

TRNAVSKÁ UNIVERZITA V TRNAVE
FAKULTA ZDRAVOTNÍCTVA A SOCIÁLNEJ PRÁCE
MATEMATICKÝ ÚSTAV SAV, v. v. i.
MOVING MEDICAL MEDIA s. r. o.



moving medical media
next dimension of education

ZÁVEREČNÁ SPRÁVA O OVERENÍ KONCEPCIE DIGITÁLNEJ CESTY STAROSTLIVOSTI

**DIGITÁLNE RIEŠENIA NA PODPORU DUŠEVNÉHO ZDRAVIA
PACIENTOV S CHRONICKÝM ZLYHANÍM SRDCA**

(DIGIMENT)

Projekt č.: 09I05-03-V02-00084

Grantová schéma: POO

Trvanie projektu: 04/2024 – 06/2026

TU FZaSP v Trnave – doc. PhD. Silvia Puteková, PhD, MPH

MÚ SAV – doc. RNDr. Karol Nemoga, CSc.

MMM – MUDr. Marián Zelina

Kolektív autorov zodpovedných za WP 1 – WP 3

WP3 (KPB3 - Experimentálny koncept)

Výstupy 3. 2. Záverečná správa o overení koncepcie digitálnej cesty starostlivosti.

Úloha 3.5. Spresnenie koncepcie digitálnej cesty z predikčných modelov a perspektívy podpory klinického rozhodovania

Úloha 3.6. Spresnenie konceptu digitálnej cesty z pohľadu zariadení internetu vecí

Úloha 3.9. Vytváranie vlastností reprodukovateľnosti digitálnej cesty z pohľadu starostlivosti

Úloha 3.10. Vytváranie vlastností reprodukovateľnosti digitálnej cesty z hľadiska predikcie, podpory klinického rozhodovania a zariadení internetu vecí

Úloha 3.11. Vytváranie vlastností reprodukovateľnosti digitálnej cesty z pohľadu technológie VR

Obsah

ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV	4
1 Úvod.....	9
1.1 Chronické srdcové zlyhávanie (CHF).....	9
1.2 Depresia a duševné zdravie pri CHF	10
1.3 Výzvy v manažmente pacienta s CHF	10
1.4 Digitalizácia v manažmente pacienta	11
1.4.1 Digitálna cesta starostlivosti (DCP).....	11
1.4.2 Digitálny dvojník	12
1.4.3 Systémy podpory rozhodovania (CDSS).....	12
1.4.4 Telemedicína a teleošetrovatel'stvo	13
1.4.5 Terapia pomocou virtuálnej reality (VR).....	14
2 Rozdelenie činností.....	15
2.1 Multidisciplinárny charakter projektu.....	15
2.2 Participanti (partneri)	16
2.3 Vnútorne rozdelenie: oblasti a podoblasti.....	16
2.4 Stručný prehľad výstupov	18
3 Podrobné zhrnutie WP1	19
3.1 Správa DIGIMENT_WP1_V1_1 (D 1.1).....	20
3.2 Správa DIGIMENT_WP1_V1_2 (D 1.2).....	22
3.3 Správa DIGIMENT_WP1_V1_3 (D 1.3).....	25
4 Podrobné zhrnutie WP2	27
4.1 Správa DIGIMENT_WP2_V2_1 (D 2.1).....	28
4.2 Správa DIGIMENT_WP2_V2_2 (D 2.2).....	30
5 Podrobné zhrnutie WP3	34
5.1 Správa DIGIMENT_WP3_V3_1 (D 3.1).....	35
5.2 Konferenčné príspevky	36
5.2.1 `príspevok_Tnava_2025` (str. 46)	36

5.2.2	`prispevok_CMO_2025` (str. 47)	37
5.3	Publikácia `Mracka_Zacik_TM`	37
5.4	Publikácia `LehockiEtAl_CCIS`	38
5.5	Úžitkový vzor a patentová prihláška.....	39
5.6	Stav prípravy klinickej štúdie.....	40
6	Záver	46
6.1	Zhodnotenie projektu z nadhľadu	46
6.2	Vedecké výsledky a výstupy	47
6.3	Integrácia činností v digitálnej ceste pacienta.....	48
6.4	Ďalší výskum a digitalizácia manažmentu CHF	49
	Literatúra.....	50
	Prílohy.....	52
	Príloha A – Mapovanie výstupov projektu	52
	Príloha B – Publikácie a konferenčné príspevky (D 3.3).....	53
	Príloha C – Úžitkový vzor a patentová prihláška	53

ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV

Skratka	Význam
6MWT	6-minute walk test šesťminútový test chôdze
ACEI	Angiotensin-Converting Enzyme inhibitor inhibitor angiotenzínkonvertujúceho enzýmu
ADC	Asymmetric Dichotomous Classifier asymetrický dichotomický klasifikátor
AES-256	Advanced Encryption Standard 256-bit symetrické šifrovanie AES-256
AI	Artificial Intelligence umelá inteligencia
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average autoregresný integrovaný model kľzavého priemeru
ARNI	Angiotensin Receptor-Neprilysin Inhibitor inhibitor receptora angiotenzínu a neprilysínu
BAI	Beck Anxiety Inventory Beckov inventár úzkosti
BDI	Beck Depression Inventory Beckov inventár depresie
BPMN	Business Process Model and Notation notácia modelovania obchodných procesov
CDD	Cleveland Dataset for Depression / related cardiac cohort dátová množina CDD (kardiológia)
CDSS	Clinical Decision Support System systém na podporu klinického rozhodovania
CHF	Chronic Heart Failure chronické srdcové zlyhávanie
CONTINUA	Continua Alliance aliancia štandardov zdravotníckych zariadení
CRT	Cardiac Resynchronization Therapy kardiálna resynchronizačná terapia
DCP	Digital Care Pathway digitálna cesta starostlivosti
DMN	Decision Model and Notation notácia rozhodovacích modelov
DSOCHF	Depression in Patients with Chronic Heart Failure cohort (Cheng et al.) verejná kohorta Cheng et al. (depresia pri CHF)
EDA	Electrodermal Activity elektrodermálna aktivita
EF	Ejection Fraction ejekčná frakcia (ľavej komory)

EHR	Electronic Health Record elektronický zdravotný záznam
EKG	Electrocardiogram elektrokardiogram
ESC	European Society of Cardiology Európska kardiologická spoločnosť
EXT	external power supply mode napájanie z externého zdroja (obal senzora)
FAIR	Findable, Accessible, Interoperable, Reusable nájdené, prístupné, interoperabilné, znovupoužiteľné (princípy otvorenej vedy)
FHIR	Fast Healthcare Interoperability Resources rýchle zdravotnícke interoperabilné zdroje
GDPR	General Data Protection Regulation všeobecné nariadenie o ochrane údajov
HADS	Hospital Anxiety and Depression Scale hospitalná škála úzkosti a depresie
HFCRD	Heart Failure post-discharge cohort kohorta úmrtia po hospitalizácii s HF
HFMR	Heart Failure with mildly reduced Ejection Fraction srdcové zlyhanie s mierne zníženou ejekčnou frakciou
HFPEF	Heart Failure with preserved Ejection Fraction srdcové zlyhanie so zachovanou ejekčnou frakciou
HFREF	Heart Failure with reduced Ejection Fraction srdcové zlyhanie so zníženou ejekčnou frakciou
HFSS	Heart Failure Survival Score skóre prežitia pri srdcovom zlyhavaní
HIPAA	Health Insurance Portability and Accountability Act zákon o prenositeľnosti a zodpovednosti zdravotného poistenia (USA)
HRQOL	Health-Related Quality of Life kvalita života súvisiaca so zdravím
HRV	Heart Rate Variability variabilita srdcovej frekvencie
HS-CRP	high-sensitivity C-reactive protein vysoko citlivý C-reaktívny proteín
I2C	Inter-Integrated Circuit zbernica Inter-Integrated Circuit
ICD	Implantable Cardioverter-Defibrillator implantovateľný kardioverter-defibrilátor
IDS	Intrusion Detection System systém detekcie narušení
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers inštitút IEEE
IOT	Internet of Things internet vecí

KCCQ	Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire dotazník kardiomyopatie Kansas City
KIM-1	Kidney Injury Molecule-1 marker poškodenia obličiek KIM-1
KNN	K-Nearest Neighbors metóda k najbližších susedov
KPB	Key Work Package kľúčový pracovný balík
LDL-C	Low-Density Lipoprotein Cholesterol cholesterol lipoproteínov nízkej hustoty
LLM	Large Language Model veľký jazykový model
LOOCV	Leave-One-Out Cross-Validation validácia metódou leave-one-out
LSTM	Long Short-Term Memory rekurentná neurónová sieť LSTM
MAGGIC	Meta-Analysis Global Group in Chronic Heart Failure meta-analytické skóre pri CHF
MFA	Multi-Factor Authentication viacfaktorová autentifikácia
ML	Milestone míľnik projektu
MLHFQ	Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire dotazník života s CHF (Minnesota)
MMM	MOVING MEDICAL MEDIA s.r.o. priemyselný partner projektu
MOCA	Montreal Cognitive Assessment montrealský kognitívny test
MRA	Mineralocorticoid Receptor Antagonist antagonista mineralokortikoidných receptorov
MÚ SAV	Mathematical Institute of the Slovak Academy of Sciences Matematický ústav Slovenskej akadémie vied
NAG	N-acetyl- β -D-glucosaminidase enzým NAG
NCZI	National Health Information Centre Národné zdravotnícke informačné centrum
NT- PROBNP	N-terminal pro B-type Natriuretic Peptide N-terminálny pro-BNP
NUSCH	National Institute of Cardiovascular Diseases Národný ústav srdcových a cievnych chorôb
NYHA	New York Heart Association klasifikácia New York Heart Association
OPIS	project specification document opis projektu (projektová dokumentácia)
OTG	On-The-Go napájanie On-The-Go z batérie zariadenia

PHQ-9	Patient Health Questionnaire-9 9-bodový dotazník zdravia pacienta
POO	Príležitosti pre všetkých grantová schéma podpory výskumu na Slovensku
PROMS	Patient-Reported Outcome Measures pacientom hlásené výsledky
QALY	Quality-Adjusted Life Year rok života upravený o kvalitu
QUAD-SVM	Quadratic Support Vector Machine kvadratická metóda podporných vektorov
RCT	Randomized Controlled Trial randomizovaná kontrolovaná štúdia
RNN	Recurrent Neural Network rekurentná neurónová sieť
RUSBOOST	Random Under-Sampling Boost metóda Random Under-Sampling Boost
SF-36	36-Item Short Form Health Survey 36-položkový dotazník kvality života (SF-36)
SHFM	Seattle Heart Failure Model seattleský model srdcového zlyhávania
SMD	Standardized Mean Difference štandardizovaný rozdiel stredných hodnôt
SNOMED CT	Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms systematizovaná nomenklatúra medicíny – klinické termíny
SPO ₂	peripheral oxygen saturation saturácia krvi kyslíkom
SVM	Support Vector Machine metóda podporných vektorov
TOMEK LINKS	Tomek Links undersampling metóda vyváženia tried Tomek Links
TRL	Technology Readiness Level úroveň technologickej pripravenosti
TRUNI	University of Trnava Trnavská univerzita v Trnave
UCIHDD	UCI Heart Disease Database databáza UCI Heart Disease
USB CDC	USB Communications Device Class USB komunikačné zariadenie
VR	Virtual Reality virtuálna realita
VR-CBT	Virtual Reality Cognitive Behavioral Therapy kognitívno-behaviorálna terapia vo VR
VRET	Virtual Reality Exposure Therapy expozičná terapia vo virtuálnej realite
WCHF	Worsening Chronic Heart Failure zhoršenie chronického srdcového zlyhávania

WP	Work Package pracovný balík
XGBOOST	eXtreme Gradient Boosting gradientný boosting XGBoost
XR-BA	Extended Reality Behavioral Activation behaviorálna aktivácia v rozšírenej realite

1 Úvod

Táto záverečná správa predkladá vedecký prehľad a syntézu dosiahnutých výsledkov projektu DIGIMENT z pohľadu overenia koncepcie digitálnej cesty starostlivosti pri chronickom srdcovom zlyhávaní (CHF) so zameraním na duševné zdravie. Na začiatku správy stručne uvedieme základné pojmy a mapujeme rozdelenie činností a výstupov projektu (kapitola 2). Pokračujeme sumarizáciou poznatkov z analýz (kapitola 3), návrhu konceptu (kapitola 4) a experimentálnej fázy – návrhu, prípravy a vyhodnotenia klinickej štúdie vrátane diseminácie (kapitola 5). Cieľom textu je ukázať, ako jednotlivé výskumné a vývojové aktivity prispeli k návrhu integrovanej digitálnej cesty starostlivosti (DCP) a aké vedecké závery a odporúčania z nich vyplývajú pre ďalší výskum a pre uplatnenie v slovenskom zdravotníctve (kapitola 6).

1.1 Chronické srdcové zlyhávanie (CHF)

Chronické srdcové zlyhávanie (CHF) je komplexný syndróm, pri ktorom srdce nedokáže v dostatočnej miere prečerpávať krv a zásobovať tkanivá kyslíkom a živinami. Klinicky sa prejavuje najmä dýchavičnosťou, únavou a zadržiavaním tekutín; prognóza je nepriaznivá – u ťažkých foriem môže ročná úmrtnosť dosahovať približne polovicu pacientov (McDonagh et al., 2021). V Európskej únii trpí CHF viac ako päť miliónov ľudí; na Slovensku sa odhaduje viac ako 100 000 pacientov. CHF patrí medzi hlavné príčiny hospitalizácií u starších osôb a predstavuje významnú časť nákladov systémov zdravotnej starostlivosti.

Ochorenie výrazne mení život pacienta: obmedzuje pracovnú a sociálnu aktivitu, zhoršuje kvalitu života a často vedie k sociálnej izolácii. Starostlivosť vyžaduje dlhodobý, koordinovaný prístup – od optimalizácie liečby cez rehabilitáciu až po paliatívnu a podpornú starostlivosť v pokročilých štádiách. Programy manažmentu CHF by mali byť zamerané holisticky, nielen na srdcovú funkciu, ale aj na komorbidity, ktoré priamo ovplyvňujú výsledky pacienta.

1.2 Depresia a duševné zdravie pri CHF

Duševné zdravie je u pacientov s CHF častou a prognosticky významnou komorbiditou. Depresívne a úzkostné symptómy sa vyskytujú približne dvoj- až trojnásobne častejšie než v bežnej populácii; v súhrnoch štúdií (Poletti et al., 2022) sa uvádza, že klinicky významné depresívne symptómy postihujú približne každého piateho pacienta s CHF. Tieto stavy sú spojené so zhoršenou adherenciou k liečbe, vyšším počtom hospitalizácií, horšou funkčnou kapacitou a vyššou úmrtnosťou.

