

## **Tehnilise valmisoleku taseme määratlemine projektides / Determining level of technical preparedness in projects**

### Sisukord / Table of contents

- 1 E-tervis / E-health
- 3 Ravimite arendus / Drug development
- 4 Meditsiiniseadmed / Medical devices
- 5 Õhuruum ja lennundus / Aerospace & Aviation
- 6 Põllumajandus- ja toiduainetehnoloogia / Agricultural & Food Technologies
- 7 Robotika ja autonoomsed süsteemid / Robotics & Autonomous Systems
- 8 Lisandtootmine ja täiustatud materjalid / Additive Manufacturing & Advanced Materials
- 9 Tehisaru ja masinõpe / Artificial Intelligence & Machine Learning
- 10 Küberturvalisus / Cybersecurity
- 11 Energiatehnoloogiad / Energy Technologies
- 12 Biotehnoloogia ja bioinseneria / Biotechnology & Bioengineering

### **E-tervis / E-health**

1	Idee tuvastatud ja esmased kirjanduse uuringud läbi viidud; potentsiaalne kasutusviis sõnastatud.	Idea identified and preliminary literature review completed; potential use case formulated.
2	Kontseptsioon ja tehnilised lahendused määratletud; esmane vajaduste ja kasutajate uuring teostatud.	Concept and technical solutions defined; initial needs and user research completed.
3	Funktsionaalse kontseptsiooni tõestus laboratoorses tingimustes; prototüübi komponendid testitud piiratud andmetega.	Proof of functional concept in laboratory conditions; prototype components tested with limited data.
4	Laboratoorses keskkonnas valideeritud süsteemi prototüüp; integratsioon ja esmane tehniline arhitektuur määratletud.	Prototype of system validated in laboratory environment; integration and initial technical architecture defined.
5	Reaalseid olukordi simuleerivas keskkonnas valideeritud prototüüp; algab integratsioon olemasolevate infosüsteemidega.	Prototype validated in environment simulating real-world conditions; integration with existing information systems begins.
6	Süsteemi prototüübi demonstreerimine realistlikus lõppkasutajakeskkonnas; tehniline teostatavus täielikult tõestatud.	Demonstration of system prototype in realistic end-user environment; technical feasibility fully proven.
7	Süsteemi toimimine tõendatud reaalses operatiivses keskkonnas; suurem osa vigadest eemaldatud ja piiratud dokumentatsioon olemas.	System operation proven in actual operational environment; majority of bugs resolved with limited documentation available.

Süsteem on lõplikus operatiivses keskkonnas  
8 testitud ja optimeeritud; täielik dokumentatsioon  
ja koolitusmaterjalid olemas.

System tested and optimized in final  
operational environment; complete  
documentation and training materials  
available.

Süsteem täismahus töökeskkonnas rakendatud  
9 ja tõestatud; stabiilne toimimine ja  
lõppkasutajate täielik rahulolu tagatud.

System fully implemented and validated  
in full-scale operational environment;  
stable operation and complete end-user  
satisfaction assured.

