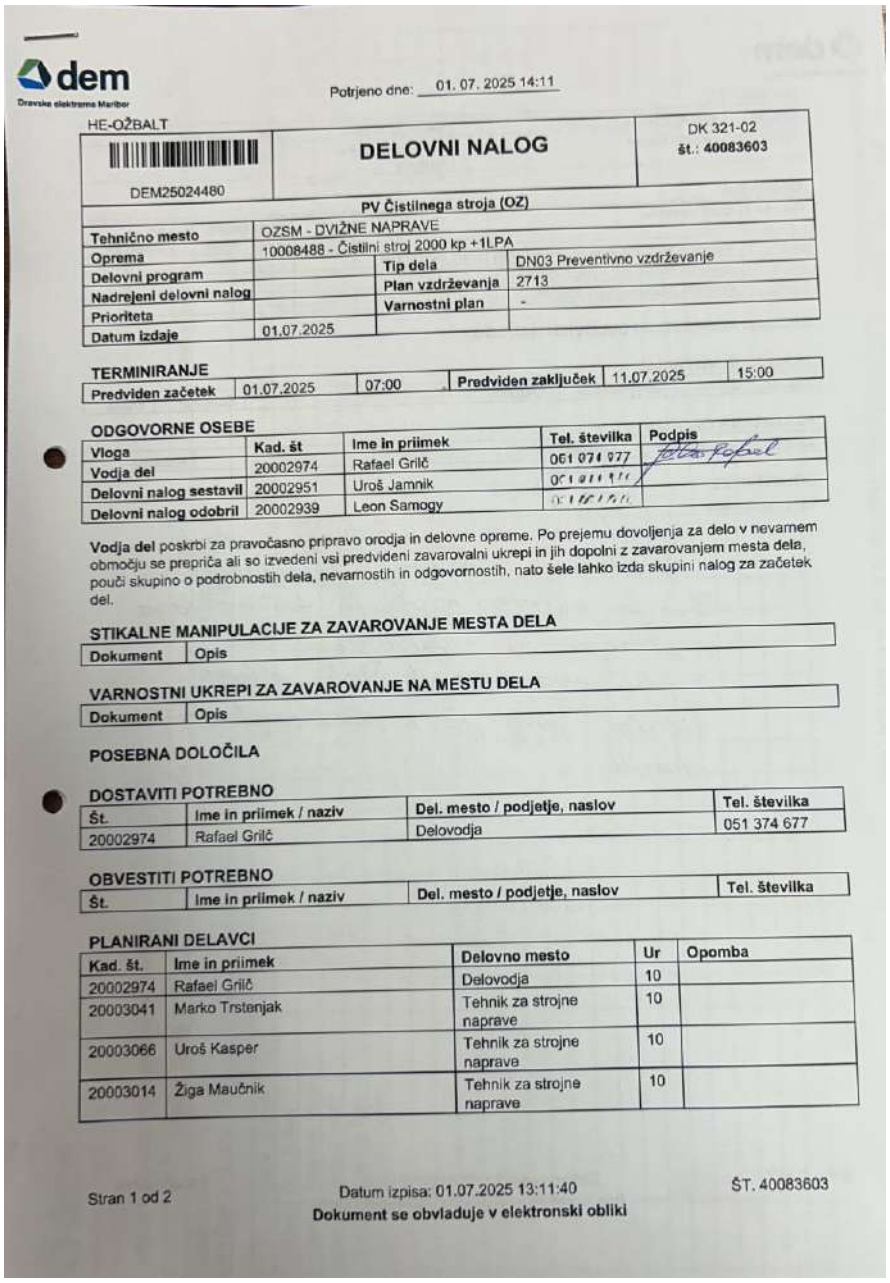
Opis ugotovitev:

Opravljena revizija. Zaznanih ni bilo večjih odstopanj. Po reviziji žerjav v obratovalnem stanju.