Napriek tomu zostáva úzkosť a depresia u pacientov so srdcovým zlyhaním často nedostatočne diagnostikovaná a liečená. Súčasťou problému je aj prekryvanie somatických a psychických príznakov (únava, poruchy spánku, znížená chuť do jedla) s prejavmi samotného CHF, čo sťažuje rozpoznanie depresie v kardiologickej praxi. Pri tejto skupine pacientov je nutná užšia spolupráca kardiológie, ošetrovateľstva a psychiatrie/psychológie. Na Slovensku je však starostlivosť o duševné zdravie dlhodobo poddimenzovaná. Reforma duševného zdravia (Národný program 2024–2030) (MZ SR, 2024) vytvára politický rámec, no klinická integrácia do manažmentu CHF zostáva otvorenou úlohou.

1.3 Výzvy v manažmente pacienta s CHF

Manažment CHF je multidisciplinárny: zahŕňa kardiológov, sestry so špecializáciou na srdcové zlyhanie, fyzioterapeutov, dietetikov, psychológov a neformálnych opatrovateľov. Pacient musí dlhodobo dodržiavať liečbu, meniť životný štýl a zvládať epizodické zhoršenia ochorenia; opatrovateľ nesie významnú psychickú a organizačnú záťaž.

Medzi hlavné výzvy patrí:

- **kontinuita starostlivosti** medzi hospitalizáciou, ambulanciou a domácim prostredím;
- **koordinácia komorbidít** (hypertenzia, diabetes, renálna insuficiencia, depresia), ktoré komplikujú liečbu;
- **nedostatok kapacity** na systematický psychický screening pri každom kontakte;
- **rozdielna dostupnosť** služieb duševného zdravia v regiónoch Slovenska;
- **potreba sebamanažmentu** pacienta a podpory opatrovateľa, ktorú konvenčná návštevná starostlivosť nestíha pokrývať.

Účinný manažment preto vyžaduje dohodnutý model postupov – nie izolované intervencie – a nástroje, ktoré tímu pomôžu včas rozpoznať zhoršenie fyzického aj psychického stavu. Tieto výzvy sú ďalej priamo previazané na vývoj a nasadzovanie nových liečiv a liečebných postupov a na všadeprítomný technologický pokrok, ktorý je žiadúce zmysluplne a bezpečne nasadiť do klinickej praxe.

1.4 Digitalizácia v manažmente pacienta

Digitalizácia zdravotníctva otvára možnosti, ako reagovať na uvedené výzvy: umožňuje **kontinuitu** sledovania medzi kontaktmi, **personalizáciu** na základe údajov, **včasné varovania** pri odchýlkach a **podporu rozhodovania** v preťažených klinických tímoch.

Digitálne riešenia však nie sú samoúčelné – ich zmysel je v **integrácii do procesov starostlivosti**, s rešpektom k bezpečnosti údajov, digitálnej gramotnosti pacientov a etike automatizovaného rozhodovania. Projekt DIGIMENT vychádza z tohto princípu; nasledujúce digitálne prístupy majú dopĺňať klinicko-ošetrovateľskú prax, nie ju nahrádzať:

- **telemedicína a teleošetrovateľstvo** – kontinuita a vzdialená podpora;
- **systémy podpory rozhodovania** a predikčné modely – prioritizácia a rozhodovanie;
- internet vecí a telemetria (internetu vecí (IoT, Internet of Things)) – doplnkové sledovanie v domácom prostredí.
- **terapia pomocou virtuálnej reality (VR)** – štruktúrovaná nefarmakologická intervencia pri depresii a úzkosti;

V nasledujúcich pod sekciách zhrnieme dôležité pojmy. Výsledky projektu sú potom rozpracované v kapitolách 3–5.

1.4.1 Digitálna cesta starostlivosti (DCP)

Cesta starostlivosti (*care pathway*) je vzájomne dohodnutý rámec pre organizáciu a rozhodovanie v diagnostických, terapeutických a ošetrovateľských procesoch pre definovanú skupinu pacientov počas určitého obdobia. **Digitálna cesta starostlivosti** (DCP) rozširuje tento rámec o digitálne body integrácie – miesta, kde údaje, algoritmy alebo digitálne intervencie optimalizujú tok starostlivosti.

Projekt DIGIMENT mal za cieľ navrhnúť konkrétnu DCP určenú pre pacientov s CHF so zameraním na manažment duševného zdravia. Takáto DCP zahŕňa mimo iného: pochopenie ochorenia a adherenciu, zvládanie stresu, podporu opatrovateľov, prevenciu stigmatizácie a včasnú identifikáciu rizika depresie (nárast výskytu symptómov).

Na formálnu reprezentáciu toku starostlivosti a rozhodovacích bodov v rámci DCP sa v projekte DIGIMENT používajú notácie **Business Process Model and Notation (BPMN)** – na modelovanie klinicko-ošetrovateľských procesov – a **Decision Model and Notation (DMN)** – na zápis rozhodovacej logiky pri terapeutických voľbách; tým vzniká most medzi klinickými smernicami a miestami integrácie systémov podpory rozhodovania a telemedicíny (viď. nižšie).

1.4.2 Digitálny dvojník

V širšom kontexte digitálnej kardiológie sa ako perspektívny koncept uvádza **digitálny dvojník pacienta** – dynamická digitálna reprezentácia vytvorená z klinických údajov a údajov z registrov či telemonitoringu. Takýto dvojník by umožnil simulovať účinky terapeutických zásahov a podporiť predikciu výsledkov pred ich aplikáciou u reálneho pacienta. V súvislosti s CHF sa predpokladá, že modely budú čerpať aj z databázy integrujúcej osobnú telemetriu pacientov, čo môže zlepšiť personalizáciu liečby.

V rámci projektu DIGIMENT nebol digitálny dvojník samostatným výstupom; uvádzame ho ako **konceptuálny smer** vývoja, do ktorého zapadajú predikčné a klasifikačné modely (kap. 4) a plánovaný zber psychometrických a klinických údajov v štúdiu uskutočniteľnosti (kap. 5). Ich cieľom je praktickejšia podpora rozhodovania a príprava terénu pre budúce komplexnejšie reprezentácie pacienta.

1.4.3 Systémy podpory rozhodovania (CDSS)

Systém na podporu klinického rozhodovania (CDSS – *Clinical Decision Support System*) poskytuje zdravotníckemu tímu odporúčania, upozornenia alebo rizikové skóre na základe pravidiel, klinických smerníc alebo modelov strojového učenia. V prostredí CHF môže CDSS pomôcť pri rozhodnutiach o liečbe komorbidít, pri prioritizácii pacientov na ďalšie vyšetrenie alebo pri indikácii psychometrického screeningu.

Pri depresii spojenej s CHF je obzvlášť užitočná myšlienka podpory rozhodnutia, komu odporučiť formálny screening. Keďže plošné screenovanie všetkých hospitalizovaných pacientov (napr. dotazníkom Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9)) nie je vždy realizovateľné, do úvahy prichádza možnosť ho nahradiť menej účinným zato rýchlym automatizovaným skríningom (zohľadňujúci aktuálne fyziologické a sociálne ukazovatele z elektronických zdravotných záznamov (EHR, Electronic Health Record)).

CDSS v tomto kontexte nemá za cieľ nahradiť klinické ani psychiatrické rozhodnutie, ale ide o dodatočnú analytickú vrstvu vloženú do DCP, ktorá znižuje pravdepodobnosť prehliadnutia rizika. V projekte DIGIMENT bola táto línia rozvinutá v pracovnom balíku WP2 (Work Package 2) (kap. 4) prostredníctvom binárnych klasifikačných prístupov a benchmark testovaní na modelových kohortách.

1.4.4 Telemedicína a teleošetrovateľstvo

Telemedicína zahŕňa výmenu zdravotných informácií a pokynov na diaľku – telekonzultácie, telemonitoring, telerehabilitáciu a prácu so zdieľanými elektronickými zdravotnými záznamami. U pacientov s CHF umožňuje častejšie sledovanie stavu doma, včasnejšiu reakciu na dekompenzáciu a zníženie počtu zbytočných hospitalizácií. Pacienti môžu aktívnejšie participovať na sebamonitorovaní a dodržiavaní liečby.

Teleošetrovateľstvo rozširuje tento prístup o odbornú ošetrovateľskú starostlivosť na diaľku – vzdelávanie, koordináciu, psychosociálnu podporu a intervencie zamerané na duševné zdravie. Pre pacientov s CHF je relevantné najmä znižovanie depresívnej a úzkostnej záťaže, posilnenie sebamanažmentu a prepojenie medzi pacientom a tímom nad rámec plánovaných návštev ordinácie.

Účinná telemedicína a teleošetrovateľstvo pri CHF **vyžadujú zber telemetrických údajov** z domáceho prostredia pacienta – nielen jednorazové konzultácie. Na tento účel možno využiť rôzne zariadenia (mobilný telefón, nositeľné senzory, rozšírené periférie), ktoré sú schopné **integrovat' fyziologické signály** (napr. tlak, saturácia, aktivita, parametre zo zariadení domácej diagnostiky) s **údajmi o okolí pacienta** (osvetlenie, hluk, teplota, kvalita vzduchu, pohyb v priestore). Takto získané dáta sa odovzdávajú do **informačného systému** (EHR, telemedicínska platforma), kde sa spracúvajú a sprístupňujú

ošetrovateľovi, lekárovi alebo algoritmu podpory rozhodovania – ako doplnok k subjektívnemu stavu pacienta a klinickým nálezom, nie ako ich náhrada. V projekte DIGIMENT bola táto línia pripravená aj prostredníctvom konceptu senzorického obalu smartfónu (kap. 5); detailné výsledky digitalizačných častí vrátane *IoT* sú v kap. 3–5.

Literárne dôkazy a skúsenosti projektu (kap. 3, 5) podporujú hybridný model, v ktorom sa konvenčná a digitálna starostlivosť – vrátane kontinuálneho telemetrického zberu – dopĺňajú podľa potrieb pacienta a dostupných zdrojov.

1.4.5 Terapia pomocou virtuálnej reality (VR)

Virtuálna realita (VR) predstavuje v kontexte CHF digitálny nástroj na podporu duševného zdravia formou terapeutickej intervencie. Expozičná a relaxačná terapia vo virtuálnej realite (VRET – Virtual Reality Exposure Therapy) má v meta-analýzach preukázanú účinnosť pri úzkostných poruchách; novšie súhrny (Carl et al., 2019; Schröder et al., 2023; Bell et al., 2020) potvrdzujú zmiernenie depresívnych a úzkostných symptómov a porovnateľný efekt s časťou tradičných psychoterapeutických prístupov pri vyššej kontrole a bezpečnosti prostredia.

U pacientov s poruchami srdca je VR obzvlášť relevantná tam, kde obmedzená mobilita sťažuje klasickú expozičnú terapiu alebo pravidelnú psychoterapeutickú dochádzku. Ako súčasť **ošetrovateľského alebo multidisciplinárneho plánu** prichádzajú do úvahy imersívne prírodné scenáre, behaviorálna aktivácia, riadená expozícia, relaxačné moduly či integrácia do rehabilitácie (napr. počas šetrného cvičenia). Aplikácia týchto prostriedkov je však žiadúca až po klinickom rozhodnutí tímu, s rešpektom ku kontraindikáciám a časovým limitom sedení.

V digitálnej ceste starostlivosti má VR **iné miesto** než CDSS alebo telemetria: nepredpovedá depresívne riziko z laboratórnych údajov ani nesleduje prostredie pacienta; **realizuje ošetrovateľsky vedenú intervenciu** v čase, keď je identifikovaná psychická záťaž. Projekt DIGIMENT rozvinul túto líniu vo *WP2* (kap. 4).

2 Rozdelenie činností

Projekt DIGIMENT bol organizovaný ako **medzisektorová spolupráca** akademických a priemyselných subjektov pri riešení jednej klinickej úlohy – návrhu a overenia **digitálnej cesty starostlivosti** (DCP) pre pacientov s CHF so zameraním na **manažment duševného zdravia**. Činnosti boli rozdelené do troch pracovných balíkov (*WPI–WP3*), ktoré na seba nadväzovali a postupne zvyšovali úroveň technologickej pripravenosti (Technology Readiness Level) od *TRL 1* (doménové analýzy) cez *TRL 2* (formulácia konceptu) po *TRL 3* (experimentálne overenie koncepcie). Nasledujúce podkapitoly stručne mapujú multidisciplinárny charakter projektu, úlohy partnerov, vnútorné rozdelenie činností a stručný prehľad výstupov; ich obsah je rozpracovaný podrobne až v kapitolách 3–5.

2.1 Multidisciplinárny charakter projektu

Hlavný cieľ projektu – transformácia manažmentu duševného zdravia pri CHF prostredníctvom digitálnych ciest starostlivosti – vyžadoval súčasné zapojenie klinickej, ošetrovateľskej, psychologickkej, matematicko-informačnej a priemyselnej expertízy. Žiadateľ – Matematický ústav Slovenskej akadémie vied (MÚ SAV) – priniesol skúsenosti s matematickým modelovaním v medicíne, predikciou z heterogénnych údajov, modelovaním procesov a digitálnymi technológiami v zdravotníctve; univerzitný partner – Trnavská univerzita v Trnave (TRUNI; Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce, Fakultná nemocnica Trnava) – zabezpečil klinicko-ošetrovateľský kontext, mapovanie potrieb a realizovateľnosť v slovenskom prostredí; priemyselný partner MOVING MEDICAL MEDIA s.r.o. (MMM) doplnil vývoj a validáciu terapie pomocou virtuálnej reality (VR) a koordináciu experimentálnej fázy.

V každom pracovnom balíku spolupracovali **všetci partneri**, pričom každý tím riešil **špecializované otázky** podľa svojej odbornosti. Výstupné správy, modely, publikácie a táto záverečná správa sú výsledkom **kolektívnej práce** (spoluautorstvo, revízie, integrácia výsledkov). Projekt tak presahuje jednoduché zhrnutie jednotlivých dodávok: jednotlivé digitálne línie – **podpora rozhodovania (CDSS)**, **VR terapia** a **telemetria/IoT**

– boli od začiatku koncipované ako doplnkové súčasti jednej DCP, nie ako samostatné produkty.

2.2 Participanti (partneri)

- **Matematický ústav SAV (MÚ SAV)** – žiadateľ projektu; modelovanie procesov (BPMN/DMN), predikčné a klasifikačné modely, systémy podpory rozhodovania, analýza technológií (IoT, telemedicína), bezpečnosť a súkromie údajov - General Data Protection Regulation (GDPR); diseminačné aktivity.
- **Trnavská univerzita v Trnave (TRUNI)** – klinicko-ošetrovateľská stránka DCP; potreby pacientov, neformálnych opatrovateľov a poskytovateľov zdravotnej starostlivosti; participatívne metódy; regulácia; **návrh a vedenie štúdie uskutočniteľnosti**; validácia obsahu starostlivosti; diseminačné aktivity.
- **MOVING MEDICAL MEDIA s.r.o. (MMM)** – vývoj a predbežná validácia **VR terapeutických modulov**; koordinácia experimentálnej fázy.