## Ravimite arendus / Drug development

1	Ravimi kontseptsiooni alusuuringud ja võimalikud kasutusvaldkonnad identifitseeritud.	Basic research of drug concept and potential application areas identified.
2	Teoreetiline kontseptsioon formuleeritud; esmane patendiuring teostatud.	Theoretical concept formulated; initial patent search conducted.
3	Aktiivne toimeaine laboratoorselt tõestatud; esmased farmakoloogilised katsed läbi viidud.	Active substance validated in laboratory; initial pharmacological tests completed.
4	Ravimi kontseptsioon valideeritud laboritingimustes; esmane farmakokineetika ja farmakodünaamika uuritud.	Drug concept validated in laboratory conditions; initial pharmacokinetics and pharmacodynamics investigated.
5	Prekliinilised katsed (in vitro ja loomkatsed) edukalt läbi viidud; alustatakse skaleerimist ja valmistamist kliinilisteks katseteks.	Preclinical trials (in vitro and animal studies) successfully conducted; scaling and preparation for clinical trials initiated.
6	Kliinilised uuringud algatatud (I faas); ravimi ohutus ja esmane tõhusus kinnitatud piiratud arvul inimestel.	Clinical trials initiated (Phase I); drug safety and initial efficacy confirmed in a limited number of humans.
7	Kliinilised uuringud (II faas); optimaalse doosi ja raviskeemi määramine.	Clinical trials (Phase II); optimal dose and treatment regimen determined.
8	Laiendatud kliinilised uuringud (III faas) lõpetatud; ravimi ohutus, efektiivsus ja tootmisprotsess valideeritud.	Extended clinical trials (Phase III) completed; drug safety, efficacy, and manufacturing process validated.
9	Ravim turul saadaval ja täismahus tootmine käivitatud; pidev järelvalve ja kvaliteedikontroll tagatud.	Drug available on the market and full-scale production initiated; continuous monitoring and quality control assured.

## **Meditsiiniseadmed / Medical devices**

1	Seadme idee ja kasutusvõimalused selgitatud; kirjanduse ülevaade koostatud.	Device idea and usage options clarified; literature review conducted.
2	Seadme kontseptsioon ja tehnilised nõuded määratletud; esmased disainilahendused olemas.	Device concept and technical requirements defined; initial design solutions available.
3	Laboratoorselt tõestatud seadme tööpõhimõte; esmane ohutuse ja tõhususe analüüs tehtud.	Device operating principle proven in laboratory; initial safety and efficacy analysis performed.
4	Esmane seadme prototüüp laboratoorses keskkonnas testitud; esmane seadme arhitektuur ja materjalid määratletud.	Initial device prototype tested in laboratory environment; initial device architecture and materials defined.
5	Seadme prototüüp valideeritud simuleeritud meditsiinilises keskkonnas; regulatiivne esmane nõuete analüüs teostatud.	Device prototype validated in simulated medical environment; initial regulatory requirements analysis conducted.
6	Seadme prototüüpi demonstreeritud tegelikus meditsiinikeskkonnas piiratud patsientidega; kliinilised uuringud planeeritud.	Device prototype demonstrated in actual medical environment with limited patients; clinical trials planned.
7	Seade testitud tegelikes kliinilistes tingimustes; seadme ohutus ja tõhusus dokumenteeritud.	Device tested in real clinical conditions; device safety and efficacy documented.
8	Seadme lõplik disain ja tootmisprotsess optimeeritud; kliinilised testid edukalt lõpetatud.	Device final design and manufacturing process optimized; clinical tests successfully completed.
9	Seade turul saadaval ja regulatiivsete nõuete kohaselt täielikult heaks kiidetud; pidev seire ja kvaliteedi tagamine korraldatud.	Device available on the market and fully approved according to regulatory requirements; continuous monitoring and quality assurance organized.