Stran 3 od 3 | Datum izpisa: 03.07.2025 08:31:06 | ŠT. 40084763

**Dokument se obvladuje v elektronski obliki**

Slika 15: Priloga B – slika 3



dem
Dravske elektrarne Maribor

Potrjeno dne: 01. 07. 2025 14:11

HE-OŽBALT

DEM25024480

**DELOVNI NALOG**

DK 321-02
št.: **40083603**

**PV Čistilnega stroja (OZ)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Tehnično mesto** | OZSM - DVIŽNE NAPRAVE | | |
| **Oprema** | 10008488 - Čistilni stroj 2000 kp +1LPA | | |
| **Delovni program** | | **Tip dela** | DN03 Preventivno vzdrževanje |
| **Nadrejeni delovni nalog** | | **Plan vzdrževanja** | 2713 |
| **Prioriteta** | | **Varnostni plan** | - |
| **Datum izdaje** | 01.07.2025 | | |

**TERMINIRANJE**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Predviden začetek** | 01.07.2025 | 07:00 | **Predviden zaključek** | 11.07.2025 | 15:00 |

**ODGOVORNE OSEBE**

| **Vloga** | **Kad. št** | **Ime in priimek** | **Tel. številka** | **Podpis** |
|---|---|---|---|---|
| **Vodja del** | 20002974 | Rafael Grilč | 051 071 077 | |
| **Delovni nalog sestavil** | 20002951 | Uroš Jamnik | | |
| **Delovni nalog odobril** | 20002939 | Leon Samogy | | |

**Vodja del** poskrbi za pravočasno pripravo orodja in delovne opreme. Po prejemu dovoljenja za delo v nevarnem območju se prepriča ali so izvedeni vsi predvideni zavarovalni ukrepi in jih dopolni z zavarovanjem mesta dela, pouči skupino o podrobnostih dela, nevarnostih in odgovornostih, nato šele lahko izda skupini nalog za začetek del.

**STIKALNE MANIPULACIJE ZA ZAVAROVANJE MESTA DELA**

| **Dokument** | **Opis** |
|---|---|

**VARNOSTNI UKREPI ZA ZAVAROVANJE NA MESTU DELA**

| **Dokument** | **Opis** |
|---|---|

**POSEBNA DOLOČILA**

**DOSTAVITI POTREBNO**

| **Št.** | **Ime in priimek / naziv** | **Del. mesto / podjetje, naslov** | **Tel. številka** |
|---|---|---|---|
| 20002974 | Rafael Grilč | Delovodja | 051 374 677 |

**OBVESTITI POTREBNO**

| **Št.** | **Ime in priimek / naziv** | **Del. mesto / podjetje, naslov** | **Tel. številka** |
|---|---|---|---|