2.3 Vnútorne rozdelenie: oblasti a podoblasti

Projektové činnosti boli rozdelené do troch kľúčových pracovných balíkov (KPB – Key Work Package; KPB1–KPB3) podľa opisu projektu (OPIS) §3.1.1. Každý balík mal vlastný individuálny cieľ a časové zaradenie (približne M1–M14, M4–M19 a M13–M28).

KPB1 – Doménové analýzy (*WPI, TRL 1, M1–M14*)

Základný výskum súčasného stavu manažmentu duševného zdravia pri CHF. Zahŕňal:

- **analýzu potrieb** pacientov, neformálnych opatrovateľov a poskytovateľov zdravotnej starostlivosti; identifikáciu medzier v starostlivosti a cieľov DCP;
- **mapovanie existujúcich postupov** (preventívnych, diagnostických, liečebných, ošetrovateľských) a **regulačných rámcov** na Slovensku;
- **modelovanie procesov** starostlivosti (*BPMN, DMN*) – formálna reprezentácia krokov, rozhodovacích bodov a interakcií zainteresovaných strán;
- **preskúmanie digitálnych technológií** – telemedicína, teleošetrovateľstvo, *IoT*, *CDSS*, požiadavky na údaje z *EHR*, aspekty **bezpečnosti a súkromia**.

Výstupy: dodávky D 1.1–D 1.3 (míľniky projektu ML1 a ML2) → kapitola 3.

KPB2 – Formulácia konceptu (WP2, TRL 2, M4–M19)

Aplikovaný výskum zameraný na návrh integrovanej DCP na základe výsledkov *WPI*.

Zahrňal:

- **tvorbu obsahu DCP** – klinické protokoly, algoritmy podpory rozhodovania, vzdelávacie materiály (adherencia, zvládanie stresu, podpora opatrovateľov, prevencia stigmatizácie);
- **technologické vetvy konceptu** – binárne klasifikačné prístupy a odporúčanie screeningu (*PHQ-9*), predikčné modely, **VR terapia** pri depresii a úzkosti;
- **identifikáciu integračných bodov** digitálnych riešení do existujúcich klinických workflow;
- **predbežnú validáciu** na anonymizovanom modelovom súbore údajov (predikcia, *CDSS*) a pilotnej skupine pacientov (*VR*, 5 osôb).

Výstupy: dodávky D 2.1–D 2.2 (míľniky ML3, ML4) → kapitola 4.

KPB3 – Experimentálny koncept (WP3, TRL 3, M13–M28)

Priemyselný/aplikovaný výskum zameraný na **dôkaz koncepcie** DCP v reálnom prostredí. Zahrňal:

- **návrh štúdie uskutočniteľnosti** – telemedicínska podpora duševného zdravia pri CHF, plánovaná kohorta 40 pacientov (polovica v intervenčnej skupine), psychometrické nástroje BAI, BDI a SF-36, kritériá zaradenia/vylúčenia a metriky hodnotenia;
- **prípravu a testovanie** digitálnych spôsobov starostlivosti – telemedicína/teleošetrovateľstvo, *CDSS*, *IoT*, *VR* – a zber spätnej väzby od pacientov, opatrovateľov a zdravotníkov;
- **disemináciu** (publikácie, konferencie) a **priemyselné prevedenie** (úžitkový vzor);
- **záverečné vyhodnotenie** realizovateľnosti, použiteľnosti a odporúčaní pre slovenské zdravotníctvo (táto správa, D 3.2).

Výstupy: dodávky D 3.1–D 3.3 (míľniky ML5, ML6) → kapitola 5.

2.4 Stručný prehľad výstupov

Nižšie uvádzame **hlavné výstupy** projektu bez rozboru obsahu

Formálne dodávky (WP1):

- D 1.1 – `DIGIMENT\_WP1\_V1\_1` (potreby stakeholderov, ciele DCP, regulácia)
- D 1.2 – `DIGIMENT\_WP1\_V1\_2` (modely procesov *BPMN/DMN*)
- D 1.3 – `DIGIMENT\_WP1\_V1\_3` (digitálne technológie, predikcia, *CDSS*, *GDPR*)

Formálne dodávky (WP2):

- D 2.1 – `DIGIMENT\_WP2\_V2\_1` (binárne klasifikátory v problematike predikcie rizika depresie, náhrada *PHQ-9* automatickým systémom rozhodovania, *CDSS*)
- D 2.2 – `DIGIMENT\_WP2\_V2\_2` (*VR* terapia, integrácia do starostlivosti)

Formálne dodávky a súvisiace výstupy (WP3):

- D 3.1 – `DIGIMENT\_WP3\_V3\_1` (návrh štúdie uskutočniteľnosti; telemedicína, BAI, BDI, SF-36)
- D 3.2 – `DIGIMENT\_WP3\_V3\_2` (táto záverečná správa)
- D 3.3 – diseminačné výstupy:
 - `Mracka\_Zacik\_TM` – publikácia (Prediction of depression for inpatients with chronic heart failure)
 - `LehockiEtAl\_CCIS` – publikácia (Generating BPMN Healthcare Process Models Using LLMs; NCDHWS 2026, Oulu)
 - `prispevok\_Trnava\_2025` – konferenčný príspevok (telemedicína, teleošetrovatel'stvo)
 - `prispevok\_CMO\_2025` – konferenčný príspevok (telemedicína, teleošetrovatel'stvo)

Ďalší výstup:

- Senzorický obal smartfónu pre environmentálnu telemetriu – úžitkový vzor a patentová prihláška

3 Podrobné zhrnutie WP1

Pracovný balík WP1 (KPB1 – Doménové analýzy) predstavoval exploratívnu fázu projektu na úrovni TRL 1. Jeho úlohou bolo zmapovať súčasný stav manažmentu duševného zdravia pri CHF, identifikovať potreby zainteresovaných strán, existujúce postupy a technologické možnosti, ako aj regulačné a etické rámce pre digitálne riešenia. WP1 realizovali partneri TRUNI a MÚ SAV v období približne M1–M14. Metodologicky išlo o systémový rešerš a doménovú syntézu: literárne prehľady, analýza klinických smerníc (najmä European Society of Cardiology (European Society of Cardiology (ESC)) 2021), mapovanie slovenského regulačného a organizačného prostredia duševného zdravia a technologická analýza digitálnych nástrojov vhodných pre CHF.

Výstupy *WP1* – dodávky D 1.1–D 1.3 – vytvorili **vstupný poznatkový základ** pre návrh DCP v *WP2* a pre experimentálne overenie a disemináciu vo *WP3*. Hlavné výstupy dopĺňajú tri tematické línie, ktoré projekt následne integroval do DCP:

- **klinicko-ošetrovateľská a procesná** – potreby pacientov a tímov, holistický manažment CHF, formálne modely procesov (*BPMN/DMN*);
- **analyticko-predikčná** – parametre a prístupy k predikcii zhoršenia CHF (zhoršenia chronického srdcového zlyhávania (zhoršenia chronického srdcového zlyhávania (WCHF, Worsening Chronic Heart Failure), Worsening Chronic Heart Failure)) aj psychického stavu; podklady pre CDSS;
- **technologicko-regulačná** – telemedicina, teleošetrovateľstvo, *IoT*, bezpečnosť údajov a *GDPR*.

Spoločný záver fázy: manažment duševného zdravia pri CHF vyžaduje **multidisciplinárny, hybridný model** starostlivosti, v ktorom digitálne nástroje dopĺňajú – nie nahrádzajú – klinicko-ošetrovateľský kontakt, pričom ich implementácia musí rešpektovať regulačné obmedzenia, digitálnu gramotnosť a etiku automatizovaného rozhodovania. Nasledujúce podkapitoly sumarizujú obsah troch správ; v úvode kapitoly 1 je uvedený širší klinický kontext, tu sa zameriavame na **výsledky analýz**.

3.1 Správa DIGIMENT_WP1_V1_1 (D 1.1)

Správa D 1.1 (TRUNI; potreby stakeholderov, ciele DCP, regulácia) je rozsiahly literárno-analytický dokument zameraný na klinický, ošetrovateľský a regulačný kontext CHF a duševného zdravia. Metóda spočíva v rešerši medzinárodných smerníc a štúdií (najmä ESC, 2021) a syntéze poznatkov o manažmente CHF – farmakológia, edukácia, dispenzarizácia, rehabilitácia a holistický multidisciplinárny prístup. Samostatne spracováva kardiovaskulárnu prevenciu a rizikové faktory na Slovensku, slovenskú epidemiológiu CHF (údaje Národného centra zdravotníckych informácií (NCZI) o prevalencii, hospitalizáciách a úmrtnosti), telemedicínu, telemonitoring a teleošetrovateľstvo (hybridný model starostlivosti, nositeľné technológie, perspektíva umelej inteligencie) a duševné zdravie pri CHF v slovenskom a medzinárodnom kontexte. V časti o duševnom zdraví mapuje systémové deficity starostlivosti na SR, reformu duševného zdravia 2024–2030 a možnosti digitálnych intervencií (telepsychoedukácia, telepsychometria, telerelaxácia, telepsychoterapia) s dôrazom na ich integráciu do klinicko-ošetrovateľského reťazca. Správa zároveň uvádza regulačné a etické požiadavky na diaľkovú starostlivosť (ochrana údajov, súkromie, zachovanie terapeutického vzťahu) a slúži ako doménový podklad pre návrh digitálnej cesty starostlivosti v projekte DIGIMENT.

Zistenia:

- Holistický manažment CHF je nevyhnutný: programy starostlivosti musia riešiť komorbidity (hypertenzia, diabetes, renálna insuficiencia, depresia), sebamanažment pacienta a edukáciu (vrátane úpravy tekutín približne 1,5–2 l/deň pri závažných stavoch); multidisciplinárny tím je kľúčový (ESC Guidelines, 2021).
- Kardiovaskulárne ochorenia na Slovensku spolu s ďalšími chronickými neprenosnými ochoreniami zodpovedajú za približne dve tretiny úmrtí; medzi hlavné modifikovateľné rizikové faktory patria hypertenzia, dyslipidémia a fajčenie (až 67 % slovenských hypertonikov má súčasne vysoký cholesterol).
- Epidemiológia CHF na Slovensku: v roku 2021 bolo v kardiologických ambulanciách sledovaných takmer 40 000 osôb; CHF je hlavnou príčinou hospitalizácií u ľudí nad 75 rokov (priemerná dĺžka hospitalizácie približne 7 dní); úmrtnosť hospitalizovaných

pacientov stúpa (zo 123,8 na 1 000 hospitalizovaných v roku 2018 na 161,2 v roku 2021).

- Depresia a úzkosť pri CHF sú časté a prognosticky významné: v súhrnoch štúdií sa uvádza prevalencia úzkosti približne 62 % a depresie 65 %; kognitívne poruchy postihujú 20–80 % pacientov. Tieto stavy zhoršujú adhérenciu, kvalitu života a riziko hospitalizácie.
- Na Slovensku je starostlivosť o duševné zdravie dlhodobo poddimenzovaná – nerovnomerná regionálna dostupnosť, nedostatok personálu a financií; reforma duševného zdravia 2024–2030 vytvára politický rámec, no klinická integrácia do kardiológie a ošetrovateľstva zostáva nedostatočná.
- Existuje medzera medzi epidemiologickou závažnosťou depresie a úzkosti pri CHF a ich systematickým manažmentom v klinickej praxi na Slovensku.
- Telemedicina a teleošetrovateľstvo majú pre CHF preukázaný potenciál: kontinuita medzi kontaktmi, včasná detekcia dekompenzácie, podpora sebamonitorovania a zlepšenie prístupu k psychologической starostlivosti; v literatúre sa uvádza, že distančná starostlivosť a telemonitoring môžu znižovať rehospitalizácie a zmiernovať depresívne symptómy; odporúča sa hybridný model (konvenčná + digitálna starostlivosť).
- Digitálne technológie – umelá inteligencia, multimodálny zber údajov, zdieľané EHR a perspektíva digitálneho dvojníka – umožňujú personalizovanú a prediktívnu medicínu; regulačné rozdiely medzi krajinami obmedzujú cezhraničné zdieľanie údajov.
- Teleošetrovateľské intervencie (psychoedukácia, telepsychometria, relaxácia, telepsychoterapia) majú v literatúre podporu; sestry vnímajú digitálne nástroje pozitívne, no upozorňujú na potrebu vzdelávania, etiky (súkromie, dôvernosť) a zachovania ľudského vzťahu v starostlivosti.

Oporúčania:

- Definovať jasné ciele DCP so zameraním na včasnú identifikáciu depresívneho a úzkostného rizika, podporu opatrovateľov a kontinuitu medzi hospitalizáciou a domácim prostredím.
- Pri návrhu DCP počítať s hybridnou starostlivosťou a s digitálnou gramotnosťou pacientov aj zdravotníkov.
- Zabezpečiť užšiu spoluprácu kardiológie, ošetrovateľstva a psychiatrie/psychológie; prepojiť kardiológov, všeobecných lekárov, špecializované sestry a psychológov do jedného ošetrovateľského reťazca.
- Zaviesť rutinný psychický screening (úzkosť, depresia, kognícia) pri kontaktoch s pacientom s CHF, najmenej raz za 6 mesiacov.
- Využiť teleošetrovateľské postupy (vzdelávanie, psychoedukácia, telemetria symptómov) a domáci telemonitoring (tlak, hmotnosť, EKG prepojené s aplikáciou) pre rizikových pacientov po prepustení z nemocnice.
- Rozvíjať telepsychoedukáciu a telerelaxáciu na preklenutie regionálnych nedostatkov v dostupnosti psychologickej starostlivosti.
- Posilniť kompetencie sestier v komunitnom vzdelávaní pacientov a rodinných príslušníkov (sebahodnotenie, sledovanie symptómov); zvážiť štruktúrované digitálne programy pod dohľadom terapeuta (inšpirované napr. britským modelom IAPT).
- Integrovať digitálne technológie do procesov DCP, nie ako samostatné aplikácie mimo klinicko-ošetrovateľského workflow.
- Pri implementácii rešpektovať Národný program duševného zdravia a regulačné požiadavky na ochranu údajov.

3.2 Správa DIGIMENT_WP1_V1_2 (D 1.2)

Správa D 1.2 (TRUNI, MÚ SAV) kombinuje analýzu využitia IoT a digitálnych riešení pri monitorovaní CHF a duševného zdravia s formálnym modelovaním klinických procesov pomocou notácií BPMN a DMN. V IoT časti mapuje tri kategórie zberu údajov – behaviorálne, fyziologické a sociálne – ako aj bariéry adopcie (súkromie, technologická gramotnosť, interoperabilita Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) / Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms (SNOMED CT), náklady,

etika). Procesná časť formalizuje ambulantnú liečbu CHF podľa ESC (2021) vrátane komorbidít a telemedicínskeho workflow; modely boli validované v spolupráci s lekármi Národného ústavu srdcových a cievnych chorôb (NUSCH). Výstupom sú procesné modely vhodné ako podklad pre CDSS a digitálnu cestu starostlivosti v WP2.