## Lennundus / Aerospace & Aviation

1	Lendavate süsteemide ja nende komponentide kontseptuaalne uurimine; määratletud on aerodünaamilised ja jõuallikaga seotud väljakutsed.	Conceptual study of flight systems and components; aerodynamic and propulsion-related challenges identified.
2	Süsteemi arhitektuuri ja alamsüsteemide kontseptsioonid määratletud, sealhulgas juhtimissüsteemid ja aerostruktuurid.	System architecture and subsystem concepts defined, including control systems and aerostructures.
3	Katsemudelid ja alamsüsteemid konstrueeritud ja testitud laboris; läbi viidud esmased tuuletunneli testid ja materjalikatsetused.	Test models and subsystems built and tested in lab; initial wind tunnel tests and material evaluations performed.
4	Integreeritud komponentide testimine kontrollitud tingimustes, keskendudes süsteemi koostalitlusvõimele ja ohutusele.	Integrated components tested under controlled conditions, focusing on interoperability and safety.
5	Süsteemi funktsioonid demonstreeritud prototüübis, sealhulgas sensorid, navigatsioon ja suhtlus.	System functions demonstrated in prototype, including sensors, navigation, and communication.
6	Süsteemi katsetamine simuleeritud lennutingimustes, sealhulgas lennuplaani täitmine ja häireolukordade testimine.	System tested in simulated flight conditions, including mission execution and failure handling.
7	Süsteemi demonstratsioon tegelikus lennukeskkonnas; operatiivne keskkond võimaldab realistlikku jõudlushinnangut.	System demonstrated in actual aviation environment; operational context enables realistic performance evaluation.
8	Süsteemi täielik funktsionaalsus kinnitatud reaalses lendudes, sealhulgas sertifitseerimiseelse testimisprotsessiga.	Full system functionality confirmed in real flights, including pre-certification testing.
9	Süsteem sertifitseeritud ja laialdaselt kasutusel kommerts- või kaitselahendustes, hooldusskeemid kehtestatud.	System certified and widely used in commercial or defense applications; maintenance protocols established.

## Põllumajandus- ja toiduainetehnoloogia / Agricultural & Food Technologies

1 Põllumajanduse ja toidutehnoloogia teaduslikud alusuuringud alustatud; potentsiaalne mõju tootlikkusele ja toiduohutusele hinnatud.	Foundational research in agriculture and food tech initiated; impact on productivity and food safety assessed.
2 Teoreetilised mudelid ja põhilised kasutusvaldkonnad määratletud; käsitletud on taimede, loomade ja toidutöötlemise tehnoloogiaid.	Theoretical models and primary use cases defined; covers plant, animal, and food processing technologies.
3 Esialgsete laboratoorsed testid kontseptsiooni kinnitamiseks, näiteks idandamiskatsed, sensorite kalibreerimine või toidukoostise testimine.	Initial lab tests to validate the concept, such as germination trials, sensor calibration, or nutritional analysis.
4 Katseprotsessid ja prototüübid laboratoorses keskkonnas valideeritud; määratletud on agronoomilised või töötlemise parameetrid.	Experimental processes and prototypes validated in lab; agronomic or processing parameters established.
5 Süsteemid testitud kontrollitud põllumajanduslikes tingimustes; sisaldavad näiteks kasvutingimuste või mikroobse stabiilsuse katseid.	Systems tested in controlled agricultural settings; may include growth condition or microbial stability trials.
6 Testimine ja demonstreerimine reaalses põllutingimustes või toidutootmiskeskkonnas, sealhulgas hooajalised ja logistilised tegurid.	Testing and demonstration in real field or food production environments, accounting for seasonal and logistical factors.
7 Tehnoloogia integreeritud farmi või toidutootmise süsteemi; kasutajakogemus ja efektiivsus jälgitavad.	Technology integrated into farm or food production systems; usability and efficiency observable.
8 Süsteemi tõhusus ja ohutus kinnitatud; skaleerimine valmis ning kvaliteedistandardid täidetud.	System effectiveness and safety confirmed; scalable with quality standards met.
9 Lahendus turul ja laialdaselt kasutuses; järelevalvemehhanismid toimivad ning regulatiivne vastavus saavutatud.	Solution on the market and widely adopted; oversight mechanisms in place and regulatory compliance achieved.