**PLANIRANI DELAVCI**

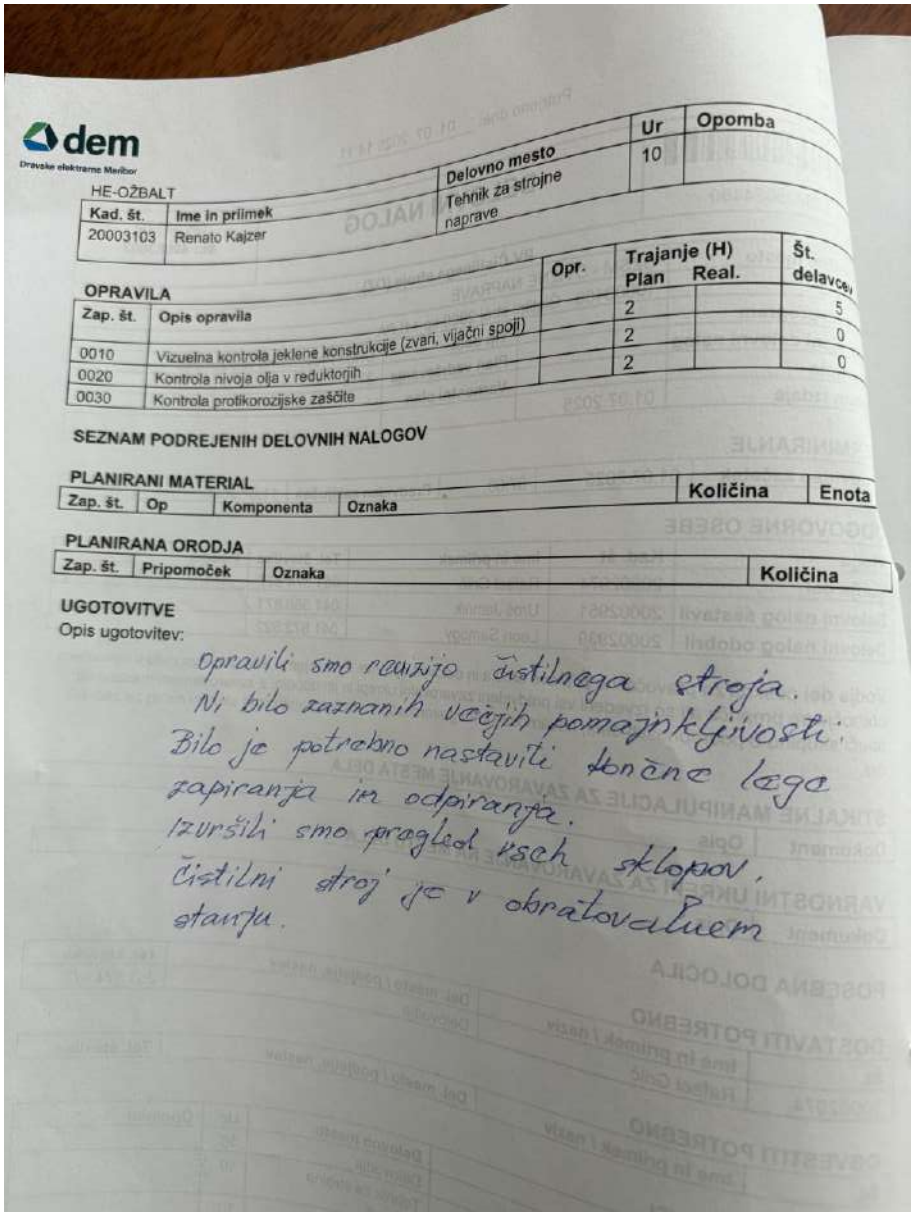
| **Kad. št.** | **Ime in priimek** | **Delovno mesto** | **Ur** | **Opomba** |
|---|---|---|---|---|
| 20002974 | Rafael Grilč | Delovodja | 10 | |
| 20003041 | Marko Trstenjak | Tehnik za strojne naprave | 10 | |
| 20003066 | Uroš Kasper | Tehnik za strojne naprave | 10 | |
| 20003014 | Žiga Maučnik | Tehnik za strojne naprave | 10 | |

Stran 1 od 2

Datum izpisa: 01.07.2025 13:11:40
**Dokument se obvladuje v elektronski obliki**

ŠT. 40083603

Slika 16: Priloga C – slika 1



dem
Dravske elektrarne Maribor

HE-OŽBALT

| Kad. št. | Ime in priimek | Delovno mesto | Ur | Opomba |
|---|---|---|---|---|
| 20003103 | Renato Kajzer | Tehnik za strojne naprave | 10 | |

**OPRAVILA**

| Zap. št. | Opis opravila | Opr. | Trajanje (H) Plan | Trajanje (H) Real. | Št. delavcev |
|---|---|---|---|---|---|
| 0010 | Vizuelna kontrola jeklene konstrukcije (zvari, vijačni spoji) | | 2 | | 5 |
| 0020 | Kontrola nivoja olja v reduktorjih | | 2 | | 0 |
| 0030 | Kontrola protikorozijske zaščite | | 2 | | 0 |

**SEZNAM PODREJENIH DELOVNIH NALOGOV**

**PLANIRANI MATERIAL**

| Zap. št. | Op | Komponenta | Oznaka | Količina | Enota |
|---|---|---|---|---|---|

**PLANIRANA ORODJA**

| Zap. št. | Pripomoček | Oznaka | Količina |
|---|---|---|---|

**UGOTOVITVE**

Opis ugotovitev:

Opravili smo revizijo čistilnega stroja.
Ni bilo zaznanih večjih pomanjkljivosti.
Bilo je potrebno nastaviti končne lege zapiranja in odpiranja.
Izvršili smo pregled vseh sklopov.
Čistilni stroj je v obratovalnem stanju.

Slika 17: Priloga C – slika 2