Zistenia:

- IoT umožňuje kontinuálny zber behaviorálnych (aktivita, spánok, používanie smartfónov), fyziologických (srdcová frekvencia, tlak, saturácia krvi kyslíkom (SpO₂), elektrokardiogram (EKG), elektrodermálna aktivita (EDA)) a sociálnych údajov; zmeny v aktivite, spánku a komunikácii môžu indikovať úzkosť alebo depresiu pri CHF.
- Nositeľná umelej inteligencie (AI) je sľubná pre screening depresie a úzkosti, no izolované biosenzory nepostačujú – treba multimodálne zdroje vrátane dotazníkov PHQ-9 (Patient Health Questionnaire-9) a HADS (Hospital Anxiety and Depression Scale) a subjektívnych hodnôt pacienta; IoT má potenciál ako doplnkový zdroj údajov, nie ako samostatná diagnostická metóda. Súčasný systém sa vo výskume využívajú prevažne na screening, menej na kontinuálnu liečbu.
- Pacienti s CHF vykazujú vysokú mieru komorbidít: chronická renálna insuficiencia postihuje až približne 50 % pacientov a spolu s dyslipidémiou zvyšuje riziko úzkosti a depresie.
- Identifikované bariéry IoT: ochrana súkromia, technologická gramotnosť, integrácia s IS zdravotníctva, náklady, etika automatizovaného rozhodovania a informovaný súhlas pacienta.
- Notácia BPMN v kombinácii s DMN sa pre kardiológov ukázala ako zrozumiteľnejšia než alternatívne formálne jazyky (napr. PROforma (Patient Rule Induction System)); umožňuje vizualizovať zložité klinické odporúčania.
- DMN tabuľky formalizujú rozhodovaciu logiku ambulantnej liečby CHF (implantovateľný kardioverter-defibrilátor (ICD) / kardiálna resynchronizačná terapia (CRT), prvá a druhá línia liekov) a zobrazujú lekárovi pravidlo, na základe ktorého odporúčanie vzniklo.

- Rozšírené modely zahŕňajú komorbidity: pri chronickej renálnej insuficiencii DMN upravuje dávkovanie ACEi (inhibitor ACE), gliflozínov a ARB (blokátor angiotenzínových receptorov) podľa glomerulárnej filtračnej rýchlosti (glomerulárnej filtračnej rýchlosti (GFR)), draslíka a pomeru albumín/kreatinín v moči (uACR)); pri dyslipidémii rozhoduje o statínoch a ďalších liekoch podľa LDL-C (low-density lipoprotein cholesterol).
- Telemedicínsky proces počíta s domácim meraním EKG a SpO₂, kontrolou lekára minimálne 1× za 2 týždne (okamžite pri kritických hodnotách), DMN vyhodnotením EKG a zjednodušenou diaľkovou úpravou liečby.
- Formálne procesné modely vytvárajú most medzi klinickými smernicami a digitálnou DCP – identifikujú body, kde môže CDSS alebo telemetria vstúpiť do workflow.
- Digitalizácia klinických ciest prostredníctvom štandardov FHIR a SNOMED CT predstavuje funkčné riešenie interoperability medzi IoT zariadeniami a nemocničnými informačnými systémami.

Odporúčania:

- Pri návrhu DCP v WP2 využiť vytvorené BPMN/DMN modely ako základ integrácie CDSS a telemedicínskeho workflow.
- Pre IoT riešenia preferovať schválené medzinárodné štandardy interoperability (FHIR, SNOMED CT, IEEE/Continua Alliance – štandardy interoperability nositeľných zdravotníckych zariadení) a pacientom centrický dizajn s jasným informovaným súhlasom.
- Vyvíjať komplexnejšie dátové súbory kombinujúce biosenzory, subjektívne dotazníky a údaje o sociálnych interakciách; pri AI minimalizovať falošné pozitIVITY.
- Navrhovať používateľské rozhranie so zreteľom na starších pacientov; investovať do vzdelávania pacientov a personálu; zvážiť virtuálnych asistentov na báze veľkých jazykových modelov (veľkých jazykových modelov (LLM, Large Language Model)) pre technickú podporu.
- Pri automatizovaných odporúčaniami zachovať klinickú kontrolu – systém generuje návrh, lekár rozhoduje.

3.3 Správa DIGIMENT_WP1_V1_3 (D 1.3)

Správa D 1.3 (digitálne technológie, predikcia, bezpečnosť a súkromie) je technologicko-metodický prehľad pripravený MÚ SAV v spolupráci s TRUNI. Mapuje zdroje údajov z elektronických zdravotných záznamov a domáceho monitorovania, metodické prístupy k predikcii zhoršovania CHF (WCHF) a psychického stavu pri CHF a požiadavky na bezpečnosť telemedicínskych systémov. V klinickej časti vychádza z klasifikácie CHF podľa ejekčnej frakcie (HFrEF – srdcové zlyhanie so zníženou ejekčnou frakciou; HFmrEF – s mierne zníženou ejekčnou frakciou; HFpEF – so zachovanou ejekčnou frakciou) a definície WCHF ako exacerbácie vyžadujúcej intenzívnejšiu liečbu. Analytická časť porovnáva tradičné skórovacie modely (SHFM – Seattle Heart Failure Model, MAGGIC – Meta-Analysis Global Group in Chronic Heart Failure, HFSS – Heart Failure Survival Score), Coxovu analýzu prežitia a prístupy strojového učenia (XGBoost, RNN/LSTM – rekurentné neurónové siete, transformátory) v krátko-, stredno- a dlhodobých horizontoch. Samostatne spracováva psychometrické nástroje (HADS, PHQ-9, MoCA – Montreal Cognitive Assessment, MLHFQ – Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire, KCCQ – Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire) a viacvrstvové zabezpečenie údajov (viacfaktorová autentifikácia (MFA), šifrovanie AES-256, systém detekcie narušení (IDS), GDPR/HIPAA) ako podklad pre CDSS a klinické nasadenie v projekte DIGIMENT.

Zistenia:

- Chronické srdcové zlyhávanie vykazuje vysokú mortalitu (až približne 50 % do piatich rokov od diagnózy) a výrazne znižuje kvalitu života; zhoršovanie stavu (WCHF) je exacerbácia príznakov vyžadujúca intenzívnejšiu liečbu – jeho včasná predikcia je kľúčová pre zníženie hospitalizácií.
- Predikcia WCHF využíva demografické a klinické údaje (vek, pohlavie, anamnéza, komorbidita), biomarkery (N-terminal pro B-type Natriuretic Peptide (NT-proBNP), high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP), galaktín-3, kyselina močová, renálne markery KIM-1 (kidney injury molecule-1) a NAG (N-acetyl- β -D-glucosaminidase)) a životné funkcie.
- Medzi fyziologické parametre a pacientom hlásené výsledky (PROMs – patient-reported outcome measures) patria hmotnosť (náhly prírastok 1–1,5 kg), SpO₂, tlak,

variabilita srdcovej frekvencie (variabilita srdcovej frekvencie (HRV, Heart Rate Variability)), NYHA (New York Heart Association), 6MWT (6-minute walk test) a údaje z nositeľných zariadení.

- Existujú krátko-, stredno- a dlhodobé predikčné horizonty; modely sa líšia mierou personalizácie (populačné, polopersonalizované, vysoko personalizované na dátach z EHR).
- Tradičné skóre (SHFM, MAGGIC, HFSS) a Coxov proporčný model rizík dopĺňajú strojové učenie (ARIMA, XGBoost, RNN/LSTM, SVM – Support Vector Machine, transformátory); klasické skóre majú obmedzenú flexibilitu.
- Pri predikcii psychického zhoršenia sú kľúčové HADS, PHQ-9, BDI (Beck Depression Inventory), MLHFQ, KCCQ a MoCA; pokles aktivity a zmeny HRV môžu slúžiť ako doplnkové signály.
- Fyzický a psychický stav pri CHF sú neoddeliteľne prepojené – zhoršenie somatických symptómov zvyšuje úzkosť a depresiu, čo spätne zhoršuje adherenciu a prognózu.
- Zber zdrojových dát naráža na bariéry: subjektívnosť hlásení, komplexnosť komorbidít, nízka angažovanosť v telemonitoringu a chýbajúca interoperabilita.
- Účinok telemonitoringu na hospitalizácie nie je jednoznačný – závisí od dĺžky sledovania a klinickej podpory; pre projekt je relevantná kombinácia telemetrie s rozhodovacou vrstvou (CDSS).
- Pre DCP je technicky realizovateľná vrstva analytiky nad údajmi z EHR, domáceho monitorovania a psychometrických dotazníkov – s dôrazom na vysvetliteľnosť a klinickú validáciu.
- PHQ-9 a súvisiace nástroje sú vhodným kandidátom na integráciu do rozhodovania o ďalšom psychiatrickom screeningu (rozvíjané v WP2).
- Telemedicínske systémy sú zraniteľné voči kybernetickým hrozbám; bez robustnej ochrany údajov (viacfaktorová autentifikácia (MFA), šifrovanie AES-256, IDS, GDPR/HIPAA) nie je akceptovateľná implementácia v klinickej praxi (privacy by design).

Odporúčania:

- Pri návrhu CDSS v WP2 vychádzať z identifikovaných predikčných parametrov a preferovať modely validovateľné na lokálnych kohortách; prioritizovať personalizované modely strojového učenia tam, kde to dáta dovoľujú.
- Posúvať manažment CHF od reaktívnej liečby k proaktívnemu prístupu založenému na telemonitoringu a včasnej predikcii exacerbácií (WCHF).
- Zaviesť holistický prístup k pacientovi (inšpirovaný princípmi Picker) kombinujúci kardiologické sledovanie s pravidelným psychologickým skríningom (HADS, PHQ-9, MoCA).
- Pre depresívne a kognitívne riziko kombinovať klinické, laboratórne a psychometrické údaje, nie spoliehať sa výhradne na senzorické dáta.
- Štandardizovať protokoly zberu klinických údajov a dokumentovania komorbidít; zvýšiť interoperabilitu medzi nositeľnými zariadeniami, telemedicínskymi platformami a EHR.
- Implementovať viacvrstvovú bezpečnostnú architektúru (MFA, end-to-end šifrovanie, IDS, audit, plány obnovy po incidentoch).
- Vytvoriť vzdelávacie programy pre pacientov (technická gramotnosť, hlásenie symptómov) a školiť personál v kybernetickej bezpečnosti.
- Pred nasadením v klinickej štúdii (WP3) definovať metadáta, formáty a protokoly zberu údajov v súlade s etickými a regulačnými požiadavkami SR.

4 Podrobné zhrnutie WP2

Pracovný balík *WP2 (KPB2 – Formulácia konceptu)* predstavoval aplikovanú fázu projektu na úrovni *TRL 2*. Na základe výsledkov doménových analýz (*WPI*) partneri navrhli integrovanú digitálnu cestu starostlivosti so zameraním na manažment duševného zdravia pri CHF. *WP2* realizovali všetci partneri v období približne M4–M19; formálne riadenie mal *MÚ SAV*. Metodologicky išlo o návrh konkrétnych bodov digitálnej cesty a ich overenie na modelových údajoch resp. v pilotnom prostredí – nie o plné klinické nasadenie, ale o dôkaz konceptu na úrovni metodiky a prototypov.

Výstupy *WP2* – dodávky D 2.1 a D 2.2 – rozvinuli dve dopĺňajúce technologické línie konceptu:

- Podpora rozhodovania – binárna klasifikácia rizika depresie a súvisiacich klinických stavov pri CHF, metodika pre malé nevyvážené kohorty a návrh rozhodovacej vrstvy CDSS (podrobnosti v kap. 4.1, správa D 2.1, MÚ SAV).
- Terapia pomocou virtuálnej reality – štruktúrovaná nefarmakologická intervencia pri depresii a úzkosti, navrhnutá ako ošetrovateľsky vedený postup v DCP po klinickom rozhodnutí tímu (správa D 2.2, *MMM*).

Obe línie vychádzajú z *WPI* a boli od začiatku koncipované ako vzájomne doplnkové: analytická vrstva pomáha včas identifikovať psychickú záťaž, VR moduly poskytujú intervenciu v čase, keď je podpora potrebná. Predbežná validácia prebehla na anonymizovanom modelovom súbore (predikcia, *CDSS*) a na pilotnej skupine 5 pacientov (*VR*), podľa projektového zámeru v OPIS. Nasledujúce podkapitoly sumarizujú obsah oboch správ.

4.1 Správa DIGIMENT_WP2_V2_1 (D 2.1)

Správa D 2.1 (MÚ SAV, v spolupráci s TRUNI) je technologicko-metodický dokument zameraný na predikciu a binárnu klasifikáciu rizika zhoršenia fyzického aj psychického stavu pri CHF. Vychádza z obojsmernej prepojenosti depresie a progresie CHF a transformuje ordinálne rizikové skóre na systém dichotomických klasifikátorov (viachodnotové delenie, binárne úlohy podľa rozhodovacích hraníc, extrémne prípady). Práca zahŕňa rešerš 39 verejných databáz (vybrané: UCIHDD (UCI Heart Disease Database), CDD (Cleveland Dataset), HFCRD (Heart Failure post-discharge cohort), verejnej kohorte DSOCHF (Cheng et al.)), metodiku pre malé a nevyvážené kohorty (Leave-One-Out Cross-Validation (LOOCV), Tomek Links (metóda vyváženia tried), recipročné váhovanie, Random Under-Sampling Boost (RUSBoost)), návrh asymetrického dichotomického klasifikátora (ADC) a experimenty: spájanie dát z viacerých centier, neinvazívna diagnostika koronárnej aterosklerózy, predikcia úmrtia po hospitalizácii s HF (HFCRD) a prioritizácia hospitalizovaných pacientov s CHF na formálny psychometrický screening (PHQ-9) na kohorte DSOCHF (Cheng et al., 480 pacientov, 37 prediktorov).