## Robotika ja autonoomsed süsteemid / Robotics & Autonomous Systems

### TRL Estonian Description

- 1 Autonoomsete süsteemide idee ja tehnilised väljakutsed kaardistatud; analüüs hõlmab sensoreid, aktuaatoreid ja tarkvaraplatvorme.
- 2 Robotikasüsteemide kontseptsioonid välja töötatud, sealhulgas liikumisplaneerimine, kaugjuhtimine ja tajumoodulid.
- 3 Süsteemi põhifunktsioonid testitud laboris, näiteks navigatsioon, takistuste vältimine ja objektide käsitlemine.
- 4 Kontrolli- ja tajusüsteemide prototüübid valideeritud; hinnatud on ka koostalitlusvõime ja reaktsiooniaeg.
- 5 Autonoomne süsteem testitud piiratud keskkonnas, simuleerides reaalseid stsenaariume nagu ladustamine või transport.
- 6 Süsteem töötab reaalajas osaliselt struktureeritud keskkonnas, kus muutuvus ja ootamatus on arvestatud.
- 7 Süsteem testitud mitmesugustes reaalses keskkonnas; funktsionaalsus ja töökindlus hinnatud välistingimustes.
- 8 Täielik autonoomne funktsionaalsus ja töökindlus tõestatud; hooldus- ja tõrkekäsitlused toimivad.
- 9 Süsteem juurutatud ja kommertskasutuses erinevates tööstusharudes; kasutustugi ja elutsüklihaldus kehtestatud.

### English Description

- Idea and technical challenges of autonomous systems mapped; includes analysis of sensors, actuators, and software platforms.
- Robotic system concepts developed, including motion planning, remote control, and perception modules.
- Core system functions tested in lab, such as navigation, obstacle avoidance, and object handling.
- Control and perception systems validated; interoperability and response time evaluated.
- Autonomous system tested in constrained environments, simulating real scenarios like warehousing or transport.
- System operates in real-time within partially structured environments, accounting for variability and unpredictability.
- System tested in various real-world settings; functionality and reliability evaluated in outdoor conditions.
- Full autonomous functionality and reliability demonstrated; maintenance and fault-handling systems operational.
- System deployed and commercially used across industries; support and lifecycle management in place.

## Lisandtootmine ja täiustatud materjalid / Additive Manufacturing & Advanced Materials

Uute materjalide ja 3D-printimise tehnoloogiate 1 uurimine, sealhulgas polümeeride, metallide ja biokomposiitide võimalused.	Exploration of new materials and 3D printing technologies, including polymers, metals, and biocomposites.
Materjali omadused ja töötlemistehnoloogiad 2 määratletud; hinnatud sobivus printimiseks ja järelprotsessideks.	Material properties and processing techniques defined; suitability for printing and post-processing assessed.
Esiagne materjalide katsetamine laboris, 3 sealhulgas struktuursed ja mehaanilised omadused.	Initial material testing in lab, including structural and mechanical properties.
Prototüüpide tootmine ja mehaaniliste omaduste 4 testimine; koostalitlus printerite ja tarkvaraga valideeritud.	Prototypes produced and mechanical properties tested; interoperability with printers and software validated.
Materjalid ja protsessid testitud tööstuslikes 5 tingimustes, sealhulgas partii- ja seeriapõhine tootmine.	Materials and processes tested in industrial conditions, including batch and serial production.
Süsteemide integratsioon ja funktsionaalne 6 demonstreerimine; kvaliteedikontroll ja tolerantside juhtimine lisatud.	System integration and functional demonstration; quality control and tolerance management incorporated.
Tootmistehnoloogiad optimeeritud ja valmis 7 masstootmiseks; usaldusväärsus ja kuluefektiivsus kinnitatud.	Manufacturing technologies optimized and ready for mass production; reliability and cost-efficiency validated.
Tooted standardiseeritud ja turule viimiseks 8 valmis; katsetused ja kasutuskohased sertifikaadid olemas.	Products standardized and ready for market; certifications and application-specific testing completed.
Tehnoloogia turul rakendatud ja kvaliteediga 9 tagatud; kasutusel meditsiini-, autotööstuses või lennunduses.	Technology deployed on market and quality ensured; adopted in sectors like medical, automotive, or aerospace.