Zistenia:

- Medzi psychickým stavom (depresia) a fyzickým stavom pacientov s CHF existuje preukázateľná obojsmerná prepojenosť; fyziologické ukazovatele (vek, sérum kreatinínu, ejekčná frakcia) majú predikčnú schopnosť pre oba typy rizika.
- Dichotomická klasifikačná schéma umožňuje redukovať ordinálne skóre (napr. PHQ-9) na sériu binárnych úloh; pri depresii pri CHF je klinicky relevantná otázka, komu odporučiť formálny screening.
- Pri malých dátových množinách (typicky do 1000 prípadov) hrozí pretrénovanie; metodologicky udržateľné je nahradiť klasické testovanie validáciou LOOCV.
- Nevyváženosť tried je typická pre medicínske dáta; pomáhajú Tomek Links, recipročné váhovanie a algoritmy pre nevyvážené dáta (RUSBoost).
- Navrhovaná metóda ADC (asymetrický dichotomický klasifikátor) modeluje primárne minoritnú triedu a dynamicky vyvažuje senzitivitu a špecifickosť; pri viacerých hraniciach PHQ-9 dosahuje lepšie vyváženie než klasické benchmark metódy.
- Na kohorte DSOCHF (Cheng et al.) klasické metódy (k-NN (K-Nearest Neighbors, KNN), Decision Tree) dosiahli lepšie vyváženie než Naive Bayes a Quad-SVM (metóda podporných vektorov); najlepšie výsledky dosiahli RUSBoost a ADC; zavedenie odstuhu medzi triedami (gap) pri PHQ-9 môže zvýšiť senzitivitu aj špecifickosť nad 80 %.
- Medzi verejnými databázami (UCI Heart Disease Database, CDD) existujú kritické rozdiely vo vyvážení a kvalite; nekritické spájanie zdrojov bez váhovania degraduje výkon, kým kompatibilné zdroje (napr. Cleveland + Maďarsko) a recipročné váhovanie zlepšujú špecifickosť.
- Prieskum 39 databáz odhalil kritický nedostatok voľne dostupných kontinuálnych časových záznamov vitálnych funkcií s označenými klinickými udalosťami pre pacientov s CHF.
- Predikcia úmrtia po hospitalizácii (databáza HFCRD, Coxov model) potvrdzuje vhodnosť dichotomických schém; ADC dosahuje stabilnejšie vyváženie než klasické algoritmy, no po určitom horizonte korelácia s časom úmrtia slabne.

- Lokálne medicínske rozdiely vyžadujú robustné lokálne modely; verejná kohorta DSOCHF slúži ako metodologický benchmark. Pre DCP je realizovateľná rozhodovacia vrstva nad rutinne dostupnými parametrami – s cieľom upozorniť tím na potrebu PHQ-9, nie nahradiť psychiatrické rozhodnutie.
- Štandardné nástroje (napr. MATLAB Classification Learner) neposkytujú natívne LOOCV ani pokročilé váhovanie; pre medicínske dáta bolo potrebné úpravy exportovaných skriptov.

Odporúčania:

- Pri návrhu CDSS vopred stanoviť cenu misklasifikácie (falošná pozitivita vs. falošná negativita).
- Pred zlúčením dátových množín z rôznych centier realizovať krížové testovanie lokálnych modelov; pri spájaní disproporčných súborov implementovať recipročné váhovanie pre každý zdroj.
- Pokračovať validáciou na slovenskej kohorte s PHQ-9 a sociálno-demografickými údajmi (WP3).
- Pri integrácii do DCP zachovať klinickú kontrolu; pri hraničných pacientoch zvážiť triedu „neistota modelu“.
- ADC ponechať ako výskumný smer; pre praktické CDSS priorizovať RUSBoost s explicitným váhovaním tried.
- Zber údajov pre budúci klasifikátor by mal prebiehať v prostredí čo najbližšom plánovanému nasadeniu.
- Počítať s nedostatkom verejných kontinuálnych monitorovacích dát a plánovať vlastný štandardizovaný zber.
- *Poznámka:* technické detaily *LOOCV* a *ADC* nie sú predmetom tejto syntézy; metodologický rozbor je v správe D 2.1 a článku `Mracka\_Zacik\_TM`.

4.2 Správa DIGIMENT_WP2_V2_2 (D 2.2)

Správa D 2.2 (MMM, v spolupráci s TRUNI a MÚ SAV) kombinuje systematický literárny prehľad účinnosti VR terapie pri duševnom zdraví – s dôrazom na kardiálnu populáciu a CHF – s návrhom modulárneho VR systému pre projekt DIGIMENT. Prvá časť

syntetizuje meta-analýzy a randomizovaných kontrolovaných štúdií (RCT, Randomized Controlled Trial) (VRET, VR-CBT – Virtual Reality Cognitive Behavioral Therapy, XR-BA – Extended Reality Behavioral Activation), dôkazy pre kardiálnu rehabilitáciu (vrátane štúdie CORE a meta-analýzy Wang et al., 2025), bezpečnostné limity (cybersickness, ICD), prehľad komerčných platforiem (RelieVRx, XRHealth, Amelia Virtual Care) a ekonomické aspekty (rok života upravený o kvalitu, QALY, rehospitalizácie). Druhá časť popisuje architektúru na troch pilieroch (VR aplikácia, synchronizačná služba, generatívna AI služba), sedem terapeutických modulov (expozícia, relaxácia, arteterapia, muzikoterapia, 360° video a ďalšie), prípady použitia a plán pilotného overenia na 5 pacientoch.

Zistenia:

- Meta-analýzy a RCT potvrdzujú, že VRET a VR-CBT dosahujú porovnateľnú účinnosť s tradičnou osobnou expozíciou a CBT (napr. Carl et al., 2019: rozdiel voči in-vivo $g \approx -0,07$; Schröder et al., 2023: efekt voči pasívnym kontrolám $g = 1,29$) pri znižovaní úzkosti a depresie.
- VR intervencie sú realizovateľné aj pri obmedzenej mobilite pacientov s CHF; kontrolované imerzívne prostredie môže nahradiť časť klasických expozičných alebo dochádzkových postupov bez straty terapeutickkej kontroly.
- Telemedicínska behaviorálna aktivácia v rozšírenej realite (XR-BA) dosahuje ekvivalentné zníženie skóre PHQ-9 ako klasická BA, pričom môže vyvolať skorší pozitívny účinok (Paul et al., 2024).
- Integrácia VR do kardiálnej rehabilitácie (stacionárne bicyklovanie) zvyšuje mieru odpovede a remisie depresie na 84–92 % oproti 58 % bez VR (Zhang et al., 2025); meta-analýza Wang et al. (2025, 955 pacientov) ukazuje zmiernenie úzkosti a depresie (štandardizovaný rozdiel stredných hodnôt, SMD $\approx -0,28$).
- Štúdia CORE (Jung et al., 2023) u pacientov s CHF potvrdila zlepšenie sebaradenia a kvality života pri dennom používaní VR; prírodné scenérie (Nature-VR) vykazovali lepšie výsledky vo vnímaní symptómov než mestské prostredia.
- U CHF sú vhodné: relaxácia a mindfulness vo VR, behaviorálna aktivácia (XR-BA), expozičná terapia (VRET), kognitívno-behaviorálna terapia vo VR (VR-CBT),

integrácia s kardiálnou rehabilitáciou (bicykel, bežiaci pás) a pasívna imerzia (360° prírodné videá).

- Starší pacienti vykazujú rovnakú mieru akceptácie a terapeutického prínosu VR ako mladší dospelí (Wrzeciono et al., 2024); samostatné all-in-one headsety umožňujú domácu starostlivosť pri limitovanej mobilite (Baghaei et al., 2021).
- Bezpečnosť: kybernetická nevoľnosť postihuje 22–78 % používateľov; v protokoloch sa uplatňuje limit sedenia max. 30 minút. Komerčné VR headsety nepreukázali klinicky významnú elektromagnetickú interferenciu s implantovanými kardiostimulátormi alebo ICD (Nadeem et al., 2022).
- Kontraindikácie zahŕňajú epilepsiu, aktívnu psychózu, tehotenstvo a závažné akútne kardiovaskulárne stavy.
- Ekonomické analýzy uvádzajú potenciál zníženia rehospitalizácií až o 75 % a mortality o 66 % pri cielej liečbe depresie a úzkosti u kardiologických pacientov; VR-CBT dosahuje nákladovú efektívnosť na úrovni približne 42 030–48 868 € za QALY a môže byť pre nemocnicu finančne návratná, ak skráti priemernú dĺžku hospitalizácie o viac ako 14,6 %.
- Navrhnutý systém DIGIMENT stojí na troch pilieroch: VR aplikácia (klientske rozhranie), synchronizačná služba a generatívna AI služba; implementovaných je 7 modulov (stúpanie do kopca, rybolov, galéria, amfiteáter v prírode, virtuálna kaviareň, 360° video rieky a abstraktné prostredie) s prípadmi použitia od expozície cez relaxáciu po záznam dát pre tím.
- VR má v DCP iné miesto než CDSS alebo telemetria: nepredpovedá riziko z laboratórnych údajov, ale realizuje terapeutickú intervenciu po rozhodnutí tímu o psychickej záťaž.
- Virtuálna realita predstavuje validný nástroj prepájajúci kardiologickú rehabilitáciu s liečbou sprievodnej úzkosti a depresie; modulárna architektúra umožňuje postupné rozširovanie a prispôbienie kapacity pacienta (pasívna vs. aktívna intervencia).
- Súčasná generácia prenosných all-in-one headsetov (napr. PICO 4, Meta Quest) umožňuje nasadenie terapie aj v domácom prostredí formou telemedicíny.
- Predbežná validácia modulov bola plánovaná na pilotnej skupine 5 pacientov (WP3).

Odporúčania:

- Zaradiť VR ako ošetrovateľský postup v DCP – po klinickom posúdení, s výberom modulu podľa stavu pacienta (úzkosť, depresia, nízka aktivita); implementovať moduly ako súčasť kardiologických rehabilitačných programov zameraných na zmiernenie úzkosti a depresie.
- Striktne obmedziť trvanie jedného imerzívneho sedenia na maximálne 30 minút; implementovať bezpečnostný protokol s okamžitým núdzovým ukončením (panic button), automatickými výstrahami pri prekročení kardiálnych limitov, exportom dát pre lekára a školením personálu.
- Uprednostniť prenosné all-in-one headsety a jednoduché rozhranie pre seniorov; pre mobilné zariadenia navrhovať menej hardvérovo náročné (štylizované) vizuálne prostredia s porovnateľným terapeutickým účinkom.
- Integrovať biofeedback (najmä HRV) na priebežné objektívne vyhodnocovanie stresovej odozvy pacienta.
- Kombinovať VR s fyzickou aktivitou tam, kde to kardiálny stav dovoľuje; v ambulancii využiť prírodné scenérie a pasívnu imerziu (360° video).
- Vylúčiť z terapeutických modulov pacientov s aktívnou psychózou, epilepsiou, tehotenstvom a kritickým stupňom kardiovaskulárneho zlyhania podľa klinického posúdenia.
- Integrovať VR s existujúcimi líniami DCP – CDSS/PHQ-9 identifikuje potrebu, VR poskytuje štruktúrovanú podporu, telemetria dopĺňa kontext medzi návštevami odborníka.
- Pred širším nasadením dokončiť pilotné overenie a zber spätnej väzby (WP3); adaptovať moduly pre slovenskú populáciu.
- Vytvoriť metodický rámec pre vzdelávanie zdravotníckeho personálu v obsluhu VR a zvážiť model úhrady terapie inšpirovaný zahraničnými platformami (RelieVRx, XRHealth).

5 Podrobné zhrnutie WP3

Pracovný balík *WP3 (KPB3 – Experimentálny koncept)* predstavoval **fázu dôkazu koncepcie** na úrovni *TRL 3*. Jeho úlohou bolo pripraviť a čiastočne overiť digitálne spôsoby starostlivosti v reálnom prostredí, rozšíriť výsledky projektu odbornou verejnosťou a priemyselne prevedeným technickým riešením, a vyhodnotiť realizovateľnosť plánovanej klinickej štúdie. *WP3* koordinoval priemyselný partner *MMM* (M13–M28); *TRUNI* viedol návrh štúdie uskutočniteľnosti, *MÚ SAV* dopĺňal predikčné, *CDSS* a *IoT* aspekty. Na rozdiel od *WPI–WP2* sa *WP3* výrazne opiera o **disemináciu, priemyselné prevedenie (*IoT*) a prípravu štúdie uskutočniteľnosti**; táto správa (D 3.2) je jedným z jeho výstupov. Poznámka k nástrojom: v analytickej/*CDSS* línii projektu (*WP2*) sa pracuje s PHQ-9; návrh štúdie uskutočniteľnosti (D 3.1) používa BAI, BDI a SF-36.

Podľa OPIS mal *WP3* zahŕňať:

- **návrh štúdie uskutočniteľnosti (D 3.1)** – telemedicínska podpora duševného zdravia pri CHF, plánovaná kohorta 40 pacientov (polovica v intervenčnej skupine), psychometrické nástroje BAI, BDI a SF-36, kritériá zaradenia/vylúčenia a metriky hodnotenia;
- **testovanie digitálnych spôsobov starostlivosti** – telemedicína/teleošetrovateľstvo, *CDSS*, *IoT*, *VR* – so zberom spätnej väzby;
- **disemináciu** vedeckých výsledkov (D 3.3);
- **záverečné vyhodnotenie** realizovateľnosti a odporúčaní (D 3.2, táto správa);
- **zber psychometrických a klinických údajov od plánovanej kohorty 40 pacientov** (nástroje BAI, BDI, SF-36) v rámci štúdie uskutočniteľnosti.

Výsledkom fázy je **dôkaz koncepcie na úrovni metodiky, prototypov a odborného šírenia**. Diseminačné a technické výstupy však priamo nadväzujú na koncept DCP z *WP2* a na doménové analýzy z *WPI*. Nasledujúce podkapitoly sumarizujú návrh štúdie uskutočniteľnosti (D 3.1), diseminačné a technické výstupy a výsledky klinickej štúdie.

5.1 Správa DIGIMENT_WP3_V3_1 (D 3.1)

Správa D 3.1 (DIGIMENT_WP3_V3_1; TRUNI v spolupráci s partnermi WP3) predstavuje návrh štúdie uskutočniteľnosti digitálnej cesty starostlivosti zameranej na telemedicínsku podporu duševného zdravia pacientov s CHF. Ide o dizajnový výstup (míľnik ML5, M20): popisuje ciele, hypotézy, kritériá zaradenia a vylúčenia, priebeh intervencií, hodnotiace nástroje a etický rámec spracovania údajov. Formálne je za odovzdanie dodávky zodpovedný MMM; obsahové vedenie štúdie má TRUNI (úloha 3.1), MÚ SAV podporuje spracovanie a hodnotenie kvality údajov.

Návrh štúdie je koncipovaný ako telemedicínska podpora duševného zdravia v rámci DCP. Primárnym cieľom je posúdiť, či táto podpora vedie k zlepšeniu ukazovateľov duševného zdravia u pacientov s CHF. Dizajn počíta s kohortou 40 pacientov, z toho polovica v intervenčnej skupine. Kritériá zaradenia zahŕňajú vek 40–60 rokov, CHF NYHA II–IV, EF pod 45 %, skrining BAI a BDI (nad 15 bodov) a informovaný súhlas; vylučujúce kritériá zahŕňajú mimo iného nestabilnú psychofarmakoterapiu a plánovanú revaskularizáciu. Priebeh zahŕňa vstupné vyšetrenia a merania, v intervenčnej skupine online vizity (edukácia, relaxácia, copingové stratégie) a výstupné merania BAI, BDI a SF-36. End-pointmi sú zmeny úzkosti, depresívnych symptómov a kvality života; protokol počíta aj so sledovaním bezpečnostných signálov. Technické požiadavky zahŕňajú dotykový telefón so stabilným pripojením, bezpečnú online komunikáciu a archiváciu údajov.

Hypotézy (H1–H3):

H1: Po využití telemedicínskych služieb dôjde k štatisticky významnému zlepšeniu ukazovateľov duševného zdravia pacientov.

H2: Miera zlepšenia ukazovateľov duševného zdravia po využití telemedicíny sa štatisticky významne líši medzi mužmi a ženami.

H3: Pri využití telemedicíny dochádza k najvýraznejšiemu zlepšeniu niektorých vybraných aspektov duševného zdravia.

Súčasťou návrhu D 3.1 je aj plán spracovania údajov: popisná charakteristika vzorky (vek, pohlavie) a kontrola úplnosti údajov; spracovanie odpovedí BAI, BDI a SF-36 na úrovni

položiek aj súhrnných skóre (vstup / výstup); vyhodnotenie zmien medzi vstupom a výstupom v intervenčnej a kontrolnej skupine s ohľadom na H1–H3. Pre prípravu analytického postupu je pripravená šablóna dátových súborov (intervenčná a kontrolná skupina; BAI, BDI, SF-36 na vstupe a výstupe).

Odporúčania:

- realizovať štúdiu podľa protokolu a etického rámca;
- zabezpečiť úplnosť a kvalitu psychometrických údajov (BAI, BDI, SF-36) pre následné vyhodnotenie;
- pri vyhodnotení dodržať vopred stanovený plán analýzy (H1–H3) a zabezpečiť konzistentné párovanie vstupných a výstupných meraní;
- využiť získané lokálne dáta aj na nadväzujúcu validáciu rozhodovacích modelov a ďalších línií DCP (VR, IoT), ak to priebeh štúdie umožní.

5.2 Konferenčné príspevky

5.2.1 `príspevok\_Trnava\_2025` (str. 46)

Príspevok na konferencii *Telemedicine and telenursing as a tool for supporting mental health in patients with chronic heart failure* (Puteková, Martinková, Lehocki) bol prezentovaný na konferencii **Nové trendy v ošetrovatel'stve XI.** (Trnava, 12. 11. 2025) – medzinárodnej vedeckej konferencii zameranej na ošetrovatel'skú prax.

Obsah (parafráza abstraktu): CHF je spojené s vysokou psychickou záťažou – depresiou, úzkosťou a neistotou – ktorá zhoršuje adhérenciu, sebamanažment a kvalitu života. Príspevok analyzuje význam **telemedicíny a teleošetrovatel'stva** pri podpore duševného zdravia u pacientov s CHF na základe rešerše klinických štúdií a meta-analýz z posledného desaťročia. Telemonitoring a virtuálne ošetrovatel'ské intervencie môžu znižovať depresívne a úzkostné symptómy, zvyšovať pocit bezpečia, umožniť rýchlu reakciu na zhoršenie stavu, zlepšiť adhérenciu a znížiť rehospitalizácie. Záver: telemedicina a teleošetrovatel'stvo sú **sľubný hybridný doplnok** konvenčnej starostlivosti pri CHF.

Väzba na činnosť: KPB1 / WP1 a KPB2 / WP2 – telemedicína, teleošetrovateľstvo a duševné zdravie pri CHF (kap. 3–4); ošetrovateľská vetva DCP.

5.2.2 `príspevok\_CMO\_2025` (str. 47)

Príspevok na konferencii *Využitie telemedicíny a teleošetrovateľstva v podpore duševného zdravia u pacientov s chronickým zlyhávaním srdca* (Puteková, Martinková, Lehocki) bol súčasťou konferencie **Cesta k modernému ošetrovateľstvu 2025** (Fakultní nemocnice v Motole, Praha, 10. 9. 2025).

Obsah (parafráza súhrnu): Text zdôrazňuje epidemiológiu CHF na Slovensku (približne 1,5 % populácie, u osôb nad 65 rokov 10–15 %, päťročná úmrtnosť až 50 %). Telemedicína umožňuje kontinuálne sledovanie vitálnych funkcií (tlak, srdcová frekvencia, saturácia, hmotnosť) s automatickým prenosom dát; teleošetrovateľstvo prináša edukáciu, psychickú podporu a poradenstvo na diaľku. Implementácia vyžaduje integráciu do existujúcich štruktúr, technickú infraštruktúru, digitálnu gramotnosť a súlad s etikou a ochranou údajov. Vhodne zavedené formy môžu zlepšiť zdravotné výsledky a podporu duševného zdravia pri CHF.

Väzba na činnosť: KPB1 / WP1 a KPB2 / WP2 – telemedicína a teleošetrovateľstvo pri CHF (kap. 3–4); v slovenskom kontexte dopĺňa anglický príspevok z Trnavy.

5.3 Publikácia `Mracka\_Zacik\_TM`

Publikácia *Prediction of depression for inpatients with chronic heart failure* (Mracka, Žáčik) je metodologický článok vychádzajúci z práce WP2 a zároveň **diseminačný výstup WP3** (D 3.3).

Anotácia: Depresia je častá a prognosticky významná komorbidita CHF, no plošné testovanie depresie pomocou dotazníka *PHQ-9* na všetkých hospitalizovaných pacientoch je personálne náročné. Autori preto preformulujú skrining pomocou *PHQ-9* na **binárnu klasifikačnú úlohu** využívajúcu informácie z EHR (sociálny a fyziologický stav) a porovnávajú tri metódy – ridge-regularizovanú logistickú regresiu, rozhodovací strom a *RUSBoost* – na verejnej kohorte Cheng et al. (2023). Keďže tato kohorta je malá a silne nevyvážená tak autori používajú *LOOCV* a výkonnostné metriky citlivé na nerovnováhu tried. Zistením je, že *RUSBoost* konzistentne prekonáva benchmarkové metódy u ktorých

bolo nevyváženie riešené aplikovane recipročným váhovaním pozorovaní jednotlivých tried. Avšak bez ohľadu na to, ktorá metóda dominovala, absolútna senzitivita a špecificita zostala pod ambicióznymi klinickými úrovňami (často nedosahovala ani 70 %). Tento výsledok možno čiastočne vysvetliť **výberovým skreslením** pri získavaní kohorty.

Obsah práce: článok systematicky rozoberá štyri kľúčové otázky strojového učenia pri malých dátových množinách z klinickej praxe – validačný protokol, metriky pri nerovnováhe tried, voľbu rozhodovacieho prahu pri neznámych nákladoch chýb a **prenositel'nosť** modelu z čínskej kohorty do stredoeurópskeho kontextu DIGIMENT. Explicitne uvádza, že **nepredstavuje použiteľný klinický nástroj**, ale metodologický benchmark pred získaním lokálnych dát. Súčasťou je MATLAB skript `CLASSIFIERS.m` zabezpečujúci plnú reprodukovateľnosť numerických výsledkov.

Väzba na činnosť: obsah vychádza z *KPB2 / WP2* – predikcia, *CDSS*, binárna klasifikácia (*MÚ SAV*, správa D 2.1); formálne je súčasťou **diseminácie D 3.3** a pripravuje pôdu pre validáciu v plánovanej štúdii (kap. 5.5).

5.4 Publikácia `LehockiEtAl\_CCIS`

Publikácia *Generating BPMN Healthcare Process Models Using LLMs* (Grík, Puteková, Petrulová, Rabinčák, Nemoga, Lehocki) je konferenčný článok zo series *NCDHWS 2026* (Oulu; CCIS 3010, s. 508–524) a zároveň diseminačný výstup WP3 (D 3.3).

Anotácia: BPMN sa v zdravotníctve používa na formalizáciu klinických workflow a ciest starostlivosti, no procesy sú často popísané len v rozsiahlych textových postupoch. Článok navrhuje viackrokový postup založený na LLM chatbote na priame generovanie BPMN modelov (XML) z neštruktúrovaných zdravotníckych dokumentov bez medzivrstiev a deterministických parserov. Prístup bol overený na piatich oficiálnych postupoch MZ SR z oblasti psychológie a psychiatrie; hodnotenie spája expertné posúdenie s objektívnymi XML metrikami. Výsledky ukazujú, že workflow konzistentne produkuje formálne správne, úplné a prehľadné BPMN modely a prekonáva zero-shot baseline.

Obsah práce: článok rieši skorú fázu procesného modelovania (analýza textu → návrh BPMN), promptingové stratégie pre robustnosť generovania a duálne hodnotenie kvality

modelov. Explicitne zdôrazňuje, že ide o podporu expertov pri tvorbe návrhov modelov, nie o náhradu klinickej validácie.

Väzba na činnosť: obsah nadväzuje na KPB1 / WP1 – formálne modelovanie procesov (BPMN; správa D 1.2) a na koncept DCP; formálne je súčasťou diseminácie D 3.3. Práca bola podporená projektom DIGIMENT (09I05-03-V02-00084).

5.5 Úžitkový vzor a patentová prihláška

Úžitkový vzor *Zapojenie senzorického obalu smartfónu na monitoring lokálneho prostredia chronicky chorých pacientov (MÚ SAV)* predstavuje **priemyselné prevedenie** *IoT* línie DCP – doplnkový kanál telemetrie medzi klinickými kontaktmi.

Technické riešenie: modulárny obal smartfónu rozširuje kompaktné zariadenie (príklad: Apple iPhone 13 Mini) na rozmer blízky bežným telefónom bez prekrytia displeja. Rozdielový objem v ľavom krídle a päte obalu umožňuje umiestniť senzory CO₂, teploty a vlhkosti vzduchu, mikrokontrolér a prepínač napájania (režimy napájania z externého zdroja (EXT) alebo On-The-Go (OTG) z batérie telefónu). Údaje zo senzorov sa spájajú s údajmi z mobilu – intenzita osvetlenia, hluk (bez nahrávania hlasu), pohyb, orientácia – a odovzdávajú sa cez USB Communications Device Class (USB CDC) do aplikácie v telefóne. Riešenie je rozšíriteľné o ďalšie senzory na zbernici Inter-Integrated Circuit (I2C).

Súčasne s podaním užitkového vzoru bola na predmetné riešenie vyššie podaná aj patentová prihláška.

Aplikovateľnosť pri CHF a depresii: pasívny monitoring prostredia bývania dopĺňa klinický a psychometrický obraz pacienta. Zvýšené CO₂ môže signalizovať zlé vetranie; dlhodobo **nízke osvetlenie** a preferencia interiéru môžu súvisieť so zníženou aktivitou alebo depresívnymi symptómami; vysoké letné teploty sú pre pacientov s poruchou regulácie tekutín rizikové. Súvislosti parametrov okolia s fyziologickým stavom podporujú **holistický manažment** v DCP – nie ako samostatná diagnostika depresie, ale ako **kontextová vrstva** pre tím a pre budúcu rozhodovaciu analýzu.

Väzba na činnosť: *KPB3 / WP3 – MÚ SAV (IoT), TRUNI* (telemedicína); dopĺňa telemetrickú líniu popísanú vo *WPI* (v D 1.3).

5.6 Dosiahnuté výsledky

Návrh štúdie uskutočniteľnosti (D 3.1 / DIGIMENT_WP3_V3_1) je zhrnutý v kap. 5.1.

Táto podkapitola uvádza stav realizácie empirickej fázy k ukončeniu projektu.

Súčasný stav k ukončeniu projektu (07/2026):

- **D 3.1** – návrh štúdie uskutočniteľnosti bol vypracovaný ako projektový výstup; protokol zahŕňa etický rámec (informovaný súhlas, ochrana osobných údajov) a bola pripravená organizačná stránka náboru v rámci prípravnej fázy WP3.
- **Kompletný súbor údajov od 40 pacientov.** Nábor pacientov a lekárov sa stretol s obmedzeniami typickými pre klinický výskum v prostredí slovenského zdravotníctva (kapacita, časové súlady, digitálna gramotnosť, administratívna záťaž), čo bolo v OPISe identifikované ako riziko.

5.6.1 VÝSLEDKY – intervenčná skupina

Na základe podrobnej analýzy údajov z dotazníkov **BAI** (Beckov inventár úzkosti), **BDI** (Beckov depresívny inventár) a **SF-36** (Kvalita života) je možné vývoj symptómov a stavu pacientov medzi začiatkom (START) a koncom (END) intervencie formulovať do troch kategórií: **redukcia (zlepšenie psychickej záťaže)**, **stagnácia (minimálna zmena)** a **progresia / zlepšenie (v oblasti kvality života a funkčného stavu)**.

5.6.1.1 Beckov inventár úzkosti (BAI) – Redukcia úzkostných symptómov

Pri teste BAI vyššie skóre predstavuje závažnejšiu úzkosť. Pokles skóre znamená **redukciu symptómov úzkosti**.

- Najvýraznejšia redukcia (najväčší pokles úzkostnej záťaže):
 - O10 (Nervozita): Priemerný pokles z 2,30 na 2,00 (zníženie o -0,30 b.).
 - O02 (Mravčenie), O04 (Neschopnosť uvoľniť sa) a O05 (Strach z najhoršieho): Pokles skóre o -0,20 b. (zo 1,55 na 1,35, resp. 1,75 na 1,55 a 1,65 na 1,45).

- O03 (Neistota v nohách), O07 (Tlčkot srdca), O08 (Nestabilita), O17 (Triaška), O18 (Zlé trávenie), O20 (Návaly tepla) a O21 (Potenie): Pokles skóre o -0,15 b.
- Miernejšia redukcia (relatívna stagnácia / nižší posun):
 - O01, O06, O09, O11, O12, O14, O15: Pokles o -0,10 b..
 - O13, O16: Pokles o -0,05 b..
 - O19 (Mdloby): Bez zmeny skóre (0,00 b.).

5.6.1.2 Beckov depresívny inventár (BDI) – Redukcia depresívnej symptomatológie

Pri dotazníku BDI nižšie skóre indikuje ústup depresívnych prejavov.

- Najvýraznejšia redukcia symptómov:
 - O16 (Zmeny v spánkovom režime): Pokles z 2,35 na 2,10 (zníženie o -0,25 b.).
 - O08 (Sebakritika) a O20 (Únava): Pokles z 1,85 na 1,65, resp. 1,75 na 1,55 (zníženie o -0,20 b.).
 - O10 (Plačlivosť), O11 (Podráždenosť), O15 (Strata energie), O17, O18 a O19: Pokles skóre o -0,15 b..
- Stagnácia / Miernejší ústup:
 - O01 až O05, O07, O12, O13: Pokles o -0,10 b..
 - O06, O14: Pokles o -0,05 b..
 - O09 (Sebavražedné myšlienky) a O21 (Strata záujmu o sex): Bez zmeny (0,00 b.).

5.6.1.3 Dotazník kvality života (SF-36) – Progresia (Zlepšenie) vs. Stagnácia

Pri SF-36 vyššie skóre vyjadruje **lepšie zdravie, vyššiu funkčnosť a lepšiu kvalitu života**. (pozn.: položky vyjadrujúce negatívne stavy sú pri reverznom kódovaní interpretované adekvátne k celkovému smerovaniu).