## Tehisaru ja masinõpe / Artificial Intelligence & Machine Learning

1	Teoreetiline uurimine, potentsiaalsed rakendused ja algoritmid määratletud. Analüüsitakse masinõppe ja tehisintellekti kasutusvõimalusi erinevates valdkondades.	Theoretical investigation, potential applications and algorithms defined. Applications of AI/ML in different domains are analyzed.
2	Algoritmide kontseptsioonid sõnastatud; esmased modelleerimiskatsed teostatud väikeste andmestike põhjal.	Algorithm concepts formulated; initial modeling experiments conducted using small datasets.
3	Algoritmid testitud laborikeskkonnas piiratud funktsionaalsusega; hinnatud on täpsust ja üldistamisvõimet.	Algorithms tested in lab environments with limited functionality; accuracy and generalization are evaluated.
4	Esmane prototüüp valideeritud simuleeritud keskkonnas; andmetöötlusvood ja arhitektuur visandatud.	Initial prototype validated in simulated environment; data pipelines and architecture outlined.
5	Süsteem testitud representatiivsete andmetega; integreeritud masinõppe moodulid ja analüüsitulemused.	System tested with representative datasets; integrated ML modules and analytics results.
6	Prototüüp töötab reaalses keskkonnas piiratud ulatuses; sekkumisvajadus ja vastupidavus hinnatud.	Prototype operates in real-world environment at limited scale; need for intervention and robustness evaluated.
7	Süsteem testitud tootmiskeskkonnas koos lõppkasutajatega; jälgitud on kasutajakogemust ja töökindlust.	System tested in production-like environment with end users; user experience and reliability monitored.
8	Täielik süsteem optimeeritud; täidetud jõudlusnõuded ja skaleeritavus, automaatne monitooring olemas.	Full system optimized; performance and scalability requirements met, automated monitoring in place.
9	Täislahendus kasutusel laialdaselt, kasutajate tagasiside põhjal pidev täiustamine ja regulatiivne vastavus tagatud.	Full solution widely deployed; continual improvement based on user feedback and regulatory compliance ensured.

## Küberturvalisus / Cybersecurity

1	Ohumudelite ja kaitsemeetmete esmane uurimine; võimalikud kasutusstsenaariumid määratletud, olemasolevad ründevektorid kaardistatud.	Preliminary research on threat models and defenses; potential use cases identified, attack vectors mapped.
2	Kaitsemehhanismide kontseptsioonid välja töötatud, hõlmates autentimist, krüptimist ja võrgu turvet.	Concepts of protection mechanisms developed, including authentication, encryption, and network security.
3	Kaitsemehhanisme testitud kontrollitud tingimustes, hinnatud reaktsiooni- ja tuvastusvõimet.	Defense mechanisms tested in controlled environments, detection and response capabilities assessed.
4	Süsteemi turvaelementide laboratoorne valideerimine; turvakomponentide koostalitlusvõime testitud.	Security system elements validated in lab; interoperability of components tested.
5	Prototüüp turvasüsteem töötleb realistlikke andmeid simuleeritud keskkonnas, sisaldab anomaaliatuvastust.	Security system prototype processes realistic data in simulated environment, includes anomaly detection.
6	Süsteem testitud tegelikes tingimustes piiratud skaalal; analüüsitud riskimudeleid ja nõrkusi.	System tested in real-world conditions at limited scale; risk models and vulnerabilities analyzed.
7	Süsteem integreeritud organisatsiooni olemasolevasse IT-taristusse ja testitud; kasutajate õigused ja ligipääsu haldus kehtestatud.	System integrated into organizational IT infrastructure and tested; access control and user rights enforced.
8	Turvasüsteem täielikult rakendatud, monitooring ja intsidentide haldus süsteemid töötavad reaalajas.	Security system fully deployed, real-time monitoring and incident response systems operational.
9	Süsteem töötab tööstuslikus keskkonnas, turvaefektiivsus ja vastupidavus tõendatud regulatiivsete nõuete raames.	System operates in industrial environment, security performance and resilience proven under regulatory compliance.