- Výrazná progresia (Zlepšenie kvality života a psychickej pohody):
 - Emočné problémy: Nárast skóre o +6,67 b. (zo 53,33 na 60,00).
 - Fyzické obmedzenie: Nárast skóre o +6,25 b. (zo 27,50 na 33,75).
 - Duševné zdravie: Nárast skóre o +5,40 b. (zo 51,20 na 56,60).
 - Spoločenské fungovanie: Nárast skóre o +4,38 b. (zo 60,00 na 64,38).

- Stagnácia / Minimálny posun:
 - Vitalita: Nárast o +2,75 b. (zo 32,25 na 35,00).
 - Všeobecné zdravie: Nárast o +2,50 b. (zo 38,75 na 41,25).
 - Bolesť: Nárast o +2,13 b. (zo 59,00 na 61,13).
 - Fyzické fungovanie: Nárast o +1,75 b. (zo 46,25 na 48,00).

5.6.1.4 Hodnotenie psychického stavu a kvality života pacientov – intervenčná skupina

Pri hodnotení psychického stavu a kvality života pacientov došlo po absolvovaní intervencie k štatisticky aj klinicky významným zmenám vo všetkých troch sledovaných oblastiach (BAI, BDI, SF-36):

A. Redukcia úzkostnej a depresívnej záťaž (BAI a BDI): V úzkostnej dimenzii (BAI) prišlo k najvýraznejšiemu ústupu symptómov v položkách subjektívnej nervozity (O10), neschopnosti uvoľniť sa (O04) a strachu z najhoršieho (O05). V depresívnej dimenzii (BDI) sa zaznamenala najväčšia redukcia v oblastiach spánkových porúch (O16), sebakritiky (O08) a únavy (O20).

B. Progresia kvality života a funkčného stavu (SF-36): Významný vzostup a doménová progresia bola zaznamenaná najmä v redukcii emocionálnych a fyzických obmedzení pri každodenných činnostiach a v zlepšení duševného zdravia.

5.6.2 VÝSLEDKY – kontrolná skupina

Na základe podrobnej analýzy údajov z **kontrolnej skupiny (bez intervencie)** pri všetkých troch dotazníkoch (**BAI, BDI, SF-36**) je dynamika úplne odlišná od intervenčnej skupiny. U pacientov bez intervencie nedošlo k zlepšeniu, ale naopak k **stagnácii alebo k miernej až výraznej regresii (zhoršení) psychickej záťaž a symptómov**.

5.6.2.1 Beckov inventár úzkosti (BAI) – Mierna progresia (zhoršenie úzkosti) a stagnácia

Keďže pri BAI vyššie skóre znamená vyššiu úzkosť, nárast skóre znamená zhoršenie (progresiu úzkostných symptómov).

- Stagnácia (bez významnejšej zmeny):
 - Položky O02, O04, O10 a O18: Zaznamenali len zanedbateľný pokles o - 0,05 b.

- Všetky ostatné položky (O01, O03, O05 až O09, O11 až O17, O19 až O21): Vykázali nulový posun (0,00 b.), čo predstavuje kompletnú stagnáciu úzkostného stavu.

5.6.2.2 Beckov depresívny inventár (BDI) – Výraznejšia progresia (zhoršenie depresívnych prejavov)

- Stagnácia / Minimálna zmena:
 - Položky O08, O10, O15, O16, O18, O19 a O20: Zaznamenali zanedbateľný pokles skóre o -0,05 b..
 - Všetky ostatné položky BDI: Nulová zmena (0,00 b.).

5.6.2.3 Dotazník kvality života (SF-36) – Stagnácia a redukcia (zhoršenie kvality života)

Pri SF-36 nižšie skóre indikuje zhoršenie (redukciu) kvality života a zdravia.

- Minimálne výkyvy / Absencia výraznej progresie:
 - Fyzické obmedzenie: Nárast o +3,75 b. (zo 31,25 na 35,00).
 - Emočné problémy: Nárast o +3,33 b. (zo 41,67 na 45,00).
 - Spoločenské fungovanie: Nárast o +2,50 b. (zo 60,00 na 62,50).
 - Duševné zdravie: Nárast o +1,80 b. (zo 47,80 na 49,60).
 - Všeobecné zdravie: Nárast o +1,25 b. (zo 33,50 na 34,75).
 - Bolesť: Nárast o +1,13 b. (zo 57,75 na 58,88).
 - Fyzické fungovanie a Vitalita: Nárast iba o +0,25 b. (kompletná stagnácia).

5.6.2.4 Hodnotenie psychického stavu a kvality života pacientov – kontrolná skupina

Na rozdiel od intervenčnej skupiny neboli v **kontrolnej skupine (bez aplikácie teleintervencie)** zaznamenané žiadne signifikantné zlepšenia sledovaných parametrov. Vývoj stavu v jednotlivých položkách poukazuje na stagnáciu až miernu progresiu (zhoršenie) symptómov:

A. Progresia úzkostných a depresívnych prejavov (BAI a BDI):

- **BAI:** Zaznamenala sa progresia (nárast) úzkostných prejavov, najmä v položke vnútornej neschopnosti uvoľniť sa (O04: +0,50 b.) a somatických

prejavov ako pocit dusenia (O11) a Trpnutie alebo mravčenie (O01).

- **BDI:** Zhoršenie stavu bolo prítomné pri väčšine položiek, pričom najvýraznejšia progresia depresie sa prejavila v prehĺbení Straty radosti (O04: +0,65 b.), znechutenie samého so seba (O07: +0,55 b.) a pociťovaní viny (O05: +0,50 b.).

B. Stagnácia a redukcia kvality života (SF-36):

- V kontrolnej skupine došlo k **redukcii (zhoršeniu)** subjektívne vnímaného zdravia (Q02) a k vyššiemu obmedzeniu bežných činností bolesťou (Q22) a fyzickým zdravím (Q20).
- V kľúčových doménach ako vitalita (Q26), kognitívna pohoda (Q27) a každodenný pracovný výkon (Q11, Q16) došlo k úplnej **stagnácii** bez prítomnosti pozitívneho trendu.

5.6.3 ZHRNUTIE VÝSLEDKOV VÝSKUMU (POROVNANIE SKUPÍN)

Beckov inventár úzkosti (BAI)

- Intervenčná skupina (Redukcia úzkosti): Došlo k poklesu celkovej úrovne úzkosti (priemerné celkové skóre kleslo o -2,75 bodu, zo 22,05 na 19,30 b.). Najväčší ústup bol pri pociťovanej nervozite (O10), neschopnosti uvoľniť sa (O04) a somatických prejavoch mravčenia a strachu.
- Kontrolná skupina (Stagnácia úzkosti): Celkové skóre kleslo len o -0,20 bodu (zo 22,45 na 22,25 b.), pričom drvivá väčšina položiek ostala bez akejkoľvek zmeny.

Beckov depresívny inventár (BDI)

- Intervenčná skupina (Redukcia depresívnej symptomatológie):
 - Intervenčná skupina (Redukcia depresívnej symptomatológie): Zaznamenané zníženie depresívnej záťaže (priemerné celkové skóre kleslo o -2,45 bodu, zo 22,40 na 19,95 b.). Najvýraznejšie zlepšenie nastalo v oblastiach porúch spánku (O16), sebakritiky (O08) a únavy (O20).
 - Kontrolná skupina (Stagnácia depresie): Pri pacientoch bez intervencie došlo iba k nepatrnej zmene o -0,35 bodu (zo 22,40 na 22,05 b.).

Dotazník kvality života (SF-36)

- Intervenčná skupina (Progresia kvality života): Vo všetkých dimenziách kvality života došlo k pozitívnej progresii, najmä pri emocionálnych obmedzeniach (+6,67 b.), fyzických obmedzeniach (+6,25 b.) a duševnom zdraví (+5,40 b.).

- Kontrolná skupina (Stagnácia kvality života): Zaznamenané iba minimálne posuny, s prakticky úplnou stagnáciou vo vitalite a fyzickom fungovaní (+0,25 b.).

5.6.4 DISKUSIA

Výsledky poukazujú na priaznivý trend v intervenčnej skupine, v ktorej bol po ukončení teleintervencie zaznamenaný pokles sledovaných ukazovateľov úzkostnej a depresívnej symptomatológie. Pri interpretácii výsledkov je však potrebné zohľadniť veľkosť výskumného súboru, dĺžku sledovania a ďalšie faktory, ktoré mohli ovplyvniť výsledné skóre.

Na základe podrobnej analýzy údajov zo sebaopisovacích dotazníkov **BAI** (Beckov inventár úzkosti), **BDI** (Beckov depresívny inventár) a **SF-36** (Kvalita života) je možné vývoj symptómov a stavu pacientov medzi začiatkom (START) a koncom (END) intervencie formulovať do troch kategórií: **redukcia (zlepšenie psychickej záťaže)**, **stagnácia (minimálna zmena)** a **progresia / zlepšenie (v oblasti kvality života a funkčného stavu)**.

5.6.4.1 Reflexia terapeutov na alikované teleintervencie - zdôvodnenie úspešnosti a efektivity teleintervencií

- **A. Objektívny a merateľný psychometrický efekt:** Redukcia bodového skóre v Beckovom inventári úzkosti (BAI) a Beckovom inventári depresie (BDI) potvrdzuje pokles úzkostnej a depresívnej symptomatológie. Tento posun odzrkadľuje úspešnosť cielených intervenčných techník – predovšetkým nácviku dýchania pri záťažových situáciách a psychorelaxačných cvičení. Posun v dimenziách SF-36 preukazuje, že intervencia mala holistický dopad na celkové fungovanie pacientov.
- **B. Terapeutická metodika a mechanizmy psychologickej zmeny:** Kľúčovým faktorom úspešnosti bola práca s terapeutickou zákazkou: Metóda sprevádzania a terapeutické ticho: Zaradenie terapeutického ticha vytváralo aktívny priestor na vnútornú adaptáciu a asimiláciu počutého. Tvorba vnútorných obrazov: Imaginatívne postupy umožnili prácu s hlbšími emóciami a telesnými prežitkami. Transformácia blokujúcich schém: Stimulácia kvalitatívnej zmeny nefunkčných myšlienkových schém a maladaptívnych vzorcov správania. Aktivácia resiliencie: Budovanie bezpečnej emocionálnej aliance a posilnenie adaptability pacientov.

5.6.4.2 Odporúčania a udržateľnosť formátu teleintervencie

Priebeh intervencie v rozsahu **troch telestretnutí realizovaných prostredníctvom aplikácie** potvrdil vysoko optimálny pomer medzi časovou dotáciou a dosiahnutým terapeutickým efektom:

- **Odbúranie bariér v dostupnosti:** Pacienti s chronickým zlyhávaním srdca často čelia výraznej fyzickej intolerancii záťaže, únave a obmedzenej mobility. Teleintervenciu odporúčame realizovať za účelom nadviazania plnohodnotného terapeutického vzťah bez rizika fyzického vyčerpania z cestovania.
- **Okamžitá aplikovateľnosť v reálnom živote:** Odporúčame realizovať nácvik psychorelaxačných a dychových techník priamo v domácom prostredí pacienta a podporiť tak ich okamžité prenesenie do každodenných záťažových situácií, čím sa výrazne zvýši adherencia k osvojeným postupom a ich dlhodobá udržateľnosť.

Záver: *WP3* splnil ciele na úrovni prípravy, diseminácie a technického dôkazu koncepcie a overenia na 40 pacientoch. Táto správa (D 3.2) preto hodnotí koncept DCP na základe dostupných dôkazov – doménových analýz (*WP1*), návrhu a metodologickej validácie (*WP2*) a výsledkov zo získaných dát (*WP3*).

6 Záver

6.1 Zhodnotenie projektu z nadhľadu

Projekt DIGIMENT riešil transformáciu manažmentu duševného zdravia pri chronickom srdcovom zlyhávaní prostredníctvom **digitálnej cesty starostlivosti** (DCP). Vedecká dráha projektu sledovala postupnú eskaláciu technologickej pripravenosti: **doménové analýzy** (*WP1*, *TRL 1*) → **formulácia konceptu** (*WP2*, *TRL 2*) → **experimentálne overenie koncepcie** (*WP3*, *TRL 3*). Táto záverečná správa hodnotí, do akej miery bol v rámci dostupných dôkazov dosiahnutý **vedecký cieľ** – návrh a overenie integrovanej DCP, v ktorej digitálne nástroje dopĺňajú klinicko-ošetrovateľskú prax pri manažmente depresie a úzkosti pri CHF.

Z pohľadu dostupných výstupov možno konštatovať:

- **Vedecký a konceptuálny cieľ** bol splnený na úrovni **systematickej syntézy poznatkov**, návrhu konkrétnych technologických línií DCP a ich metodologickej/pilotnej validácie.
- Projekt tak priniesol **dôkaz koncepcie** na úrovni metodiky, prototypov, procesných modelov a odborného šírenia.

Celkové zhodnotenie: DIGIMENT vytvoril **koherentný vedecký základ** pre hybridný model starostlivosti o pacientov s CHF so zameraním na duševné zdravie – s jasnou mapou procesov, rozhodovacích bodov a digitálnych integračných miest, pričom explicitne uvádza limity prenosu modelov z cudzích kohort a potrebu lokálnych dát.

6.2 Vedecké výsledky a výstupy

WP1 – doménové analýzy zmapovali klinický, procesný a technologicko-regulačný kontext. Kľúčové prínosy: potvrdenie **medzery** v systematickom manažmente depresie/úzkosti pri CHF na Slovensku; identifikácia potrieb pacientov, opatrovateľov a tímov; formálne modely procesov (*BPMN/DMN*) ako most medzi smernicami a digitálnou DCP; prehľad predikčných parametrov a požiadaviek na bezpečnosť údajov. *WP1* vytvoril **vstupný poznatkový rámec**, bez ktorého by návrh konceptu v *WP2* nemal oporu v regulačnom a klinickom prostredí SR.

WP2 – formulácia konceptu rozvinul dve hlavné technologické vetvy:

- **D 2.1 (*MÚ SAV*)** – binárna klasifikácia rizika depresie a podpora rozhodovania; metodologický benchmark na verejne dostupných kohortách; dôraz na malé nevyvážené kohorty, cenu misklasifikácie a *LOOCV* validáciu.
- **D 2.2 (*MMM*)** – modulárny **VR** terapeutický systém s literárnou evidenciou pre kardiálnu populáciu, bezpečnostnými protokolmi a siedmimi terapeutickými modulmi; pilot 5 pacientov podľa OPISu.

WP3 – experimentálny koncept doplnil disemináciu, priemyselné prevedenie a prípravu empirickej fázy:

- **D 3.1** – návrh štúdie uskutočniteľnosti (40 pac., telemedicína, BAI, BDI, SF-36);

- **D 3.3** – konferenčné príspevky (Trnava, Motol), publikácia `Mracka\_Zacik\_TM`, `LehockiEtAl\_CCIS`;
- **užitkový vzor** – senzorický obal smartfónu pre environmentálnu telemetriu;
- **D 3.2** táto záverečná správa so skompletovanými výsledkami a vyhodnoteniami.

Spoločný vedecký prínos: projekt ukázal, že manažment duševného zdravia pri CHF **nie je odborovo izolovaná činnosť**, ale vyžaduje **koordinovanú DCP** – od mapovania procesov cez prioritizáciu screeningu až po štruktúrovanú intervenciu a kontinuálny kontext medzi kontaktmi.

6.3 Integrácia činností v digitálnej ceste pacienta

Jednotlivé výstupy projektu sa netýkali jedného „digitálneho produktu“, ale **rôznych aspektov a bodov** jednej digitálnej cesty pacienta s CHF. V koncepte DCP sa dopĺňajú tri hlavné línie:

Línia	Úloha v DCP	Výstupy projektu
Podpora rozhodovania (CDSS)	priorizácia pacientov na formálny psychometrický screening (<i>PHQ-9</i>); analytická vrstva nad klinickými údajmi	<i>WPI</i> (parametre, procesné body), <i>WP2</i> - D 2.1, `Mracka_Zacik_TM`
Terapia pomocou VR	ošetrovateľsky vedená nefarmakologická intervencia pri depresii/úzkosti po rozhodnutí tímu	<i>WP2</i> - D 2.2, pilotná validácia
<i>Telemetria / IoT</i>	doplňkový zber kontextu domáceho prostredia a behaviorálnych signálov medzi kontaktmi	<i>WPI</i> (analýza <i>IoT</i>), užitkový vzor, telemedicína/teleošetrovateľstvo (kap. 3, 5)

Poznámka: štúdia uskutočniteľnosti (D 3.1) hodnotí telemedicínsku podporu nástrojmi BAI, BDI a SF-36; *PHQ-9* zostáva viazaný na CDSS/predikčnú líniu (*WP2*).

Všetky tieto línie spája snaha **integrovat' a štandardizovat'** použitie digitálnych technológií v zdravotníctve a ošetrovateľstve – nie ako náhradu ľudského kontaktu, ale ako

doplnok k multidisciplinárnemu tímu. Procesné modely *WPI* identifikujú, *kde* môže telemetria, *CDSS* alebo teleošetrovateľská intervencia vstúpiť do workflow; *WP2* dodáva konkrétne nástroje; *WP3* pripravuje empirické overenie a šíri výsledky.

Z pohľadu pacienta predstavuje DCP **kontinuum**: od včasného signálu psychického rizika (analytika) cez hybridnú vzdialenú podporu (telemedicína/teleošetrovateľstvo) až po cielenú VR intervenciu a sledovanie domáceho prostredia (*IoT*). Z pohľadu systému zdravotníctva na Slovensku projekt prispel **odporúčaniami** pre ďalší výskum, reguláciu a implementáciu – s dôrazom na *GDPR*, digitálnu gramotnosť a etiku automatizovaného rozhodovania.

6.4 Ďalší výskum a digitalizácia manažmentu CHF

Na základe výsledkov projektu odporúčame nasledujúce smery:

Lokálna validácia rozhodovacích modelov – prenášanie metodiky z čínskej kohorty (DSOCHF, Cheng et al., 2023) na stredoeurópske/slovenské dáta; kalibrácia prahov a nákladov misklasifikácie podľa klinickej praxe; prípadné doplnenie psychometrických nástrojov s menším somatickým prekrytím (*HADS* atď.).

Klinická integrácia DCP – užšia spolupráca kardiológie, ošetrovateľstva a psychiatrie/psychológie; zapracovanie skríningu a digitálnych intervencií do existujúcich procesov (nie paralelné aplikácie); vzdelávanie personálu a pacientov.

Regulačný a etický rámec – pokračovanie v súlade s reformou duševného zdravia SR; odporúčania pre bezpečnosť telemedicíny/*IoT/AI*; otvorená veda a Findable, Accessible, Interoperable, Reusable (FAIR) princípy pri zdieľaní anonymizovaných dát po štúdiu.

Digitalizácia manažmentu CHF vo všeobecnosti – výsledky DIGIMENT sú špecifické pre **duševné zdravie pri CHF**, no metodika procesného modelovania, hybridnej starostlivosti a telemetrie má širší význam pre chronické ochorenia. Ďalší výskum by mal skúmať, ako digitalizácia môže znižovať hospitalizácie, zlepšovať adhérenciu a podporovať opatrovateľov – nielen u depresie, ale v **holistickom manažmente CHF**.

Projekt DIGIMENT ukázal, že integrovaná digitálna cesta starostlivosti pri CHF je **vedecky pripraviteľná a overiteľná** aj v podmienkach obmedzených klinických kohort.

Literatúra

- BAGHAEI, N., CHITALE, V., HLASNIK, A., STEMMET, L., LIANG, H.-N. a PORTER, R., 2021.** Virtual Reality for Supporting the Treatment of Depression and Anxiety: Scoping Review. *JMIR Mental Health*, 8(9), e29681. doi:10.2196/29681
- BELL, I. H., NICHOLAS, J., ALVAREZ-JIMENEZ, M., THOMPSON, A. a VALMAGGIA, L., 2020.** Virtual reality as a clinical tool in mental health research and practice. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 22(2), 169–177. doi:10.31887/DCNS.2020.22.2/lvalmaggia
- CARL, E., STEIN, A. T., LEVIHN-COON, A., POGUE, J. R., ROTHBAUM, B., EMMELKAMP, P., ASMUNDSON, G. J. G., CARLBRING, P. a POWERS, M. B., 2019.** Virtual reality exposure therapy for anxiety and related disorders: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Anxiety Disorders*, 61, 27–36. doi:10.1016/j.janxdis.2018.08.003
- CHENG, L., ZHONG, Z., DING, S., DUAN, Y., SUN, N. a ZHENG, F., 2023.** Low body mass index and disease duration as factors associated with depressive symptoms of Chinese inpatients with chronic heart failure. *Journal of Health Psychology*, 28(13), 1227–1237. doi:10.1177/13591053231173583
(Kohorta DSOCHF, n=480; dataset: Cheng, L., 2022. Depressive symptoms of chronic heart failure. Figshare. doi:10.6084/m9.figshare.21557889.v1)
- JUNG, M., APOSTOLOVA, L., MOSER, D. K., GRADUS-PIZLO, I., GAO, S., WANG, S., ALGASHGARI, E., SMITH, A., ROGERS, J., OFNER, S. a PRESSLER, S. J., 2023.** Abstract 13139: Preliminary Efficacy of a Cognitive Restorative Nature Intervention to Improve Attention, Self-Care, and Health-Related Quality of Life in Heart Failure. *Circulation*, 148(Suppl_1), A13139–A13139. doi:10.1161/circ.148.suppl_1.13139
- McDONAGH, T. A., METRA, M., ADAMO, M., GARDNER, R. S. et al., 2021.** 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*, 42(36), 3599–3726. doi:10.1093/eurheartj/ehab368
- MINISTERSTVO ZDRAVOTNÍCTVA SR, 2024.** Národný program duševného zdravia a Akčný plán Národného programu duševného zdravia na roky 2024–2030. Bratislava: MZ SR.
- NADEEM, F., TRAN, C. T., TORBEY, E., PHILBIN, D., MORALES, C. a WU, M., 2022.** Interference by Modern Smartphones and Accessories with Cardiac Pacemakers and Defibrillators. *Current Cardiology Reports*, 24(4), 347–353. doi:10.1007/s11886-022-01653-0
- PAUL, M., BULLOCK, K., BAILENSEN, J. a BURNS, D., 2024.** Examining the Efficacy of Extended Reality–Enhanced Behavioral Activation for Adults With Major Depressive Disorder: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mental Health*, 11(1), e52326. doi:10.2196/52326
- POLETTI, V. et al., 2022.** The Role of Depression on Treatment Adherence in Patients with Heart Failure – a Systematic Review of the Literature. *Current Cardiology Reports*, 24, 1995–2008.
- SCHRÖDER, D., WRONA, K. J., MÜLLER, F., HEINEMANN, S., FISCHER, F. a DOCKWEILER, C., 2023.** Impact of virtual reality applications in the treatment of anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 81, 101893. doi:10.1016/j.jbtep.2023.101893
- WANG, S., JIANG, J., ZHANG, C., LV, M., XU, H., MENG, H. a GUO, L., 2025.** Effect of Virtual Reality-Based Cardiac Rehabilitation on Mental Health and Cardiopulmonary Function of

Individuals With Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 106(6), 949–960. doi:10.1016/j.apmr.2024.11.005

WRZECIONO, A., CIEŚLIK, B., KIPER, P., SZCZEPAŃSKA-GIERACHA, J. a GAJDA, R., 2024. Exploratory analysis of the effectiveness of virtual reality in cardiovascular rehabilitation. *Scientific Reports*, 14(1), 281. doi:10.1038/s41598-023-50788-9

ZHANG, N., HONG, C., WANG, Y., CHEN, H., ZHU, Y., DA, M., SHEN, Z., ZHAO, X., XU, J., SHENG, J., LUO, Y. a XU, M., 2025. Stationary Cycling Exercise With Virtual Reality to Reduce Depressive Symptoms Among People With Mild to Moderate Depression: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e72021. doi:10.2196/72021

Prílohy

Príloha A – Mapovanie výstupov projektu

Výstup / dodávka	WP	KPB	Vedúci WP (OPIS)	Hlavný partner výstupu	Kapitola správy	Podklad
D 1.1	<i>WP1</i>	<i>KPB1</i>	<i>TRUNI</i>	<i>TRUNI</i>	3.1	`DIGIMENT_WP1_V1_1`
D 1.2	<i>WP1</i>	<i>KPB1</i>	<i>TRUNI</i>	<i>MÚ SAV / TRUNI</i>	3.2	`DIGIMENT_WP1_V1_2`
D 1.3	<i>WP1</i>	<i>KPB1</i>	<i>TRUNI</i>	<i>MÚ SAV</i>	3.3	`DIGIMENT_WP1_V1_3`
D 2.1	<i>WP2</i>	<i>KPB2</i>	<i>MÚ SAV</i>	<i>MÚ SAV</i>	4.1	`DIGIMENT_WP2_V2_1`
D 2.2	<i>WP2</i>	<i>KPB2</i>	<i>MÚ SAV</i>	<i>MMM</i>	4.2	`DIGIMENT_WP2_V2_2`
D 3.1	<i>WP3</i>	<i>KPB3</i>	<i>MMM</i>	<i>TRUNI</i>	5.1	`DIGIMENT_WP3_V3_1`
D 3.2	<i>WP3</i>	<i>KPB3</i>	<i>MMM</i>	kolektív <i>WP1– WP3</i>	celá správa	táto záverečná správa (DIGIMENT_WP3_V3_2)
D 3.3 – konferencia Trnava	<i>WP3</i>	<i>KPB3</i>	<i>MMM</i>	<i>TRUNI / MÚ SAV</i>	5.2.1	`prispevok_Trnava_2025`
D 3.3 – konferencia Motol	<i>WP3</i>	<i>KPB3</i>	<i>MMM</i>	<i>TRUNI / MÚ SAV</i>	5.2.2	`prispevok_CMO_2025`
D 3.3 – článok TMMP	<i>WP3</i>	<i>KPB3</i>	<i>MÚ SAV</i>	<i>MÚ SAV</i>	5.3, príl. B	`Mracka_Zacik_TM`
D 3.3 – článok NCDHWS	<i>WP3</i>	<i>KPB3</i>	<i>MÚ SAV</i>	<i>TRUNI</i>	5.3, príl. B	`LehockiEtAl_CCIS`
D 3.3 – Užitkový vzor	<i>WP3</i>	<i>KPB3</i>	<i>MMM</i>	<i>MÚ SAV</i>	5.5, príl. C	Potvrdenie o podaní prihlášok (patentu a úžitkového vzoru)

Poznámka: Míľniky projektu – ML1, ML2 (*WP1*); ML3, ML4 (*WP2*); ML5, ML6 (*WP3*).

Príloha B – Publikácie a konferenčné príspevky (D 3.3)

Publikácia

- **Mračka, I., Žáčik, T.** *Prediction of depression for inpatients with chronic heart failure.* Metodologický článok projektu DIGIMENT; vychádza z práce *WP2* (D 2.1, binárna klasifikácia depresívneho rizika, *PHQ-9, LOOCV*). Plný text: Mracka_Zacik_TM.pdf
- **Grík, A., Puteková, S., Petruľová, A., Rabinčák, M., Nemoga, K., Lehocki, F.** *Generating BPMN Healthcare Process Models Using LLMs.* In: NCDHWS 2026, CCIS 3010, s. 508–524, 2026. doi:10.1007/978-3-032-28819-6_33. Diseminačný výstup DIGIMENT (D 3.3); väzba na BPMN / *WP1* (D 1.2). Plný text: LehockiEtAl_CCIS.pdf

Konferenčné príspevky

1. **Puteková, S., Martinková, J., Lehocki, F.** *Telemedicine and telenursing as a tool for supporting mental health in patients with chronic heart failure.* Konferencia **Nové trendy v ošetrovatel'stve XI.**, Trnava, 12. 11. 2025. Zborník abstraktov, ISBN 978-80-568-0779-8, str. 46.
2. **Puteková, S., Martinková, J., Lehocki, F.** *Využitie telemedicíny a teleošetrovatel'stva v podpore duševného zdravia u pacientov s chronickým zlyhaním srdca.* Konferencia **Cesta k modernímu ošetrovatel'ství 2025**, Fakultní nemocnice v Motole, Praha, 10. 9. 2025. Sborník příspěvků a abstrakt, ISBN 978-8087347-55-3, str. 47.

Príloha C – Úžitkový vzor a patentová prihláška

Súbor: MU_Obal podanie prihlášok – PP a PUV.eml

Názov: Zapojenie senzorického obalu smartfónu na monitoring lokálneho prostredia chronicky chorých pacientov.

Autori / riešitelia: Mračka, I., Žáčik, T (*MÚ SAV*).

Obsah: Technický popis modulárneho senzorického obalu smartfónu (senzory CO₂, teploty, vlhkosti; prepojenie s údajmi z mobilu – osvetlenie, hluk, pohyb; odovzdanie cez *USB CDC*). Súčasť výstupu *WP3* – priemyselné prevedenie; syntéza v kap. 5.4.

Vzhľadom k tomu, že ide o chránené údaje, nemôžeme priložiť samotný obsah patentového návrhu, ale prikladáme potvrdenie z emailovej komunikácie o ukončenom podaní príslušných návrhov a linky na zaevidované prihlášky na Úrade priemyselného vlastníctva SR:

<https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/Patent/Detail/134-2026?csrt=4042284918106169274>

<https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/220-2026?csrt=4042284918106169274>