## Energiatehnoloogiad / Energy Technologies

Uurimistöö energia muundamise ja salvestamise 1 põhimõtete osas; potentsiaalsed allikad ja rakendused määratletud.	Research on principles of energy conversion and storage; potential sources and applications identified.
Teoreetiliste mudelite ja kontseptsioonide 2 loomine; energiaefektiivsuse ja keskkonnamõju hindamine.	Development of theoretical models and concepts; energy efficiency and environmental impact evaluated.
Laboratoorsed katsed energiaseadmete 3 komponentidega; mõõdetud soojus- ja elektrilised omadused.	Lab experiments with energy device components; thermal and electrical properties measured.
Komponentide valideerimine laboratoorses 4 tingimustes; töökindlus ja ohutus testitud.	Component validation in lab; reliability and safety tested.
Pilootseade või süsteem testimine piiratud 5 ulatuses; hinnatud jõudlus, tarbimine ja skaleeritavus.	Pilot system tested on limited scale; performance, consumption, and scalability assessed.
Süsteemi testimine pooloperatiivsetes 6 tingimustes; ühenduvus ja võrgusüsteemide koostoime hinnatud.	System tested in semi-operational settings; integration and grid interaction evaluated.
Süsteemi demonstreerimine tööstuslikus 7 keskkonnas, kaasates reaalselt tarbijat või lõppkasutajat.	System demonstrated in industrial settings, involving real users or consumers.
Täismõõdus süsteem töötab ja toodab 8 prognoositud väljundit; hooldus ja järelvalve mehhanismid paigas.	Full-scale system produces forecasted output; maintenance and monitoring mechanisms in place.
Süsteem rakendatud turul; tõhusus ja töökindlus 9 kinnitatud, toetatakse jätkusuutlikkuse eesmärke.	System deployed in market; efficiency and reliability confirmed, supporting sustainability goals.

## Biotehnoloogia / Biotechnology & Bioengineering

1	Molekulaarne sihtmärk ja rakendus identifitseeritud, põhineb geneetilistel, rakulistel või ensümaatilistel mehhanismidel.	Molecular target and application identified, based on genetic, cellular, or enzymatic mechanisms.
2	Biotehnoloogiline kontseptsioon modelleeritud ja katsetatud laboritingimustes; funktsionaalsuse ennustused sõnastatud.	Biotech concept modeled and tested in lab; functional predictions outlined.
3	Katseklaasikatse ja rakukultuuride uuringud tehtud; põhifunktsionaalsus kinnitatud.	Bench and cell culture studies performed; core functionality validated.
4	Laboratoorne valideerimine ning esmane skaleerimine; analüüsitud biomaterjalide omadusi.	Laboratory validation and initial scaling; biomaterial properties analyzed.
5	Prekliinilised uuringud ja protsessiarendus pooleli; rakendatavus in vivo mudelites testitud.	Preclinical studies and process development underway; applicability in vivo models tested.
6	Tootmisprotsessi piloot ja kvaliteedikontrolli süsteemid katsetatud; vastavus biostandarditele kontrollitud.	Pilot production and quality control systems tested; compliance with biostandards verified.
7	Süsteemi skaleerimine ja reguleeriva dokumentatsiooni koostamine; dokumentatsioon valmis kliinilisteks katseteks.	Scaling of system and regulatory documentation compiled; documentation ready for clinical trials.
8	Täismõõdus tootmine valmis, standardiseerimine saavutatud; protsessid valideeritud tootmismahus.	Full-scale production ready, standardization achieved; processes validated at production scale.
9	Toode turul, järelevalve ja kasutajate tagasiside alusel parendused tehtud; täidetud reguleerivad ja turustamisnõuded.	Product on the market, improved based on feedback and monitoring; regulatory and commercialization requirements fulfilled.